

# REGULACIÓN

DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

## METODOLOGÍA DE COSTOS Y TARIFAS PARA EL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO

SOPORTES TÉCNICOS DEL NUEVO MARCO REGULATORIO PARA EL SERVICIO PÚBLICO  
DOMICILIARIO DE ASEO, RESOLUCIONES 351 Y 352 DE 2005

Bogotá, D.C., abril de 2007



**Álvaro Uribe Vélez**

Presidente de la República de Colombia

**Miembros de la Comisión**

Juan Francisco Lozano Ramírez, Ministro  
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Carolina Rentería Rodríguez, Directora  
Departamento Nacional de Planeación

Diego Palacio Betancourt, Ministro  
Ministerio de la Protección Social

**Expertos Comisionados**

José Francisco Manjarrés Iglesias, Director Ejecutivo

Clara Lucía Uribe Payares

Cristian Stapper Buitrago

Mauricio Millán Drews

Eva María Uribe Tobón, Superintendente General

Jorge Martín Salinas Ramírez, Superintendente Delegado de Acueducto, Alcantarillado y Aseo  
Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

**Unidad Administrativa Especial**

Luz Ángela Gómez Hermida  
Coordinadora Ejecutiva

Doris del Socorro Martínez Chaves  
Coordinadora Administrativa

Diego Mauricio Ávila Arellano  
Jefe Oficina Jurídica

Jhon Jairo Martínez Cepeda  
Jefe Oficina de Regulación y Políticas de Competencia

Alejandro Iván Gualy Guzmán  
Jefe Oficina Técnica

Marco Antonio Moreno Caro  
Jefe Oficina de Control Interno

**Colaboraron en esta edición**

Mauricio Gómez Arango, Asesor de Experto Comisionado

Gabriel Antonio Gutiérrez Palacios, Asesor Oficina de Regulación y Políticas de Competencia

Erika Bibiana Pedraza Guevara, Asesora Oficina de Regulación y Políticas de Competencia

William Javier Henao Ramírez, Asesor Oficina Técnica

Claire Hoyos Usta, Asesora Director Ejecutivo

Iván Alberto Malaver Chalarca, Asesor en Comunicaciones

**Diagramación e impresión**

Imprenta Nacional de Colombia

© 2007

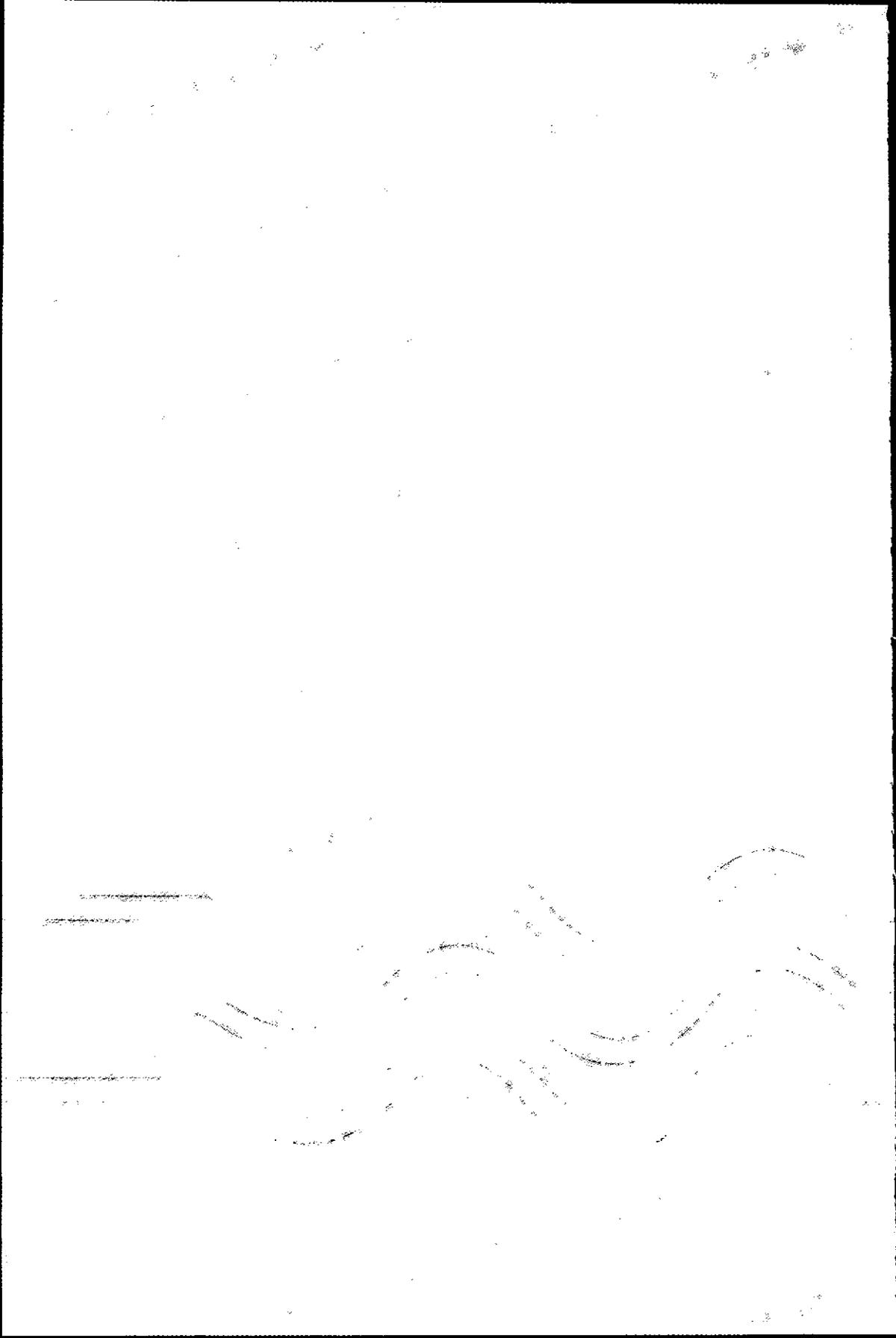
## CONTENIDO

<b>EL NUEVO MARCO REGULATORIO DEL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ASEO: PRESENTACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>I. METODOLOGÍA DE COSTOS Y TARIFAS PARA EL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO (RESOLUCIÓN 351 DE 2005)</b> .....	<b>13</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>13</b>
<b>2. ASPECTOS GENERALES</b> .....	<b>14</b>
2.1. ANTECEDENTES .....	14
2.2. ORIENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA TARIFARIA .....	16
<b>3. PARÁMETROS GENERALES PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE COSTOS Y TARIFAS</b> .....	<b>19</b>
3.1. TASA DE DESCUENTO .....	19
3.2. RENDIMIENTO DEL CAPITAL DE TRABAJO .....	19
3.3. FACTOR DE GASTOS ADMINISTRATIVOS .....	20
<b>4. TECHOS Y CONSTRUCCIÓN DE COSTOS POR COMPONENTES</b> .....	<b>21</b>
4.1. ADOPCIÓN DE UN COSTO FIJO MEDIO DE REFERENCIA (CFMR) Y DE UN COSTO VARIABLE MEDIO DE REFERENCIA (CVMR) .....	23
4.2. COSTOS ASOCIADOS A LA COMERCIALIZACIÓN Y EL MANEJO DEL RECAUDO .....	24
4.3. COSTO DE BARRIDO Y LIMPIEZA .....	28
4.4. COSTO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE .....	38



4.5. COSTO DE TRANSPORTE POR TRAMO EXCEDENTE .....	71
4.6. COSTO DE PEAJES .....	87
4.7. COSTO DE DISPOSICIÓN FINAL.....	88
4.8. CRITERIO DE MINIMIZACIÓN DE COSTOS PARA LA COMBINACIÓN DE COSTOS DE TRAMO EXCEDENTE Y DE DISPOSICIÓN FINAL. ....	97
4.9. CENTROIDE.....	99
<b>5. ACTUALIZACIÓN DE COSTOS Y OTROS ELEMENTOS PROPIOS DEL PRECIO TECHO .....</b>	<b>100</b>
5.1. FÓRMULA GENERAL DE ACTUALIZACIÓN.....	103
5.2. AJUSTE DE PRECIOS .....	104
5.3. EL FACTOR X .....	106
<b>6. METODOLOGÍA PARA CALCULAR LAS TARIFAS MÁXIMAS POR COMPONENTE DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO DE RESIDUOS ORDINARIOS.....</b>	<b>109</b>
6.1. REGLAS ESPECIALES Y METODOLOGÍA PARA CALCULAR LAS TARIFAS MÁXIMAS POR COMPONENTE DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO EN LOS CASOS EN QUE EXISTA MAS UN ÁREA DE PRESTACIÓN DE SERVICIO EN UN MISMO MUNICIPIO. ....	111
6.2. CANTIDAD DE RESIDUOS A IMPLEMENTAR (TDI) .....	114
<b>7. DETERMINACIÓN DE LOS GRANDES PRODUCTORES .....</b>	<b>114</b>
7.1. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN EN LA PRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SOBRE EL COSTO DEL SERVICIO.....	115
7.2. TIEMPO DE RECOLECCIÓN EN UN VIAJE VS. NIVEL DE CONCENTRACIÓN URBANA DE LA RUTA.....	115
7.3. ACERCA DE LA PRESENTACIÓN CONJUNTA O INDIVIDUAL .....	119
<b>8. EL APROVECHAMIENTO .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO 1 - DISPOSICIÓN FINAL.....</b>	<b>123</b>

<b>II. MEDICIÓN EN EL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ASEO (RESOLUCIÓN 352 DE 2005)</b> .....	<b>135</b>
1. ANTECEDENTES.....	135
2. OBJETIVO.....	135
3. FUNDAMENTACIÓN .....	136
3.1. Cantidad recogida de residuos sólidos de barrido y limpieza .....	136
3.2. Producción Domiciliar de Residuos Sólidos por Suscriptor .....	136
3.3. Factores de Producción de Residuos Sólidos.....	138
3.4. El factor FPS.....	140
4. CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS PRESENTADOS POR SUSCRIPTOR.	141
5. MULTIUSUARIOS .....	143
6. CONCLUSIONES.....	143
<b>ANEXO 2 – EJEMPLOS DEMOSTRATIVOS.....</b>	<b>145</b>
<b>RESOLUCIÓN CRA No. 351 de 2005 .....</b>	<b>155</b>
<b>RESOLUCIÓN CRA No. 352 de 2005 .....</b>	<b>187</b>
<b>RESOLUCIÓN CRA No. 405 de 2006 .....</b>	<b>195</b>
<b>RESOLUCIÓN CRA No. 417 DE 2007 .....</b>	<b>201</b>
<b>RESOLUCIÓN CRA No. 418 DE 2007.....</b>	<b>205</b>



## **EL NUEVO MARCO REGULATORIO DEL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ASEO: PRESENTACIÓN**

Los años 2004 y 2005 han sido de gran importancia para el sector de agua potable y saneamiento básico. En estos años se han expedido los nuevos marcos regulatorios para los sectores de acueducto, alcantarillado y aseo. Los dos primeros fueron regulados a través de la Resolución CRA 287 de 2004 y el último por las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005.

En el caso del servicio de aseo se expidió una regulación que garantiza el desarrollo de los criterios tarifarios establecidos en la ley, profundizando en la eficiencia del servicio y buscando que la misma se reparta entre prestadores y usuarios. Esta regulación reemplaza la expedida en 1997, y por lo tanto presenta novedades importantes que reflejan el efecto natural del mayor conocimiento sectorial por parte del regulador, a través de las reducciones paulatinas en las asimetrías de información.

Los incentivos otorgados por la Ley de Servicios Públicos Domiciliarios en 1994 para la participación de operadores especializados en la prestación de servicios de aseo municipal y las políticas de promoción de la competencia implementadas por los municipios a través de la apertura de procesos licitatorios, para dar en concesión o contratar la prestación de servicios de aseo, rindieron sus frutos en varias ciudades importantes del país, con un indudable mejoramiento en la calidad y cobertura del servicio. Como resultado, surgió una oferta de empresas modernas de aseo a nivel nacional, que comenzaron a expandirse por varias ciudades del país, e incluso hacia otras regiones.

Después de doce años de promulgada la Ley 142, el avance global de la competencia en el mercado es limitado. La alta penetración del sector privado ha buscado más competir por los mercados municipales de aseo, que competir entre sí por los clientes finales. Por otro lado, existe un muy alto porcentaje de municipios del país con una población inferior a 40.000 habitantes en la cabecera municipal, a donde no han llegado dichos inversionistas. En términos generales, no hay competencia en el mercado, es decir, por los clientes, sino una limitada competencia por el mercado y, en menor medida, otras formas de competencia, como lograr subcontratar servicios por parte de las cooperativas o empresas asociativas de trabajo y competencia por ofrecer subcontratación de mano de obra a las empresas más organizadas para bajar costos, a través de empresas de servicios temporales o empresas de trabajo asociado. Estas formas de competencia si bien aumentan la productividad, no permiten, al menos en el corto plazo, transferir estos beneficios al usuario.

La competencia limitada no es en sí una sorpresa en términos de lo que puede esperarse de un servicio como el de aseo, donde existe una incidencia preponderante de la actividad de recolección y transporte.

Tradicionalmente en los mercados de transporte no suele haber una alta competencia, por lo que resulta habitual que el número de empresas dentro del mercado sea bajo, debido a razones como la limitación física de la infraestructura y las características de la demanda. En ese sentido, el mercado de transporte suele distar mucho de los



modelos de competencia perfecta de los textos de economía introductoria, razón básica que legitima su regulación, haciendo que el Estado intervenga para evitar el abuso de posiciones de dominio.

La regulación que se ejerce donde existen posibilidades de competencia, tiene la responsabilidad de conseguir los objetivos que la sociedad le ha impuesto, sin generar distorsiones que redunden en unos costos directos e indirectos de la intervención pública mayores a los obtenidos con su gestión. Por lo general, la competencia entre empresas es un mecanismo deseable que tiene la virtud de asignar precios correctos en el sentido de la eficiencia. Sin embargo, ante las mencionadas posibilidades de dominio incorrecto en los mercados surge la regulación como mecanismo conductor de los objetivos de la ley.

Por lo anterior la nueva regulación para el servicio de aseo ha buscado reconocer las posibilidades de competencia que la Ley de Servicios Públicos Domiciliarios ha establecido como regla general, utilizando una metodología de precios tope, debajo de los cuales podrán cobrar los diferentes operadores como resultado, entre otras cosas, de la competencia que se pueda dar en los diferentes mercados del país para el servicio público de aseo.

