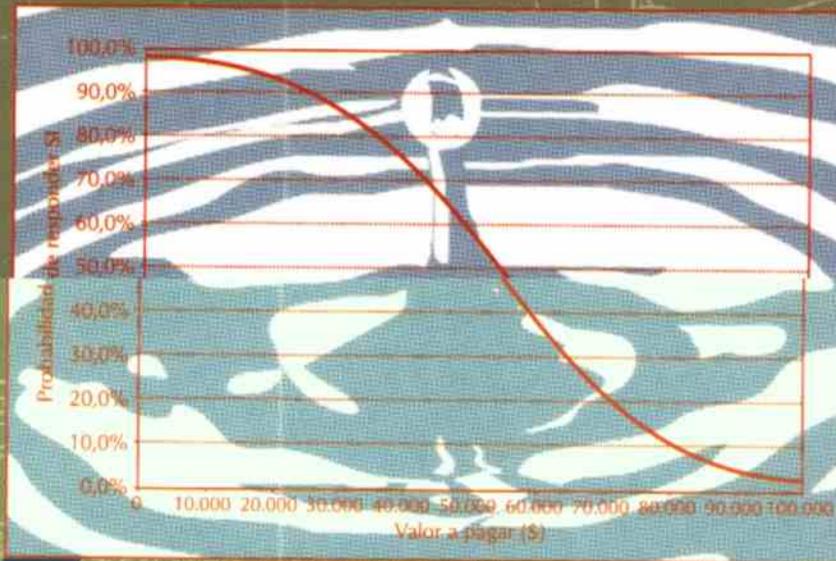


MD  
0062



GUÍA RAS - 004

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable  
y Saneamiento Básico

# Evaluación socioeconómica de proyectos de acueducto y alcantarillado

PLANTA DE TRATAMIENTO

TANQUE DE ALMACENAMIENTO



MinDesarrollo  
Ministerio de Desarrollo Económico

# Evaluación socioeconómica de proyectos de acueducto y alcantarillado

ISBN volumen: 958-8137-40-3  
ISBN obra completa: 958-8137-39-x

**ANDRÉS PASTRANA ARANGO**  
PRESIDENTE DE COLOMBIA

**REPÚBLICA DE COLOMBIA**  
MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO

**EDUARDO PIZANO DE NARVÁEZ**  
MINISTRO DE DESARROLLO ECONÓMICO

**LUIS CARLOS RAMÍREZ**  
VICEMINISTRO DE DESARROLLO ECONÓMICO

**CARMIÑA MORENO RODRÍGUEZ**  
DIRECTORA GENERAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

COLABORADORES

**DANIEL RIVERA BONELL**  
**MAURICIO RIVERA SALCEDO**  
**WILLIAM CARRASCO MANTILLA**  
**PAULINA BEJARANO GARCÍA**  
**TATIANA OLARTE BARRERA**  
**ANA YELITZA CLAVIJO RINCÓN**  
**PILAR PACHICO PLAZAS**

ESTE DOCUMENTO RECOGE LOS RESULTADOS  
DE LA CONSULTORÍA CONTRATADA CON LA FIRMA  
ECONOMETRÍA S. A.

PREPARACIÓN EDITORIAL E IMPRESIÓN  
**ESCALA LTDA.**  
**BOGOTÁ, JUNIO DE 2002**

# TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN .....	7
INTRODUCCIÓN .....	9
<b>Capítulo 1</b>	
<b>MARCO TEÓRICO DE LA EVALUACIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS DEL ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO .....	11
1.2 METODOLOGÍA GENERAL.....	12
<b>Capítulo 2</b>	
<b>MARCO LEGAL .....</b>	<b>19</b>
<b>Capítulo 3</b>	
<b>ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS .....</b>	<b>21</b>
3.1 APLICACIÓN DE MODELOS DE REFERÉNDUM .....	22
3.1.1 Encuesta de caracterización de la demanda y de disponibilidad de pago por un servicio mejorado .....	22
3.1.2 Diseño de la muestra de hogares .....	23
3.1.3 Relación de la disponibilidad a pagar de los hogares con sus beneficios económicos .....	25
3.1.4 Estimación de disponibilidad a pagar .....	27
Función logística de disponibilidad de pago .....	28
3.2 METODOLOGÍA DE PREFERENCIAS REVELADAS .....	29
3.2.1 Enfoque metodológico para el cálculo de beneficios .....	29
3.2.2 Estimación de la Función de Demanda .....	31
<b>Capítulo 4</b>	
<b>CÁLCULO DE COSTOS ECONÓMICOS .....</b>	<b>33</b>

<b>Capítulo 5</b>	
<b>CONSIDERACIONES FINALES .....</b>	<b>35</b>
5.1 INDICADORES ECONÓMICOS DE LOS PROYECTOS .....	36
5.2 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LOS SUPUESTOS .....	37
<b>Capítulo 6</b>	
<b>APLICACIÓN PRÁCTICA .....</b>	<b>39</b>
6.1 EL CASO QUIBDÓ .....	39
6.1.1 Cálculo de los beneficios económicos .....	41
6.1.2 Cálculo de los costos económicos .....	44
6.1.3 Flujo neto de beneficios y costos económicos .....	46
6.2 LA REGIONAL ERAS .....	48
6.3 EL MUNICIPIO DE CUMARAL .....	53
<b>Anexo 1</b>	
<b>FORMULARIO DE LA ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN .....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 2</b>	
<b>MODELOS LOGIT PARA EL CÁLCULO</b>	
<b>DE LA DISPONIBILIDAD A PAGAR .....</b>	<b>61</b>
<b>Anexo 3</b>	
<b>ESTIMACIÓN DE LA ELASTICIDAD PRECIO</b>	
<b>DE LA DEMANDA DE AGUA DE ACUEDUCTO .....</b>	<b>67</b>
<b>Anexo 4</b>	
<b>ACTUALIZACIÓN DE LAS RAZONES PRECIO CUENTA .....</b>	<b>81</b>

## PRESENTACIÓN

Uno de los objetivos de política del sector está orientado a modernizar y maximizar la gestión de las empresas prestadoras de los servicios para que, a través de la eficiencia y asignación eficiente de recursos, se logre atender un mayor número de usuarios y se disminuyan los rezagos en coberturas de acueducto y saneamiento básico entre las regiones y entre las zonas urbana y rural. Considerando que los recursos de la Nación para inversión no han aumentado en los últimos años, es necesario priorizar inversiones con el fin de llegar a la población más pobre del país, y de este modo focalizar las acciones que garanticen la finalidad social del Estado de cubrir las necesidades básicas insatisfechas de la población colombiana.

Con este propósito, el Ministerio de Desarrollo Económico (MDE) - Dirección General de Agua Potable y Saneamiento Básico (DGAPSB), en desarrollo de sus programas de asistencia técnica ha estructurado una propuesta que incluye un enfoque integral, donde la evaluación económica es elemento básico de decisión para la asignación de recursos. Para apoyar este trabajo se contrató el estudio "Evaluación económica de proyectos de acueducto y alcantarillado" con la firma Econometría S. A., y se espera que esta metodología se convierta en una herramienta útil para todos los actores del sector, que de una u otra forma buscan optimizar las inversiones en agua y saneamiento básico.

Ponemos a disposición este instrumento económico, y agradecemos el esfuerzo y dedicación de la firma Econometría S. A. por hacer de este documento un producto de excelente calidad, como estrategia del Programa de Modernización Empresarial que busca maximizar la coparticipación público-privada.



**CARMIÑA MORENO RODRÍGUEZ**  
DIRECTORA GENERAL DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

# INTRODUCCIÓN

La guía RAS-005 busca facilitar la aplicación del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, a través del análisis costo-beneficio de los proyectos del sector, dando cumplimiento al Artículo 48 del mismo.

El MDE-DGAPSB viene estructurando una serie de procesos de coparticipación público-privada tendientes a solucionar integralmente los problemas de los servicios de acueducto y alcantarillado en algunas regiones del país. Estos procesos se adelantan bajo el marco del Programa de Modernización Empresarial y, para la decisión de inversión, requieren una evaluación económica que permita cuantificar los beneficios y costos económicos que pueden esperarse como resultado de cada uno de los proyectos que se van a adelantar y, con base en ello, establecer prioridades y tomar decisiones sobre la oportunidad y conveniencia de tales proyectos.

Por esta razón, el MDE contrató a la firma Econometría S.A. para adelantar la evaluación de diez proyectos, a manera de estudios de caso: Cúcuta, Sincelejo, Corozal, Quibdo, Maicao, Chiquinquirá, Espinal, Flandes, ERAS, Aratt y Acuavalle.

En el presente documento se expone la metodología utilizada para el cálculo de la evaluación económica para estos once casos, así como para dos proyectos adicionales (Cumarál y Nátaga) que fueron evaluados en conjunto con el MDE durante el desarrollo del estudio. Los objetivos son:

- a) Estimar las funciones de demanda de agua potable a partir de información sobre preferencias reveladas de los hogares.
- b) Diseñar y aplicar un formulario para levantar y registrar información de la disponibilidad a pagar, aplicando métodos de evaluación contingente y técnicas de referéndum.

- c) Estimar los beneficios económicos o la disponibilidad a pagar de los hogares residentes por un servicio mejorado de acueducto y alcantarillado, con base en las funciones de demanda estimadas (preferencia revelada) y/o las encuestas sobre disponibilidad de pago (utilizando métodos de evaluación contingente).
- d) Llevar a cabo proyecciones de población, hogares, usuarios y demanda de agua en los escenarios tarifarios que sean consistentes con los Planes de Obra e Inversión (POI) y con la disponibilidad a pagar de los usuarios potenciales en cada localidad.
- e) Estimar los beneficios socioeconómicos en el mediano plazo, mediante la comparación de la situación sin proyecto y la que se presentaría con el desarrollo del Plan de Obras e Inversiones (POI), propuesto para cada uno de los municipios incluidos en el estudio.

El documento se encuentra estructurado de la siguiente manera: en el primer capítulo se presenta un resumen del marco teórico aplicado, en el cual se incluye una descripción de la metodología utilizada. En el segundo capítulo se presentan las principales herramientas de análisis para la estimación de los beneficios económicos de los proyectos de acueducto y alcantarillado y el cálculo de los costos económicos de los proyectos analizados. En el tercer capítulo se presentan algunas consideraciones finales sobre la metodología utilizada, y en el cuarto capítulo se presentan los casos prácticos de Quibdó, ERAS y Nátaga.

Cuenta con cuatro anexos: en el primero de ellos se presenta el formulario de la encuesta de caracterización; en el segundo se incluyen los modelos Logit para el cálculo de la disponibilidad a pagar de los hogares; el tercer anexo contiene la estimación de la elasticidad precio de la demanda y el cuarto anexo comprende la actualización de las razones precio cuenta utilizadas en el ejercicio.

# Capítulo 1

## MARCO TEÓRICO DE LA EVALUACIÓN

La evaluación económica es una herramienta de análisis utilizada en economía en busca del uso eficiente de los recursos. Esto es, que sean utilizados para el desarrollo de las políticas, programas y proyectos que generan mayores beneficios al conjunto de la población y que a su vez los distribuyan entre toda la comunidad de una forma justa.

En el caso específico de un proyecto de acueducto y alcantarillado, la evaluación económica mide el impacto que cada proyecto tendría en el país y a fin de establecer un orden de prioridad para su desarrollo y, a la vez, ofrece elementos para la comparación de estos proyectos con otras posibilidades de inversión disponibles por el Estado. De otra parte, también permite conocer el impacto sobre los usuarios finales, en especial sobre los hogares más pobres, dando parámetros para evaluar la distribución de los beneficios.

En este sentido, en el marco del programa de modernización del sector, el gobierno nacional y las administraciones municipales colocan recursos para la cofinanciación de proyectos y en contraprestación exigen tarifas que favorezcan a los usuarios de mayo-

res ingresos. La evaluación económica permite verificar que estos recursos efectivamente se reflejan en mayores beneficios para los usuarios de los estratos más bajos, lo que resulta especialmente útil en este tipo de proyectos susceptibles a la formación de

- i) El escenario actual, donde se continuaría con la tendencia que muestran los servicios de acueducto y alcantarillado, normalmente caracterizada por bajas coberturas y poca capacidad de inversión.
- ii) Un escenario alternativo, donde se desarrollaría un proceso de modernización de los servicios, en el cual, con la participación de un operador especializado, mejoraría su calidad, aunque probablemente se presenten aumentos en las tarifas para los usuarios finales y el Estado deba aportar recursos para cofinanciación de los proyectos.

La respuesta a esta pregunta permite medir el impacto del proyecto sobre la comunidad y con ello ofrece elementos para la comparación de cada proyecto con otras posibilidades de inversión.

- ¿Cuál es el efecto que los proyectos tienen sobre los usuarios finales y en especial sobre los hogares más pobres?

Responder esta pregunta equivale a cuantificar el incremento de bienestar que el proyecto brinda a los hogares y verificar que este aumento sea efectivamente superior al impacto sobre el gasto de los hogares, lo mismo que establecer la porción de los beneficios generados que quedan en poder de los usuarios finales, en especial de los más pobres.

## 1.2 METODOLOGÍA GENERAL

La metodología aplicada en el análisis costo-beneficio puede explicarse en función de las dos preguntas enunciadas en el numeral anterior, de la siguiente manera:

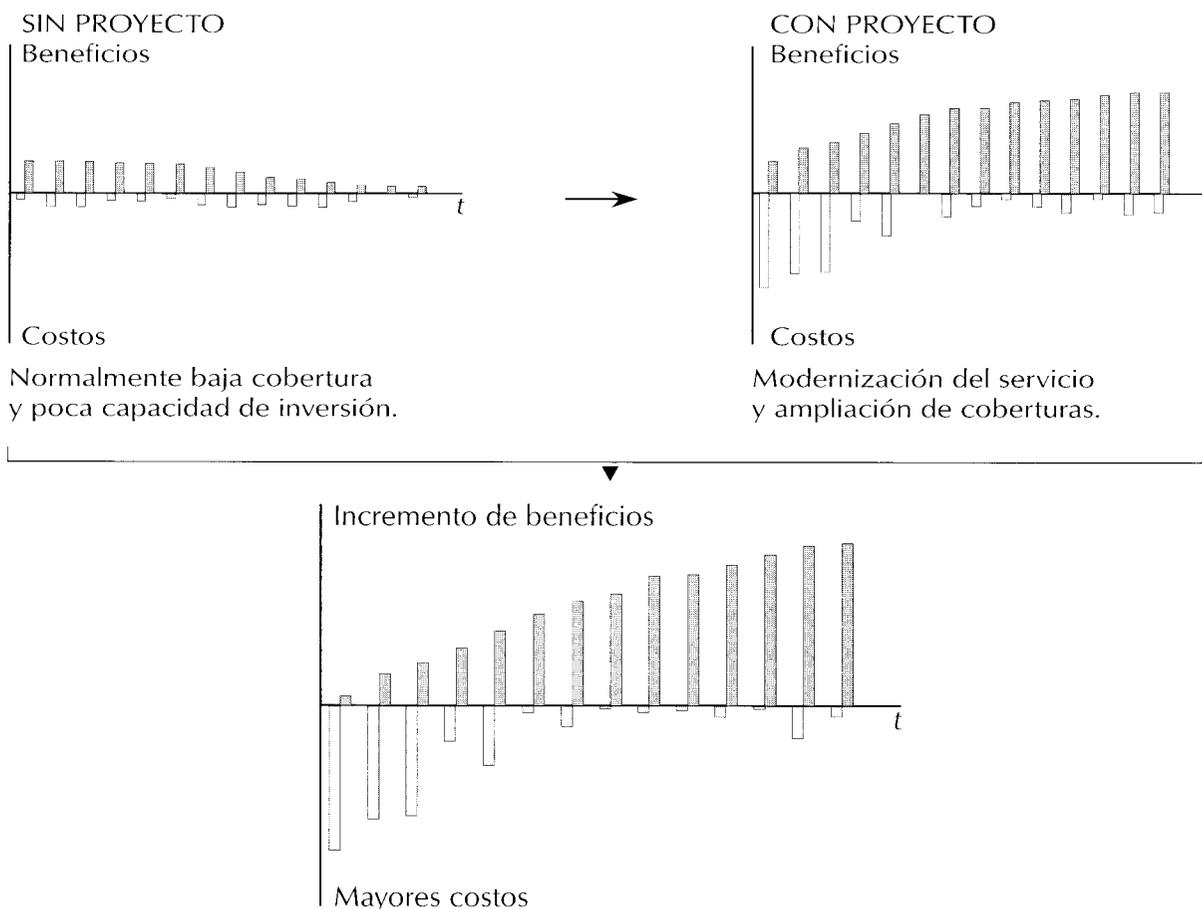
**¿Qué situación es mejor en el largo plazo, mantenerse en el escenario actual de baja cobertura y poca capacidad de inversión; o pasar al escenario alternativo de modernización con la participación de un operador especializado?**

En este caso, al aplicar la metodología de evaluación económica se debe construir un flujo neto de beneficios y costos en que al incremento de beneficios que se obtiene con el desarrollo del proyecto, (ver gráfico 1) se le descuentan los mayores costos que implica la ampliación en las inversiones y operación de los sistemas. Esto puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$FN_i = (BE_{ci} - BE_{si}) - (CE_{ci} - CE_{si})$$

donde:

$FN_i$  = Flujo Neto de Beneficios y Costos del proyecto en el año i

**GRÁFICO 1**

$BE_{ci}$  = Beneficios Económicos en la situación con proyecto en el año  $i$

$BE_{si}$  = Beneficios Económicos en la situación sin proyecto en el año  $i$

$CE_{ci}$  = Costos Económicos en la situación con proyecto en el año  $i$

$CE_{si}$  = Costos Económicos en la situación sin proyecto en el año  $i$

El flujo neto cuantifica los efectos que tiene cada proyecto sobre la comunidad y permite evaluar su bondad a través de diferentes indicadores como el valor presente neto, la tasa interna de retorno, la relación beneficio-costos y el periodo de retorno, entre otros. A su vez, estos indicadores sirven como base de comparación para los diferentes proyectos y son parámetros útiles para la asignación eficiente de los recursos del Estado.