Debe decirse que el servicio de aseo tiene características especiales en su regulación, por diferentes razones:

- En cuanto a la materia objeto del servicio:
  - Tiene precio negativo ya que se paga para deshacerse de ella.
  - Es bastante heterogénea.
  - Puede generar otras alternativas de solución distintas a su disposición final, como cadenas económicas distintas a la prestación misma del servicio. Su diversidad de contenidos, lugares y agentes, y los medios para su presentación y recolección, exigen la consideración de una gama inmensa de posibilidades, que hacen difícil establecer líneas claras entre lo que constituye un servicio ordinario o un servicio especial, ambos importantes en una concepción integral del servicio.
  - Su manejo deficiente puede producir impactos ambientales graves; y,
- La medición a nivel individual es costosa e inexacta (aforos por volumen). Lo más asimilable al servicio público de red se refiere al componente de recolección y transporte.

Considerando lo anterior, la metodología tarifaria adoptada por la Comisión para el servicio público de aseo establece los costos máximos que pueden transferirse al usuario por efecto de la prestación del servicio en cada una de sus actividades (comercialización, barrido, recolección y transporte, transporte a grandes distancias, conocido como transporte por tramo excedente, y disposición final). Como se señalaba, la experiencia de años anteriores ha enseñado que la competencia en los mercados no es la constante para este servicio público, por eso es importante que los costos techo

establecidos para cada una de las actividades tengan incluidas las consideraciones propias de la eficiencia y la suficiencia financiera, de la misma manera en que sucedería en un mercado en condiciones de competencia.

Además de lo enumerado anteriormente sobre las características del bien y del servicio, la metodología tarifaria consideró aspectos como los siguientes:

- Economías de escala: Están presentes en la conceptualización de la mayoría de los componentes de la metodología tarifaria. Tienen una incidencia importante en recolección y transporte, tramo excedente y disposición final. En el caso de los dos primeros se trata de principios de la economía del transporte: el tamaño del medio de transporte incide en la productividad, por esa razón la función de costos de las estaciones de transferencia se modeló como si existiese transporte a granel (de mayor capacidad que la existente en los camiones compactadores), para el caso de recolección y transporte se modelaron condiciones promedio dependiendo del tamaño de los mercados.

En el caso de disposición final las economías de escala se dan en gran medida por la gran cantidad de inversiones iniciales (*sunk costs*) y por la condición de que los costos del relleno sanitario no aumentan linealmente con las toneladas dispuestas.

- Tecnologías de producción: En este aspecto incide tanto la infraestructura como la forma de prestar los servicios. En el caso del servicio de aseo la infraestructura es proveída en su mayoría por el Estado (las vías), salvo en los casos de disposición final donde los privados pueden hacer la inversión en los terrenos, aunque en algunos lo haga el municipio o distrito. La forma como se combinan estos factores determinan las tecnologías de producción. De otro lado, en cada uno de los componentes de la metodología tarifaria se acogen tecnologías de referencia que, en últimas, determinan el costo máximo a cobrar y que en el caso de recolección y transporte y barrido y limpieza corresponden a lo observado en el mercado nacional y en tramo excedente y disposición final corresponden a modelos económicos y de ingeniería desarrollados bajo una estricta observancia de los lineamientos de la teoría y de las implicaciones de la práctica.
- No almacenabilidad e indivisibilidades: Es una característica especial de los mercados de transporte. En el primer caso significa que los vehículos que no se utilicen en su plena capacidad están desaprovechados generando gastos ineficientes ya que su capacidad excedentaria no se puede almacenar para demandas futuras. En el segundo implica que cuando se copa la capacidad de los camiones y se da una demanda adicional, para poder satisfacerla, por marginal que esta sea, se necesita un vehículo más que, por supuesto, es "indivisible". Esta fue una característica permanentemente considerada en los modelos de recolección y transporte y tramo excedente.
- Efectos de red: A pesar de que no se trata de un servicio de red como los universalmente reconocidos (acueductos, teléfonos o energía eléctrica), sí se trata de un servicio que opera sobre redes que posibilitan el transporte, por lo que son importantes la densidad y los efectos de economías de red cuando la utilidad de un bien depende del



número total de consumidores. En este punto son importantes las frecuencias que se prestan. Este no es un servicio en el que el aumento de pasajeros implique aumento de frecuencias (*Efecto Mohring*), pero sí es cierto que a mayores residuos sólidos en las calles pueden aumentar las frecuencias de los carros recolectores. De acuerdo con los datos que se dispone, estas frecuencias pueden ser en su mayoría dos semanales, pero podrían ser incluso más. Los ejercicios de modelación sobre el particular concluyen que en términos de costos unitarios no hay variación si son dos o tres frecuencias. No obstante, este es un punto en el que es muy importante la buena planeación de las rutas por parte de los prestadores ya que se deben optimizar los vehículos de modo que se utilicen a su máxima capacidad en la recolección de residuos.

- Eficiencias: Las eficiencias que se utilizaron en los modelos para los diferentes componentes del servicio no son sólo productivas (cantidades mínimas de factores para llevar a cabo la producción) sino económicas, en el sentido de que involucran los costos de los factores para hacer combinaciones que permitan elecciones óptimas.

Asimismo, se incluyeron incentivos a la regionalización, no como un simple fin, sino como un medio para acercarse a la eficiencia. Estas medidas se orientaron en tres sentidos:

El primero está implícito en la construcción de cada uno de los costos techo, es decir, los costos son suficientes para cubrir los costos en mercados de cierto tamaño. Si municipios muy pequeños presentan costos muy altos en comercialización, recolección y transporte o en el tramo excedente, existe la posibilidad de agrupamiento con otros prestadores para generar eficiencias.

El segundo se presenta en la inclusión explícita del componente de transporte por tramo excedente, que permite reconocer los incrementos en costos producidos por transportar los residuos sólidos, más allá de cierta distancia hasta el sitio de disposición final. Esto incentiva la búsqueda de las mejores alternativas (las más eficientes) para disponer los residuos sólidos.

El tercero se encuentra en la función establecida para el costo de disposición final, donde se reconocen incentivos para el sitio de disposición final que reciba residuos de otros municipios, haciendo atractiva la idea de constituir en el área municipal rellenos sanitarios de orden regional, o de ir a disponer en ellos.

De otra parte, en términos ambientales, la Comisión ha incluido en sus modelaciones aquellas condiciones que permitan a los prestadores acceder a costos que satisfagan las exigencias ambientales; este es el caso de la función techo de disposición final que aparece en la metodología tarifaria.

Igualmente se han otorgado incentivos al aprovechamiento. La metodología tarifaria señala que se pueden reconocer incentivos en pesos por tonelada a quien aproveche. Este reconocimiento es apenas un estímulo, que será productivo siempre y cuando exista una cadena definida de comercialización que absorba el producto resultante del aprovechamiento. La idea es estimular la producción de bienes aprovechados siempre y cuando ello sea económicamente eficiente y por lo tanto rentable. No es eficiente para una sociedad aprovechar residuos sólidos si posteriormente no hay quien los

compre, dado que estos residuos se convertirían de nuevo en residuos sólidos con un precio negativo y todos perderíamos lo invertido en la actividad.

Otra innovación importante se refiere a la forma de cobrar el servicio de aseo. Anteriormente se contaba con un parámetro fijo que representaba la producción de residuos sólidos y que pagaba cada hogar. Sin embargo, a partir de la plena implementación de las nuevas metodologías de la Comisión, se harán pesajes en los sitios de disposición final que se repartirán entre los usuarios que han generado dichos residuos, aproximándonos así de gran forma a la producción real de residuos sólidos de los hogares.

En resumen, han sido diversas las innovaciones que ofrece la nueva metodología tarifaria para aseo. Esta metodología se constituye en un segundo paso que ha buscado acercarse mucho más a los retos del servicio y que se espera redunde en beneficios sectoriales.

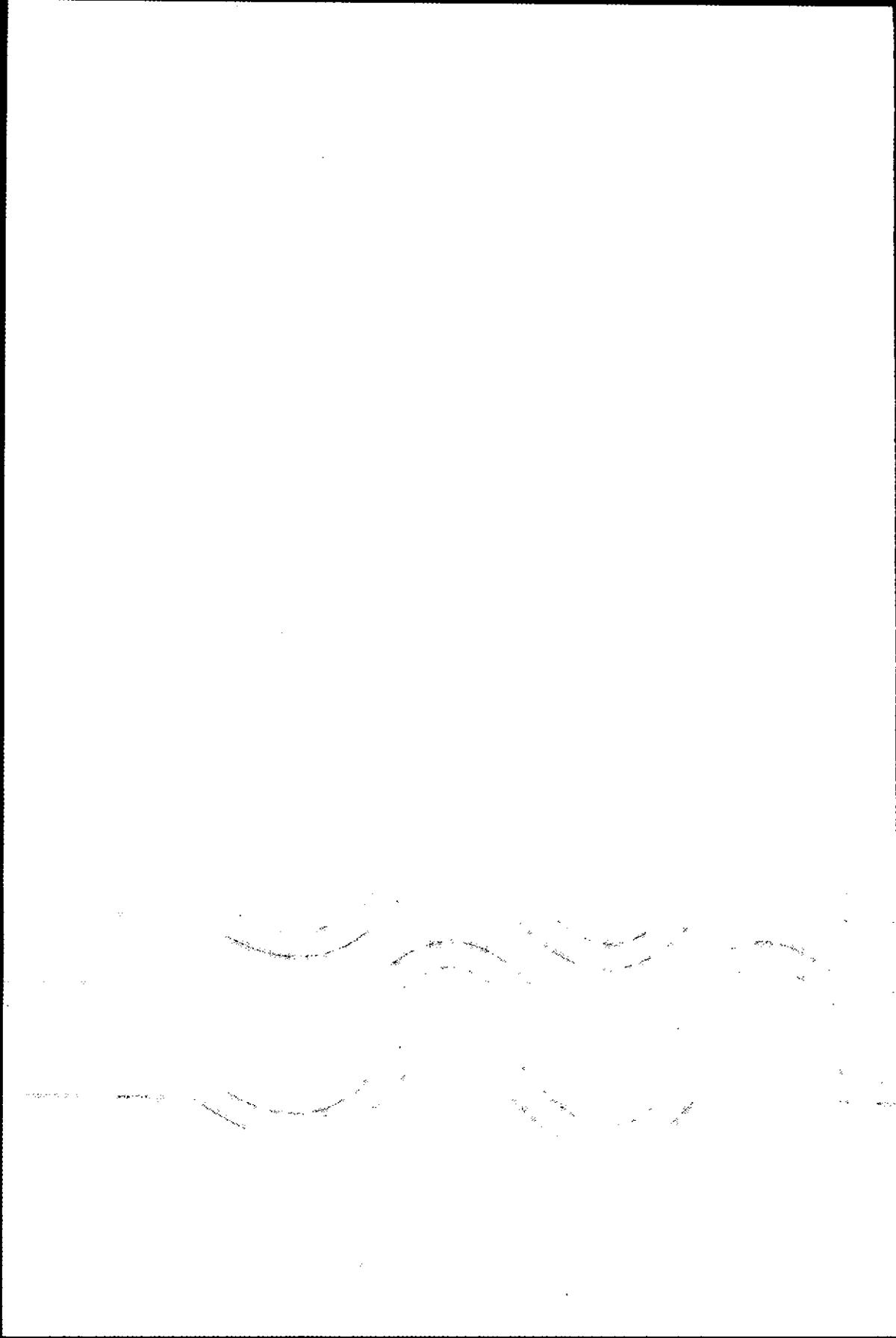
De la evaluación de los impactos de la nueva regulación en el sector, se debe partir hacia una consolidación y avance de formas novedosas de promoción de la eficiencia en el servicio, la consolidación de los operadores especializados y la protección de los intereses de los usuarios, en el marco de una política sectorial y ambiental, igualmente coherente en el largo plazo.

Con esa esperanza este número de REGULACIÓN busca contribuir al debate sectorial del servicio de aseo, replicando el resultado de un extenso e intenso trabajo metodológico, conceptual, estadístico, financiero y jurídico que contó con una abultada participación ciudadana y que fue objeto de las más diversas opiniones a lo largo y ancho del país. Se presentan aquí entonces las Resoluciones 351 y 352 de 2005 que corresponden a la metodología de costos y tarifas y a la de medición de la producción de residuos respectivamente, así como sus soportes (documentos de trabajo) editados, con el objeto de que sirvan de insumo a usuarios, prestadores, académicos y entidades gubernamentales, para discusiones cada vez más exigentes y constructivas que nos acerquen a los objetivos sectoriales.

El trabajo que aquí se presenta ha sido posible gracias a la valiosa colaboración, que en un primer momento se obtuvo por parte de la firma Econometría, y que posteriormente fue enriquecido, a partir de las discusiones con los agentes sectoriales, empresas y la comunidad en general, por parte del equipo interno de la Comisión, destacando la labor del doctor Mauricio Millán como padrino del proyecto; Jhon Jairo Martínez, Jefe de la Oficina de Regulación; Mauricio Gómez Arango; Omar Castilla; Gabriel Gutiérrez; Camilo Caycedo; Ana Rocío Osorio; Erika Pedraza; René Urueña y Silvia Yepes. Adicionalmente como colaboradores externos contribuyeron a este avance los ingenieros Héctor Collazos, Erika Velandia y el doctor Darío Hidalgo.

Para todos ellos, y aquellos que involuntariamente pudieron ser omitidos, un reconocimiento y agradecimiento especial por parte de esta institución.

JOSÉ FRANCISCO MANJARRÉS IGLESIAS  
DIRECTOR EJECUTIVO - CRA  
JULIO DE 2006



# **I. METODOLOGÍA DE COSTOS Y TARIFAS PARA EL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO (RESOLUCIÓN 351 DE 2005)**

## **1. INTRODUCCIÓN**

La ley 142 de 1994 faculta a las comisiones de regulación de servicios públicos domiciliarios a revisar las metodologías tarifarias con una periodicidad que permita ajustarlas a las condiciones corrientes de prestación del servicio. De esta forma, se conserva en el tiempo el cumplimiento de los criterios tarifarios y principios regulatorios y se permite incorporar nuevos criterios que reflejen las condiciones y problemática de los servicios.

A través de este documento, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA), presenta los soportes técnicos de la Resolución CRA 351 de 2005 que adopta la nueva metodología tarifaria para el servicio público domiciliario de aseo. Esta metodología se estructura sobre los siguientes principios básicos: i) Cumplimiento de los criterios tarifarios establecidos en la ley; ii) Desagregación de los costos por actividad principal de la prestación del servicio; iii) Incentivos a la agrupación y regionalización del servicio como alternativa eficiente; iv) Reconocimiento de las posibilidades de competencia, y v) Reconocimiento de los costos ambientales y el desarrollo de incentivos tarifarios en beneficio del medio ambiente.

Con base en estos principios la CRA presenta una regulación tarifaria que se sustenta en el desarrollo de costos-techo eficientes para cinco componentes de la prestación del servicio: i) Comercialización y manejo del recaudo; ii) Barrido y limpieza; iii) Recolección y transporte de residuos; iv) Transporte por tramo excedente, y v) Disposición final.

Así mismo, es importante resaltar que la nueva metodología incorpora los principales lineamientos de política presentados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en la medida que los mismos concuerdan con el desarrollo de los criterios tarifarios, y permiten el desarrollo de los diferentes esquemas contemplados en la ley para la prestación del servicio. En relación con los incentivos medioambientales, la propuesta incorpora el aprovechamiento de los residuos sólidos y permite en forma conjunta con la Resolución CRA 352 de 2005, incentivar la separación de los residuos en la fuente y la minimización de los residuos.



## 2. ASPECTOS GENERALES

### 2.1. ANTECEDENTES

#### 2.1.1. La metodología tarifaria vigente

La CRA mediante la Resolución 15 de 1997 estableció para el servicio público domiciliario de aseo una regulación basada en precios techo para los componentes de Recolección y Transporte (CRT). En dicha metodología, el precio techo del CRT, a precios de junio de 1997<sup>1</sup>, se expresa como:

$$\text{CRT (\$/ton)} = 8.158 * \text{ho} + 15.058$$

Donde:

\$15.058 es la fracción del costo total de recolección y transporte por tonelada que no varía con el tiempo improductivo por viaje.

\$8.158 Es la fracción del costo total de recolección por tonelada, que varía con el tiempo improductivo por viaje.

ho: Es el tiempo medio de viaje no productivo por municipio, en horas.

De acuerdo con dicha Resolución, el barrido se cobra como una proporción del CRT. Esta tasa de barrido expresada en porcentaje (TB) es igual a:

$$TB = \left( \frac{(7.965 + 0,15(\text{CRT} + \text{CDT})) * 0,053}{\text{CRT} * \text{PPU}} \right)$$

Donde:

\$7.965 Costo directo de barrer un Km a precios de junio de 1997.

CRT Costo de recolección y transporte (\$/ton)

CDT Costo de disposición final: \$2.000 para botadero; \$3.500 para enterramiento y \$7.000 para relleno sanitario a precios de junio de 1997. (\$/ton).

PPU Producción promedio por usuario mes (ton/usuario/mes). En la Res. 15 de 1997 equivalente a 0,12 ton.

0,15 Concentración de residuos sólidos en toneladas por Km de cuneta.

0,053 Factor de transformación de costos por Km a costos por usuario, teniendo en cuenta la frecuencia de barrido mensual, la densidad poblacional, etc.

Ahora bien, el costo máximo por el servicio integral de aseo que reconoce los componentes de recolección y transporte, barrido y limpieza y tratamiento y

<sup>1</sup> La metodología tarifaria de precio techo rige para ciudades con más de 8.000 usuarios y para el resto existe una metodología de costos en la Resolución 151 de 2001, que incluye algunos factores de descuento como la recolección con una frecuencia inferior a tres veces por semana que no son explicadas aquí. En este documento nos centramos en la metodología de price cap.

disposición final para el municipio, es decir, la tarifa para el estrato 4 sin subsidios ni contribuciones, está dada por<sup>2</sup>:  $CST (\$/ton) = CRT * (1+TB) + CDT$  (por tonelada)

$$CSU (\$/usuario/mes) = CST * PPU \text{ (costo de servicio por usuario)}$$

Adicionalmente, la Resolución 15 de 1997 señala que las tarifas máximas están afectadas por un factor de subsidio o contribución aplicable al estrato o tipo de usuario (residencial, Pequeño Productor o Gran Productor) del municipio (Fi). Entonces la tarifa máxima (Ti) del estrato i será igual a:

$$Ti = CSU * Fi$$

Donde Fi, a su vez, está afectado por un porcentaje de contribución aplicado a la tarifa para dar subsidios a los estratos más bajos (fci) y por un factor de producción de residuos por estrato.

$$Fi = Fpi * (1 + fci)$$

$$Fpi = \text{Para el estrato 5} = 1,48 \text{ y para el estrato 6} = 1,66$$

$$fci = 0,2$$

El factor PPU se establecía como máximo en 120 kg-usuario/ mes, sin perjuicio de que los municipios hicieran estudios que permitieran establecer un PPU menor, de acuerdo con la producción promedio.

### 2.1.2. Antecedentes inmediatos de la propuesta tarifaria

Para la elaboración de la nueva metodología tarifaria del servicio público de aseo la CRA ha recorrido un camino que se inició con las bases del nuevo marco regulatorio expedidas en el año 2000<sup>3</sup> y la consultoría realizada durante los años 2003 y 2004 por la firma Econometría, desarrollada en forma conjunta con el Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Esta consultoría permitió recopilar la información necesaria para el establecimiento de los costos y desarrollar los modelos y propuestas de regulación básicas, que una vez ajustados de acuerdo con los criterios de la Comisión, soportan la nueva metodología.

<sup>2</sup> La tarifa máxima consiste en el precio techo de la regulación que se presenta a partir de junio de 1997 y que da el límite que se puede cobrar por el servicio de aseo en cada una de las ciudades, sin perjuicio de que se cobre un valor menor. La tarifa meta se suele entender como aquella que se debe alcanzar para el 2005, en la cual se cubran los costos eficientes del servicio y en la que los estratos 1, 2 y 3 no estén subsidiados en más del 70, 40 y 15%, respectivamente. Para diciembre de 2005 la tarifa meta del estrato 4 debe ser igual al precio techo de ese mismo estrato.

<sup>3</sup> Documento de Presentación. Bases del Nuevo Marco Regulatorio para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. Año 2000.



## **2.2. ORIENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA TARIFARIA**

### ***2.2.1. Regulación económica y regímenes de regulación tarifaria para el servicio público domiciliario de aseo***

La nueva metodología del servicio de aseo establece que el régimen de regulación tarifaria para la prestación del servicio en el área urbana sea de libertad regulada, mientras que en el área rural sea de libertad vigilada, con excepción del componente de disposición final, el cual correspondería al de libertad regulada, ya que es claro que estos sitios de disposición se ubican en suelo rural y el costo de disponer no depende de la proveniencia de los residuos.

Las razones para esto son múltiples. En el mercado rural, a pesar de que existen restricciones de transporte, no se trata de un monopolio natural, tampoco existen economías de continuidad y la competencia puede darse, de modo que no se esperan precios altos, y si se dieran, los usuarios preferirían pagar el transporte de sus residuos a otro prestador o hacerlo ellos mismos. Además, el precio de la recolección y transporte de residuos en este mercado puede asimilarse al precio de un acarreo, por lo cual no se esperan precios mayores a esta actividad.

### ***2.2.2. Mecanismo de regulación en la metodología tarifaria***

La regulación económica ha tenido un gran desarrollo en la generación de modelos para la aplicación de mecanismos regulatorios. La experiencia internacional ha demostrado que las metodologías utilizadas para regular los servicios públicos domiciliarios, tienden a mezclarse intentando obtener las ventajas de los diferentes métodos y teniendo claridad sobre la regla de fijación de precios en el mercado objetivo.

En el caso de Colombia, las reglas de fijación de precios han sido claramente establecidas por el marco legal, con un mecanismo de subsidios principalmente a la demanda. Dadas las condiciones de monopolio natural de algunos de los servicios públicos, se han adoptado mecanismos donde la demanda no se iguala al costo marginal, sino al costo medio.

Una vez establecida la regla de fijación de precios, es necesario analizar los diferentes mecanismos de regulación tales como:

- Regulación por Tasa de Retorno.
- Regulación por Precios Techo.
- Regulación mediante Pisos y Techos de Precios.
- Regulación por Patrones de Referencia (Yardstick y Benchmarking).
- Empresa Modelo.
- Regulación por Eficiencia Comparativa.

El mecanismo de regulación que se ha utilizado en la metodología tarifaria para la prestación del servicio de aseo es el de precio techo. Los resultados han sido satisfactorios y existe un conocimiento de dicho mecanismo por parte de los diferentes agentes del sector. Por tanto, luego de analizar las ventajas y desventajas de los diferentes mecanismos de regulación, la Comisión ha decidido continuar con este mecanismo para el sector de aseo. Dicha elección se basa en dos elementos. Primero, la posibilidad de establecer los techos a través de la recolección de información tratada estadísticamente, en casos donde se puede presentar cierta homogeneidad que abre paso a techos únicos o funciones techo. Segundo, al conocimiento del sector de este mecanismo que con diferencias, se implantó desde 1997 en el servicio de aseo en Colombia.

La estructuración de estos techos ha considerado criterios eficientes con el fin de dar las señales adecuadas para el equilibrio entre los criterios de suficiencia financiera y eficiencia económica. Así mismo, se ha buscado la separación de costos, con el fin de hacerlos transparentes, permitiendo que actividades como el barrido y la limpieza y la comercialización y recaudo presenten su costo separado de las demás, a diferencia de la metodología tarifaria de la Resolución 15 de 1997.

### *2.2.3. Componentes del servicio en la nueva metodología*

Los componentes de la nueva metodología para el servicio público domiciliario de aseo son: i) Comercialización y manejo del recaudo; ii) Barrido y limpieza; iii) Recolección y transporte de los residuos; iv) Transporte por tramo excedente, aplicable sólo cuando el sitio de disposición final esté ubicado a determinada distancia de un área de servicio, y v) Disposición final.

El componente de comercialización busca reconocer los costos en los que se incurre por facturar, atender y hacer campañas informativas a los suscriptores. Además, se incluye un elemento relacionado con el riesgo de recaudo, el cual es relevante debido a que el sector no posee en su estructura muchos costos hundidos (a excepción del componente de disposición final) y en este predominan los costos operativos. Por tanto, problemas en el recaudo afectan el flujo de caja y pueden poner en dificultades la suficiencia financiera de los prestadores.

El componente de barrido y limpieza refleja los costos de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, expresado en pesos por kilómetros de cuneta. El techo de este componente está estructurado teniendo en cuenta el barrido mecánico y el manual, este último siendo el más representativo de las empresas del país.

La recolección y el transporte están reconocidos a través de un techo expresado en pesos por tonelada, este último estimado por medio de un modelo de transporte en el que se optimiza el número de viajes a realizar. En este componente potencialmente se podría presentar competencia entre operadores que establezcan áreas de servicio, de modo que un mismo prestador puede tener diferentes áreas de servicio en un mismo municipio.



Si el sitio de disposición final se encuentra a más de 20 kilómetros del área de servicio<sup>4</sup> los costos de transporte no se incluyen en el componente de recolección y transporte y para ello se establece un componente adicional (que no estaba presente en la metodología de la Resolución 15 de 1997) que reconoce un costo por tonelada kilómetro hasta el sitio de disposición final. Este costo es decreciente, reconociendo menos \$/tonelada-kilómetro a medida que aumenta la distancia.

El componente de disposición final está expresado como una función techo, debido a que en esta actividad existen características de costos hundidos y costos marginales decrecientes que posibilitan economías de escala. Por ello, a mayor número de toneladas dispuestas en el sitio de disposición final, menor será el costo de esta disposición. Este se constituye en un incentivo a la regionalización.

#### **2.2.4. Particularidades del barrido y otros elementos de la metodología**

En la metodología tarifaria se incluye el concepto de área de servicio, entendida esta como la zona geográfica debidamente delimitada donde la ESP ofrece y presta el servicio, y que deberá consignarse en el contrato de condiciones uniformes. En el evento en que el prestador tenga más de un área de servicio, sólo deberá constar aquella en la que se encuentra ubicado el suscriptor correspondiente.

Las implicaciones de las áreas de servicio son complejas, y se originan en la necesidad de permitir condiciones claras en la competencia. Si se piensa en la posibilidad de entrada de un nuevo operador a competir en cualquiera de los componentes del servicio, es factible que este prestador tenga la intención de entrar al mercado, y más aún a una parte específica de él, con precios más bajos. En este caso, el prestador establecido (incumbente) al no contar con diferentes áreas de servicio tendría que recurrir a bajar las tarifas a toda su área de prestación, por lo que le sería más rentable perder pequeñas áreas de prestación que bajar el precio en todo su mercado.

Para evitar esta situación y facilitar la capacidad de respuesta por parte del incumbente, se presenta la posibilidad de que un mismo prestador declare varias áreas de servicio en un mismo municipio.

Otra posible consecuencia de este esquema es que los precios tiendan a ajustarse cada vez más al costo real de la prestación del servicio, el cual no es homogéneo aún en áreas del mismo municipio o ciudad, ya que, aún a nivel local, existen áreas con unos costos de prestación más altos que otras, por la condición de las vías o la inclinación de las mismas. Esto significa que, en medio de la competencia en una o varias áreas de servicio, dos suscriptores del mismo estrato podrían tener una tarifa diferente, lo cual será correcto siempre y cuando responda a los costos reales de prestación dentro del techo establecido, respetando así el criterio de neutralidad.

<sup>4</sup> Del centroide del área de servicio, es decir, el centro del área ponderado por el número de suscriptores.

En el caso del servicio de barrido es factible que las diferencias entre áreas de prestación generen condiciones desiguales para cada prestador, debido a que el servicio de barrido relaciona sus costos directamente con los kilómetros barridos. De este modo, en áreas con mayor densidad el prestador incurrirá en menores costos al tiempo que cobrará el servicio a más usuarios. Por tal motivo se proponen dos mecanismos:

- a) Los kilómetros a barrer por cada prestador serán proporcionales al número de suscriptores atendidos por cada uno de ellos. Por tanto, el prestador que barre en zonas de alta densidad deberá barrer más kilómetros, si bien los usuarios cuyo frente es barrido por este prestador, no pertenezcan a él.
- b) Se plantean la metodología y reglas especiales para calcular las tarifas máximas por componente del servicio público de aseo en los casos en que exista más de un área de prestación de servicio en un mismo municipio. Si existe más de un prestador del servicio de barrido, los residuos resultantes de la operación de barrido deberán ser transportados desde las vías donde se encuentran hasta el sitio de disposición final. Si en el área de servicio hay un tramo excedente, también deben transportarse por este tramo excedente. En el caso de presentarse costos diferentes para cada prestador del área de servicio, para un mismo componente, las diferencias deberán compensarse entre los prestadores.

### **3. PARÁMETROS GENERALES PARA LA ESTRUCTURACIÓN DE COSTOS Y TARIFAS**

Los parámetros que se utilizan en la estructuración de los costos (precios-techo) de los diferentes componentes son: i) La tasa de descuento; ii) El rendimiento del capital de trabajo y iii) El factor de gastos administrativos.