Durante la evaluación económica se debe tener en cuenta que los proyectos de acueducto y alcantarillado involucran a por lo menos cuatro tipos de actores:

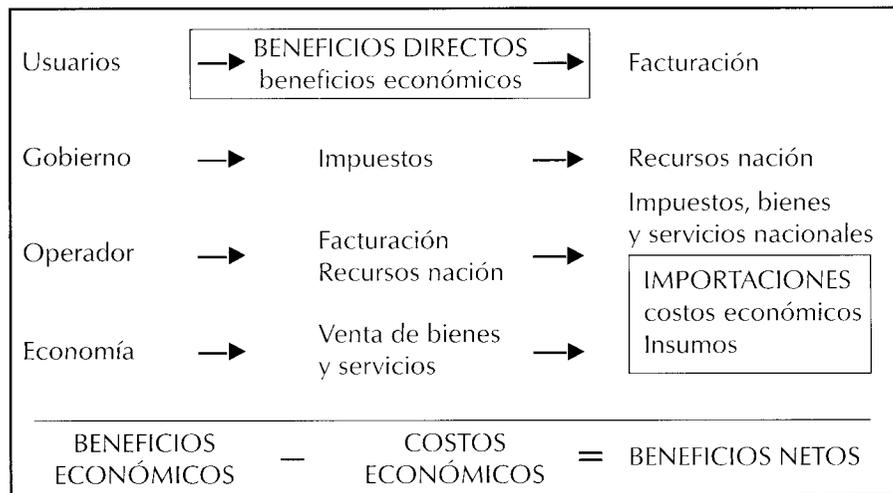
i) Los usuarios finales que perciben los beneficios directos por el consumo de agua

- potable y acceso a un servicio adecuado de alcantarillado, y pagan en contra-prestación una factura por estos servicios.
- ii) El gobierno, que asigna recursos para la cofinanciación de los proyectos y recupera una parte de ellos vía impuestos.
- iii) El operador especializado, encargado de realizar las inversiones y operar los sistemas a cambio de unos ingresos que pueden provenir del gobierno, como recursos de cofinanciación, o de los usuarios por efecto de las tarifas que se aplican a los servicios.
- iv) El resto de la economía, que se ve beneficiada en la medida que el proyecto demande bienes y servicios.

La existencia de múltiples actores hace que se establezcan relaciones comerciales entre ellos y, por tanto, que los beneficios percibidos por un actor puedan ser vistos como costos asumidos por otro agente, es decir, que corresponden a transferencias que se realizan en la comunidad vinculada con el proyecto. Por esta razón, si se desean establecer los beneficios y costos netos del proyecto, es necesario analizar las relaciones comerciales e identificar cuáles son los beneficios que efectivamente se perciben, las transferencias que se establecen y los costos en que realmente debe incurrir la comunidad en caso de realizarse el proyecto.

En la figura 1 se ilustra la forma en que los beneficios y costos son transferidos a través de las diferentes relaciones comerciales que se presentan. En primera instancia, los beneficios directos del proyecto son percibidos por los usuarios, quienes a través de la facturación, transfieren parte de ellos a los operadores los cuales, además de estos recursos, también reciben transferencias de la Nación provenientes de las administraciones municipales o del gobierno central.

**FIGURA 1**



De esta manera, el gobierno transfiere al operador recursos para la cofinanciación de los proyectos, los cuales deben traducirse en beneficios de los usuarios más pobres, a través de menores tarifas. Durante el desarrollo de los proyectos, los operadores también realizan transferencias a otros actores, algunas de ellas al gobierno en forma de impuestos, y otras al resto de la economía en la operación de compra de bienes y servicios.

De esta manera, en la evaluación económica no se excluyen los siguientes conceptos por tratarse de transferencias en la comunidad:

- La facturación de los servicios a través de la cual los usuarios transfieren parte de sus beneficios a los operadores.
- Los impuestos que el gobierno percibe por efecto del desarrollo de los proyectos y que corresponden a transferencias de los operadores como resultado del ejercicio de su operación comercial o transferencias del resto de la economía en su calidad de suministradora de los insumos requeridos por el proyecto,
- Los recursos que la Nación transfiere a los operadores para cofinanciar el proyecto y que tienen como efecto final la disminución de las tarifas aplicadas a los usuarios de los estratos socioeconómicos más bajos.
- El valor de los bienes y servicios nacionales que deben adquirir los operadores para el desarrollo del proyecto y que se convierten en transferencias a los demás agentes económicos de la Nación.

Así pues, se aprecia en la figura 1, los beneficios económicos son percibidos directamente por los hogares usuarios de los servicios y los costos económicos corresponden al valor de los recursos que utiliza la sociedad para desarrollar el proyecto.

En resumen, la evaluación económica de los proyectos de acueducto y alcantarillado exige construir un flujo neto de beneficios y costos económicos y, para ello, a la valoración del mayor bienestar que perciben los hogares como consecuencia de la mejora de sus servicios, se debe descontar el costo que tienen los insumos para la sociedad.

$$FN_i = (BEH_{ci} - BEH_{si}) - (CEI_{ci} - CEI_{si})$$

donde:

$FN_i$  = Flujo Neto de Beneficios y Costos del proyecto en el año  $i$

$BEH_{ci}$  = Beneficios Económicos de los hogares en la situación con proyecto en el año  $i$

$BEH_{si}$  = Beneficios Económicos de los hogares en la situación sin proyecto en el año  $i$

$CEI_{ci}$  = Costos Económicos de los Insumos en la situación con proyecto en el año  $i$

$CEI_{si}$  = Costos Económicos de los Insumos en la situación sin proyecto en el año  $i$

Por las características particulares que tiene el cálculo de los beneficios y costos económicos, cada uno de ellos se debe estimar en forma independiente y luego sumarse para obtener el flujo neto de beneficios y costos del proyecto. La metodología para el cálculo de los beneficios se presenta en el capítulo dos y la correspondiente a la cuantificación de los costos económicos se encuentra en el capítulo tres.

El impacto del proyecto se mide entonces como el Valor Presente Neto (VPN) de ese flujo de beneficios y costos económicos<sup>1</sup>, y la comparación con otras alternativas de inversión se realiza a la luz de ese indicador y de otros como:

- La Tasa Interna de Retorno (TIR) que señala la rentabilidad económica que se obtendría con el proyecto.
- La relación Beneficio-Costo que cuantifica los beneficios generados por cada peso utilizado en el proyecto.
- El Periodo de Recuperación de la Inversión que muestra el tiempo requerido para que los beneficios generados por el proyecto igualen a sus costos.

La metodología expuesta en los párrafos anteriores permite responder a la primera pregunta planteada y cumple con el objetivo de cuantificar el impacto neto que el proyecto tiene sobre la comunidad, brindando parámetros para la comparación de diversos proyectos de agua potable y de ellos con otras alternativas de inversión.

El segundo objetivo, es decir, la cuantificación del impacto sobre los hogares y de la proporción de los beneficios que quedan en manos de los usuarios finales, se alcanzaría respondiendo a la pregunta:

**¿Cuál es el efecto del proyecto sobre los hogares? Es decir, en qué medida el bienestar que perciben los hogares por las mejoras en la calidad de los servicios es superior al incremento en el gasto que éstos deben afrontar para la adquisición del agua potable.**

La metodología para responder a esta pregunta es similar a la anterior y consiste en la construcción de un flujo neto de beneficios y costos económicos para los hogares de acuerdo a su estrato socioeconómico. En este caso, los beneficios económicos serán los mismos del proyecto ya que, como se indicó, los beneficios que perciben los demás actores corresponden a transferencias internas de la economía.

Los costos económicos que se deben considerar para este análisis son únicamente los propios de los usuarios y, por tanto, equivalen al monto que ellos pagan por acceder a

---

<sup>1</sup> El VPN se debe evaluar a la tasa de oportunidad económica, es decir, la mínima tasa de retorno que se considera aceptable para una inversión del gobierno.

los servicios, es decir, los costos que el operador especializado les transfiere a través de las tarifas del servicio. El flujo neto de los hogares se construye entonces como:

$$FNH_{ei} = (BEH_{eci} - BEH_{esi}) - (FH_{eci} - CH_{esi})$$

donde:

$FN_{ei}$  = Flujo Neto de Beneficios y Costos para los hogares del estrato e en el año i

$BEH_{eci}$  = Beneficios Económicos de los hogares del estrato e, con proyecto en el año i

$BEH_{esi}$  = Beneficios Económicos de los hogares del estrato e, sin proyecto en el año i

$FH_{eci}$  = Factura del servicio para los hogares de estrato e, con proyecto en el año i

$CH_{esi}$  = Costo del agua para los hogares de estrato e, sin proyecto en el año i

Los beneficios que el proyecto trae a los usuarios se miden entonces con los mismos indicadores expuestos en el numeral anterior: el valor presente neto, la tasa interna de retorno, la relación beneficio-costos y el periodo de recuperación.

## Capítulo 2

### MARCO LEGAL

A partir de la Constitución Política de 1991, los municipios tienen la responsabilidad directa de garantizar la prestación eficiente de los servicios públicos en términos de cobertura, calidad, continuidad y costos; y de que éstos sean prestados por el municipio en forma directa, por comunidades organizadas o por particulares. El gobierno central pasa a ejercer las funciones de regulación, vigilancia y control, y establece los lineamientos para la asignación de subsidios a las personas de menores ingresos. Con la expedición de la Ley 142/94, se busca incentivar y promover la participación del sector privado en la prestación de los servicios, racionalizar el régimen tarifario, y garantizar la administración transparente de los subsidios.

En este contexto, el MDE es el encargado de la planeación y establecimiento de las políticas del sector; la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) cumple las funciones de regulación y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) cumple las funciones de inspección, vigilancia y control. Además, la Ley 142/94 obliga a los municipios a garantizar la participación de los usuarios en la vigilancia de la prestación de los servicios, a través de los Comités de Desarrollo y Control Social. A partir de esta Ley se han generado decretos y resoluciones que reglamentan aspectos tarifarios, técnicos, ambientales, de prestación de los servicios y regulatorios, entre otros.

En la política pública para el sector de agua potable y saneamiento básico se contemplan varias estrategias, dentro de las cuales se encuentran el fortalecimiento de los mecanismos de regulación y control y el fortalecimiento de los programas de asistencia técnica. En la primera se contempla el desarrollo de un esquema regulatorio para asegurar que los procesos de coparticipación público-privado se realicen de manera eficiente y que cuenten con la sustentación técnica, financiera, institucional y legal, ajustada a la política sectorial. La segunda estrategia contempla el apoyo a la coparticipación

público-privada para alcanzar niveles eficientes en la prestación de los servicios de agua y saneamiento básico.

Sin embargo, aún queda mucho camino por recorrer en materia regulatoria. La competencia se está generando por el mercado, y no dentro del mercado, a través de un contrato suscrito con el operador especializado, quien debe cumplir las metas establecidas en el mismo. En asistencia técnica, la evaluación económica se convierte en herramienta útil para priorizar inversiones, según las necesidades de los municipios analizados, y la capacidad de pago de su población.

Los primeros proyectos de participación privada en Colombia se dieron a principios de los años 90, como respuesta a situaciones de crisis insostenibles en las empresas públicas municipales (Cartagena, Tunja, Barranquilla, Palmira, Santa Marta).

Con posterioridad a la expedición de la Ley 142 de 1994, se puso en marcha una segunda generación de proyectos PSP, que obedecen a una estrategia más ordenada de estructuración de proyectos (Montería, Riohacha, Maicao, Soledad, Cumaral, Buenaventura, entre otras). Bajo esta estrategia, el gobierno financia la estructuración de proyectos de coparticipación público-privada y contribuye a la financiación de las inversiones prioritarias.

## Capítulo 3

# ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS ECONÓMICOS

En este capítulo se exponen las dos principales herramientas de análisis que brinda la teoría económica para la estimación de los beneficios económicos de los proyectos de acueducto y alcantarillado objeto de este documento:

- La aplicación de modelos de referendum en que a través de encuestas se indaga por la disponibilidad a pagar que tienen los hogares por unos servicios mejorados frente a la alternativa de mantenerse en su situación actual.
- La metodología de preferencias reveladas en que los beneficios se evalúan a partir de una función de demanda del agua potable, estimada a partir de observaciones de mercado.

De estas dos metodologías, la segunda se considera más exacta por estar sustentada en comportamientos efectivamente observados, mientras que la primera se realiza sobre declaraciones que realizan los usuarios potenciales con base en sus expectativas sobre el servicio. A pesar de esto, la primera requiere conocer la función de demanda de los hogares para el área específica que se está evaluando o aplicar una función más general.

Los dos casos exigen la aplicación de una encuesta de caracterización socioeconómica de los hogares y del servicio o acceso al agua para su consumo. La primera de ellas, disponibilidad de pago, exige incluir en la encuesta una pregunta para indagar sobre ese tema específico.

A continuación se presentan en forma detallada las dos metodologías para la estimación de beneficios económicos, incluyendo en la primera de ellas la descripción de la encuesta de caracterización que también aplicaría en el segundo caso.

### 3.1 APLICACIÓN DE MODELOS DE REFERÉNDUM

Esta primera metodología consiste en confrontar a los hogares que serán beneficiados por el proyecto con dos posibles situaciones: el escenario actual con las deficiencias que caracterizan al servicio que reciben, y un escenario potencial donde los hogares tendrían acceso a unos servicios mejorados de acueducto y alcantarillado. Al hogar se le pregunta entonces por el monto que pagaría por tener acceso al escenario potencial y, con base en ello, se estima la disponibilidad media a pagar de los usuarios potenciales. Este valor se interpreta como la cuantificación de los beneficios económicos que percibiría un hogar con el desarrollo del proyecto.

La aplicación de modelos de referéndum para la estimación de los beneficios económicos se puede dividir en tres pasos:

#### 3.1.1 Encuesta de caracterización de la demanda y de disponibilidad de pago por un servicio mejorado

Para la aplicación de esta encuesta es necesario seleccionar una muestra de los hogares que permita obtener resultados con significancia estadística por estrato socioeconómico, o por lo menos para los principales grupos que residen en la zona de influencia del proyecto. A esta muestra de hogares se aplica entonces una encuesta que permite alcanzar tres metas:

- i) Identificar las principales características socioeconómicas de los hogares.
- ii) Identificar y hacer consciente al entrevistado de sus condiciones en cuanto a la disposición de aguas negras y acceso a agua potable para uso del hogar.
- iii) Indagar por el monto que estaría dispuesto a pagar cada hogar para tener acceso a un servicio mejorado de acueducto y alcantarillado.

En el anexo 1 de este documento se incluye el formato de la encuesta de caracterización que podría aplicarse para este ejercicio. Dicho formato se encuentra dividido en nueve capítulos:

**Capítulo 1 – Identificación:** en donde se registra la información sobre la localización del hogar entrevistado, el encuestador que aplicó la encuesta, la fecha en que ésta fue realizada y la persona que suministró la información.

**Capítulo 2 – Características del hogar:** en esta parte se persigue obtener la información correspondiente a la conformación de los hogares, su tamaño, ingresos y estructura de gastos por grandes rubros.

**Capítulo 3 – Servicio de alcantarillado:** en este capítulo se capta información sobre el destino que se da a las aguas negras o residuales del hogar.

**Capítulo 4 – Servicio y calidad de agua:** donde se capta información sobre las principales características del servicio de acueducto (presión, continuidad, calidad, existencia de medidor domiciliario, presencia de enfermedades de origen hídrico, etc).

**Capítulo 5 – Usos del agua de acueducto:** que permite conocer la frecuencia con la que el hogar utiliza el agua que recibe por este medio para el baño de las personas que conforman el hogar, riego de jardines y huertas, lavado de vehículos o animales, limpieza de pisos y lavado de ropa.

**Capítulo 6 – Almacenamiento de agua:** que identifica qué porcentaje de los hogares dispone de formas de almacenamiento de agua y cuál es su capacidad.

**Capítulo 7 – Acarreo de agua para usos del hogar:** para conocer el tiempo que dedican los miembros del hogar a esta tarea, cuánta agua se acarrea por este medio y si esto significa un egreso monetario para el hogar.

**Capítulo 8 – Compra de agua de otras fuentes:** capítulo a través del cual se capta cuánto dinero gastan los hogares semanalmente para la adquisición de agua envasada, ofrecida a través de carrotaques o suministrada a los hogares por otros medios. Esta información, en conjunto con el precio promedio que tiene el agua en cada una de estas fuentes, permite conocer cuál es el volumen promedio de agua que obtiene el hogar de cada fuente.

**Capítulo 9 – Disponibilidad de pago:** en este momento de la encuesta, el encuestado ha identificado su situación actual de servicio y se le pregunta si estaría dispuesto a pagar cierta suma de dinero para obtener un mejor servicio del que actualmente recibe. El valor por el que se debe indagar es un monto prefijado, que obedece principalmente al estrato socioeconómico en que se encuentra el hogar entrevistado y que se obtiene de una tabla previamente construida con el objeto de obtener una muestra con suficiente varianza de valores para analizar la respuesta.

### 3.1.2 Diseño de la muestra de hogares

Como se indicó, las dos metodologías de evaluación presentadas exigen conocer las características propias de los hogares residentes en la zona de influencia directa del proyecto y para ello resulta muy conveniente aplicar una encuesta de caracterización –similar a la presentada en el numeral anterior e incluida en el anexo 1 de este documento– a una muestra adecuada de hogares.

La selección de esta muestra adecuada de hogares para la aplicación de la encuesta parte de la población objetivo que se desea estudiar, es decir, los hogares residentes en el área de influencia directa del proyecto de acueducto y alcantarillado que se está evaluando y el(los) grupo(s) específico(s) que se desea estudiar, por ejemplo un estrato socioeconómico o un barrio.

La lista de los hogares residentes para ser estudiados forman el marco de muestreo sobre el cual se seleccionarán los hogares a encuestar y el número de estos últimos dependerá no sólo del tamaño del marco de muestreo sino también del comportamiento de la variable que se desea estudiar. En el caso específico de la demanda por agua de

1997 indican una varianza alrededor del 70% y por ello se requerirían los siguientes tamaños muestrales, según el número de hogares a ser estudiado, el nivel de confianza y el error máximo que se desea aceptar:

**TABLA 1**  
**EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE**  
**CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS HOGARES**  
**TAMAÑOS MUESTRALES**

Número de hogares	Error relativo 5%		Error relativo 3%	
	Confianza 90%	Confianza 95%	Confianza 90%	Confianza 95%
1.000	347	430	596	677
2.000	419	547	848	1022
3.000	451	602	988	1232
5.000	480	654	1138	1475
10.000	504	700	1284	1730
20.000	517	726	1372	1894
30.000	521	735	1404	1955

el 13% (654); en uno de 10.000 hogares, el 7% (700); y en uno de 50.000 hogares, el 1.5% (742).

En aquellos casos en que el número de hogares que se investigan, o que se busquen niveles de confianza o errores relativos diferentes a los que se presentaron en el cuadro anterior, se puede recurrir a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 CV^2}{Erel + (1/N) Z^2 CV^2}$$

donde:

Z = cuartil, o rango de distribución normal de la muestra, de acuerdo con el nivel de confianza establecido

CV = coeficiente de variación de la variable de diseño

Erel = Error relativo esperado

N = Total de elementos en la población (en este caso 149 empresas).

Para terminar, debe resaltarse que para obtener representatividad en los resultados es necesario seleccionar una muestra *probabilística*; esto significa que cada hogar en el universo de estudio debe tener una probabilidad conocida de ser incluida en la muestra, y que se puede recurrir, con el ánimo de reducir los costos del trabajo de campo, a una muestra de *conglomerados-bietápica* mediante la selección aleatoria de hogares en manzanas también escogidas al azar.

### 3.1.3 Relación de la disponibilidad a pagar de los hogares con sus beneficios económicos

La pregunta sobre disponibilidad de pago se realiza luego de haber enfrentado al entrevistado a una de dos posibles situaciones de acuerdo con su opinión sobre la calidad del servicio que recibe. Cuando el encuestado señala que el servicio que recibe es bueno, se le indica que:

Los estudios adelantados están orientados a garantizar la calidad del servicio en el futuro, de manera que éste se preste todos los días, con 24 horas de continuidad, con agua pura apta para beber sin enfermarse y sin necesidad de hervirla, en cantidad suficiente para satisfacer todas las necesidades de la familia, con presión suficiente para bañarse y operar los inodoros y una atención eficiente de los reclamos todos los días.

El sistema requiere realizar obras e inversiones adicionales que, de no llevarse a cabo, pueden causar un deterioro del servicio y hacia el futuro es posible que sea necesario realizar racionamientos programados, suspendiendo el servicio durante

algunas horas del día o por algunos días de la semana, con todos los inconvenientes que esto le puede acarrear a usted.

Si las respuestas a la encuesta muestran un servicio regular de agua, al entrevistado se le dice que:

los estudios que se están adelantando son para mejorar el servicio de acueducto, de manera que en menos de cinco (5) años los hogares que deseen tener este servicio lo reciban en las siguientes condiciones:

- 24 horas de continuidad en el servicio.
- Cantidad de agua suficiente para suplir todas las necesidades de la familia.
- Pagar en función de lo realmente consumido (actualmente pagan sin que en muchas ocasiones tengan servicio).
- Tener una atención a reclamos eficiente y todos los días.
- Obtener de la llave agua apta para beber sin enfermarse, sin necesidad de hervirla, incolora, inodora e insípida.
- Una presión de agua suficiente para bañarse y operar los inodoros.
- Atención de nuevas conexiones en menos de siete días

Esto implica hacer inversiones para ampliar la capacidad del servicio, mejorar el tratamiento del agua suministrada, mejorar las redes de conducción para evitar pérdidas, mejorar la presión y conectar medidores a la entrada de cada vivienda, para que quien consuma menos pague menos, y quien consuma más pague más.

A continuación de esto, se formula la siguiente pregunta para indagar sobre la disponibilidad de pago del hogar:

**En las condiciones indicadas de continuidad, calidad y confiabilidad del servicio, ¿estaría usted dispuesto a pagar \$ \_\_\_\_\_ al mes, por el servicio de agua potable, o preferiría que las condiciones del servicio que recibe continúen como están?**

<i>Sí estaría dispuesto a pagar</i>	1	☆
<i>No estaría dispuesto a pagar</i>	2	☆
<i>NS/NR</i>	9	☆

Cuando la respuesta a esta pregunta es positiva, está indicando que la valoración que da el hogar a un servicio óptimo de acueducto y alcantarillado es superior al monto por el cual se pregunta; cuando la respuesta es negativa, la valoración de los servicios sería inferior al monto preguntado.

De esta manera, los beneficios económicos para un hogar promedio serían equivalentes al valor promedio de la disponibilidad de pago de los hogares encuestados, es decir, el monto de dinero que haría que la mitad de los hogares respondiera en forma positiva

a la pregunta de la encuesta y que la otra mitad lo hiciera en forma negativa. La estimación de esa cifra se explicará en el numeral siguiente.

En este momento resulta importante señalar que el término “disponibilidad de pago” no debe ser confundido con la “capacidad de pago” de los hogares. El primero de ellos se refiere a la valoración que los hogares dan a los servicios que recibirían y no implica que cuenten con los ingresos necesarios para pagar ese mismo monto.

La capacidad de pago obedece más a la estructura de ingresos y gastos. Por ello, aunque un hogar dé una alta valoración a los servicios de acueducto y alcantarillado, debe recurrir a fuentes alternas que le significan menores gastos de dinero, como por ejemplo el transporte desde fuentes de agua cercanas y de bajo costo.

### 3.1.4 Estimación de disponibilidad a pagar

En la metodología de modelos de referéndum, la probabilidad de decir sí a la pregunta sobre disponibilidad de pago puede ser expresada mediante una función logística estimable económicamente por el procedimiento Logit. Función de la forma:

$$Pr(sí) = 1 / [ 1 + e^{(U(s) + b*x)} ]$$

donde:

U(s) = es un vector de variables asociadas con sus preferencias

X = valor que estaría dispuesto a pagar por un servicio mejorado.

Como se señaló, la disponibilidad de pago de los hogares investigados se corresponde con el monto de dinero que haría que la mitad de los hogares respondiera en forma positiva a la pregunta de la encuesta, situación de equilibrio que se da cuando al consumidor representativo le es indiferente pagar y no pagar; es decir, cuando la probabilidad de responder sí a la pregunta formulada sea 0,5. En este punto  $U(s) - B*X = 0$ , la disponibilidad de pago es el valor de X que hace cero esta expresión, y ese valor cuantifica entonces los beneficios económicos que perciben los hogares con el desarrollo del proyecto (ver gráfico 2).

El vector de variables asociadas, U(s), debe considerar parámetros característicos de los hogares que se captan a través de la encuesta, como por ejemplo el tamaño, sus ingresos mensuales, la continuidad del servicio que recibe, la capacidad de almacenamiento de agua, su opinión sobre la calidad del servicio recibido y el gasto en fuentes de agua alternas al servicio de acueducto, entre otras.

Con los resultados obtenidos en la encuesta se puede estimar entonces la disponibilidad de pago de los hogares por estrato socioeconómico, distinguiendo entre aquellos que se encuentran conectados al servicio de acueducto y los que no, mediante la aplicación de

los parámetros particulares de cada grupo de hogares. En el anexo dos se presenta la función logística obtenida para una muestra de 3.810 hogares localizados en 37 municipios del país.

A manera de ejemplo presentaremos el caso de Quibdó para los hogares sin conexión de agua potable, donde la función de probabilidad toma la forma:

$$Pr(sí) = 1 / [ 1 + e^{(46.534 - 1.491 n + 0.01 Y + x)} ]$$

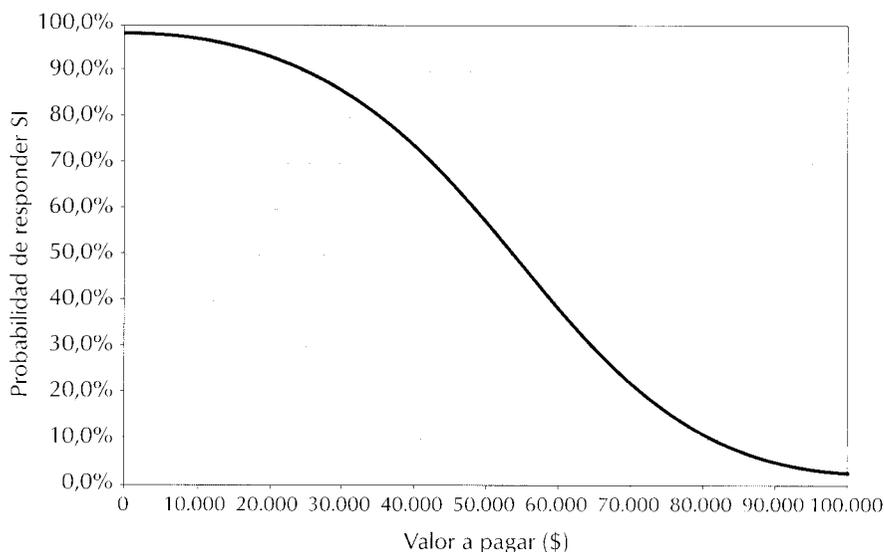
donde:

n = tamaño de los hogares

Y = ingreso

x = valor por el que se pregunta

## GRÁFICO 2 FUNCIÓN LOGÍSTICA DE DISPONIBILIDAD DE PAGO



Como ya se dijo, esta función se debe estimar a partir de las respuestas de la encuesta de caracterización socioeconómica y condiciones del servicio, aplicando para ello métodos econométricos del tipo Logit. Una vez realizado ese ejercicio, se debe proceder a buscar el valor para el que la probabilidad de respuesta es del 50% y que, por tanto, es al que la mitad de los hogares debería responder positivamente en la encuesta. La otra mitad de los hogares respondería en forma negativa.

En este caso específico, la respuesta sería de \$38.428 y por lo tanto los beneficios que percibiría cada uno de los nuevos hogares que se conecten al servicio de acueducto sería de ese valor. Como ya se dijo, esta disponibilidad no coincide necesariamente con su

capacidad de pago, y la factura mensual deseada dependerá entonces de otros factores adicionales, tales como:

- El costo en que debe incurrir el operador para ofrecer los servicios de acueducto y alcantarillado en la región evaluada.
- Los recursos de que dispone el Estado para ofrecer subsidios a la población.
- La proporción de beneficios deseados para que sean apropiados por los usuarios. En este sentido, los beneficios que efectivamente quedan en los usuarios corresponden a su disponibilidad a pagar (valoración que dan a los servicios) menos la factura que deben pagar (transferencias que hacen al operador).

## 3.2 METODOLOGÍA DE PREFERENCIAS REVELADAS

La metodología de preferencias reveladas es la más recomendada por la teoría económica para la estimación de los beneficios económicos puesto que, como se mencionó en la introducción de este capítulo, parte de observaciones reales sobre el comportamiento de los hogares. Para su aplicación debemos tener en cuenta que los beneficios generados por un proyecto de acueducto y alcantarillado se deben principalmente a:

- El bienestar que perciben los usuarios por el consumo de agua potable.
- Los beneficios que les genera la disponibilidad de sistemas adecuados para la disposición de aguas negras o residuales.
- La liberación de los recursos monetarios y de tiempo utilizados en la consecución de agua de fuentes alternas al acueducto.
- Las mejoras en las condiciones de salud de la población beneficiada.
- El ahorro de los recursos energéticos utilizados para hervir agua.

La metodología planteada en este numeral permite cuantificar los beneficios atribuibles a los dos primeros conceptos enunciados. El tercero de ellos –el ahorro de recursos para la obtención de agua de fuentes alternas– se puede estimar como el consumo promedio de los hogares multiplicado por su costo unitario, que a su vez depende de las características propias de cada municipio. Los beneficios atribuibles a los últimos dos conceptos son normalmente muy pequeños frente a los anteriores y, por esta razón, su metodología de cálculo no es considerada en este documento.

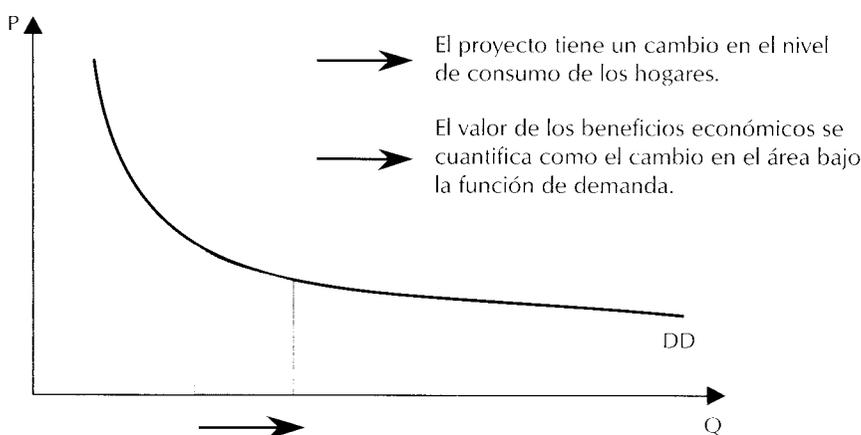
### 3.2.1 Enfoque metodológico para el cálculo de beneficios

La metodología de preferencias reveladas pretende estimar la valoración que los hogares dan al consumo de un bien específico, en este caso, el consumo de agua potable a

través de un acueducto público y el acceso a un servicio adecuado de alcantarillado. Esta metodología, para el caso específico de los proyectos de acueducto y alcantarillado, puede resumirse en los siguientes pasos: (ver gráfico 3)

- a) Se parte de una Función de Demanda de acueducto y alcantarillado (DD), la cual relaciona la valoración que un consumidor típico da a cada unidad adicional de agua consumida que, como se muestra en el Gráfico 3, es una función decreciente puesto que entre mayor es la cantidad de agua consumida, menor será el precio que estaría dispuesto a pagar el hogar por una unidad adicional de agua.
- b) En segundo lugar se analiza la situación de los hogares sin proyecto. En los proyectos analizados los hogares deben suplir sus necesidades mediante una canasta de diferentes tipos de agua: una parte proveniente de sistemas de acueducto con condiciones de servicio limitadas, otra parte de mercados alternos de agua como carrotanques o personas que acarrear y comercializan este bien, una tercera fuente son los pozos o corrientes de agua que aunque pueden ser gratuitas exigen tiempo de las personas para el acceso a ellos. El agua embotellada, por su alto precio, es una fuente de agua para consumo humano y en algunos lugares, el agua lluvia también se convierte en una fuente alternativa.
- c) A partir del análisis anterior se estima el consumo promedio de agua de los hogares y se establece, sobre la Función de Demanda, cuál es la valoración que los hogares dan a ese volumen de agua. Cabe destacar que esto implica como supuesto que todos los tipos de agua pueden ser considerados equivalentes para el usuario, esto aunque no es estrictamente cierto, subvalora los beneficios y por tanto lleva a resultados conservadores en la evaluación económica.
- d) Con la estructura tarifaria que se define en la estructuración del proyecto, se establece cuál será el cambio en los niveles de consumo de los hogares en el escenario con proyecto.

**GRÁFICO 3**



- e) Los beneficios que perciben los hogares por el consumo de agua potable del acueducto y por la disponibilidad de un sistema adecuado de alcantarillado, corresponden a la valoración que los usuarios dan al cambio estimado de su consumo. Es decir, el área bajo la función de demanda entre los niveles de consumo estimados para los escenarios con y sin proyecto.
- f) A partir de los consumos estimados para los dos escenarios y del valor unitario que el agua tiene para los hogares, en cada uno de ellos se estima el ahorro de recursos como:

$$AR = (Q_s * V_s) - (Q_c * V_c)$$

donde:

AR = ahorro de recursos de los usuarios del proyecto

$Q_s$  = consumo de agua sin proyecto

$Q_c$  = consumo de agua con proyecto

$V_s$  = Valor unitario del agua sin proyecto - incluyendo el valor del tiempo que utilizan las personas para acceder a este bien.

$V_c$  = Valor unitario del agua con proyecto - tarifa estimada por unidad de consumo.

- g) Finalmente, los beneficios económicos del proyecto son la suma de los dos conceptos explicados en los numerales anteriores, es decir, los que perciben los hogares en forma directa por el acceso a los servicios mejorados y la valoración de su ahorro de recursos para el acceso a fuentes alternas.

### 3.2.2 Estimación de la Función de Demanda

La estimación de la Función de Demanda de agua de acueducto se realizó a partir de la encuesta de calidad de vida adelantada por el Dane en 1997 (ECV). Esta encuesta se basa en una muestra localizada en 58 cabeceras municipales del país y comprende 2.469 hogares. Esto permitió incorporar en el análisis distintos mercados y diferentes estructuras de precios, así como un importante grupo de variables socioeconómicas que caracterizan a los hogares y otras variables de índole técnico, regional y ambiental. A continuación se presenta una breve reseña de la forma en que esta función fue estimada; un mayor detalle al respecto se puede consultar en el anexo 3 de este documento.

La estimación de la Función de Demanda a partir de esta información presenta, como principal dificultad, el hecho de que en la ECV no se indaga directamente por el consumo y las tarifas enfrentadas por los hogares, sino por la factura mensual que el hogar paga por los servicios. Esto obligó a realizar un paso previo en que se calculó el consumo con base en las facturas reportadas y las estructuras tarifarias que se encontraban vigentes en cada municipio en 1997, esto último obtenido del Inventario Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (1997) y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Como resultado de este trabajo fue posible obtener dos especificaciones para la Función de Demanda. La primera aplicable a los municipios localizados por debajo de los 1.000 metros sobre el nivel del mar, y la segunda a aquellos que se encuentran de esta altura en adelante. Ésta es una manera de involucrar a la función una variable indicativa de la temperatura promedio en que viven los hogares.

Con el ejercicio realizado se obtiene una acertada estimación de la elasticidad de la demanda de agua de acueducto a diferentes variables tales como el tamaño de los hogares, su ingreso y el precio de los servicios de acueducto y alcantarillado. Sin embargo, no es posible captar los efectos de las condiciones particulares de cada municipio, y por tanto, para su aplicación práctica en el ejercicio de evaluación económica, resulta ideal conocer un punto sobre la Función de Demanda (por ejemplo, el consumo actual de los hogares y la estructura tarifaria que enfrentan) y a partir de él estimar el consumo futuro aplicando la elasticidad a los cambios en cada una de las variables relevantes.

Los siguientes son los resultados obtenidos para municipios localizados en alturas menores a los 1.000 metros sobre el nivel del mar:

$$C = e^{3,59} N^{0,27} Y^{0,06} P^{-0,26}$$

donde:

- C = consumo de agua potable, medido en m<sup>3</sup>
- N = tamaño del hogar
- Y = ingreso disponible, calculado como el ingreso después de pagar los cargos fijos de acueducto y alcantarillado
- P = variable instrumental que representa el precio marginal de los servicios, calculada como la media aritmética de las tarifas complementaria y suntuaria de acueducto y alcantarillado

Para el grupo de municipios localizados por encima de los 1000 metros sobre el nivel del mar la especificación obtenida fue la siguiente:

$$C = e^{3,99} N^{0,33} Y^{0,05} P^{-0,33} e_{Reg1}^{-0,21} e_{Reg2}^{-0,18}$$

donde:

- e<sub>Reg1</sub> = Dummy para la región oriental, la cual toma valor uno (1) si el municipio pertenece a la región oriental, y toma valor cero (0) cuando el municipio pertenece a cualquier otra región.
- e<sub>Reg2</sub> = Dummy para el departamento de Antioquia, la cual toma valor uno (1) si el municipio pertenece a este departamento, y cero (0) en caso contrario.

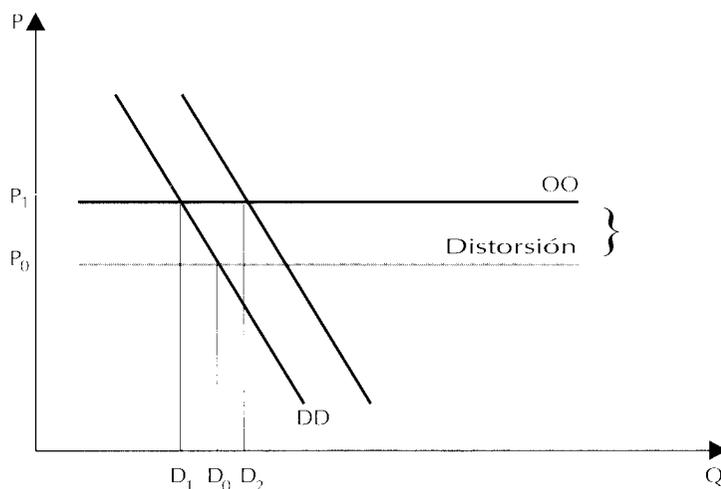
## Capítulo 4

# CÁLCULO DE COSTOS ECONÓMICOS

Como se explicó en el primer capítulo, los costos económicos corresponden al valor que tienen para la comunidad los recursos necesarios para desarrollar el proyecto. En el caso específico de los proyectos de acueducto y alcantarillado –normalmente pequeños frente al resto de la economía nacional– este valor puede asimilarse al precio de mercado que tendrían los insumos utilizados por el proyecto si éstos no estuvieran sujetos a distorsiones como impuestos o subsidios.