#### **3.1. TASA DE DESCUENTO**

La tasa de descuento a adoptar para el servicio de aseo es del 13,92% (EA), la cual se deriva del cálculo hecho para los servicios de acueducto y alcantarillado con más de 25.000 suscriptores, ya que se considera que las inversiones requeridas para la prestación del servicio de aseo tienen un riesgo comparable al de las inversiones que se requieren en los servicios de acueducto y alcantarillado.

Además, para la prestación del servicio de aseo existen facilidades de agrupación en el mercado, por lo que las empresas no deben tener un trato diferencial por su tamaño.

La tasa de descuento se utiliza en los componentes del servicio de aseo que requieran algún tipo de inversión, es decir, en todos exceptuando el componente de comercialización y recaudo.

#### **3.2. RENDIMIENTO DEL CAPITAL DE TRABAJO**

El capital de trabajo (KT) es la inversión de una empresa en activos a corto plazo y que, como cualquier otra inversión, debe generar algún tipo de rendimiento. Sin embargo,



en estas inversiones el plazo en que se recupera el capital invertido es menor al de las inversiones que se reconocen mediante la tasa de descuento.

La tasa para el capital de trabajo se calculó a partir de la tasa de descuento y el promedio del índice de rotación de cartera reportado por 34 prestadores (de 83.02 días) utilizando la siguiente fórmula financiera:

$$\text{CapitalDeTrabajo} = (1 + WACC) \frac{\text{PromedioRotaciónDeCartera}}{365} - 1$$
$$\text{CapitalDeTrabajo} = 1.1392^{\frac{83.02}{365}} - 1 = 3,01\%$$

Por tanto, la Comisión establece como tasa de rendimiento del capital de trabajo el 3,01%.

El capital de trabajo puede afectar uno, varios o la totalidad de los parámetros empleados para el cálculo del costo de cada componente del servicio de aseo, los cuales serán multiplicados por  $(1+KT)$ . En el componente de comercialización y recaudo, este parámetro incide directamente sobre el costo de comercialización por suscriptor. En el componente de barrido y limpieza se afectan todas las variables, excepto el capital requerido para inversión en vehículos. Finalmente, en el componente de recolección y transporte el capital de trabajo aplica para los siguientes parámetros: i) Costos fijos por semana / camión; ii) Salario semanal diurno con prestaciones, horas extras y festivos; iii) Valor dotaciones a un empleado por semana, y iv) Costo mantenimiento e insumos por hora trabajo.

### 3.3. FACTOR DE GASTOS ADMINISTRATIVOS

La Comisión propone como factor de gastos administrativos ( $\alpha$ ) el 12,8%.

Para calcular este valor se dividió el valor de los costos administrativos eficientes por el costo operativo eficiente de los componentes que realiza cada empresa de una muestra de 30 empresas que reportaron sus datos<sup>5</sup>.

Los gastos administrativos eficientes son el resultado de sumar los costos del personal administrativo eficiente, el costo mensual en vehículos en eficiencia, el costo mensual en inmuebles administrativos y otros gastos administrativos eficientes, que corresponden a los otros gastos necesarios para funcionar.

<sup>5</sup> Este análisis se fundamentó en los grupos de empresas que prestan los servicios de recolección y transporte como eje principal, sin perjuicio de la prestación de barrido y limpieza y disposición final. Todos los servicios de aseo son analizados de manera individual para el cálculo de los costos operativos. Para el cálculo de los gastos administrativos solo se toma una vez las empresas, por lo cual no influye si presta uno o más servicios.

Se calculó el alfa ( $\alpha$ ) para las empresas con integración de dos componentes y las empresas con integración de los tres componentes y la diferencia entre sus medias no resultó estadísticamente significativa. Posteriormente, se aplicó un intervalo de confianza para depurar la muestra, dando como resultado el promedio de 12,8%, el cual se definió como el factor de los gastos administrativos.

Los costos de cada componente se afectaron, en algunos casos<sup>6</sup>, por este factor que representa el porcentaje eficiente de administración en que puede incurrir una empresa del sector de aseo en Colombia.

#### 4. TECHOS Y CONSTRUCCIÓN DE COSTOS POR COMPONENTES<sup>7</sup>

Como ya se mencionó, para la formulación de la presente metodología, la CRA realizó una consultoría con la firma Econometría, la cual desarrolló un trabajo de investigación del mercado, donde se obtuvieron los datos para el cálculo de los costos por componente del servicio.

Para el desarrollo de este análisis se emplearon varias fuentes de información. La primera, la encuesta sobre prestación y costos del servicio de aseo, que arrojó la información para las 37 empresas de la muestra, las cuales debían prestar necesariamente el servicio de recolección y transporte. En segundo lugar, se tomó información secundaria recolectada para algunos temas, así como los cálculos de ingeniería sobre costos eficientes para varias topologías de rellenos sanitarios.

Las empresas fueron clasificadas en tres grupos definidos por cantidad de usuarios atendidos, como se precisa en el Cuadro 1.

**CUADRO 1**

Mercados – empresa, Cantidad de Usuarios	Empresas
Mercados Grandes (Grupo 1) < 150 000	EMVARIAS – MEDELLÍN CIUDAD LIMPIA - BOGOTÁ EMSIRVA – CALI LIME BOGOTÁ – BOGOTÁ ASEO CAPITAL – BOGOTÁ INTERASEO – BARRANQUILLA INTERASEO – VALLE DE ABURRÁ PROACTIVA – VALLE DEL CAUCA

<sup>6</sup> Esta afectación no se da en el componente de Comercialización y Recaudo

<sup>7</sup> Cuando no se señale lo contrario, los costos de esta sección se encuentran a junio de 2003



Mercados Medianos (Grupo 2) 10000 ≤ 150000	EMAS – MANIZALES EAP- PEREIRA INTERASEO – IBAGUÉ BIOAGRÍCOLA – VILLAVICENCIO EPA – ARMENIA INTERASEO – SANTA MARTA PROACTIVA – CÚCUTA ASEO URBANO – CÚCUTA INTERASEO – VALLEDUPAR ESPD – DOSQUEBRADAS SERVIGENERALES – TUNJA CSP – SOGAMOSO ERAS – GIRARDOT EMSERFUSA – FUSAGASUGÁ EMSERCHÍA – CHÍA ESVAF – FACATATIVÁ ASEO URBANO – YOPAL EMBASEO – YUMBO IPIALES – ISERVI
Mercados Pequeños (Grupo 3) 10000<	EMS – SANTANDER DE QUILICHAO ESDH – HONDA CONSASA – MELGAR OSPMU – UBATÉ INGEAMBIENTAL – CALI SMP – SANTA ROSA DE OSOS ESVILLA – VILLA DE LEYVA ACUASEO – DOSQUEBRADAS ALCALDÍA – RESTREPO ASEO TOTAL – YUMBO

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

Dada la naturaleza del servicio, el estudio de costos se realizó por componente. A su vez, para cada uno de ellos se definió una estructura de costos eficientes sobre la base de "tecnologías de referencia", especificadas teniendo en cuenta el tamaño del mercado municipal. Para llegar a esta "frontera de eficiencia" de mínimo costo, se siguieron básicamente dos tipos de metodología: los métodos de ingeniería parametrizados y el costeo detallado de modelos de ingeniería.

Bajo esta misma línea, dentro del estudio de cada componente, se realizó el análisis al interior de cada grupo, a través de las Regresiones Spline, que capturan el efecto de cada uno de los grupos de empresas, con el objetivo de confirmar si existen comportamientos diferenciales entre las muestras. Si los resultados arrojaron una similitud del comportamiento de las variables para los tres grupos, se define un solo resultado. Si por el contrario los resultados mostraron grandes diferencias se calculan los resultados de las variables para cada uno.

#### 4.1. ADOPCIÓN DE UN COSTO FIJO MEDIO DE REFERENCIA (CFMR) Y DE UN COSTO VARIABLE MEDIO DE REFERENCIA (CVMR)

En la fórmula tarifaria para el cálculo de los costos máximos del servicio de aseo se contempla un costo fijo medio de referencia y un costo variable medio de referencia.

El costo fijo medio de referencia (CFMR) por suscriptor se calcula a partir de la sumatoria de los costos de facturación, recaudo y manejo de clientela más el costo de barrido y limpieza de vías y áreas públicas en la longitud de la cuneta barrida al menos una vez por semana en el área de servicio de la empresa, así:

$$CFMR = CBL * (K / NB) + CCS + CMR_f$$

Donde:

**CFMR** Costo fijo medio de referencia máximo a reconocer en la tarifa en el área de servicio (\$/suscriptor).

**CBL** Costo de barrido y limpieza (\$/kilómetro barrido).

**K** Sumatoria de todos los kilómetros de cuneta barridos por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio para el año base, en un periodo de un mes, según las frecuencias definidas para el municipio.

**NB** Número total de suscriptores atendidos por los prestadores, con barrido frente al predio, en el suelo urbano del municipio, para el año base.

**CCS** Costo de comercialización por factura cobrada al suscriptor (\$/suscriptor).

**CMR<sub>f</sub>** Costo de manejo del recaudo fijo (\$/suscriptor).

El costo variable medio de referencia CVMR se calcula a partir de la sumatoria del costo de recolección y transporte más el costo de transporte por tramo excedente más el costo de tratamiento y disposición final, más un costo por manejo del recaudo variable así:

$$CVMR = CRT + CTE_p + CDT_p + CMR_v$$

Donde:

**CVMR** Costo variable medio de referencia máximo a reconocer en la tarifa en el área de servicio (\$/tonelada).

**CRT** Costo de recolección y transporte (\$/tonelada).



- $CTE_p$  Costo de transporte por tramo excedente, calculado como el promedio del tramo excedente ponderado por las cantidades de residuos ordinarios provenientes del área de servicio (\$/tonelada).
- $CDT_p$  Costo de disposición final promedio, calculado, cuando hay más de un sitio de disposición final, como el promedio de los costos (CDT) de estos, ponderado por las cantidades de residuos ordinarios provenientes del área de servicio que se disponen en cada uno (\$/tonelada).
- $CMR_v$  Costo de Manejo de Recaudo Variable (\$/tonelada).

## 4.2. COSTOS ASOCIADOS A LA COMERCIALIZACIÓN Y EL MANEJO DEL RECAUDO

### 4.2.1. Costo de Comercialización por Suscriptor

Este componente no se encontraba separado de forma explícita en la metodología tarifaria de la Resolución CRA 15 de 1997. Su objeto es reconocer aquellos costos, relacionados con las actividades administrativas de facturación y recaudo<sup>8</sup>.

En la encuesta se preguntó por el costo de facturación y recaudo por factura, cuando se tenían disponibles desagregados y por el costo por factura de ambos conceptos si no era así. Para confirmar esta cifra se indagó también por el costo total pagado al año por este concepto.

En 17 de 31 empresas, el costo declarado por factura corresponde con el costo total anual que también se reportó. En las 14 empresas restantes se tomó el costo total y se recalculó el costo por factura.

La determinación del costo eficiente en atención al usuario es importante en la medida que las especificaciones del servicio de aseo que actualmente se presta no están claramente definidas para las empresas de la muestra. El Decreto 605 de 1996 y la Resolución CRA 151 de 2001 incluyeron dentro del concepto de Calidad del Servicio Público de Aseo la atención completa, precisa y oportuna a los usuarios. Así, entre menos errores de facturación y menos incumplimiento en la prestación de los componentes de recolección y barrido se presenten, habrá una menor demanda por atención de quejas, reclamos, peticiones y recursos. Por tanto, una empresa que cumpla adecuadamente con sus obligaciones minimizará su costo de atención al cliente.

La forma de la distribución de los costos medios por usuario de las campañas informativas y educativas es similar a la de los costos de atención al usuario. Vale

<sup>8</sup> Se entienden aquí como costos económicos de la prestación del servicio, aunque por ser de carácter administrativo se relacionan claramente con un gasto en términos contables.

anotar que se encontraron diferencias significativas para el grupo de empresas pequeñas.

El costo unitario de clientela está determinado por tres elementos:

$$CCS = Cf + Ca + Cp$$

Donde:

Cf Costo de catastro, facturación y recaudo por factura.

Ca Costo de atención al usuario por usuario-mes.

Cp Costo de campañas educativas por usuario-mes.

En cuanto al primer elemento, cuando estos servicios se realizan por fuera de la empresa, los costos de facturación y recaudo están determinados externamente y no dependen de la eficiencia de la empresa sino de la negociación del contrato y las diferencias a la media son aleatorias. Por ello, se utilizó el promedio del costo declarado por las empresas, como cota máxima para esta variable, el cual está en \$501/factura (\$ jun. 2003).

El costo de atención al usuario contiene datos extremos y se presentan distribuciones distintas para el grupo de empresas pequeñas frente a los otros dos grupos. Se decidió entonces incluir en este elemento el promedio uniendo los grupos de empresas grandes y medianas (\$67/usuario-mes), para las empresas de estos grupos y el promedio del grupo de pequeñas (\$182/usuario) para las empresas correspondientes.

En el costo de campañas informativas y educativas se tiene una situación similar a la anterior. Por ello, se aplican también los promedios encontrando \$42/usuario para las empresas de los grupos de empresas grandes y medianas, y \$178/usuario para el grupo de pequeñas (Ver Cuadro 2).

**CUADRO 2**  
**RESUMEN DE COSTOS PARA EL COMPONENTE**  
**DE FACTURACIÓN Y RECAUDO (\$ de jun. 2003)**

Elemento de costo	Grupo Grandes	Grupo Medianas	Grupo Pequeñas
Costo de catastro, facturación y recaudo	\$ 501	\$ 501	\$ 501
Costo de Atención al Usuario	\$ 67	\$ 67	\$ 182
Costo de Campañas informativas y educativas	\$ 42	\$ 42	\$ 178
Costo de Clientela por usuario	\$ 609	\$ 609	\$ 860

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.



Teniendo en cuenta estos costos, se decidió aplicar el valor de los grupos de empresas grandes y medianas por dos razones. La primera es que los costos de atención al usuario y de campañas informativas de los prestadores pequeños suelen estar relacionados con el municipio mismo que en muchos casos subsidia este componente. En segundo lugar, se busca dar una señal de regionalización, con el fin de desarrollar operadores de comercialización o agregación de prestadores en los que sea posible tener costos más bajos. Finalmente, se realiza un ajuste del impuesto a las transacciones financieras del cuatro por mil.

Con la aplicación del factor de capital de trabajo y la actualización de precios con el IPC a junio de 2004, el techo se estructura en \$668.