Cuando estas distorsiones existen, los insumos enfrentan una situación como la que se ilustra en el Gráfico 4. Esto es, en un mercado sin distorsiones un insumo cualquiera se transaría a un precio de mercado  $P_0$  equivalente a su costo de producción y comercialización, precio al que la comunidad estaría dispuesta a demandar una cantidad  $D_0$  del insumo. La distorsión hace que el precio de mercado se modifique; por ejemplo, un impuesto haría que el precio de mercado aumentara a  $P_1$  aunque los oferentes sigan

**GRÁFICO 4**



recibiendo  $P_0$  por cada unidad vendida. A su vez, este aumento de precio hace que la demanda disminuya pasando de  $D_0$  a  $D_1$ .

El desarrollo de un proyecto de acueducto y alcantarillado tiene como efecto una demanda adicional de bienes que por su volumen no afecta los precios de mercado, es decir, que se refleja como un incremento en la demanda desde  $D_1$  hasta  $D_2$ . En esta nueva situación, el insumo se sigue trazando al precio  $P_1$  aunque su costo económico es  $P_0$ .

En un mercado con distorsiones, el ejercicio que se hace entonces para la valoración de los costos económicos del proyecto consiste en identificar qué porcentaje del precio del mercado corresponde a distorsiones y descontarlo al valor de los insumos, para obtener de esta manera el valor que efectivamente tienen para la comunidad. Sobre esta base se define el concepto "Razón Precios Cuenta" como:

$$RPC_x = CE_x / PM_x = (PM_x - DM_x) / PM_x$$

donde:

$RPC_x$  = razón precio cuenta del bien x

$CE_x$  = costo económico del bien x

$PM_x$  = precio de mercado del bien x

$DM_x$  = distorsiones que afectan al mercado del bien x

Es decir, las Razones Precio Cuenta (RPC) corresponden a la relación existente entre el costo económico de un bien y su precio de mercado y, por tanto, los costos económicos de cada uno de los proyectos de acueducto y alcantarillado pueden ser estimados como:

$$CE = \sum (PM_x * RPC_x)$$

En el anexo 4 se presenta el cálculo de las Razones Precio Cuenta utilizadas para la cuantificación de los costos económicos de los proyectos evaluados por el Ministerio de Desarrollo Económico bajo el marco del Programa de Modernización Empresarial.

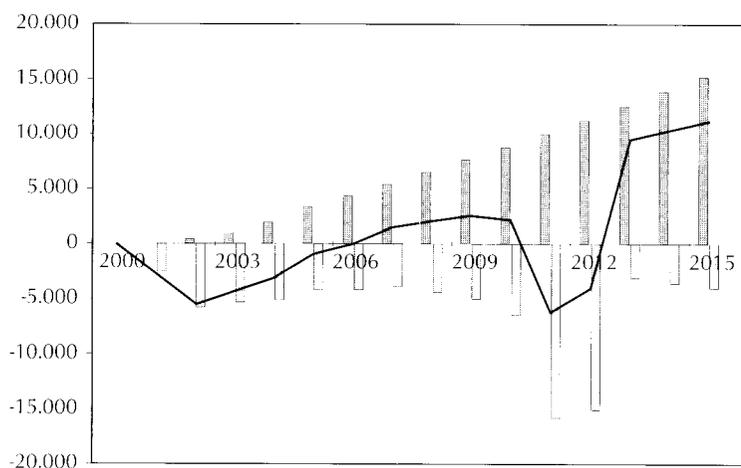
## Capítulo 5

# CONSIDERACIONES FINALES

Al aplicar la metodología de evaluación económica explicada en los capítulos anteriores, se debe construir un Flujo Neto de beneficios y costos económicos de cada proyecto, similar al representado por el Gráfico 5. Allí, los beneficios corresponden a los percibidos por los usuarios finales –tal como se explicó en el capítulo 3–, y los costos al valor que tienen para la economía los insumos necesarios para el desarrollo de cada proyecto (ver capítulo 4).

Cuando se desea evaluar el impacto sobre la población, los beneficios aplicados siguen siendo los anteriores, pero los costos se reemplazan por el incremento en el gasto que deben realizar los hogares para la consecución de agua, en los escenarios con y sin proyecto.

**GRÁFICO 5**  
**FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS ECONÓMICOS**  
**(MILLONES \$)**



Una vez construido el flujo neto de beneficios y costos económicos, cada proyecto puede ser evaluado a la luz de diferentes indicadores, que a su vez permiten cumplir con el objetivo de hacer comparables los diferentes proyectos. Estos indicadores se describen a continuación.

## 5.1 INDICADORES ECONÓMICOS DE LOS PROYECTOS

El impacto del proyecto, ya sea sobre la economía o sobre uno de los agentes económicos que participan del proyecto, se mide a través del Valor Presente Neto (VPN) del flujo neto de beneficios y costos económicos. Este indicador equivale a la suma de los valores que tendrían hoy todos los beneficios y costos que el proyecto implica para él, o para los agentes que se estén analizando.

Este cálculo se realiza descontando el flujo neto de beneficios y costos económicos a la tasa de oportunidad económica, que se estima en el 12% anual de acuerdo con los criterios aceptados internacionalmente sobre la mínima tasa de retorno que se debe exigir a las inversiones estatales realizadas en un país como Colombia.

De esta manera, cuando el Valor Presente Neto de un proyecto es positivo significa que los beneficios generados por el proyecto superan sus costos y que, por tanto, el proyecto beneficia a la comunidad. Si por el contrario, el VPN es negativo, el proyecto tendría costos superiores a sus beneficios y resultaría una mala inversión para la comunidad frente a las alternativas de que dispone para utilizar los recursos.

Además del VPN existen algunos otros indicadores que resultan útiles para la evaluación y comparación de los proyectos. Podemos mencionar por ejemplo:

- La Tasa Interna de Retorno (TIR), que indica la rentabilidad social que tendría cada uno de los proyectos analizados. En este caso, una TIR superior a la tasa de retorno económica nos muestra que la rentabilidad del proyecto supera la mínima esperada y que el proyecto beneficia a la comunidad.
- La Relación Beneficio Costo cuantifica los beneficios que recibiría el país por cada peso invertido en los proyectos. Este indicador se evalúa utilizando también la tasa de oportunidad del 12%. Evaluado con este indicador, un proyecto resulta conveniente en la medida que su Relación Beneficio Costo sea mayor que uno, y al comparar dos proyectos alternativos, sería mejor aquel que muestre una relación superior.
- El periodo de recuperación señala en cuánto tiempo los beneficios económicos generados por el proyecto se hacen iguales a los costos económicos del mismo. Es decir, es un indicador que dice en qué medida las inversiones realizadas son de largo o corto plazo y debe por tanto obedecer a las políticas fijadas por el gobierno en ese sentido.

Una utilidad adicional que puede darse a los flujos de beneficios y costos, no menos importante que la evaluación económica de los proyectos y su comparación con otros similares, es la asignación de los recursos de que dispone el Estado para realizar inversión social. En este caso nos encontramos con un gran abanico de proyectos u oportunidades de inversión y una limitación presupuestal; el gobierno debe seleccionar entonces cuál es el portafolio de proyectos que maximiza los beneficios para toda la comunidad.

## 5.2 CONSIDERACIONES FINALES SOBRE LOS SUPUESTOS

Para concluir esta primera parte, queremos resaltar algunos supuestos que se han utilizado y que hacen que los resultados obtenidos puedan ser considerados como una evaluación económica conservadora de los proyectos, es decir, una aproximación por debajo de los beneficios que el proyecto ofrece a la comunidad y, específicamente, a los hogares usuarios de los servicios. Estos supuestos son:

- Al obtener los beneficios económicos como el área bajo la función de demanda comprendida entre los niveles de consumo con y sin proyecto, estamos suponiendo que la calidad del agua en los dos casos es similar. Sin embargo, en la mayoría de los proyectos evaluados la calidad del servicio mejorará con el desarrollo de los proyectos evaluados, lo que implica unos mayores beneficios.
- En forma similar, el ejercicio realizado considera que la valoración que los hogares dan a cierto volumen de agua obtenida a través del servicio de acueducto es igual a la que le asignarían a ese mismo volumen de agua si proviniera de una fuente alterna al acueducto (carrotanque, aguas lluvias, etc).
- La evaluación realizada no considera algunos efectos secundarios inducidos por la presencia de un buen servicio de acueducto y alcantarillado. Entre ellos podríamos mencionar: las mejoras en salud por una menor incidencia de enfermedades de origen hídrico; las posibilidades de desarrollo industrial, comercial y/o turístico que se abren al municipio al contar con unos servicios públicos de buena calidad; la mayor disponibilidad de fuentes alternas de agua de que dispondrán los hogares que, a pesar del desarrollo de los proyectos, no tendrán acceso a los servicios ofrecidos; la liberación de tiempo a la población beneficiada como efecto de no tener que desplazarse para obtener el agua para su consumo.

En conclusión, la evaluación realizada, al ofrecer una cuantificación conservadora de los beneficios económicos de los proyectos evaluados, hace posible que el desarrollo de estos proyectos tenga en la práctica resultados superiores a los aquí calculados.

## Capítulo 6

# APLICACIÓN PRÁCTICA

### 6.1 EL CASO QUIBDÓ

Quibdó está ubicado en el margen derecho del río Atrato, a una altura de 32 metros sobre el nivel del mar, la temperatura media es de 26 grados, el clima es húmedo con abundante precipitación durante todos los meses del año. Cuenta con una población total de 102.000 habitantes, a esto se suma la migración de población desplazada por la violencia que puede ascender a 5.000 familias (25.000 habitantes). El territorio municipal se distribuye en dos áreas geográficas: una plana correspondiente al valle del río Atrato, y el área montañosa que corresponde al costado occidental de la cordillera que pasa por esa zona. Estas áreas, a la vez, se subdividen en cuatro comunas.

Una inmensa cantidad de ríos y corrientes menores bañan la ciudad, entre ellos las quebradas de la Yesca al norte y el Caraño hacia occidente, ambas afluentes del río Atrato; la principal fuente hídrica es el río Cabí seguida por la recolección de aguas lluvias en tanques de almacenamiento y estanques construidos en la mayoría de las viviendas.

En el plano social, se observan altos niveles de pobreza, altos índices de escolaridad, una baja cobertura en salud y bajos niveles de cobertura de acueducto y alcantarillado en los planteles. Con relación a las viviendas se estima que en Quibdó hay 14.801 predios urbanos de los cuales sólo el 25% corresponde a los estratos 3 y 4, y un 5% corresponde al sector comercial. El servicio de acueducto es deficiente e interrumpido (únicamente se presta seis horas diarias en diferentes horarios) y el de alcantarillado es precario con relación a las coberturas de acueducto.

La principal fuente hídrica de Quibdó es el río Cabí (afluente del río Atrato) que abastece la totalidad del municipio (a excepción del hospital San Francisco de Asís y pocas viviendas ubicadas en las orillas del río), tiene como afluente las quebrada de la Yesca y

el Caraño que atraviesan la ciudad, y que se han convertido en depositantes de desechos y excretas. Se encuentran altos niveles de contaminación en especial en la quebrada de la Yesca y el río Atrato, recolectores de aguas lluvias de la ciudad debido a la falta de alcantarillado.

El líquido que proviene de estas fuentes se utiliza para el aseo personal, almacenamiento para el consumo, sanitarios y, en general, para las actividades que se permitan en los horarios establecidos para el servicio (seis horas diarias) además del condicionamiento de paros y huelgas que con frecuencia suceden en la Empresa. Otro factor importante para el consumo de agua proveniente de las conexiones es la presión con la que llega. La calidad del producto no es bien percibida y genera muy poca confianza para el consumo humano, por lo cual la población se ve obligada a hervir el agua que almacena o a comprar agua tratada (en botellas o galones); esta última constituye también una solución al agua que requieran las familias para su consumo.

Casi todas las viviendas y establecimientos comerciales del municipio cuentan con tinas o depósitos para aguas lluvias, pues su almacenamiento es la fuente hídrica más confiable según la comunidad en general. Las frecuentes precipitaciones facilitan la recolección permanente del líquido, es gratuita y su tratamiento, que consiste en la mezcla de cloro, es más barato que el valor cobrado por la empresa como consumo mínimo. Otro factor determinante son los bajos niveles de cobertura y la deficiencia del servicio. Esta agua es utilizada para lavar la ropa y los utensilios de cocina, y es bombeada hacia las conexiones y utilizada en las mismas actividades que el agua que proviene del acueducto. Se constituye entonces no sólo en la fuente más confiable sino también en la más utilizada. La frecuencia de uso se estima en un 80% con relación al uso del acueducto (en lugares que cuentan con el servicio) y la percepción sobre la calidad del producto no es muy inferior a la de la empresa.

A pesar de encontrarse rodeada de ríos y quebradas, la población no disfruta de buen servicio de agua. Barrios como el Guapango (barrio obrero), Buenos Aires, Samper, en general cordones de miseria (75%) no cuentan con el servicio de acueducto. Algunas de las viviendas que cuentan con la conexión no tienen el servicio pues las redes pierden presión por conexiones fraudulentas. Por otra parte, en especial en el centro de la ciudad, existe un alto número de bombas para aumentar la presión o almacenamiento en tanques elevados. Se estima que cada bomba que se conecta afecta la presión de diez viviendas vecinas.

Únicamente el 25% de los hogares cuenta con conexión a las redes de acueducto. Todas las viviendas cuentan con sistemas de recolección de aguas lluvias que van desde canecas plásticas (en estratos bajos) hasta estanques que permiten el almacenamiento del líquido.

Debido a la irregularidad en el servicio y los bajos niveles de presión, las viviendas cuentan con motobombas que ayudan a la presión de aguas almacenadas. El encendido de motobombas genera una merma de presión, cada vez que éstas se activan le quitan fuerza a la presión de diez viviendas vecinas. Una de las amenazas financieras más importantes para la empresa la constituyen un número importante de conexiones directas extendidas por la comunidad en especial en los estratos 1, 2 y 3, trayendo como consecuencia no solamente el deterioro de redes de la empresa sino también pérdidas materiales incalculables por la usurpación del servicio. La empresa ha hecho un esfuerzo importante para combatir el fraude sin ningún resultado, cada vez son más las acometidas ilegales instaladas por la comunidad.

El desarrollo del proyecto de acueducto y alcantarillado en Quibdó permitiría que el servicio de acueducto alcanzara una cobertura del 75% de los hogares residentes en el área urbana de la ciudad en un periodo de quince años, y que la cobertura del servicio de alcantarillado creciera hasta el 65% en un periodo de veinticinco años. De esta manera, se estima que en el año 2015, de los 23.842 hogares que se proyectan en esta ciudad, 16.690 contarían con el servicio de acueducto y 6.931 con el de alcantarillado.

Por otra parte, se estima que los hogares que hoy se encuentran conectados al servicio de acueducto consumen en promedio 18.1 m<sup>3</sup> mensuales de agua, pagando una factura promedio de \$7.199 al mes. Con la ejecución del proyecto, este consumo aumentaría a cerca de 24.5 m<sup>3</sup> y la factura llegaría a los \$16.429 pesos mensuales. Es decir, un aumento del 35% en el consumo y del 128% en la factura de los servicios.

### 6.1.1 CÁLCULO DE LOS BENEFICIOS ECONÓMICOS

Recordemos que el cálculo de los beneficios económicos se realiza a partir de la Función de Demanda, que para el caso específico de la ciudad de Quibdó, que se encuentra por debajo de los 1.000 metros sobre el nivel del mar, corresponde a:

$$C = e^{3,59} N^{0,27} Y^{0,06} P^{-0,26}$$

donde:

- C = consumo de agua potable, medido en m<sup>3</sup>.
- N = tamaño del hogar
- Y = ingreso disponible, calculado como el ingreso después de pagar los cargos fijos de acueducto y alcantarillado
- P = variable instrumental que representa el precio marginal de los servicios, calculada como la media aritmética de las tarifas complementaria y suntuaria de acueducto y alcantarillado.

Es necesario entonces contar con la información del tamaño de los hogares y del ingreso para cada grupo evaluado (estrato socioeconómico), que se calcula a partir de la encuesta de caracterización en:

**TABLA 2**  
**QUIBDÓ - ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN**

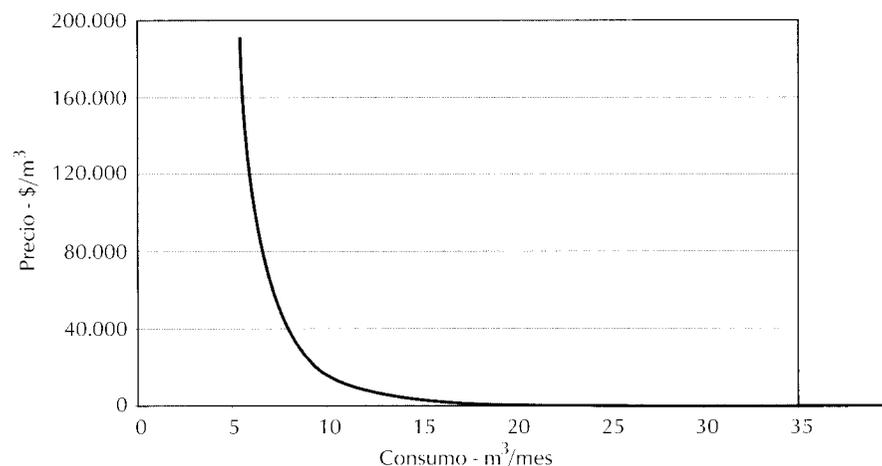
Variable	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3
Tamaño hogar	5.85	5.26	4.62
Ingreso mensual (\$)	200.973	336.437	539.941

En primera instancia es conveniente revisar los errores que se pueden estar cometiendo en la estimación de estos parámetros. Así, la respuesta del tamaño del hogar fue contestada en 527 encuestas y mostró un coeficiente de variación del 48%, lo que nos indica que con un nivel de confianza del 95% se tiene un error inferior al 4%.

En cuanto al ingreso, el número de respuestas fue bastante inferior –únicamente se logró para 236 de los hogares encuestados– y el coeficiente de variación alcanza el 62%. Así, el error cometido estaría cercano al 7,5%, con un nivel de confianza similar al anterior. Se consideró que estos dos resultados son aceptables para la investigación realizada.

Por otra parte, las tarifa complementarias y suntuaria llevarían a que la demanda de los hogares se localizara alrededor de los 24.5 m<sup>3</sup> mensuales. Esto es, un incremento de casi 3,8 veces sobre los 6.5 m<sup>3</sup> de consumo que se estima para los hogares no conectados al servicio y del 35% para los conectados.

**GRÁFICA 6**  
**FUNCIÓN DE DEMANDA DE AGUA POTABLE**



De esta manera, las funciones de demanda para cada estrato serían las que se muestran en la gráfica 6, y los beneficios económicos para los hogares no conectados corresponderían al área bajo la curva entre 6.5 y 24 m<sup>3</sup> de demanda.

En el caso de los hogares que hoy cuentan con servicio de acueducto, los beneficios serían inferiores y se calcularían como el área entre 18.1 y 24 m<sup>3</sup>.

En el caso específico de Quibdó, donde la pluviosidad es muy alta y el agua lluvia es una fuente de abastecimiento comúnmente utilizada, el ahorro en recursos de fuentes alternas al acueducto resulta prácticamente cero. Así que los beneficios económicos se pueden cuantificar, como aparece en el siguiente tabla:

**TABLA 3**  
**BENEFICIOS DEL PROYECTO QUIBDÓ**  
**(MILLONES \$ ANUALES)**

Año	TOTAL PROYECTO (millones \$)				
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estratos 4 a 6	Total
2000	0	0	0	0	0
2001	61	24	4	0	89
2002	250	96	10	0	356
2003	576	218	19	0	813
2004	1.048	395	31	0	1.474
2005	1.677	629	47	0	2.353
2006	2.054	768	54	0	2.877
2007	2.446	913	62	0	3.421
2008	2.854	1.063	70	0	3.987
2009	3.277	1.218	78	0	4.573
2010	3.717	1.312	86	0	5.115
2011	4.165	1.349	94	0	5.609
2012	4.630	1.387	102	0	6.119
2013	5.111	1.426	110	0	6.647
2014	5.608	1.465	119	0	7.191
2015	6.122	1.505	127	0	7.754
2016	6.241	1.546	136	0	7.923
2017	6.363	1.587	144	0	8.095
2018	6.488	1.629	153	0	8.270
2019	6.614	1.672	162	0	8.449
2020	6.743	1.716	172	0	8.631

El VPN de los beneficios generados por el proyecto sería de \$24.142 millones y, como se aprecia en la tabla 3, se concentrarían en los hogares de los estratos socioeconómicos más bajos, por ser éstos los que menor cobertura del servicio muestran actualmente. En el estrato 1 se estima que la cobertura actual es de apenas el 2,4%, en el estrato 2 del 27,4% y en el estrato 3 del 66.7%. Los beneficios para los estratos 4 a 6 son cero a raíz de que el porcentaje de los hogares residentes en Quibdó, que pertenecen a esos estratos es prácticamente nulo.

### 6.1.2 CÁLCULO DE LOS COSTOS ECONÓMICOS

Por otra parte, los costos del proyecto pueden ser distribuidos en los cinco grandes componentes para los que se han estimado las Razones Precio Cuenta: mano de obra

**TABLA 4**  
**COSTOS DE INVERSIÓN DEL PROYECTO QUIBDÓ**  
**(MILLONES \$ ANUALES)**

<b>Año</b>	<b>Mano obra calificada</b>	<b>Mano obra no calificada</b>	<b>Energía eléctrica</b>	<b>Insumos importados</b>	<b>Otros insumos</b>
2000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2001	142.2	142.2	22.8	211.8	494.2
2002	129.9	129.9	20.8	193.5	451.5
2003	234.0	234.0	37.4	348.5	813.2
2004	189.1	189.1	30.3	281.7	657.2
2005	236.7	236.7	37.9	352.5	822.5
2006	491.3	491.3	78.6	731.6	1.707.0
2007	518.0	518.0	82.9	771.4	1.799.8
2008	240.7	240.7	38.5	358.5	836.4
2009	217.7	217.7	34.8	324.2	756.4
2010	237.1	237.1	37.9	353.1	823.8
2011	105.8	105.8	16.9	157.5	367.6
2012	101.3	101.3	16.2	150.8	352.0
2013	104.6	104.6	16.7	155.7	363.4
2014	159.5	159.5	25.5	237.6	554.4
2015	152.0	152.0	24.3	226.3	528.1
2016	66.1	66.1	10.6	98.4	229.6
2017	63.4	63.4	10.1	94.4	220.2
2018	66.1	66.1	10.6	98.4	229.5
2019	104.4	104.4	16.7	155.4	362.6
2020	70.8	70.8	11.3	105.4	245.9

calificada, mano de obra no calificada, energía eléctrica, insumos importados y otros insumos de origen nacional. Esta discriminación fue realizada tanto para las inversiones, como para los costos de operación y mantenimiento, y se presenta en las tablas 4 y 5.

**TABLA 5**  
**COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO QUIBDÓ**  
**(MILLONES \$ ANUALES)**

Año	Mano obra calificada	Mano obra no calificada	Energía eléctrica	Insumos importados	Otros insumos
2000	140.2	75.5	100.2	24.3	56.7
2001	140.2	75.5	107.6	25.8	60.1
2002	140.2	75.5	114.8	27.3	63.7
2003	140.2	75.5	124.8	29.4	68.5
2004	140.2	75.5	134.5	31.4	73.3
2005	140.2	75.5	143.9	33.5	78.1
2006	167.2	90.0	168.1	37.9	88.3
2007	194.1	104.5	187.2	42.6	99.5
2008	237.3	127.8	221.8	50.7	118.3
2009	253.4	136.5	221.2	52.1	121.6
2010	280.4	151.0	234.7	55.6	129.7
2011	302.0	162.6	250.5	59.8	139.6
2012	323.5	174.2	267.1	63.9	149.0
2013	345.1	185.8	284.5	68.1	158.9
2014	366.7	197.4	301.4	72.2	168.6
2015	382.9	206.2	313.6	75.4	176.0
2016	404.4	217.8	326.3	78.7	183.7
2017	426.0	229.4	339.2	82.1	191.6
2018	447.6	241.0	352.4	85.6	199.7
2019	469.1	252.6	366.0	89.1	207.9
2020	490.7	264.2	379.8	92.7	216.3

Los costos anteriores se presentan a precios de mercado y por lo tanto deben ser multiplicados por las respectivas razones precio cuenta para obtener los costos económicos del proyecto. Así pues, cada columna se vería afectada por los siguientes factores:

- Mano de obra calificada                      0.68
- Mano de obra no calificada                0.61
- Energía eléctrica                                1.00

- Insumos importados 0.76
- Otros insumos 0.87

El valor presente de los costos económicos así obtenidos es de \$14.285 millones de pesos. De tal manera que este proyecto ofrecería una relación beneficio/costo de 1.69, o lo que es igual, que cada peso invertido llevaría a la generación de beneficios por \$1.69.

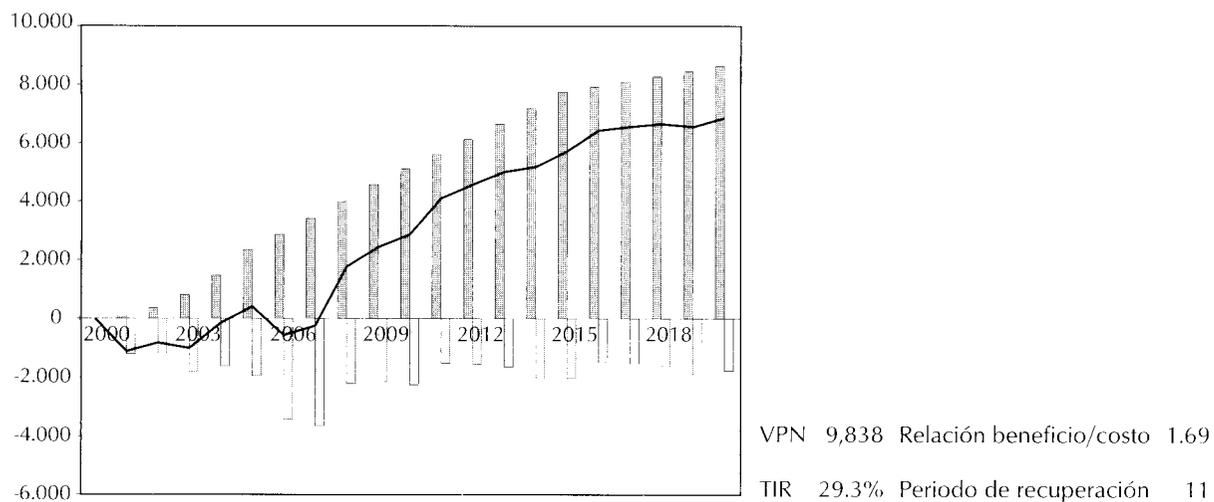
### 6.1.3 FLUJO NETO DE BENEFICIOS Y COSTOS ECONÓMICOS

La información anterior permite construir el flujo neto de beneficios económicos reflejado en el gráfico 7. A partir de ese flujo se pueden calcular los indicadores del proyecto y con base en ellos concluir que esta inversión resulta muy atractiva por la magnitud de los beneficios que ofrece –\$9.838 millones– y la Tasa Interna de Retorno del 29,3%.

Por otra parte, la relación beneficio–costo es de 1.69 y el periodo de recuperación de la inversión es de once años, lo que nos indica que éste es un proyecto de inversión social a mediano plazo.

Por último, el análisis del impacto del proyecto en los usuarios finales nos muestra que éstos conservarían \$12.682 millones luego de realizar las transferencias al operador vía facturación. Es decir, que los usuarios conservarían el 52,5% de los beneficios totales generados por el proyecto y que los recursos que aportaría el Estado efectivamente llegarían a la población, esto último por que los beneficios netos del proyecto para los

**GRÁFICO 7**  
**FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS ECONÓMICOS**  
**(MILLONES \$)**  
**QUIBDÓ**



usuarios son mayores que para el total de la economía y por tanto los hogares estarían recibiendo subsidios o transferencias provenientes de los demás agentes (ver tabla 6).

La distribución de los beneficios entre los tres estratos socioeconómicos presentes en Quibdó nos muestra que dichos beneficios se concentrarían en los hogares del estrato más bajo. Que para los hogares del estrato 2 el proyecto les significaría una mínima pérdida de bienestar, y que los del estrato 3 se verían perjudicados durante todo el periodo de análisis, a favor de los hogares del estrato 1.

**TABLA 6**  
**IMPACTO DEL PROYECTO QUIBDÓ EN LOS HOGARES**  
**(MILLONES \$ ANUALES)**

Año	FLUJO NETO ECONÓMICO (millones \$)				
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4 a 6	Total
2000	0	0	0	0	0
2001	29	-76	-70	0	-117
2002	175	-128	-132	0	-85
2003	447	-155	-194	0	98
2004	853	-154	-256	0	443
2005	1.402	-123	-318	0	961
2006	1.720	-91	-322	0	1.307
2007	2.050	-58	-326	0	1.666
2008	2.393	-23	-331	0	2.039
2009	2.750	12	-335	0	2.427
2010	3.120	33	-339	0	2.813
2011	3.497	41	-344	0	3.194
2012	3.888	49	-348	0	3.589
2013	4.292	57	-353	0	3.996
2014	4.710	65	-357	0	4.418
2015	5.143	73	-362	0	4.854
2016	5.243	82	-367	0	4.958
2017	5.345	90	-372	0	5.063
2018	5.449	99	-377	0	5.171
2019	5.555	107	-382	0	5.280
2020	5.663	116	-387	0	5.391
VPN	15.047	-387	-1.978	0	12.682
	118.7%	-3.1%	-15.6%	0.0%	100.0%

Los anteriores resultados llevan a dos conclusiones sobre la estructura tarifaria que se propone para el proyecto.

- Por una parte, que dicha estructura podría ser un poco más alta lo cual se reflejaría en menores inversiones por parte del Estado. Aunque una decisión de este tipo debería ser confirmada con un análisis de la capacidad de pago de los hogares.
- Por otro lado, que la estructura tarifaria resulta inequitativa para los hogares de los estratos 2 y 3, quienes se ven perjudicados por el proyecto. En este caso se deberían disminuir las tarifas para estos estratos lo que debería ser financiado con mayores recursos del Estado o con mayores tarifas en el estrato uno.

A partir de las anteriores conclusiones se podría proponer que la tarifa del estrato 1 se

incrementara en un 35%, la del estrato 2 se redujera en un 7,5% y la del estrato 3 fuera disminuida en un 20%. De esta manera, los efectos netos del proyecto serían similares a los expuestos anteriormente, pero los hogares del estrato 2 percibirían unos beneficios netos positivos de \$61 millones y la valoración de los perjuicios producidos al estrato disminuiría en un 30%.

Bajo esta propuesta, la facturación del estrato 1 sería de \$15.174 mensuales, 6% de su ingreso; la del estrato 2 sería de \$17.194, 3,6% de su ingreso; y la del estrato 3 de \$17.398 mensuales, 2,3% del ingreso. Proporciones éstas del ingreso que se encuentran dentro de parámetros tradicionalmente aceptados para la participación de las facturas de acueducto y alcantarillado dentro de los gastos totales de los hogares.

## 6.2 LA REGIONAL ERAS

Este proyecto regional cubre las cabeceras municipales de cinco centros urbanos vinculados con la Empresa Regional de Aguas del Sinú (ERAS): Cereté, San Carlos, Ciénaga de Oro, Sahagún y San Pelayo, municipios localizados al nororiente de la ciudad de Montería, en el Departamento de Córdoba, donde se localizan 121.599 personas que conforman 23.031 hogares, de los cuales el 80% pueden catalogarse dentro de los dos estratos socioeconómicos más pobres del país. El tamaño de los hogares supera las cinco personas por hogar en los cinco municipios que se beneficiarían del proyecto, y aunque la cobertura nominal del servicio de acueducto supera el 90%, la efectiva resulta muy inferior por la baja continuidad del servicio que apenas alcanza un promedio de 23.7 horas a la semana.

El 57,3% de los hogares encuestados declararon contar con el servicio de alcantarillado, mostrando las mayores coberturas en los hogares de los estratos socioeconómicos más altos y en el municipio de Sahagún, donde se aproxima al 80%. En San Carlos y San Pelayo el servicio de alcantarillado es prácticamente inexistente.

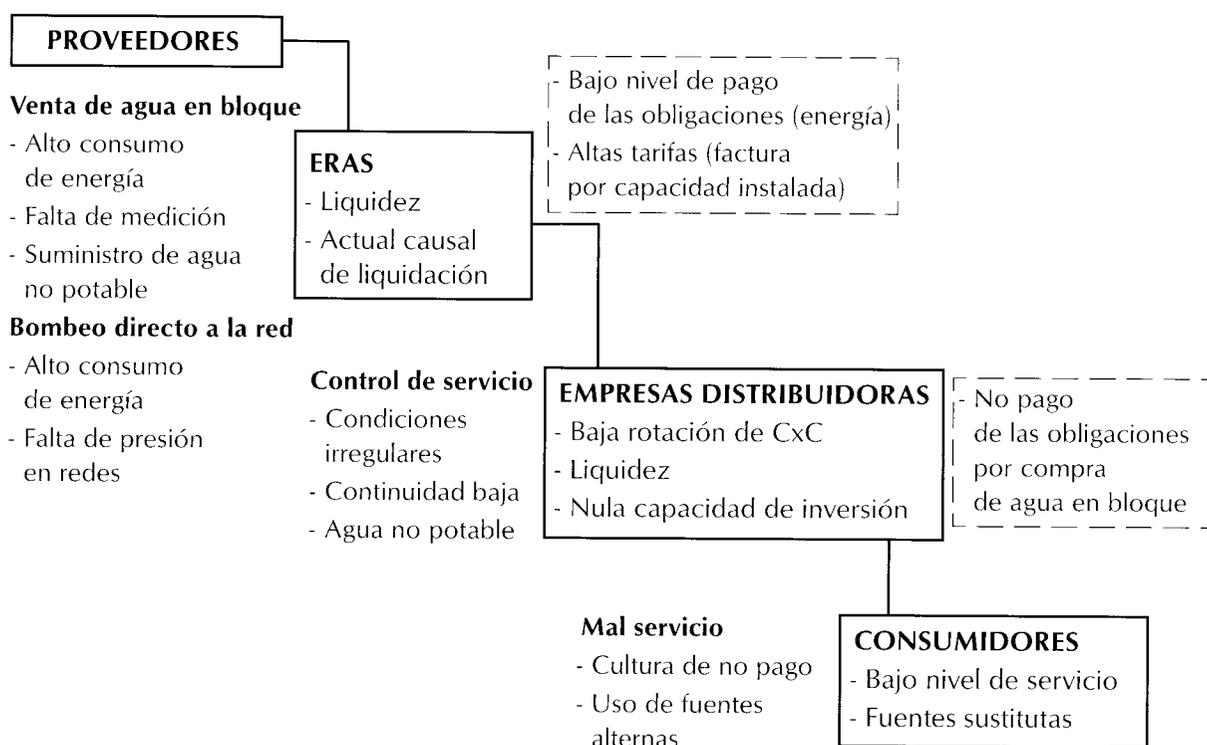
El sistema de ERAS se encuentra conformado por tres tipos de empresas:

- i) La Empresa Regional de Aguas del Sinú (ERAS), especializada en la producción y venta de agua en bloque a los municipios de la regional.
- ii) Cuatro empresas municipales distribuidoras y comercializadoras de los servicios de agua potable y alcantarillado, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cereté, la Junta Administrativa de San Carlos, la Empresa de Servicios Públicos de Ciénaga de Oro y la Empresa de servicios públicos de Sahagún.
- iii) La Empresa de Servicios Públicos de San Pelayo que produce, distribuye y comercializa el agua potable en ese municipio.

El diagnóstico financiero y técnico realizado por la Unión Temporal Corficolombiana-Fleming, firma responsable de estructurar el proceso de participación privada en la regional, resume los inconvenientes de esta estructura en la figura 2.

En el esquema actual, la viabilidad financiera de ERAS depende del pago oportuno por parte de las empresas municipales a las que suministra agua potable. Sin embargo, y por su composición accionaria, en donde los mismos municipios participan con un 89,4%<sup>2</sup> de la propiedad, la junta directiva ha tomado decisiones que van en detrimento

**FIGURA 2**



<sup>2</sup> Los principales accionistas de ERAS son: municipio de Cereté, 40%; municipio de Sahagún, 25%; municipio de Ciénaga de Oro, 20%; señor William Torres, 5%, y municipio de San Carlos, 4,4%.

de la misma empresa y a favor de las distribuidoras municipales; por ejemplo, se realizaron acuerdos con las empresas distribuidoras para cancelar montos fijos mensuales inferiores a los facturados, así, en 1999 las empresas pagaban \$75 millones mensuales frente a una facturación real de \$132.5 millones, es decir, la facturación se vio reducida en cerca de un 43% por este motivo.

Por otra parte, las características técnicas del sistema exigen sistemas de bombeo para el transporte del agua, los cuales funcionan con energía eléctrica que se viene facturando por carga instalada, ya que no se cuenta con equipos de medición adecuados para la facturación por consumo. Esto ha llevado a que la energía eléctrica tenga un peso importante dentro de la estructura de gastos de ERAS y, a raíz de las dificultades de la empresa para facturar, se ha llegado a importantes niveles de endeudamiento con la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica, de tal manera que en este momento una de las principales amenazas para el funcionamiento del sistema son los posibles cortes del servicio por falta de pago.

La mala calidad del servicio ofrecido por las empresas en el área del proyecto se ha reflejado en el desarrollo de una cultura de no pago por parte de los usuarios del servicio, lo que a su vez ha llevado a las empresas a demoras en la cancelación de sus obligaciones, en especial en lo que hace referencia a la compra de agua en bloque y el consumo de energía.