Para obtener el valor del CCS se tuvieron en cuenta empresas que realizan su facturación conjuntamente con otros prestadores de servicios públicos domiciliarios, especialmente con prestadores de los servicios de acueducto y alcantarillado, dado que tienen cobertura para los mismos usuarios. Sin embargo, en algunos casos las coberturas de los dos servicios no son iguales lo que impide una facturación conjunta para estos servicios. En este caso, el prestador debe decidir entre realizar la facturación por sí misma o realizar su facturación con un servicio público domiciliario diferente al de acueducto, situación en la cual el valor será pactado entre las partes. Por esta razón, y en aras de reconocer los sobrecostos que pudieren generarse a raíz de la imposibilidad de facturar conjuntamente con una persona prestadora del servicio de acueducto, se establece el siguiente ajuste:

$$CCS_{AJ} = CCS * (1 + AJ)$$

Donde:

$CCS_{AJ}$  Costo de comercialización ajustado.

$AJ$  Corresponde al porcentaje de suscriptores del servicio de aseo para los cuales no es posible la facturación conjunta con una persona prestadora del servicio de acueducto. Este porcentaje se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$AJ = \frac{N - N_{FC}}{N}$$

Donde:

$N$  Número de suscriptores del prestador del servicio de aseo en su área de servicio.

$N_{FC}$  Número de suscriptores del prestador de aseo en su área de servicio con posibilidad de facturación conjunta con personas prestadoras del servicio de acueducto en el suelo urbano.

Reemplazando se obtiene la siguiente expresión:

$$CCS_{AJ} = CCS * \left( 2 - \frac{N_{FC}}{N} \right)$$

La expresión AJ se encontrará siempre acotada en el intervalo [0,1], dado que el número de suscriptores es una variable siempre positiva y  $N_{FC}$  será siempre menor o igual a N.

#### 4.2.2. Costo de Manejo del Recaudo (Fijo y Variable)

En la nueva metodología tarifaria de aseo se incluye un reconocimiento por el riesgo de no pago del servicio, el cual es más acentuado porque el servicio no puede ser suspendido por parte del prestador, lo que implica seguir incurriendo en los mismos costos de prestación aún con un menor recaudo. Dada la naturaleza de este costo, el componente de manejo del riesgo se puede desagregar en costos fijos y costos variables.

El costo de manejo de recaudo fijo será, como máximo, el equivalente a la siguiente expresión:

$$CMR_f = [CCS + CBL * (K / NB)] * 0,075$$

Se reconoce un porcentaje adicional por efecto de no recaudo, en este caso, asumiendo un recaudo del 93%<sup>9</sup>, que debería disminuir anualmente, siendo ajustado en el factor de productividad, ya que este factor recoge los aumentos en eficiencia (mayor recaudo).

El costo de manejo de recaudo variable será, como máximo, el equivalente a lo siguiente:

$$CMR_v = [CRT + CTEP + CDTP] * 0,0752$$

Los costos del manejo de recaudo fijo y variable serán incluidos en la tarifa de facturación y recaudo de la siguiente manera:

$$TFR_i = [CCS + TMR_f + TMR_v]$$

<sup>9</sup> El 0,075 proviene de aplicar  $(1-R)/R$ , donde R es igual a 0,93.



Donde:

$TFR_i$  Tarifa para el suscriptor  $i$  por el componente de comercialización y manejo del recaudo. (\$/suscriptor)

$CCS$  Costo de comercialización por factura cobrada al suscriptor. (\$/suscriptor)

$TMR_F$  Tarifa de Manejo de Recaudo Fijo. (\$/suscriptor)

$TMR_V$  Tarifa de Manejo de Recaudo Variable. (\$/suscriptor)

Donde:

$$TMR_F = (CCS + (k_i * CBL_i + (K / NB) * \overline{CBL}) * 0,0752$$

$$TMR_V = \left\{ CMR_{RT} * TD_i + \overline{CMR}_{RTb} * \frac{TB}{NB} + CMR_{TEp} * TD_i + \overline{CMR}_{TEb} * \frac{TB}{NB} + CMR_{DTp} * TD_i + \overline{CMR}_{DTb} * \frac{TB}{NB} \right\}$$

Donde:

$$CMR_{RT} = 0,0752 * CRT$$

$$\overline{CMR}_{RTb} = 0,0752 * \overline{CRT}_b$$

$$CMR_{TEp} = 0,0752 * CTE_p$$

$$\overline{CMR}_{TEb} = 0,0752 * \overline{CTE}_b$$

$$CMR_{DTp} = 0,0752 * CDT_p$$

$$\overline{CMR}_{DTb} = 0,0752 * \overline{CDT}_b$$

Lo anterior se puede expresar como:

$$TMR_F = (CCS + TBL_i) * 0,0752$$

$$TMR_V = (TRT_i + TTE_i + TDT_i) * 0,0752$$

### 4.3. COSTO DE BARRIDO Y LIMPIEZA

Estos costos se desarrollaron separadamente para el componente de barrido y limpieza manual y para el barrido mecánico.

### 4.3.1. Barrido y limpieza de vías manual

La fórmula del costo por kilómetro de barrido y limpieza manual se define como:

$$CBk = \left( \frac{S_e \theta \xi + D_e}{52.14 * \tau_e} \right) * (1 + \alpha)$$

Donde:

- $S_e$  es el salario anual del escobita.
- $\theta$  es el factor de supervisión en que se incrementa dicho costo de personal debido a este concepto.
- $\xi$  es el factor de transporte de implementos de barrido en que se incrementa el costo anual de personal mencionado.
- $D_e$  es el costo de dotación anual de un escobita, que incluye el carro manual y el subsidio anual de transporte.
- $\tau_e$  es la relación eficiente de barrido (kilómetros barridos por escobita a la semana).
- 52,14 es el número de semanas de un año.
- $1+\alpha$  es el multiplicador de gastos administrativos.

Como se puede observar los costos de salarios, supervisión y dotaciones de los escobitas están afectados por una relación eficiente de barrido, que inserta eficiencia al costo. Sin embargo, esta no es la única forma de lograr eficiencia tal como se observa a continuación.

#### a) Salario anual del escobita ( $S_e$ )

El salario anual eficiente de los escobitas que incluyó en este cálculo es el resultado de la sumatoria del salario nominal, las prestaciones y costos parafiscales y el factor de incremento por días festivos al año. Para hallar el salario de escobitas y de supervisores, se tomaron los estadísticos descriptivos de los datos de la muestra, obteniendo los datos del Cuadro 3 (\$ Junio 2003):

### CUADRO 3 ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS

Estadísticos descriptivos (Total muestra)				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Salario tripulantes	35	332.000	820.300	403.553
Salario supervisores	34	443.727	6.372.369	973.303
Salario conductores	35	434.244	832.100	553.234
Salario escobitas	31	332.000	717.943	377.089
Salario P. Mantenimiento	24	332.000	1.320.677	614.011
Estadísticos descriptivos (Grupos)				
	N	Mínimo	Máximo	Media
Salario Conductores G1	8	510.500	759.992	632.497
Salario Conductores G2	18	434.244	832.100	534.323
Salario Conductores G3	9	440.000	664.900	520.600
Salario Tripulantes G1	8	332.000	654.567	415.649
Salario Tripulantes G2	18	332.000	820.300	408.329
Salario Tripulantes G3	9	332.000	483.000	383.249
Salario Escobitas G1	7	332.000	717.943	406.436
Salario Escobitas G2	15	332.000	554.335	362.283
Salario Escobitas G3	7	332.000	428.909	377.391
Salario Supervisores G1	8	696.741	1.546.768	1.129.765
Salario Supervisores G2	18	443.727	960.201	679.476
Salario Supervisores G3	7	484.858	6.372.369	1.477.953
Salario P. Mantenimiento G1	8	578.814	1.320.677	771.001
Salario P. Mantenimiento G2	12	349.725	661.278	536.051
Salario P. Mantenimiento G3	4	332.000	700.000	533.910

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

#### b) Factor de supervisión ( $\theta$ )

El factor de sobrecosto de supervisión se calcula así:

$$\theta = \frac{\gamma * S_s}{S_e} + 1$$

Donde:

$\gamma$  es la relación eficiente de los supervisores por escobita.

$S_s$  es el salario anual del supervisor.

**CUADRO 4  
FACTOR DE SUPERVISIÓN POR ESCOBITA**

Descripción	Grandes	Medianas	Pequeñas
Supervisores / escobitas, $\gamma$	0.0275	0.0441	0.0997
Salario anual supervisores, $S_s$	13'158.720	8'380.265	8'380.265
Salario anual escobita, $S_e$	6'270.181	6'270.181	6'270.181
Factor de supervisión, $\theta$	1.058	1.059	1.133

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

Para la relación  $\gamma$  el procedimiento consistió en hallar una relación estadística entre el número de supervisores y el número de escobitas y conductores, por lo que se planteó una ecuación de tipo lineal con el número de supervisores en función del número de escobitas y conductores, así:

$$N_s = a + b \cdot N_c + c \cdot N_e + e$$

No obstante, dado que esta ecuación presentó problemas de multicolinealidad, se optó por transformar la expresión. A partir de estadísticas descriptivas, se determinó la relación de operarios por supervisor, tomando el promedio general en ambos casos de 9,3 conductores por supervisor y 37,3 escobitas por supervisor, de lo que se concluye que un supervisor cubre 4,01 veces más escobitas que conductores. Por lo anterior, la ecuación se replanteó de la siguiente forma:

$$N_s = a + c (4 \cdot N_c + N_e) + e$$

Los resultados de la regresión se muestran en el Cuadro 5:

**CUADRO 5  
COEFICIENTES**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
Modelo	B	Error típ.	Beta		
(Constante)	0,722	0,368		1,962	0,059
4con+escobi	2,53E-02	0,001	0,987	33,874	0

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

Al aplicar el modelo anterior fue posible establecer los supervisores por escobita, cuyo número dividido por el número de escobitas de cada empresa arrojó la relación de supervisión por escobita. El promedio de esta relación, en cada uno de los grupos, es



el que se utiliza en el modelo para la determinación del factor, que finalmente servirá para calcular el factor de supervisión por escobita.

c) Factor de transporte de personal e implementos de barrido ( $\xi$ )

El sobrecosto por el transporte de implementos de barrido,  $\xi$ , se calcula teniendo en cuenta los vehículos utilizados para el transporte de estos implementos, los costos fijos anuales, los costos variables de operación anuales y los costos de inversión de estos vehículos más el salario del conductor.

Debido a que en los mercados pequeños no se utilizan camiones para el transporte de implementos de barrido, se hace el supuesto del uso de una moto por supervisor. Esto como resultado de la información recolectada en los apartes de la encuesta. De este modo, el factor de transporte de personal e implementos de barrido se expresa como:

$$\xi = \frac{\delta * (K + F + M + S_c)}{S_e} + 1$$

Donde:

$\delta$  es la relación eficiente de camiones para transporte de utensilios por escobita.

$K$  es el costo anual equivalente de inversión en un camión o moto.

$F$  son los costos fijos anuales de inversión en un camión o moto

$M$  son los costos variables anuales de un camión o moto (combustible, aceites, llantas y otros de mantenimiento).

$S_c$  es el salario anual del conductor.

Los resultados de los cálculos de la relación eficiente de camiones por escobita fueron muy similares a los obtenidos con la relación eficiente de supervisores por escobita, por lo cual se asume que  $\delta = \gamma$ .

**- Costos de los camiones:**

Los costos de los camiones, corresponden en la fórmula a la suma de las variables  $(K+F+M+S_c)$ , ya enunciadas.

El costo de reposición de un camión (nuevo) de 3,5 TM, que normalmente es utilizado para esta labor, es de \$61.6 millones de 2003. Con una vida útil de 8 años, su costo anual equivalente con una tasa del 13,92%, es de 13,24 millones.

Los costos fijos y variables anuales se describen en los Cuadros 6 y 7:

**CUADRO 6  
COSTOS FIJOS ANUALES DE UN CAMIÓN PARA MOVILIZACIÓN DE UTENSILIOS DE BARRIDO**

CONCEPTO	TASA	CAMIÓN NORMAL 3,5 TM
Estacionamiento		1'462.356
Impuesto	2.5%	1'540.000
Seguros	7.85%	4'835.600
Lavado y limpieza		1'957.116
Comunicaciones		1'451.136
Subtotal		11'246.208
Otros	10%	1'124.621
<b>TOTAL</b>		<b>12'370.829</b>

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

**CUADRO 7  
COSTOS DE COMBUSTIBLE, ACEITES, LUBRICANTES Y MANTENIMIENTO ANUAL DE UN CAMIÓN PARA MOVILIZACIÓN DE UTENSILIOS DE BARRIDO**

CONCEPTO	TASA	CAMIÓN NORMAL
Gasto de ACPM anual	748976/Y <sup>3</sup>	5'242.829
Gasto de aceites, lubricantes y llantas anual	398788/Y <sup>3</sup>	2'791.513
Relación		53.24%
Valor de reposición del vehículo		61'600.000
Mantenimiento	8% de valor	4'941.566
<b>TOTAL</b>		<b>12'975.909</b>

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

**- Costo de las motos**

El costo de reposición de una motocicleta nueva se calculó en \$3'550.000. La vida útil de la moto es en promedio de 5 años, por lo que el costo anual equivalente es de \$1'03 millones, asumiendo una tasa de descuento del 13,92%.



Los costos fijos y variables de una motocicleta se describen en los Cuadros 8 y 9:

**CUADRO 8**  
**COSTOS FIJOS ANUALES DE UNA MOTOCICLETA**  
**(Miles de pesos )**

CONCEPTO	TASA	MOTOCICLETA 0,2 TM
Impuestos	2,5%	88.750
Seguros	7,85%	278.675
Comunicaciones		1.451.136
Subtotal		1.818.561
Otros	10%	181.856
<b>TOTAL</b>		<b>2.000.417</b>

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

**CUADRO 9**  
**COSTO DE COMBUSTIBLE, ACEITES, LUBRICANTES Y MANTENIMIENTO**  
**ANUAL DE UNA MOTOCICLETA**

CONCEPTO	BASE	MOTOCICLETA
Gasto de combustible anual	1 galón-día	1.288.000
Gasto de aceites, lubricantes y llantas anual	30% combust.	386.400
Relación		30,00%
Valor de reposición del vehículo		3.550.000
Mantenimiento	10,0% de valor	355.000
<b>TOTAL</b>		<b>2.029.400</b>

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

El salario del conductor es distinto en cada grupo de empresas, el cual incluye los mismos factores prestacionales y festivos de un escobita. En el cuadro 10 se reportan todas las variables para obtener el factor de transporte por escobita.