Las cinco empresas muestran situaciones financieras similares, dentro de las que se destacan los siguientes aspectos:

- Baja rotación de sus cuentas por cobrar, como consecuencia de la consolidada cultura de no pago en los usuarios.
- Baja rotación de cuentas por pagar, a causa de la falta de recursos para el pago de los grandes componentes de gasto: compra de agua en bloque y consumo de energía.
- Poco apalancamiento de largo plazo.
- Falta de liquidez.
- Prácticamente nula capacidad de inversión.

En la región se ha establecido un mercado de agua alternativa al acueducto, que proviene de pozos o corrientes de agua; por este sistema se puede adquirir un viaje de agua conformado por 12 latas de 20 litros cada una, por un valor de \$2.500. Además de esta fuente alterna, los hogares acarrear agua desde sitios donde les permiten tomarla sin costo, por ejemplo, de los mismos tanques de la empresa de acueducto. Hay también otros hogares con mayor disponibilidad de almacenamiento o mejor presión de agua y pozos o corrientes.

También se encontró que algunos hogares disponen de aljibes a los que tienen acceso los vecinos, éstos a su vez colaboran con los gastos de mantenimiento de las norias utilizadas para la extracción del agua y aportan dinero para la compra del cloro que se utiliza para tratarla, que no siempre ofrece las mejores condiciones para el consumo humano. Finalmente, la población también podría recurrir a la utilización de aguas lluvias como se hace en el hospital de San Carlos, aunque ésta es una fuente mucho menos común que las anteriores.

La información captada a través de la encuesta de caracterización aplicada en el área de influencia de la Empresa Regional de Aguas del Sinú indica un consumo mensual de agua alrededor de los 26 metros cúbicos por hogar, y proviene principalmente del acueducto a pesar del deficiente servicio que caracteriza la región.

La estimación del consumo de los hogares conectados al servicio de acueducto se dificulta por la inexistencia de medición domiciliar que hace que el consumo de agua potable esté restringido por su capacidad de consumo (diámetro de la acometida, llaves y aparatos que se poseen) y las horas de servicio que les ofrece el acueducto. Esto obliga a utilizar métodos indirectos de medición, tales como:

- La diferencia entre el suministro total de agua al sistema y las pérdidas técnicas que se presentan en la conducción hacia los consumidores finales. Ésta presenta grandes dificultades por la falta de medición de las pérdidas técnicas, la existencia de consumos no residenciales también desconocidos y la presencia de un número desconocido de conexiones residenciales fraudulentas o piratas.
- Por analogía con otros municipios similares donde se tenga una estimación más precisa del consumo residencial. Este método puede ser aplicado a partir de la estimación de la ecuación de demanda, corregida por la elasticidad de esa demanda a la continuidad del servicio (estimada en 0.058 para los hogares localizados por debajo de los 1.500 metros sobre el nivel del mar).

Al aplicar la segunda metodología se obtiene que el hogar promedio estaría dispuesto a consumir  $30.8 \text{ m}^3$  de agua mensuales, que por efecto del racionamiento se presentaría una reducción del consumo de cerca del 20%, y el consumo promedio sería de  $27.3 \text{ m}^3$  mensuales. Esta estimación resulta consistente con el estudio técnico realizado por Hidrotec Ltda. para el PNUD, dentro del marco de los “Estudios conducentes a establecer los planes de Obras e Instalaciones de Acueducto y Alcantarillado (POI)”, en los que se asumieron dotaciones netas por habitante llegando a un consumo promedio para la región de  $25.9 \text{ m}^3$  mensuales por suscriptor.

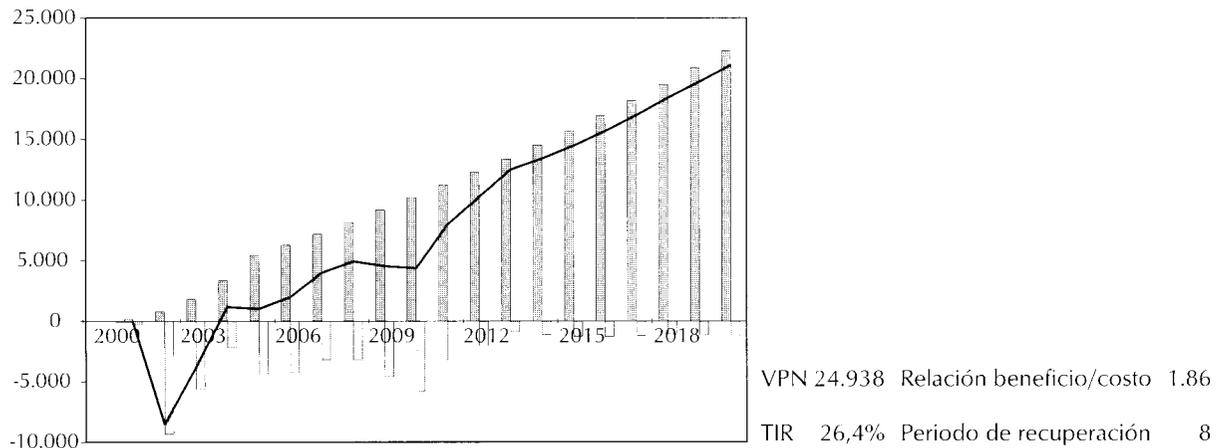
Lamentablemente para este aspecto no se dispone de ninguna estadística, ya que la encuesta aplicada en los municipios de la regional no incluyó una pregunta que pudiera dar información suficiente al respecto.

En la visita de campo fue posible observar que una parte de las aguas negras tiene como destino las vías públicas, siendo una de las causas de su desaseo.

Los hogares de la región estudiada se caracterizan por unos niveles de ingreso muy bajos que en promedio apenas alcanzan los 1.5 salarios mínimos mensuales. Esto, si tenemos en cuenta que en el hogar promedio trabajan 1.4 personas, significa que cada receptor de ingreso está recibiendo cerca de un salario mínimo mensual. Este problema es especialmente grave en los hogares más pobres, donde el ingreso promedio de cada receptor no alcanza un salario mínimo, posiblemente porque sus trabajos no son permanentes y son personas contratadas por tareas o jornales.

Para concluir, y sobre la base de una población con un ingreso promedio por hogar de \$353.751 mensuales y un tamaño medio de 5,24 personas por hogar, el proyecto arrojaría unos beneficios positivos de \$24.938 millones con una TIR del 26,4%. Resultado que hace de este un proyecto muy atractivo junto con la alta proporción de población pobre beneficiada y el periodo de recuperación de la inversión, que sería de ocho años (ver gráfico 8).

**GRÁFICO 8**  
**FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS ECONÓMICOS**  
**(MILLONES \$)**  
**ERAS**



### 6.3 EL MUNICIPIO DE CUMARAL

Cumaral es un municipio que cuenta con cerca de 10.000 habitantes en su cabecera municipal y se localiza a 24 kilómetros de Villavicencio, capital del Departamento del Meta. Su conexión vial con esta capital es excelente y junto con el cultivo de palma de aceite, las actividades agroindustriales, su buena infraestructura urbana, el ambiente de tranquilidad que lo caracteriza y sus atractivos turísticos, lo convierten en una población con un alto potencial de crecimiento.

El servicio de acueducto y alcantarillado ha sido prestado desde 1977 por la Empresa de Servicios Públicos de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo ESP y aunque las redes cubren al 90% de la población, la continuidad del servicio de acueducto apenas es de nueve horas diarias en promedio.

En la visita de campo se constató que un 40% de la población, especialmente las conexiones más nuevas, sólo disponen de agua de 5 a 11 a.m., es decir, cinco horas. El resto de la población tiene servicio de 2 p.m. a 3 a.m., es decir 13 horas, con lo cual se logra una disponibilidad promedio de nueve horas diarias. El faltante de conexiones, alrededor de un 8 a 10%, se encuentra fundamentalmente en algunas viviendas de invasión cerca del río Guacavía y en nuevas construcciones en urbanizaciones que no disponen de conexión, dada la falta de capacidad de conducción de la red.

Es de señalar que en el caso de Cumaral, la Empresa de Servicios Públicos presta, dentro de sus limitaciones presupuestales, un buen servicio, pero carece de la capacidad de inversión que requiere la mejora del servicio, factor que se superó a través de la vinculación de un operador privado para la prestación del servicio y que fue determinante en el interés demostrado por las organizaciones comunitarias, cívicas y demás líderes que intervinieron en todas las etapas y acuerdos que tuvieron lugar para su selección.

A finales de 2000 culminó la vinculación de la empresa Aguas del Llano para la prestación de los servicios en el municipio, con lo que se garantizó la efectiva realización de un plan de inversiones para la captación, conducción, tratamiento y distribución de agua. El proceso se realizó en estrecha concertación con la comunidad, concejales y la administración municipal, y como resultado de esta participación y concertación, se logró la aprobación de los aumentos de tarifas, la aceptación y adecuado desarrollo del proceso de licitación y la aprobación de las contrapartes del municipio para el desarrollo de las obras que contempla el plan de inversiones.

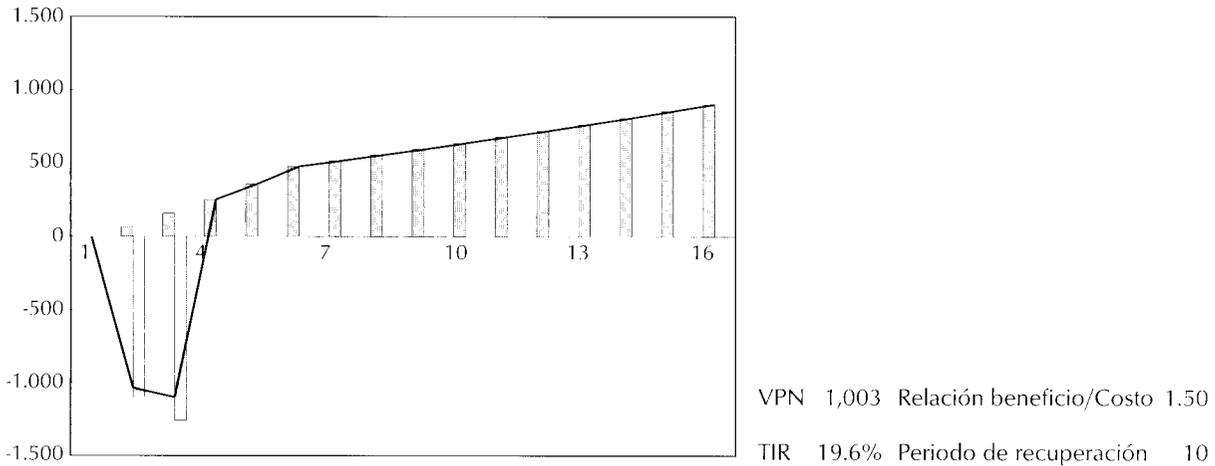
Con el nuevo operador se construirá una nueva red de distribución, que permitirá ofrecer un servicio continuo de agua y disminuir las pérdidas que hoy llegan al 40%. Igualmente, se recuperará y ampliará la actual planta de tratamiento, con lo que la calidad del agua mejorará significativamente, ya que en la actualidad no se tiene la capacidad suficiente de manejo de partículas durante los meses de invierno.

El plan de inversiones también prevé cambiar la fuente de abastecimiento, pasando de la actual en el río Caney a una nueva captación en el río Guacavia. Este cambio significa una mayor seguridad de abastecimiento, no sólo porque el caudal de la nueva fuente es significativo, sino por que la actual fuente también es utilizada por el municipio de Restrepo. Finalmente, el nuevo operador prevé la instalación de medidores domiciliarios durante el primer año, de manera que se pase de una tarifa fija a una facturación por volumen que ayude a racionalizar el consumo del agua en el municipio.

Los dos mil hogares de Cumaral se encuentran conformados por un promedio de 4,96 personas cada uno y pertenecen en un 73% a los estratos socioeconómicos 1 y 2. Cada hogar percibe en promedio 1,3 salarios mínimos, ingreso muy bajo que resulta incluso inferior al observado en el área de la regional ERAS.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta que el plan de inversiones del proyecto de Cumaral tendría un valor de \$3.000 millones durante sus dos primeros años, los resultados de la evaluación económica son los que se observan en el gráfico 9.

**GRÁFICO 9**  
**FLUJO DE BENEFICIOS Y COSTOS ECONÓMICOS**  
**(MILLONES \$)**  
**CUMARAL**





# FORMULARIO DE LA ENCUESTA DE CARACTERIZACIÓN

**A. IDENTIFICACIÓN**

Nº de formulario

1. Departamento y municipio \_\_\_\_\_
2. Sector \_\_\_\_\_
3. Sección \_\_\_\_\_ 4. Manzana \_\_\_\_\_ 5. Vivienda \_\_\_\_\_
6. Segmento \_\_\_\_\_ 7. Hogar \_\_\_\_\_ 8. Estrato \_\_\_\_\_
9. Encuestador \_\_\_\_\_
10. Resultado de la entrevista Código \_\_\_\_\_
11. Fecha de entrevista DÍA \_\_\_\_\_ MES \_\_\_\_\_
12. Dirección de la vivienda: \_\_\_\_\_
13. Barrio, vereda o comuna: \_\_\_\_\_
14. Nombre del jefe de hogar: \_\_\_\_\_

**B. CARACTERÍSTICAS DEL HOGAR**

15. ¿Cuántas personas forman parte de este hogar? (*registre el número de personas en cada categoría*)
- |                                     |                                       |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Jefe de hogar hombre _____       | 5. Hijos de 15 años o más _____       |
| 2. Jefe de hogar mujer _____        | 6. Otros parientes _____              |
| 3. Esposa(o) de jefe de hogar _____ | 7. Otros no parientes _____           |
| 4. Hijos menores de 15 años _____   | (empleados, pensionistas, etc.) _____ |
|                                     | Total _____                           |
16. ¿Cuántas personas del hogar trabajan y/o reciben remuneración actualmente? \_\_\_\_\_
17. ¿Cuál es el ingreso total del hogar?  
\$ \_\_\_\_\_/mes
18. Cuántos fueron los gastos del hogar el mes pasado por concepto de los siguientes servicios públicos:
- |                          |          |              |          |
|--------------------------|----------|--------------|----------|
| Acueducto                | \$ _____ | Alimentación | \$ _____ |
| Alcantarillado           | \$ _____ | Vivienda     | \$ _____ |
| Aseo                     | \$ _____ | Vestido      | \$ _____ |
| Energía eléctrica        | \$ _____ | Educación    | \$ _____ |
| Gas domiciliar o propano | \$ _____ | Salud        | \$ _____ |
| Teléfono                 | \$ _____ | Otros        | \$ _____ |
- Cuántos fueron los gastos del hogar el mes pasado por concepto de:

**C. SERVICIO DE ALCANTARILLADO**

19. ¿Su vivienda está conectada a la red municipal de alcantarillado?  
SÍ 1 Pase a D \_\_\_\_\_ NO 2 \_\_\_\_\_
20. ¿Qué destino tienen las aguas negras o residuales de su hogar?  
Pozo séptico 1 Letrina 2 Otra 3 Pase a 22  
Cuál? \_\_\_\_\_ (*Cursos de agua, campo abierto, vías públicas, etc.*)
21. ¿El mantenimiento o limpieza del pozo séptico o letrina tiene algún costo para el hogar?  
SÍ 1 NO 2 \_\_\_\_\_
22. ¿Cada cuánto tiene que hacerle limpieza? 1. Años \_\_\_\_\_ 2. Meses \_\_\_\_\_ N/R \_\_\_\_\_

**D. SERVICIO Y CALIDAD DEL AGUA**

<p>23. ¿Tiene actualmente servicio de acueducto (suministro de agua potable por tubería)?                  Sí 1 <input type="checkbox"/> Pase a 25 NO 2 <input type="checkbox"/></p> <p>24. ¿Cuánto hace que solicitó la conexión al acueducto? <i>(Si no ha solicitado o está desconectado, marque x)</i></p> <p>1. Días _____</p> <p>2. Meses _____</p> <p>3. Años _____ <i>(Pase a</i></p> <p>4. Desconectado _____ <i>sección F)</i></p> <p>5. No ha solicitado _____</p> <p>25. ¿Cuántas llaves (grifos, plumas, registros) tienen? _____ Llaves</p> <p>26. ¿Durante cuántos días a la semana recibe regularmente el servicio de acueducto?                  _____ Días</p> <p>27. ¿Durante cuántas horas al día recibe el servicio de acueducto?                  _____ horas</p> <p>28. ¿En qué horario tiene suministro de agua?                  _____ Horas</p>	<p>29. Las condiciones de presión con que viene el agua del acueducto actualmente le permiten bañarse, operarlos inodoros y tener agua suficiente en cada grifo de la casa?                  Sí 1 <input type="checkbox"/> NO 2 <input type="checkbox"/></p> <p>30. El agua que recibe del acueducto presenta alguna de estas condiciones:</p> <p>a) Turbiedad Sí 1 <input type="checkbox"/> NO 2 <input type="checkbox"/></p> <p>b) Mal sabor Sí 1 <input type="checkbox"/> NO 2 <input type="checkbox"/></p> <p>c) Mal olor Sí 1 <input type="checkbox"/> NO 2 <input type="checkbox"/></p> <p>31. ¿Durante los últimos 15 días, alguna persona de este hogar se enfermó de diarrea o dengue?                  Sí 1 <input type="checkbox"/> NO 2 <input type="checkbox"/></p> <p>32. ¿En esta casa hierven el agua para beber?                  Sí 1 <input type="checkbox"/> NO 2 <input type="checkbox"/></p> <p>33. ¿Tiene medidor domiciliario funcionando?                  Sí 1 <input type="checkbox"/> NO 2 <input type="checkbox"/> NO TIENE 3 <input type="checkbox"/></p> <p>34. Cómo considera el servicio público de acueducto y alcantarillado?                  Bueno 1 <input type="checkbox"/> Regular 2 <input type="checkbox"/> Malo 3 <input type="checkbox"/></p>
---	---

**E. USOS DEL AGUA DEL ACUEDUCTO**

Número de veces por:	1. Día	2. Semana	3. Mes	4. Año	5. Nunca	6. NS/NR
35. ¿Cada cuánto se bañan los miembros de este hogar con agua del acueducto?	_____					
36. ¿Cada cuánto se riegan jardines o huertas con agua del acueducto en esta vivienda?	_____					
37. ¿Cada cuánto se lavan vehículos o animales con agua del acueducto en esta vivienda?	_____					
38. ¿Cada cuánto se lavan pisos con agua del acueducto en esta vivienda?	_____					
39. ¿Cuántas veces por semana se lava ropa con agua del acueducto en esta vivienda?	_____					

**F. ALMACENAMIENTO DE AGUA**

40. ¿Tiene tanque o tanques de almacenamiento de agua en esta vivienda?  
 Sí 1  NO 2  *(Pase a G)*

41. ¿Cuál es la capacidad total de almacenamiento? \_\_\_\_\_ Metros cúbicos

42. ¿Si no existiera la posibilidad de abastecerse de agua, la que tiene almacenada para cuántos días le alcanzaría si continuara con su consumo normal? \_\_\_\_\_ Días



**G. ACARREO DE AGUA PARA USO DEL HOGAR DE FUENTES**

43. ¿Alguno de los miembros del hogar acarrea normalmente agua para uso del hogar?  
 Sí 1  NO 2  (Pase a H)
- ¿Cuánto tiempo utilizan los miembros del hogar para esta labor? \_\_\_\_\_ horas/semana
- ¿Cuánta agua utiliza el hogar normalmente? \_\_\_\_\_ Litros/semana

**H. COMPRA DE AGUA DE OTRAS FUENTES**

44. ¿Compran regularmente agua de otras fuentes? Sí 1  NO 2  (Pase a H)
45. ¿De cuáles de las siguientes fuentes compra?  
 a. Agua envasada (botellas, bolsas, garrafas)  
 NO 2  SI 1
- b. Agua de carrotanque  
 NO 2  SI 1
- c. Agua en latas de otros suministradores  
 NO 2  SI 1
- (Carrito, burro, etc.)
46. ¿Cuánto dinero gasta semanalmente?  
 \$ \_\_\_\_\_/semana  
 \$ \_\_\_\_\_/semana  
 \$ \_\_\_\_\_/semana

**I. DISPONIBILIDAD DE PAGO**

- Revise la pregunta 22 (¿Tiene servicio de acueducto?). Si la respuesta es Sí: conteste:
47. ¿Le llega factura del servicio de acueducto y/o alcantarillado? SI 1  NO 2  NS/NR 3
- Consumo/mes (m<sup>3</sup>) \_\_\_\_\_ Valor factura/mes alcantarillado (\$/mes) \_\_\_\_\_
- Valor factura/mes acueducto (\$/mes) \_\_\_\_\_
- Valor total de la factura recibida (\$/mes) \_\_\_\_\_

**SERVICIO REGULAR DE AGUA**

Entrevistador, si el usuario está conectado al servicio de acueducto, tiene medidor domiciliario, recibe factura, su costo está calculado con base en el consumo y percibe el servicio como bueno o regular, lea el siguiente texto:

Los estudios que se están adelantando van encaminados a garantizar la calidad del servicio en el futuro, de manera que éste se preste todos los días, con 24 horas de continuidad, con agua pura apta para beber sin enfermarse y sin necesidad de hervirla, en cantidad suficiente para satisfacer todas las necesidades de la familia, con presión suficiente para bañarse y operar los inodoros, y una atención eficiente de los reclamos todos los días.