**CUADRO 10  
FACTOR DE TRANSPORTE POR ESCOBITA**

Descripción	Grandes	Medianas	Pequeñas
Camiones/escobita = Rel sup/esc	0,0275	0,0440	0,0997
Salario anual conductores, Sc	11.388.951	8.529.488	8.529.488
Costo anual equivalente anual por camión o moto, K	13.243.493	13.243.493	1.032.069
Costo fijo anual, F	12.370.829	12.370.829	2.000.417
Costo de mantenimiento anual, M	12.975.908	12.975.908	2.029.400
Costo de transporte de implementos por escobita, ST	1.375.856	2.075.340	1.354.622
Salario anual escobita, Se	6.270.182	6.270.182	6.458.833
Factor de transporte ( $\xi$ )	1,219	1,331	1,2097

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

d) Dotación y subsidio de transporte de los escobitas ( $D_e$ )

En la encuesta a prestadores se indagó por los costos de dotación según el tipo de cargo. Para los escobitas además se incluyó el costo del carro manual.

Se encontró que este costo no presenta diferencias significativas entre los grupos de empresas. Por esta razón, se decidió utilizar el promedio general hallado de dotación anual de un escobita: \$854.268. Así mismo, se adiciona el costo del subsidio de transporte que es igual a \$37.500 mensuales, lo que equivale a \$450.000 pesos anuales. Así, la dotación total más el subsidio de transporte suman \$1'304.268 al año.

e) Relación eficiente de barrido ( $\tau_e$ )

Al igual que en la variable  $D_e$ , no se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre el promedio de kilómetros barridos entre grupos de empresas. Por ello, se tomó el promedio general para esta variable, de 17,59 kilómetros por escobita-semana.

**4.3.2. Barrido y limpieza de vías mecánico**

Para el cálculo de este costo, sólo se reportaron los datos completos de 7 empresas que cuentan con esta tecnología. De éstas, 4 pertenecen al grupo de mercados grandes y 3 al grupo de medianos. Para ninguna empresa pequeña se obtuvo información de barrido mediante vehículos. Los resultados, por consiguiente, sólo corresponden a mercados grandes y medianos, por lo cual, los mismos serán aplicados a las empresas pequeñas.



Para el cálculo de este costo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$CBMk = \left( \frac{S_q \theta + D_q + K_b + F_b + M_b}{5214 * \tau_q} \right) * (1 + \alpha)$$

Donde:

- $S_q$  es el salario anual del operario del vehículo de barrido mecánico.
- $\theta$  es el factor de supervisión; (se ha utilizado el mismo valor del barrido manual).
- $D_q$  es el costo de dotación y subsidio de transporte anual de un operario de vehículo de barrido.
- $K_b$  es el costo anual equivalente de inversión en un vehículo de barrido mecánico.
- $F_b$  son los costos fijos anuales de un vehículo de barrido mecánico.
- $M_b$  son los costos variables anuales de vehículo de barrido mecánico (combustibles, aceites, llantas y otros de mantenimiento).
- $\tau_q$  es la relación eficiente de barrido (kilómetros barridos por máquina a la semana).
- 52.14 es el número de semanas de un año.
- $(1 + \alpha)$  es el multiplicador de gastos administrativos.

a) Salario anual del operario de máquina ( $S_q$ )

El salario anual eficiente de los operarios de vehículos de barrido mecánico es en promedio superior al salario de un conductor, como se observó en la encuesta. Por lo tanto, se tuvo en cuenta un salario nominal en promedio 9% superior al salario de un conductor, más las prestaciones y costos parafiscales, más el factor de incremento por días festivos al año, como se muestra en el Cuadro 11:

**CUADRO 11**  
**SALARIO EFICIENTE DE UN OPERARIO DE MÁQUINA**

Descripción	Grandes	Medianas y pequeñas
Salario integral mensual adicionando factor festivos	949.079	710.791
Salario integral mensual incluyendo 9 % adicional	1.034.496	774.762
Salario anual, $S_q$	12.413.956	9.297.141

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

b) Dotación de operarios de máquina ( $D_q$ )

El costo de dotación promedio para los operarios de máquinas se calculó con base en las encuestas que reportaron algún dato para este rubro. El promedio es de \$354.796 pesos al año. El subsidio de transporte en 2003 es de \$450.000 al año, por lo que el valor total del parámetro  $D_q$  es de \$804.796 anuales.

c) Costo anual equivalente de inversión en vehículos de barrido mecánico ( $K_b$ )

Se obtuvo el valor de reposición de un vehículo nuevo con base en la información específica de 11 empresas, de 12 que reportaron datos, ya que se excluyó una empresa porque tenía datos atípicos. Este valor en promedio es de \$335.8 millones de 2003. Con una vida útil de 8 años y una tasa de descuento del 13,92%, el costo anual equivalente es de \$72,19 millones.

d) Costos fijos anuales de un vehículo de barrido mecánico ( $F_b$ )

En el Cuadro 12 se detallan los costos fijos de una barredora mecánica.

**CUADRO 12  
COSTOS FIJOS ANUALES DE UNA BARREDORA MECÁNICA**

CONCEPTO	TASA	BARREDORA MECÁNICA 4 TM
Estacionamiento		1.533.490
Impuestos	2,5%	8.395.000
Seguros	7,85%	26.360.300
Lavado y limpieza		2.056.085
Comunicaciones		1.451.136
Subtotal		39.796.011
Otros	10%	3.979.601
TOTAL		43.775.612

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

e) Costos variables anuales de un vehículo de barrido mecánico ( $M_b$ )

Los costos variables anuales de una barredora mecánica son los siguientes:



### CUADRO 13 COSTO DE COMBUSTIBLE, ACEITES, LUBRICANTES Y MANTENIMIENTO ANUAL DE UNA BARREDORA MECÁNICA

CONCEPTO	BASE	BARREDORA MECÁNICA
Gasto de ACPM anual	748976 $\text{L}^3$	5.991.805
Gasto de aceites, lubricantes y llantas anual	398788 $\text{L}^3$	3.190.301
Relación		53,24%
Valor de reposición del vehículo		335.800.000
Mantenimiento	9,6% de valor	32.187.504
Total gasto anual		41.369.611

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

#### f) Relación eficiente de barrido ( $\tau_q$ )

Dado que no existe una diferencia estadística entre los mercados, se tomó el promedio general para esta variable, de 288,6 kilómetros por máquina-semana.

#### 4.3.3. Techo final para Barrido y Limpieza

Con los datos anteriores se llega a un promedio de barrido mecánico de \$11.284 y a uno de barrido manual de \$ 10.693 a precios de junio de 2003, esto sin incluir el factor de gastos administrativos, impuesto a las transacciones financieras ni el ajuste por capital de trabajo.

Al incluir el ajuste por capital de trabajo<sup>10</sup>, el ajuste por impuesto a las transacciones financieras y aplicando también el factor por gastos administrativos de 12,8% sobre el techo final y dando una ponderación mayor al barrido manual<sup>11</sup> se obtiene un valor a junio de 2004, con el incremento del salario mínimo de \$13.565 de junio de 2004.

#### 4.4. COSTO DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE

##### 4.4.1. Objetivo

Para el nuevo período regulatorio el transporte de residuos sólidos se separa en dos componentes: i) El transporte hasta una distancia máxima de 20 kilómetros; y ii) El

<sup>10</sup> Solo se incluyó en los componentes en los que no se utiliza tasa de descuento.

<sup>11</sup> Cerca de 22% para barrido mecánico y lo restante para el manual, de acuerdo con la proporción de kilómetros barridos de los que tienen barrido mecánico en la muestra.

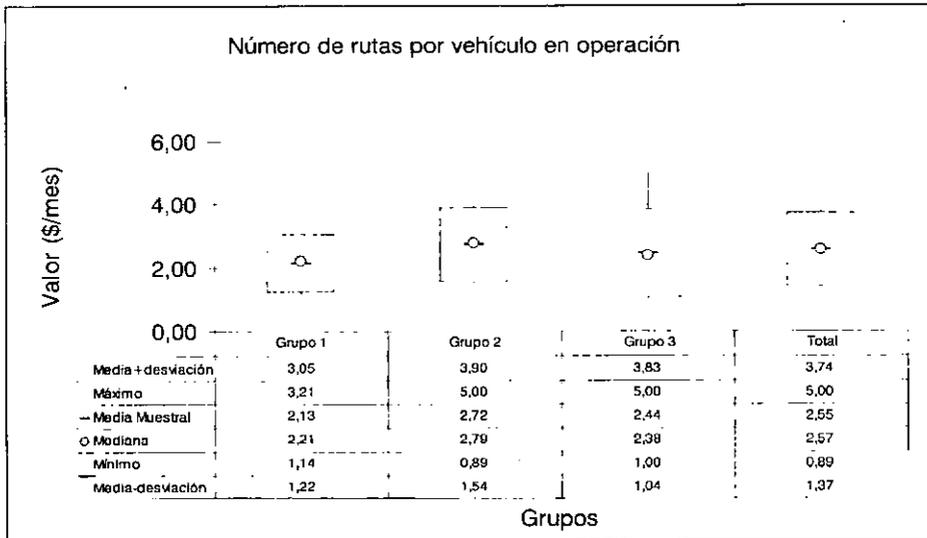
transporte excedente, si existe, hasta el sitio de disposición final. En este último caso, el costo total de transporte sería la suma de estos dos componentes. Si existe estación de transferencia, se puede hacer en ella una mayor compactación de los residuos sólidos y un trasbordo de los residuos de los camiones recolectores a tractomulas de mayor tamaño, con importantes ahorros de costo en camiones recolectores y en transporte al sitio de disposición final.

4.4.2. *Fundamentación empírica*

a) Frecuencias

Las empresas encuestadas están prestando el servicio con una frecuencia promedio de 2.35 veces por semana. La Gráfica 1 ilustra el número de rutas promedio por vehículo que se obtuvo con los datos de la muestra de empresas. La relación entre los días que laboran a la semana (6) y el número de rutas promedio por camión (2.55), coincide con la frecuencia promedio del servicio<sup>12</sup>. Así, la frecuencia promedio de 31 empresas de la muestra es 2,35 veces por semana<sup>13</sup> ( $6/2,55=2,35$ ). Los resultados del modelo de costos corresponden a esta frecuencia promedio.

GRÁFICA 1  
ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS, SEGÚN GRUPOS DE TAMAÑO.



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

<sup>12</sup> Por ejemplo, si la frecuencia es 2 un camión puede hacer 3 rutas distintas en la semana, esto es 6/2, o si la frecuencia es 3 puede hacer 2 rutas distintas (6/3), o si es 6 sólo una ruta (6/6).

<sup>13</sup> No hay diferencias estadísticamente significativas entre grupos.



## b) Tecnologías de referencia

Existen diferentes clases de vehículos de recolección que operan en el mercado colombiano, los cuales se agrupan en cinco categorías. Estos tipos de vehículo, en conjunto con el modo típico de operación caracterizado por una tripulación de 2 auxiliares de recolección y el conductor, constituyen las tecnologías de referencia observadas y que están implícitas en los modelos de costo utilizados. Es de destacar el hecho de que no hay un tipo de vehículo de recolección predominante, lo que muestra, que se utiliza una variedad amplia de ellos como medio de adaptación a las características de las distintas microrrutas que atienden y a las frecuencias de recolección, lo cual además tiene sustento en el resultado de costo unitario obtenido que es bastante similar para los distintos tamaños de camiones compactadores.

### 4.4.3. Metodología

En el componente de recolección y transporte se reconocen los costos de recorridos y transporte de residuos sólidos. Para ello se utilizó un modelo basado en métodos de ingeniería, en el cual se han parametrizado indicadores de eficiencia relativa de las tecnologías de referencia empleadas por los operadores, y observadas en la muestra de empresas, garantizando la aproximación a los costos eficientes de la prestación del servicio por componentes.

Para hallar este costo, no se requirió hacer el diseño particular de rutas para establecer el número de camiones requerido. En contraste, si se toma el dato de toneladas dispuestas al mes, informado por las empresas encuestadas, y la distribución de los vehículos de recolección que tienen, se puede estimar con el modelo el número total de vehículos requeridos de esa combinación actual y el número de empleados para recoger esa cantidad de residuos sólidos. Sobre estas bases, y con los costos de usos del capital y los precios de la mano de obra involucrados, se calculó el costo total por tonelada recogida en que estarían incurriendo las empresas en un escenario de eficiencia. Es decir, se asume que las empresas utilizan, de acuerdo con su mercado, los tipos de vehículos más adecuados para sus condiciones de vías y acceso a los usuarios.

Con esta información, el modelo encuentra el nivel óptimo de utilización de los vehículos, planteado como un problema general de transporte urbano, por ejemplo, utilizable en distribución de productos. Esta clase de métodos de ingeniería parametrizados envuelve conceptos del costeo de modelos de ingeniería y de modelos generales aplicables a actividades específicas.

La cantidad de residuos sólidos recogidos por vehículo en una unidad de tiempo, constituyen indicadores de eficiencia que afectan el costo total de una manera no lineal. En recolección y transporte el costo medio en función del nivel de utilización de los equipos describe una curva en forma de U.

Como la actividad de recolección domiciliar y transporte se repite en ciclos semanales, el resultado del modelo de optimización depende del tiempo que se utilizan los vehículos en ese ciclo, y la distancia recorrida es más una consecuencia, dadas las

restricciones que impone el tráfico urbano sobre la velocidad media. Los costos de mano de obra pueden depender de los turnos, días y horarios en que se trabaja, que están determinados por las condiciones de cada mercado local. La forma de U de las funciones de costos medios, significa que dentro de un rango factible de horas diarias de operación, existe un número de horas óptimo en que se deben operar los vehículos. El costo total de esta operación está asociado, en estas condiciones, con las horas-camión requeridas para recoger los residuos sólidos en cada ruta de recolección. Estas horas-camión determinan, finalmente, el número de camiones requeridos, el personal de operación asociado, y los costos de combustibles, materiales y otros insumos.

#### 4.4.4. *Función Planteada*

La recolección y transporte de los residuos sólidos es básicamente un problema de transporte urbano. Por esta razón, se emplea un modelo de costos que considera los aspectos que lo caracterizan.

Los componentes más importantes del costo de los vehículos son: i) La inversión en vehículos de recolección; ii) Los costos directos por vehículo, como es el caso de impuestos de rodamiento, seguros, parqueo, etc.; iii) El consumo de combustibles, aceites y otros insumos y el mantenimiento de los vehículos; iv) La mano de obra para su operación, y v) El respaldo o necesidad de reemplazo de los vehículos en sus períodos de falla o mantenimiento.

Para una capacidad instalada en vehículos, la inversión y los costos directos por vehículo constituyen un costo fijo, la mano de obra es un costo semifijo que depende del modo de operación, (número de turnos, horas nocturnas y festivas, etc.) y los otros dos (insumos y mantenimiento, y respaldo) son de naturaleza variable en función del uso de los vehículos.

Existen dos aspectos muy característicos del transporte de recolección. Primero, que a diferencia del transporte de carga por carreteras, depende fundamentalmente del tiempo que se utilizan los vehículos y la distancia recorrida es más una consecuencia. Segundo, que las rutinas de recolección tienden a producirse en ciclos semanales.