**SERVICIO IRREGULAR DE AGUA**

Entrevistador, si el usuario no está conectado al servicio de acueducto, no recibe facturación, estando conectado, la facturación se hace con base en un cargo fijo o percibe el servicio como malo, lea el siguiente texto:

Los estudios que se están adelantando son para mejorar el servicio de acueducto, de manera que en menos de cinco (5) años los hogares que deseen tener este servicio lo reciban en las siguientes condiciones:

- 24 horas de continuidad en el servicio.
- Cantidad de agua suficiente para suplir todas las necesidades de la familia.
- Pagar en función de lo realmente consumido (actualmente pagan sin que en muchas ocasiones tengan servicio).
- Tener una atención a reclamos eficiente y todos los días.

El sistema requiere que se realicen obras e inversiones adicionales que, de no llevarse a cabo, pueden causar un deterioro del servicio y en el futuro es posible que sea necesario realizar

- Obtener de la llave un agua apta para beber sin enfermarse, sin necesidad de hervirla, incolora, inodora e insípida.
- Una presión de agua suficiente para bañarse



**MODELOS LOGIT  
PARA EL CÁLCULO  
DE LA DISPONIBILIDAD A PAGAR**

En la aplicación de modelos de referéndum para determinar los beneficios económicos de un proyecto de acueducto y alcantarillado, es necesario calibrar funciones de probabilidad que relacionen las características socioeconómicas de los hogares con su disponibilidad a pagar, entendiendo esto último como el área bajo la función de demanda de los usuarios potenciales o la valoración que ellos dan al servicio que recibirían.

La función que se calibra indica cuál es la probabilidad de que un usuario conteste que sí estaría dispuesto a pagar un cierto monto de dinero por recibir los servicios en unas ciertas condiciones determinadas.

La forma funcional utilizada para la calibración de estos modelos se denomina Logit y es la siguiente:

$$Pr(sí) = 1 / [ 1 + e^{(U(s) - bx)} ]$$

donde:

U(s) = vector de variables asociadas a las preferencias

x = valor por el que se pregunta

En esta ecuación, U(s) representa a las variables socioeconómicas que afectan la disponibilidad a pagar de los hogares, tales como el ingreso o el tamaño de los mismos, y X es el monto de factura que se pregunta al hogar si está dispuesto a pagar.

Aprovechando las encuestas realizadas por el Proyecto de Modernización del Sector de Agua Potable en Colombia durante 2001, se realizó una estimación de esta función sobre una base de 2.831 observaciones. Éstas se agrupan en 641 casos sin servicio de acueducto y 2.190 que sí declararon tenerlo.

En la estimación se distinguió entonces entre los hogares con y sin servicio e incluyó una variable Dummy que capta las particularidades de cada una de las catorce ciudades estudiadas. Los resultados se resumen en la tabla de la página siguiente.

## Hogares sin servicio de acueducto

Para la estimación de la disponibilidad de pago de un hogar que no cuenta con el servicio de acueducto y alcantarillado el vector de variables asociadas únicamente considera el ingreso del hogar, su tamaño, la constante de la ecuación y la ciudad específica donde se encuentra el hogar, tomando la siguiente forma:

$$U(s) = 1.4178 - 0.1491 n + 7.75E-07 Y + D$$

donde:

n = tamaño promedio de los hogares

## ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD A PAGAR FUNCIÓN TIPO DUMMY

Variables		Con servicio	Sin servicio
<b>B</b>		-1,00E-04	-7,70E-05
<b>Constante</b>		1,6580	1,4178
<b>B/R/M</b>	<b>(Bueno: referencia)</b>		
	2 Regular	0,4332	N.A.
	3 Malo	0,5247	N.A.
<b>cap_alma</b>		0,0648	N.A.
<b>presión (1)</b>		0,2712	N.A.
<b>n_per</b>		0,0842	-0,1491
<b>Ymes</b>		1,03E-06	7,75E-07
<b>Dummy</b>			
	1 Los Córdoba	1,3141	8,3358
	2 Moñitos	-0,1915	8,4685
	3 Puerto Escondido	-0,1726	8,0652
	4 San Bernardo	-2,5920	N.A.
	5 Quibdó	0,8436	3,2356
	6 Nátaga	-2,4647	N.A.
	7 Palermo	-2,5998	-7,8973
	8 Tello	-3,7116	N.A.
	9 Cúcuta	-1,0207	1,8482
	10 Corozal	-0,8733	8,4663
	11 Sincelejo	-0,2926	3,2287
	12 Espinal	-1,1571	N.A.
	13 Flandes	-1,9625	-8,2989
	14 Maicao	0,3440	4,2747

Y = ingreso de los hogares

D = valor de la Dummy correspondiente al hogar estudiado

Tomemos a manera de ejemplo el caso de Quibdó, donde el ingreso promedio se estima en \$337.365 y el tamaño de los hogares en 5,27. La Dummy toma para este municipio el valor de 0,8436 y el vector tomaría el valor de 4,13.

La disponibilidad de pago se define como el valor (x) para el que la probabilidad de respuesta es del 50%. Esto es cuando el término  $e^{(U(s) - bx)}$  toma el valor de 1, es decir si:

$$x = U(s) / b$$

La disponibilidad de pago de los hogares sin conexión de acueducto en Quibdó es entonces de \$41.291 mensuales, cifra que se interpreta como la valoración que ellos dan a un servicio de acueducto y alcantarillado de óptimas condiciones.



## Hogares con servicio de acueducto

La disponibilidad de pago de los hogares que cuentan con el servicio de acueducto y alcantarillado incluye cuatro variables características del servicio, en el vector de variables asociadas: (i) el porcentaje de hogares que considera que el servicio que reciben es regular; (ii) el porcentaje que considera el servicio malo; (iii) el porcentaje que señala que la presión es inadecuada; y (iv) la capacidad de almacenamiento de que se dispone.

Aplicamos este ejercicio nuevamente al caso de Quibdó, donde los hogares que cuentan con servicio manifestaron recibir un ingreso de \$877.573, tener un tamaño promedio de 5,22 personas por hogar, considerar la presión deficiente en un 63% de los casos y calificar el servicio como malo.

En tal caso el vector de variables asociadas se convierte en:

$$U(s) = 1.658 + 0.5247 + (0.0648 * 1.95) + (0.2712 * 0.63) + (0.0842 * 5.22) \\ + (1.03E-06 * 877.573) + 0.8436$$

$$U(s) = 4.6669$$

Y por tanto, la disponibilidad de pago se calcula como este valor dividido por el coeficiente B de los hogares con servicio ( $1.0 E-04$ ). Sería entonces de \$60.610 mensuales.



**ESTIMACIÓN DE LA ELASTICIDAD  
PRECIO DE LA DEMANDA  
DE AGUA DE ACUEDUCTO**

El estudio de la demanda se realizó partiendo de una muestra de 2.469 hogares, correspondientes a 58 municipios a nivel nacional. El tamaño de la muestra permitió incorporar distintos mercados, aumentando la variabilidad en los precios que los consumidores de agua potable enfrentan, ofreciendo diferentes elasticidades según las características de oferta y otras variables ambientales.

De nuevo, la función de demanda se calculó a partir de la encuesta de calidad de vida (ENCV) del Dane (1997), dada la información que ésta ofrece en cuanto a las características socioeconómicas del hogar, estrato, tamaño del hogar, tenencia de medidor, valor de la factura de agua pagada en el último mes y el número de horas de servicio que tienen a la semana.

El consumo se calculó en función de las facturas reportadas, incorporando la información tarifaria recolectada por el Inventario Nacional del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (1997), teniendo en cuenta las siguientes especificaciones:

Para consumos menores de  $20 \text{ m}^3$  de agua:

$$\text{Factura} = (C_i \times TB_i) + CF_i$$

Para consumos menores de  $40 \text{ m}^3$  de agua:

$$\text{Factura} = (C_i \times TC_i) + CF_i + 20\text{m}^3 TB_i - 20\text{m}^3 TC_i$$

A partir de  $40 \text{ m}^3$  de agua:

$$\text{Factura} = (C_i \times TS_i) + CF_i + 20\text{m}^3 TB_i + 20\text{m}^3 TC_i - 40\text{m}^3 TS_i$$

donde:

$C_i$  = consumo

$CF_i$  = cargo fijo

$TB_i$  = tarifa básica

$TC_i$  = tarifa complementaria

$TS_i$  = tarifa suntuaria

Las tarifas fueron actualizadas al año 2000, utilizando el Índice de Precios al Consumidor (IPC). La base se restringió a los hogares que hubiesen reportado medidor, contando con una base preliminar de 3.076 hogares. A continuación, según el comportamiento por estrato, se eliminaron las observaciones atípicas en los niveles de consumo total y per cápita de los hogares<sup>3</sup> (medido en  $\text{m}^3$ ) y en el nivel de ingreso reportado por

<sup>3</sup> Se eliminaron de la muestra los hogares con un consumo per cápita menor de  $2 \text{ m}^3/\text{mes}$ , sin diferenciar entre estratos. Los niveles altos de consumo per cápita se suprimieron revisando cada uno de los estratos, de manera que para el estrato 1 se suprimieron las observaciones con un consumo per cápita mayor de  $80 \text{ m}^3/\text{mes}$ ; para el estrato 2 las que estuvieran por encima de  $50 \text{ m}^3/\text{mes}$ ; para el estrato 3 las que estuvieran por encima de  $60 \text{ m}^3/\text{mes}$ ; para el estrato 4 las que estuvieran por encima de  $80 \text{ m}^3/\text{mes}$ ; para el estrato 5 las que estuvieran por encima de  $107 \text{ m}^3/\text{mes}$ , y para el estrato 6 las que estuvieran por encima de  $100 \text{ m}^3/\text{mes}$ .

los hogares<sup>4</sup> en la ENCV. Al final se logró construir una muestra de 2.469 hogares, depurada y con información completa.

Con esta información se realizaron algunas pruebas y análisis estadísticos sobre la variable dependiente, el consumo de agua del último mes en m<sup>3</sup>, con respecto a algunas características ambientales y económicas del hogar.

## 1. SELECCIÓN DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Para encontrar la función de demanda que permitiera la mejor modelación del consumo de agua potable, se realizaron estudios separados sobre cada una de las variables independientes candidatas, de forma que se probara no sólo su poder explicativo, sino la forma adecuada como debería entrar en la especificación final.

Las variables independientes seleccionadas a priori fueron:

- La altitud, medida en metros sobre el nivel del mar.
- Las regiones del país, según las definiciones del Dane.
- La continuidad del servicio, medida en horas de servicio a la semana.
- El ingreso mensual del hogar.
- Las tarifas de consumo: básica, complementaria y suntuaria.
- El tamaño del hogar, correspondiente al número de personas por hogar.

### 1.1 Análisis de la altitud

Existe la premisa de la altitud como factor determinante del consumo de agua, de manera que, a menor altitud mayores niveles de consumo. Para la muestra del estudio se obtiene una correlación de  $-0,0273$  entre consumo y altitud, lo cual indica la medida y dirección de asociación entre las variables en cuestión.

Sin embargo, a pesar de respaldar el supuesto de una relación inversa entre consumo y altitud, la incorporación de la altitud en las especificaciones de la demanda de agua muestra una elasticidad casi nula, razón por la cual se consideró importante estudiar la incidencia de la altura ya no como una variable continua, sino como una variable discreta, clasificándola en rangos de nivel.

### *Análisis de varianza del consumo frente a la altitud*

La muestra abarca 58 municipios con niveles de altitud entre 2 y 2.897 metros sobre el nivel del mar; el primer análisis a realizar fue estudiar el comportamiento del consumo

<sup>4</sup> Utilizando como criterio el ingreso del hogar, se eliminaron algunas observaciones, estudiando la distribución del ingreso para cada uno de los seis estratos.

en diferentes niveles de altitud, dada la premisa de que para alturas más bajas el consumo se vería incrementado, por mayor temperatura.

Para el análisis se utilizaron cuatro rangos de altitud, con la siguiente distribución de frecuencia:

Rango	Frecuencia (hogares)	Porcentaje	Porcentaje acumulado
De 2 a 500 msnm	535	21,7	21,7
De 501 a 1.000 msnm	454	18,4	40,1
De 1.001 a 1.500 msnm	547	22,2	62,2
De 1.501 en adelante	933	37,8	100,0
TOTAL	2.469	100,0	

El procedimiento univariado utilizado se conoce como Análisis de Varianza (Anova) de un solo factor, el cual consiste en analizar el comportamiento de la variable dependiente en las K subpoblaciones o grupos establecidos por los valores de la variable independiente (o factor).

La variable altitud es el factor en cuestión y los cuatro rangos utilizados son las subpoblaciones establecidas. De manera que la relación funcional que se plantea es la siguiente:

$$\text{Consumo de agua en } m^3 = f(\text{Rangos de Altitud})$$

Es decir, una variable cuantitativa en función de una variable cualitativa. El propósito de este procedimiento es contrastar la hipótesis nula que las muestras proceden de K subpoblaciones en las que la media del consumo es la misma:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

La hipótesis que se plantea es que el efecto tratamiento es nulo, es decir, que la media del consumo en cada uno de los cuatro rangos de altura es significativamente igual.

El Anova se basa en que la variabilidad total de la muestra puede descomponerse en la variabilidad debida a las diferencias entre grupos y la debida a las diferencias dentro de los grupos (o rangos de altitud):

$$\begin{array}{ccc} \text{Suma de} & & \text{Suma de} & & \text{Suma de} \\ \text{Cuadrados} & = & \text{Cuadrados} & + & \text{Cuadrados} \\ \text{Total} & & \text{Entre Grupos} & & \text{Intra Grupos} \end{array}$$

donde:

Suma de cuadrados entre grupos = mide las desviaciones de las medias de las puntuaciones en cada grupo a la media total sin distinguir grupos.

Suma de cuadrados intragrupos = mide las desviaciones de cada puntuación a la media del grupo correspondiente.

Suma de cuadrados total = mide las desviaciones de cada puntuación a la media total sin distinguir grupos.

La salida del procedimiento es la siguiente:

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Estadístico F	Probabilidad de F
Entre grupos	3	4556.9298	1518.9766	2.5372	0.0551
Intra grupos	2.465	1475739.447	598.6773		
Total	2.468	1480296.377			

Para contrastar la hipótesis nula de igualdad de medias en los grupos se utiliza el estadístico F. La prueba F del análisis demuestra que a un nivel de confianza del 95% no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, es decir, que no hay diferencias significativas del consumo en los rangos de altura especificados.

En otras palabras, la variabilidad total de la muestra se debe a las diferencias dentro de los grupos, por tanto, el efecto tratamiento de la variable altura es nulo sobre la variable consumo.

Grupo o rango	Número de hogares	Media del consumo	Desviación estándar
2 - 500	535	36.2159 m <sup>3</sup>	22.3711
501 - 1.000	454	34.4865 m <sup>3</sup>	25.1432
1.001 - 1.500	547	32.8076 m <sup>3</sup>	25.2883
> 1.500	933	36.0523 m <sup>3</sup>	24.7941
Total	2469	35.0810 m <sup>3</sup>	24.4907

El modelo supone normalidad en las observaciones, independencia y homogeneidad de la varianza del consumo en cada uno de los cuatro grupos o rangos de altitud.

La prueba Kolmogorov-Smirnov para los rangos establecidos indica no normalidad; sin embargo, el incumplimiento de este supuesto tiene muy pocos efectos sobre el contraste F. La independencia se garantiza por el diseño muestral de la ENCV. Por último, la prueba de Levene verifica la hipótesis nula de varianzas homogéneas. Para el estudio, la prueba declara que con un nivel de significancia del 5% no se rechaza la hipótesis nula, de manera que la varianza del consumo es homogénea en cada uno de los rangos de altura (la significancia de la prueba es 0.767).

Se incluyó la prueba de Scheffé para comparar las medias en cada par de rangos de altura, considerando la distribución del consumo sobre la muestra conjunta. Esta prueba se utiliza cuando los grupos tienen tamaños distintos, como es el caso de estudio. Los

resultados de la prueba indican que a un nivel de significancia del 5% no se encontraron dos grupos significativamente diferentes.

El Anova se modeló con diferentes variables independientes, generando varios rangos de altitud para probar la estabilidad de los resultados. *Para todos los casos el efecto tratamiento fue nulo, así que se comprobó que a pesar de que la altitud explique la demanda de agua potable, no hay diferencias significativas por niveles de altitud.*

Siendo así, se puede deducir que existe otra variable que se encuentra muy correlacionada con la altitud, razón por la cual los rangos de altura no muestran efectos diferenciales que permitan modelar el consumo. La siguiente sección demuestra que el efecto de la altitud se refleja en el consumo por medio de la variable ingreso, en otras palabras, *el ingreso es diferencial en los distintos rangos de altitud*, lo cual ofrece la variabilidad requerida para explicar el consumo.

### ***Análisis de varianza del ingreso frente a la altitud***

Para toda la muestra se aplica la correlación de Pearson, la cual permite medir la asociación lineal entre las dos variables (ingreso y altitud), que resulta ser de 0,1489. Aplicando la prueba que contrasta la hipótesis nula que el coeficiente de correlación es cero, se rechaza  $H_0$  a un nivel de confianza del 95%, con un valor P asociado igual a 0.