La cantidad de residuos sólidos recogidos por unidad de tiempo afecta el costo total de una manera no lineal. Por ejemplo, si se compara la opción de utilizar dos vehículos, un turno cada uno, con la opción de utilizar un vehículo dos turnos, el costo de inversión asignable a un período de tiempo en el primer caso es mayor que en el segundo, porque este costo describe una hipérbola decreciente como función de la vida útil<sup>14</sup>. De este modo, el costo unitario en función de la vida útil (división de la función anterior por las unidades que se transportan en el período de tiempo para cada valor de la vida útil) toma la forma de una U. Por tanto, al considerar únicamente el costo de inversión habría un modo de operación óptimo de un vehículo (horas al día), que sería el que corresponde al punto mínimo de dicha U.

<sup>14</sup> Sigue la función  $i(1+i)^u/((1+i)^u-1)$ , conocida como factor de recuperación del capital, donde  $i$  es la tasa de descuento en el período y  $u$  es la vida útil (en número de períodos).



Respecto del costo de personal la situación se invierte. Aunque el número de personas requeridas en ambas opciones es el mismo, en la primera opción cuestan menos porque están restringidas al horario diurno. Esto hace que al sumar los dos costos unitarios (inversión y personal) resulte una función en forma de U pero con la pendiente más acentuada en la parte derecha, implicando que dentro de un rango factible de horas diarias de operación existe un número de horas óptimo en que se deben operar los vehículos.

Ahora bien, todos estos costos operativos de recolección y transporte mencionados están directamente asociados con las horas-camión necesarias para recoger los residuos sólidos en un viaje o recorrido. Estas horas-camión determinan el número de camiones requeridos, el personal de operación asociado, los costos de materiales e insumos y demás costos ya considerados.

El modelo de recolección y transporte de residuos sólidos utilizado parte de la ecuación básica del tiempo por viaje de un vehículo, y su eje central es la optimización del número de viajes de un vehículo por semana asumiendo un mercado ilimitado. Para tener en cuenta el efecto del tamaño del mercado, debido a las indivisibilidades propias de requerir un número entero de vehículos, se calcula el número requerido de vehículos, con base en el número óptimo de viajes por semana-vehículo obtenido y en función de este último se ajusta el número de viajes por semana-vehículo, valor que se puede interpretar como el número óptimo de viajes en un mercado limitado. En la medida que el mercado sea grande los dos valores obtenidos sobre número de viajes por semana-vehículo tienden a ser iguales. Finalmente, se obtiene el cálculo del costo por unidad de producto.

#### a) Tipificación vehículos de recolección

La clasificación de los vehículos de recolección demuestra que no existe un camión típico, esto es, que estadísticamente corresponda a una moda pronunciada de la distribución. Así, lo que ocurre es que las empresas utilizan camiones de varios tamaños para tener versatilidad y adaptarse de la mejor manera a las distintas zonas en que prestan el servicio.

El Cuadro 14 muestra la tipificación de la capacidad nominal de los vehículos, según la información suministrada por las empresas de la muestra.

**CUADRO 14**  
**CAPACIDAD NOMINAL DE LOS VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN**

Tipo general de camión	Descripción	Clase	Capacidad asignada por grupo	
			Yardas cúbicas	Toneladas
1	C_20T - 32T	Compactador	32	16
2	C_12,5T - 25Y	Compactador	25	12,5
3	C_10T - 20Y	Compactador	20	10

4	C_9T - 18Y	Compactador	18	9
5	C_7T - 14Y	Compactador	14	7
6	C_4T - 8Y	Compactador	8	4
7	S_28 - 12Y	Recolector sin compactación	13	6,5
8	S_10 - 3Y	Recolector sin compactación	5	2,5
9	V_19 - 10Y	Volqueta	10	5
10	V_9 - 4Y	Volqueta	7	3,5

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

El 67% de los vehículos de recolección domiciliaria reportados en la muestra de empresas (887 vehículos en total), están distribuidos entre las denominaciones de 25, 20, 18 y 14 yardas cúbicas, habiendo un poco más en las dos primeras categorías. Por otro lado, en las cinco categorías de capacidad inferior (compactadores más pequeños, recolectores sin compactación y volquetas) aparece el 31% de los camiones.

Al analizar el espectro de puntos conformado por los valores del peso de residuos sólidos registrado para cada viaje, informado por las empresas, en función de la capacidad de los vehículos en yardas cúbicas, se encontró una gran dispersión en las categorías de capacidad inferior, por lo que se decidió agruparlas en una categoría hipotética nominal de 9,5 yardas cúbicas. Dicha dispersión se debe a la existencia de un número relevante de especificaciones distintas al interior de cada una de dichas categorías. De esta manera, para el cálculo de este componente, se hizo una clasificación en 5 categorías de los vehículos de recolección y se calculó el costo para cada uno de ellos, como se resume en el Cuadro 15:

**CUADRO 15**  
**CAPACIDAD NOMINAL DE LOS TIPOS DE VEHÍCULO DE RECOLECCIÓN**  
**CONSIDERADOS EN EL ANÁLISIS DE COSTOS**

Descripción	Clase	Capacidad nominal por grupo	
		Yardas Cúbicas	Toneladas
C_12,5T - 25Y	Compactador	25	12,5
C_10T - 20Y	Compactador	20	10
C_9T - 18Y	Compactador	18	9
C_7T - 14Y	Compactador	14	7
Varios		9,5	

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

#### b) Ecuación Básica

Los parámetros de la siguiente ecuación encierran los puntos claves del componente de recolección y transporte de residuos sólidos:

$$h = h_0 + h_1 \frac{Q}{f c d}$$



donde,  $h$  es el número de horas promedio requeridas para hacer un viaje de recolección,  $h_0$  es el número de horas promedio necesarias para la parte del recorrido que no es de recolección – base a inicio recolección, fin recolección a sitio de depósito, tiempo de descarga de los residuos sólidos, sitio de depósito a inicio de otro recorrido de recolección o a base – más los tiempos de preparación o alistamiento del vehículo, lavado y mantenimiento rutinario por viaje.  $h_1$  es el número de horas promedio en recorrido puro de recolección, para recoger una tonelada de residuos sólidos, mientras que  $Q_c$  es la capacidad teórica del vehículo en toneladas y  $f_d$  es el factor de carga pico. En consecuencia,  $h_1 Q_c / f_d$  es el “tiempo productivo”.

#### - Tiempo fijo por viaje, $h_0$

La distancia al sitio de depósito tiene un efecto importante sobre el parámetro  $h_0$ . Por esto, cuando hay que ubicar el relleno sanitario más allá de cierta distancia se empieza a justificar la instalación de estaciones de transferencia. El  $h_0$  en este estudio ha sido calculado en las condiciones actuales en que no se han requerido estaciones de transferencia. El mayor costo asociado a la ubicación de los rellenos sanitarios a distancias grandes es considerado como costo de transporte a granel en la componente de transporte excedente al sitio de disposición final.

#### - Tiempo de recolección para cargar una tonelada de residuos sólidos, $h_1$

Para mercados comparables en su densidad, distribución geográfica y tipos de usuarios, el parámetro  $h_1$  es un indicador de eficiencia en la recolección. Una empresa organizada buscará diseñar sus rutas para disminuir este tiempo<sup>15</sup>.

#### - Cantidad de residuos sólidos recogidos a los usuarios por viaje, $Q_c / f_d$

La cantidad de residuos sólidos recogida por viaje depende de la capacidad del camión, de la variación que exista en la densidad de los residuos sólidos que implica prever una holgura, y de la forma de operación que hace que unos días se recoja más residuos sólidos que otros en una misma ruta, por lo que hay que calcular un factor de carga pico (máxima / promedio). Estos parámetros varían de acuerdo con cada tipo o capacidad de camión.

#### - Número Óptimo de Viajes por Semana de un Camión para un Mercado Ilimitado

Normalmente la semana es un período en que, por razones prácticas, se abre y cierra completamente una rutina de viajes o recorridos de recolección. Esto se debe, entre otras razones, a las costumbres que hay que crear tanto para los operarios como

15 En el estudio “Reglamentación de la Participación del Sector Privado en la Prestación del Servicio Público Domiciliario de Aseo Fases II y III”, Volumen II, presentado por Econometría S.A. a la CRA aparece una disertación teórica sobre el efecto de la concentración en la presentación de los residuos sólidos, la velocidad promedio del vehículo y otras variables sobre este parámetro. En este estudio se han hecho ejercicios con la información de una muestra de encuestas, especialmente sobre el efecto de la concentración en la presentación de los residuos sólidos.

para los usuarios para hacer eficiente la operación. En consecuencia, para encontrar el modo óptimo de operación de los camiones el modelo minimizará el costo de la operación en una semana.

Del número de viajes de recolección por semana que realice un camión depende la intensidad de su uso y, por ende, su vida útil, el costo de inversión asignable a un período de tiempo y la necesidad de recurrir a modalidades de utilización del personal que se salen del turno normal de 8 horas diurnas diarias. Por ello, del número de viajes por semana-camión depende el costo total de inversión por semana y el costo total de personal operativo por semana, de tal forma que si se divide por el número total de viajes necesarios para atender todos los clientes de una semana, el número de viajes por semana-camión determina el costo por viaje.

Teniendo las horas por viaje de recolección se puede calcular el número de viajes de recolección por semana,  $j$ , que puede hacer un camión, tal que satisfaga la restricción (1):

$$h.j \leq H$$

En esta restricción  $H$  representa las horas máximas que se puede operar a la semana, teniendo en cuenta las restricciones legales y prácticas que existan. Por ejemplo, estas empresas por regla general no trabajan los domingos, por lo que por sólo este concepto hay que restar 24 horas de las 168 que tiene la semana.

#### - Costo de inversión por viaje

Para calcular este costo se requiere conocer la vida útil esperada del camión, para lo cual se consideraron dos modelos: i) El modelo lineal y ii) El modelo hiperbólico.

El modelo lineal asume que cuando el camión no está trabajando, su vida útil sigue corriendo aunque a un ritmo más lento (mínima utilización), el cual está afectado no sólo por razones físicas de deterioro sino por razones económicas y de obsolescencia. Cuando el camión está trabajando su vida útil corre al ritmo de máxima utilización. De esta manera la vida útil esperada se toma como un punto intermedio entre una vida útil máxima y una mínima que depende del nivel de actividad del camión. En contraste, el modelo hiperbólico es más simple en sus cálculos pues depende de un solo parámetro. Sin embargo, el supuesto detrás de este modelo es que cuando el camión está parado se suspende la contabilidad de su vida útil. Teniendo en cuenta estas propiedades, los cálculos que se presentan en este estudio han sido obtenidos tomando el modelo lineal.

De acuerdo con el modelo lineal, el nivel de actividad por semana,  $\beta\{j\}$ , de un camión está dado por:

$$\beta\{j\} = h.j / H$$



Sean  $\underline{u}$  y  $\underline{u}$  las vidas útiles (en semanas) de un camión a máximo uso y a mínimo uso respectivamente. La vida útil esperada,  $u\{j\}$ , para un camión con nivel de actividad  $\beta\{j\}$  es:

$$u\{j\} = \beta\{j\}\underline{u} + (1 - \beta\{j\})\underline{u}$$

Finalmente, el costo de inversión por viaje  $CK_j$ , es:

$$CK_j = p\{u\{j\}, i\} \cdot V / j$$

donde  $p$  es la función financiera que devuelve el factor de costo periódico equivalente, en este caso para  $u$  semanas a una tasa de descuento semanal de  $i\%$ , y  $V$  es el valor de adquisición de un camión.

- **Otros costos proporcionales al número de camiones (fijos por período-vehículo), por viaje,  $CD_j$**

Estos costos corresponden a los costos fijos por vehículo en un período de tiempo como el parqueo nocturno, impuestos de rodamiento, seguros, etc., que son costos directamente proporcionales al número de camiones que se adquieran.

Entonces, sean estos otros costos,  $CD_j$ , por viaje,

$$CD_j = CD_c / j$$

donde  $CD_c$  son los costos por este concepto determinados por semana-camión.

- **Costo de personal por viaje,  $CP_j$**

El costo de personal,  $CP_j$ , asociado con un viaje es

$$CP_j = \Phi \cdot s\{\beta\{j\}\}$$

donde,  $\Phi$  es el costo de personal de un viaje sobre la modalidad de operación de un turno normal y  $s$  es la función del nivel de actividad que devuelve el factor de sobrecosto por horas nocturnas con respecto al salario normal semanal con todas sus prestaciones y sobrecostos normales<sup>16</sup> de la operación,  $S$ , debido a la intensidad de operación. Ahora,

$$\Phi = \eta \cdot h \cdot S / (48 - h_r)$$

<sup>16</sup> Estos sobrecostos son los días festivos que necesariamente hay que trabajar y las horas extras que por atrasos normales rutinariamente hay que pagar.

donde  $\eta$  es el número de personas requeridas para operar un camión (conductor, tripulantes y fracción de supervisor) y  $h_r$  son las horas en promedio a la semana que hay que suplir un empleado por vacaciones y ausencias.

### -Optimización

Entonces, el número de viajes óptimo de un camión en una semana será el que minimiza

$$C_j = CK_j + CD_j + CP_j$$

sujeto a la restricción (1), esto es,

$$\min \quad p\{u\{j\}, i\}.V / j + CD_c / j + \Phi.s\{\beta\{j\}\}$$

sujeto a:  $h.j \leq H$

Nótese que la solución a este problema no depende de la cantidad total de residuos sólidos a recoger por semana. De esta manera, para mercados similares en cuanto a sus características de tiempo por viaje de recolección se tendría una misma modalidad de operación óptima dada en viajes por semana-camión.

### c) Cálculo del Número Óptimo de Vehículos, Viajes de Recolección y Operarios en un Mercado Limitado

Sean  $j^*$  el valor óptimo de  $j$  en el problema anterior y  $Q$ , la cantidad total de residuos sólidos a recoger por semana. El número de camiones necesarios para la operación (sin camiones de respaldo) es:

$$N = [Q / (j^* \cdot (Q_c / f_d))]$$

donde  $[ ]$  debe leerse como "menor entero que contiene a".

Entonces el número,  $j^o$ , óptimo de viajes por semana-vehículo, ajustado a un mercado de tamaño  $Q$  es

$$j^o = Q / ((Q_c / f_d) \cdot N)$$

Para calcular el número de empleados necesarios,  $n$ , para realizar  $j^o$  viajes por semana en  $N$  vehículos se asume que las empresas procuran emplear a un trabajador de recolección y transporte el mismo número de horas promedio que opera un camión,  $h.j^o$ , siempre y cuando no bajen de 48 horas ni superen 60 horas a la semana. Así:

$$n = [\eta \cdot h \cdot j^o \cdot N / (\min(\max(h \cdot j^o, 48), 60) - h_r)]$$



#### d) Costo de Recolección y Transporte por Tonelada

El costo de recolección y transporte de residuos sólidos al sitio de depósito se calcula como el costo total por viaje sobre la cantidad de residuos sólidos que se recogen por viaje.