Con los rangos de altitud expuestos en la sección anterior se obtuvieron los siguientes datos estadísticos para la variable ingreso del hogar.

<b>Grupo o rango</b>	<b>Número de hogares</b>	<b>Media del ingreso</b>	<b>Desviación estándar</b>
2 - 500	535	\$ 768.733.015	1076003.534
501 - 1000	454	\$ 808.952.170	974706.262
1001 - 1500	547	\$1.061.332.296	1823052.946
> 1500	933	\$1.262.377.375	2118802.965
Total	2469	\$1.027.494.251	

Aplicando la prueba de Scheffé para comparaciones múltiples se tiene que a un nivel de confianza del 95%, existen diferencias significativas entre el ingreso de los municipios localizados por debajo de los 1.000 metros sobre el nivel del mar y el ingreso de los municipios que se encuentran a partir de esa altura.

En el Anova, la prueba de Levene indica que existe heterogeneidad de la varianza del ingreso en los grupos de altura establecidos, lo cual permite rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias del ingreso en cada tratamiento de la variable independiente.

Este resultado sugiere dos especificaciones para modelar el consumo, la primera para los municipios que se encuentran por debajo de los 1.000 metros de altura y la segunda su complemento.

## 1.2. Análisis regional

Estudiando el comportamiento del consumo en cada una de las regiones diseñadas por el Dane, se aplicó un Análisis de Varianza para toda la muestra (2.469 hogares), formulado de la siguiente forma:

$$\text{Consumo de agua en m}^3 = f(\text{Regiones})$$

La probabilidad de la prueba F (0.000) indica que hay efecto tratamiento de las regiones en el consumo total. Estas diferencias regionales se explican porque existe una alta heterogeneidad de la varianza del consumo en cada una de las regiones, tal como lo demuestra la prueba de Scheffé<sup>5</sup>, según la cual existen diferencias significativas entre el consumo de agua de las regiones Central, Oriental y Pacífica con respecto al consumo de Antioquia y Bogotá.

Este resultado lo demuestra la tabla siguiente, la cual contiene la media y la desviación estándar del consumo en cada una de las regiones.

Región	Número de hogares	% de los hogares de la región sobre el total	Media del consumo	Desviación estándar
Atlántica	216	8,7	34.7114 m <sup>3</sup>	17.8865
Oriental	294	11,9	39.5509 m <sup>3</sup>	25.6584
Pacífica	493	20,0	36.2067 m <sup>3</sup>	26.3479
Central	376	15,2	40.5623 m <sup>3</sup>	26.5051
Antioquia	463	18,8	30.4659 m <sup>3</sup>	22.9335
Bogotá	601	24,3	32.0375 m <sup>3</sup>	23.3844
Orinoquia	26	1,1	39.5268 m <sup>3</sup>	18.7234
TOTAL	2.469	100,0	35.0810 m <sup>3</sup>	24.4907

Con base en este resultado se probaron especificaciones para la función de consumo en cada región, sin embargo, las regresiones resultaron inadecuadas para explicar el comportamiento regional independientemente. Por esta razón se incorporan a la función las regiones no como una variable nominal (con categorías de 1 a 7), sino como siete variables numéricas, de forma tal que se crea una nueva variable por región, la cual toma valor uno (1) cuando se cumpla su categoría y cero (0) para el resto.

Esta formulación permitirá medir los efectos diferenciales de las regiones en la demanda de agua, aplicando los rangos de altura resultantes en la sección anterior. Con esta especificación se tiene la siguiente distribución de hogares por región y rangos de altitud:

<sup>5</sup> Se aplica la prueba de Scheffé porque los tratamientos (regiones) tienen tamaños muestrales diferentes.

Región	Municipios por 1.000	Debajo de msnm	Municipios con 1.000	Altura desde msnm
	Número de hogares	%	Número de hogares	%
Atlántica	216	21,84		0,00
Oriental	220	22,24	74	5,00
Pacífica	346	34,98	147	9,93
Central	73	7,38	303	20,47
Antioquia	114	11,53	349	23,58
Bogotá		0,00	601	40,61
Orinoquia	20	2,02%	6	0,41%
TOTAL	989	100,00	1480	100,00

### 1.3 Análisis de la continuidad del servicio

Dado que las restricciones de oferta inciden directamente en el consumo de los hogares, se consideró estudiar el efecto de la continuidad del servicio para la muestra del estudio. Sin embargo, después de observar la distribución de la variable se encontró que el 80% de la muestra (1.234 hogares) cuenta con plena continuidad del servicio, es decir 168 horas de servicio a la semana<sup>6</sup>. Este resultado sugiere pocos cambios de la variable independiente dentro de la función, sin embargo se realizó un Anova para corroborar esta deducción.

Para el Anova se diseñó una variable categórica que diferenciara tres (3) rangos de continuidad, obteniéndose los siguientes resultados:

Región	Número de hogares	% de los hogares de la región sobre el total	Media del consumo	Desviación estándar
De 4 a 50 horas	186	7,5	38.4694 m <sup>3</sup>	28.7724
De 51 a 154 horas	284	11,5	34.4787 m <sup>3</sup>	19.0077
168 horas	1.999	81,0	34.8513 m <sup>3</sup>	24.7364
TOTAL	2.469	100,0	35.0810 m <sup>3</sup>	24.4907

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	Estadístico F	Probabilidad de F
Entre grupos	2	2344.0680	1172.0340	1.9556	0.1418
Intra grupos	2466	1477952.309	599.3318		
Total	2468	1480296.377			

<sup>6</sup> Calculado con una continuidad diaria de 24 horas, durante siete días, es decir una semana.

Las tablas anteriores indican que no existe un efecto tratamiento de la variable continuidad para los rangos establecidos, dado que las medias del consumo no son significativamente diferentes en los grupos (a un nivel de confianza del 95%).

Este resultado sugiere que para la muestra en cuestión no se debe incorporar la variable continuidad dada la homogeneidad de la varianza del consumo, es decir, la restricción de oferta relativa no es lo suficientemente fuerte para causar efectos diferenciales en la variable dependiente.

## 2. ESPECIFICACIÓN FINAL

Como resultado de este trabajo se estimó una forma funcional de elasticidad de sustitución constante, y se obtuvieron dos especificaciones, la primera para municipios ~~localizados por debajo de los 1.000 metros sobre el nivel del mar~~ y la segunda para

aquellos que se encuentran a partir de esa altura; de esta forma se incorpora a la función la variable temperatura.

Las regresiones se corrieron con el método de selección de variables “paso a paso”, es decir, que el procedimiento incluye variable por variable en la ecuación, utilizando el criterio del más alto estadístico T de los coeficientes. Con este método, las variables independientes que se incorporaron en las dos especificaciones fueron:

- *Tamaño del hogar*, para captar el efecto sobre el consumo total de la dotación neta por habitante. Esta variable muestra estabilidad en la significancia estadística para diferentes especificaciones funcionales.
- *Ingreso disponible*, el cual se calcula como el ingreso total del hogar neto de los cargos fijos respectivos a acueducto y alcantarillado. En el proceso de selección de esta variable se probó la significancia del ingreso total del hogar, del ingreso disponible neto del cargo fijo de acueducto y del ingreso total en términos de salario mínimo, y a pesar de que para todas las especificaciones de la variable se cumple el criterio de significancia del estadístico T, se escogió finalmente la especificación del ingreso que midiese el poder de compra del hogar una vez se han descontado los cargos fijos del servicio integrado de acueducto y alcantarillado.
- Variable instrumental que recoge el efecto de toda la estructura tarifaria de acueducto y alcantarillado y representa el *precio marginal de los servicios*, calculado como la media aritmética de las tarifas complementaria y suntuaria de acueducto y alcantarillado.

Para la selección de esta variable se probó la significancia de las tres tarifas: básica ( $t_b$ ), complementaria ( $t_c$ ) y suntuaria ( $t_s$ ), independientes y combinadas, tanto para acueducto como para alcantarillado. La tarifa básica no resultó ser

significativa en las especificaciones probablemente porque el consumo básico es un volumen similar al mínimo requerido por los hogares para su subsistencia, cuya demanda es inelástica al precio.

Por su parte, las tarifas complementaria y suntuaria mostraron un alto poder explicativo cuando se introducían al modelo de manera combinada. Estas tarifas se convierten en un precio marginal de consumo según el rango de consumo del hogar. La variable (P) que se construyó para combinar las tarifas se calculó como la media aritmética, de la siguiente forma:

$$P = (t_c + t_s)/2$$

Esta variable fue seleccionada después de probar la significancia e interpretación de otras formulaciones tales como la media geométrica y la media armónica. La primera se desechó, a pesar de su significancia, por considerar que a valores altos de la tarifa suntuaria podría elevarse más que proporcionalmente la variable instrumental, dada la fórmula exponencial de esta medida. La segunda, es decir, la media armónica, no resultó significativa en las funciones postuladas.

*Variables Dummies para las regiones.* Como se mencionó anteriormente, se crearon siete (7) variables numéricas (Dummy) para cada una de las regiones de la muestra, de forma tal que la variable toma valor uno (1) cuando se cumple su categoría y cero (0) para el resto.

El procedimiento que se sigue en el análisis de regresión es incorporar en el modelo todas las variables Dummies creadas, excepto una, la cual se examina como variable o categoría de referencia, y estará representada por cero (0) en todas las nuevas variables que fueron incorporadas al modelo. Los coeficientes de las nuevas variables reflejarán el efecto de las categorías representadas respecto al efecto de la categoría de referencia.

## 2.1 Especificación para alturas menores a los 1.000 metros sobre el nivel del mar: Variable dependiente: consumo (C)

Método: mínimos cuadrados

Muestra ajustada a observaciones con altura < 1.000 msnm

Observaciones: 989

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico t	Probabilidad
Constante	3.588169	0.254346	14.80244	0.0000
Tamaño del hogar (N)	0.267315	0.037658	7.098523	0.0000
Ingreso disponible (Y)	0.058957	0.016617	3.547909	0.0004
Precio marginal (P)	-0.257415	0.037363	-6.889489	0.0000
R - squared	0.115672	Mean dependent var		3.383227
Adjusted R-squared	0.112979	S. D. dependent var		0.615578
S. E. of regression	0.579762	Akaike info criterion		1.751638
Sum squared resid	331.0822	Schwarz criterion		1.771443
Log likelihood	-862.1851	F-statistic		42.94690
		Prob(F-statistic)		0.000000

Con estos resultados, la ecuación que permite las mejores estimaciones de la demanda futura de agua para la submuestra de municipios con altura inferior a los 1.000 msnm es:

$$C = e^{3,58817} N^{0,26732} Y^{0,05896} P^{-0,25742}$$

Esta especificación cuenta con un tamaño muestral de 989 hogares y todas las variables explicativas fueron significativas a un nivel de confianza del 99%. El R<sup>2</sup> de la regresión fue del 12%, y se rechaza cualquier hipótesis de colinealidad.

En esta submuestra se encuentran las regiones: Atlántica, Oriental, Pacífica, Central, Antioquia y Orinoquia. Las variables Dummies creadas para cada región se incorporaron en el modelo, dejando como categoría de referencia la región Atlántica; sin embargo, el método de selección de variables paso a paso las calificó con unos estadísticos T muy bajos, lo cual indica que no existen diferencias significativas del consumo entre los municipios de estas regiones, dado el rango de altura preestablecido.

## 2.2 Especificación para altura mayor e igual a 1.000 metros sobre el nivel del mar: Variable dependiente: consumo (C)

Método: mínimos cuadrados

Muestra ajustada a observaciones con altura >= 1.000 msnm

Observaciones: 1.480

Variable	Coefficiente	Error Estándar	Estadístico t	Probabilidad
Constante	3.985160	0.197447	21.60224	0.0000
Tamaño del hogar (N)	0.331984	0.030612	10.84477	0.0000
Ingreso disponible (Y)	0.054436	0.012294	4.428059	0.0000
Precio Marginal (P)	-0.334792	0.027979	-11.96590	0.0000
Dummy región Oriental (e <sub>Reg1</sub> )	-0.205020	0.074904	-2.737091	0.0063
Dummy región Pacífica (e <sub>Reg2</sub> )	-0.176323	0.035394	-4.981677	0.0000
R-squared	0.193622	Mean dependent var		3.353657
Adjusted R-squared	0.190886	S. D. dependent var		0.634399
S. E. of regression	0.570646	Akaike info criterion		1.719952
Sum squared resid	479.9894	Schwarz criterion		1.741437
Log likelihood	-1266.764	F-statistic		70.78527
Prob(F-statistic)	0.000000			

Para municipios con altura desde los 1.000 msnm la ecuación que permite las mejores estimaciones de la demanda futura de agua es:

$$C = e^{3,9851603} N^{0,331984} Y^{0,054436} P^{-0,334792} e_{Reg1}^{-0,20502} e_{Reg2}^{-0,176323}$$

donde:

$e_{Reg1}$  = Dummy para la región Oriental, la cual toma valor uno (1) si el municipio pertenece a la región Oriental, y toma valor cero (0) cuando el municipio pertenece a cualquier otra región.

$e_{Reg2}$  = Dummy para el Departamento de Antioquia, la cual toma valor uno (1) si el municipio pertenece a este departamento, y cero (0) en caso contrario.

En este rango de altitud se tienen las siguientes regiones: Oriental, Pacífica, Central, Antioquia, Bogotá y Orinoquia. Las variables Dummies creadas para cada región se incorporaron en el modelo. Resultaron significativas la región Oriental y Antioquia, por lo cual se deduce que existe un efecto diferencial del consumo entre estas dos regiones y el resto de regiones del país (tomando el resto como categoría de referencia).

Esta especificación cuenta con un tamaño muestral de 1.480 hogares y todas las variables explicativas fueron significativas a un nivel de confianza del 99%. El  $R^2$  de la regresión fue del 19,36%, y se rechaza cualquier hipótesis de colinealidad.

### 3. ELASTICIDAD PRECIO Y ELASTICIDAD INGRESOS DE LA DEMANDA

Para la primera especificación, la elasticidad precio de la demanda es de  $-0,25742$ , de manera que se supone constante para todo el rango de consumo posible, dada la forma funcional estimada de elasticidad constante. La elasticidad indica que una duplicación

de la tarifa de consumo por  $m^3$  causaría una reducción en el consumo de 25,74%, si los demás determinantes del consumo de agua se mantuvieran constantes.

Para la segunda submuestra, municipios con altura a partir de los 1.000 msnm, una duplicación de la tarifa de consumo por  $m^3$  reduciría el consumo en un 33,5%. En estos municipios la elasticidad precio es más alta probablemente porque a menor temperatura los consumidores prefieren reordenar sus niveles de consumo, antes que reducir su capacidad de pago.

La elasticidad ingreso de los municipios por debajo de los 1.000 msnm es de 0,05896, mientras que la elasticidad ingreso de los otros municipios es 0,054436, lo cual reitera el efecto positivo del ingreso en el consumo.



**ACTUALIZACIÓN  
DE LAS RAZONES PRECIO CUENTA**

En este anexo se presenta en forma detallada el cálculo de las Razones Precio Cuenta aplicables en la evaluación económica de los proyectos de acueducto y alcantarillado, y utilizadas para la estimación de los costos económicos de los proyectos evaluados por el Ministerio de Desarrollo Económico bajo el marco del Programa de Modernización Empresarial, financiado con recursos del préstamo 3336-CO del Banco Mundial y ejecutados mediante el convenio PNUD Col 92/001.

El *factor de conversión estándar* se calcula como la participación del valor de los bienes comercializados en el mercado externo entre el valor comercializado después de los gravámenes impositivos.

$$FCS = (X + M) / (X + M + T)$$

donde:

X = valor total de exportaciones

M = valor total de importaciones

T = recaudación aduanera por importaciones y tributos o subsidios sobre exportaciones

		1998	1999
Exportaciones	millones de US\$ FOB	10890.1	11575.3
Importaciones	millones de US\$ CIF	14634.3	10658.4
Recaudo		4911.6	4301.6
Factor de Conversión Estándar		0.839	0.838

Fuente: Estadísticas Banco de la República - Revista No. 867 - Vol. LXXIII, pp. 240 y 242.

Para realizar la conversión del valor de los productos y materiales de origen nacional expresados en precios del mercado, en valores expresados en precios de cuenta, se invierte el impuesto a las ventas para el año 1999.

IVA	15%
Factor de conversión de productos y materiales de origen nacional	0.870

Por su parte, el *factor de conversión de materiales y equipos de origen externo (transables)* se calcula a partir de datos efectivos de facturas de importación de artículos aplicables al proyecto y se construye una tabla de factores que se aplican a la correspondiente categoría de costos<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Para los costos tributarios de la tubería de hierro dúctil se consideró el ítem de tubos del tipo de los utilizados en oleoductos o gasoductos (Partida: 7304.10.00.00 - Decreto: 2317/1995). En cuanto a la tubería de PVC se consideró el ítem de polímeros de cloruro de vinilo (Partida: 3917.23.00.00 - Decreto: 2317/1995). Para la maquinaria pesada se consideró el ítem topadoras, niveladoras, excavadoras, palas mecánicas, compactadoras

	IVA %	Arancel %	Gravamen total %	Factor Conversión
Tubería hierro dúctil	15	15	32,25	0,756
Tubería PVC	15	20	38	0,725
Maquinaria pesada	15	5	20,75	0,828
Bombas	15	15	32,25	0,756

El precio cuenta para la mano de obra calificada se calcula deduciendo de las remuneraciones (a costo empresa) aquellos ítems de origen salarial que representan básicamente transferencias.

	Costo empresa %	Costo social %
Salario básico	100	100
Prestaciones legales	16,66	16,66
Seguridad social	18,17	0
Parafiscales	9	0
Total	143,83	116,66
Factor	0,811	

El factor se obtiene de la relación entre los costos sociales agregados y los costos de la empresa agregados. Finalmente, se debe multiplicar por el factor de conversión estándar para mantener el numerario:

**Factor de conversión para la mano de obra calificada 0,680**

Para la mano de obra no calificada de las remuneraciones (a costo empresa) se deducen las transferencias. Además se descuenta un factor asociado a la tasa de desempleo de este tipo de mano de obra, según la siguiente fórmula:

$$\text{Factor mano obra calificada} = W * FCMOC * (1 - U)$$

donde:

W = salario costo empresa (índice 1,0) o salario básico

U = tasa de desempleo

La fórmula supone que la mano de obra del proyecto proviene según la proporción actual del empleo en otras actividades (al mismo salario) y los desempleados para los cuales el costo de oportunidad es cero. La tasa de desempleo se ha supuesto del 10%,

---

y apisonadoras (Partida: 84.29 - Decreto: 2317/1995). Por último, para las bombas se consideró el ítem bombas de motor (Partida: 8413.19.00.00) que tienen gravamen de 15% y los elevadores de líquidos (Partida: 8413.82.00.00) con un gravamen del 5%.

puesto que en el largo plazo la mano de obra no calificada no tiene un desempleo muy alto.

<b>U =</b>	<b>10%</b>
Factor de conversión de la mano de obra no calificada	0,612