Para calcular el costo total por viaje de un vehículo hay que valorar los costos de inversión, directos y de personal por viaje para  $j = j^{\circ}$ , considerar otros costos que no se habían incluido en la optimización por ser constantes por viaje – el costo de respaldo y el de insumos y mantenimiento – y hacer un ajuste sobre los costos de personal debido a que el número de operarios es un entero y para tener en cuenta las dotaciones al personal.

##### - Costo de respaldo por viaje

Para calcular el costo de respaldo por hora de operación,  $CR_h$ , para reparaciones mayores y paradas imprevistas, se asume que un vehículo de respaldo trabaja a máximo uso, bien sea porque la empresa es de tamaño grande, o porque siendo pequeña tiene la opción de recurrir a otra empresa o a un tercero dedicado al negocio de proveer camiones de respaldo o de asociarse con otros pequeños para proveerse el servicio de respaldo en forma eficiente.

De esta manera,

$$CR_H = \alpha.P\{U, I\}.V / 96,$$

donde  $\alpha$  es la fracción de camiones de respaldo que se requiere por cada camión en operación<sup>17</sup> en un modo de operación de dos turnos de lunes a sábado. El costo de respaldo por viaje es entonces  $h.CR_h$ .

##### - Costo de insumos y mantenimiento por hora

Ahora,  $CM_h$  es el total de costos de operación por hora de un camión, correspondiente a combustibles, aceites, llantas, repuestos, mantenimientos programados, entre ellos, las reparaciones mayores, etc., y  $h.CM_h$  es el costo por este concepto asignable a un viaje de un vehículo.

<sup>17</sup> El costo de respaldo no depende de  $j^*$  ni de  $N$ . Sin embargo, se puede calcular el número de camiones de respaldo,  $NR$ , por diferencia, tomando el total de camiones necesarios incluidos los de respaldo y restando el  $N$  obtenido arriba. Así,  $NR = [(1 + \dots).Q / (j^* \cdot (Qc/d))] - N$ .

**- Ajuste a costo de personal por viaje**

El costo de dotaciones asignable a un viaje es  $\eta \cdot h \cdot D / (48 - hr)$ , donde D es el costo de las dotaciones por empleado-semana.

$$\text{Si } \theta = \eta \cdot h \cdot j^{\circ} \cdot N / (48 - hr) = \Phi \cdot j^{\circ} \cdot N / S, \text{ el factor de ajuste a los costos de personal es}$$

$$n / \theta = n \cdot S / \Phi \cdot j^{\circ} \cdot N,$$

es decir, la relación entre el número entero de personas y el número fraccionario de personas. Así, el costo de dotaciones asignable a un viaje es  $D \cdot n / (j^{\circ} \cdot N)$ , y el costo total de personal por viaje:

$$(S \cdot s\{\beta\{j^{\circ}\}\} + D) \cdot n / (j^{\circ} \cdot N)$$

**- Costo total óptimo por viaje de un vehículo**

El costo operativo total óptimo por viaje de un vehículo es entonces:

$$CO = \frac{p\{u\{j^{\circ}\}, td\} \cdot V}{j^{\circ}} + \frac{CDc}{j^{\circ}} + \frac{(S \cdot s\{\beta\{j^{\circ}\}\} + D) \cdot n}{j^{\circ} \cdot N} + h \cdot (CRh + CMh)$$

En este costo total se está incluyendo el costo de supervisión, tanto en los operarios como en la componente de vehículos de supervisión que se incluye en el costo directo. El costo administrativo es contemplado como una fracción  $\alpha$  de los costos operativos, por lo que el costo total de un viaje de recolección es

$$CT = CO(1 + \alpha)$$

**- Costo total óptimo por tonelada**

El costo total operativo de recolección y transporte por tonelada es:

$$CRT = CO(1 + \alpha) / (Q_c / f_d)$$

**4.4.5. Resumen de los Parámetros del Modelo de Recolección y Traslado de Residuos Sólidos**

El Cuadro 16 resume todos los parámetros del modelo, que se explicarán en esta sección.



**CUADRO 16  
PARÁMETROS DEL MODELO**

Not.	CONCEPTO	CAPACIDAD DEL CAMIÓN DE RECOLECCIÓN - Y <sup>3</sup>				
		9,5	14	18	20	25
H	Tiempo promedio de un viaje	5,61	5,24	5,91	6,25	7,09
Qc/td	Carga típica promedio de un viaje de camión	3,87	5,70	7,33	8,15	10,19
u-	Vida útil mínima	1,00				
U=	Vida útil máxima	10,33				
V	Valor de adquisición de un camión	\$151.566	\$203.067	\$248.846	\$271.735	\$328.958
I	Tasa de interés efectiva anual	13,02%				
CDc	Costos fijos por camión-semana	\$469,20	\$601,58	\$719,17	\$777,94	\$924,93
Un	Empleados requeridos para operar un camión	\$4,04	\$3,56	\$3,56	\$3,56	\$3,56
Hr	Horas que se reemplaza a un empleado	3,109406393				
S	Salario semanal diurno con prestaciones, horas extras y festivos	163,08	167,57	167,57	167,57	167,57
Hm	Mínimo de horas diurnas disponibles mantenimiento	4,70				
H	Número máximo de horas por semana	130				
D	Valor dotaciones a un empleado por semana	\$18,62				
R	% camiones respaldo	13,39%	13,39%	13,39%	13,39%	13,39%
CMh	Costo mantenimiento e insumos x hora trabajo	7,24	10,11	12,66	13,94	17,12
Alfa	% de gastos de administración	12,8%				

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

### a) Tiempo promedio de un viaje (h)

El tiempo de recolección en un viaje fue directamente preguntado a las empresas encuestadas, en tanto que el tiempo improductivo fue obtenido como la diferencia entre el tiempo total, también preguntado, y el tiempo de recolección. Se encontró que para los camiones compactadores, de 14, 18, 20 y 25 Y<sup>3</sup> estos dos tiempos siguen un patrón lineal, mientras que para el resto de camiones (9,5 Y<sup>3</sup>), estos tiempos son mayores, saliéndose significativamente de la tendencia estimada para los compactadores. Así, para esta categoría de vehículos se estimó de manera independiente el promedio.

Por otro lado, hay que adicionar las horas promedio de lavado y mantenimiento diario de un vehículo son 1,26 horas por turno, lo cual sugiere que es usual un tiempo de alistamiento de los vehículos antes de empezar cada jornada, variable que se explicará más adelante. Puesto que estos tiempos coinciden para el alistamiento de todos los vehículos, se asume que en esta labor participan el conductor y la tripulación.

De esta manera el parámetro h depende de la capacidad del vehículo, y se resume en el Cuadro 17:

**CUADRO 17  
TIEMPO DE UN VIAJE DE RECOLECCIÓN, SEGÚN UN TIPO DE CAMIÓN (HORAS)**

TIEMPOS DE UN VIAJE DE RECOLECCIÓN	CAPACIDAD EN Y <sup>3</sup> DE LOS VEHÍCULOS				
	9,5	14	18	20	25
	Promedio del grupo	Valor calculado con funciones estimadas			
Tiempo de recolección	2,91	2,75	3,12	3,31	3,77
Tiempo improductivo	1,44	1,22	1,52	1,68	2,06
Tiempo para lavado y mantenimiento	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
Tiempo total del viaje	5,61	5,24	5,91	6,25	7,09

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

**b) Carga típica de los camiones de recolección (Qc/fd)**

Los resultados del estudio realizado por Econometría muestran que la capacidad de los camiones en toneladas, reportada por las empresas, corresponde a la capacidad nominal que se calcula aplicando la densidad de 0,65 ton/m<sup>3</sup> a la capacidad del vehículo en yardas cúbicas, lo cual se puede corroborar con cualquiera de los tipos de camión. Por ejemplo, el de 25 Y<sup>3</sup> tiene una capacidad nominal de 12.5 toneladas, que corresponde a estar lleno con residuos sólidos de 0,654 ton/m<sup>3</sup> de densidad<sup>18</sup>.

Entre tanto, la capacidad efectiva es la capacidad nominal, multiplicada por el complemento de la holgura por densidad de los residuos sólidos.

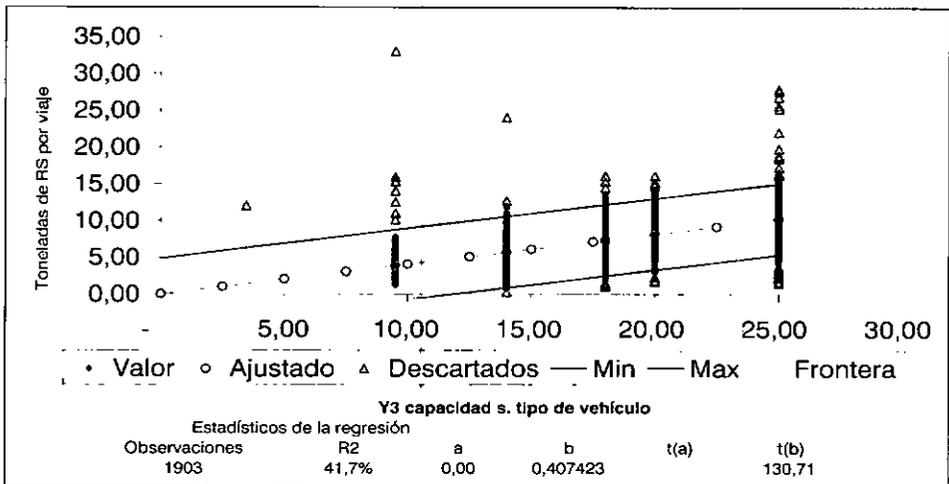
De otra parte, la carga típica se calcula como la capacidad efectiva, dividida por el factor de carga, es decir,  $Q_c/f_d$ . El resultado de esta relación fue estudiado con la información de las encuestas y luego se analizó el factor de carga.

<sup>18</sup> 12.5 [ton] / (25 [Y3] x 0,765 [m3/Y3]) = 0,654 ton/m3



Con la clasificación de los vehículos obtenida se hizo una estimación lineal del peso de residuos sólidos por viaje (ton.) como variable dependiente y la capacidad del vehículo ( $Y^3$ ) como variable independiente, estimación que aparece ilustrada en la Gráfica 2<sup>19</sup>.

**GRÁFICA 2**  
**CARGA TÍPICA DE LOS VEHÍCULOS, EN TONELADAS DE RESIDUOS SÓLIDOS**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

El coeficiente obtenido significa que un camión recoge en un viaje 407,1 kilogramos por cada  $Y^3$  de capacidad. En el Cuadro 18 se muestra que la carga típica estimada con este coeficiente corresponde al 81,4% de la capacidad nominal, en unidades de peso, indicada por las empresas.

**CUADRO 18**  
**CAPACIDAD NOMINAL Y CARGA TÍPICA DE LOS VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN**

Descripción	Clase	Capacidad nominal por grupo		Carga típica estimada	
		Yardas cúbicas	Toneladas	Toneladas	% de nominal
C_12,5T - 25Y	Compactador	25	12,5	10,18	81,4%
C_10T - 20Y	Compactador	20	10	8,14	
C_9T - 18Y	Compactador	18	9	7,33	
C_7T - 14Y	Compactador	14	7	5,70	
Varios		9,5		3,87	

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

<sup>19</sup> Se tomó esta regresión sin intercepto porque el R2 no cambia, el estimativo del intercepto es 0,05 y su estadística t es 0,33. Además tiene sentido que la línea estimada pase por el origen.

En relación con el factor de carga pico, el estudio de 1997 obtuvo un factor de carga<sup>20</sup> de 1,286 sobre la base de que la recolección con frecuencia de 3 veces por semana implica que existe un día que se recogen los residuos sólidos de 3 días mientras que los otros 2 se recoge lo de dos días. Aplicando la holgura de 10% a la capacidad nominal, el factor de carga obtenido en este estudio<sup>21</sup> es de 1,1051.

La diferencia entre estos dos factores está explicada porque en el estudio de 1997 no se tuvo en cuenta que el pico de acumulación de residuos sólidos se distribuye en varios días de la semana<sup>22</sup>. Además, la regulación exige un mínimo de recolección de 2 veces por semana y la relación del día pico sobre el promedio correspondiente para esta frecuencia es más bajo<sup>23</sup>, 1,1429. Así, teniendo en cuenta que el día pico para frecuencia 3 se distribuye en cuatro días y para frecuencia 2 en 5 días de la semana, ver cuadro 1.2.5, la contribución al factor de carga debida a dicho pico<sup>24</sup> está entre 1,071 y 1,029. Esto es, el factor de carga obtenido en este estudio está entre un 3.2% y un 7.4% por encima de esta base.

Se analizó el efecto del pico de cantidad de residuos sólidos en municipios pequeños y se encontró que la reducción en la capacidad efectiva no es tan importante como para darle un tratamiento especial a este parámetro. Dicha reducción debe ser proporcional al aumento en el factor de carga<sup>25</sup>, que para el caso de tener solo 3 rutas (3.000 a 4.500 usuarios, municipio intermedio entre los pequeños), esto es con la carga pico distribuida en tres días, resulta de 2%.

### c) Valor de reposición de vehículo (V)

El valor de reposición de los vehículos fue preguntado a las empresas para cada tipo de camión que utilizan. La Gráfica 3 muestra el ajuste lineal de los valores reportados en función de la capacidad en yardas cúbicas de los vehículos. Aunque existe una varianza grande, la tendencia es clara y la confirman las estadísticas t de los parámetros. Se ensayaron otros modelos pero el mejor ajuste obtenido es el lineal.

<sup>20</sup>  $3 / (7/3)$ , esto es, pico de 3 días sobre un promedio de RS de 7 días recogidos en 3 días.

<sup>21</sup> Por ejemplo, con el camión de 25 Y3, es  $12.5 \text{ [ton]} * 0.9 / 10,18 \text{ [ton]} = 1,1051$ .

<sup>22</sup> Para que el pico de 3 días de residuos sólidos ocurra en un solo día de la semana todas las rutas tendrían que realizarse en los mismos días. Por lo tanto, este factor se aumenta en mercados pequeños. Sin embargo, como se muestra más adelante, con 3 o más rutas el efecto ya no es importante.

<sup>23</sup>  $4 / (7/2)$

<sup>24</sup>  $1,286 \times 0,25 + 1 \times 0,75 = 1,071$  y  $1,1429 \times 0,2 + 1 \times 0,8 = 1,029$

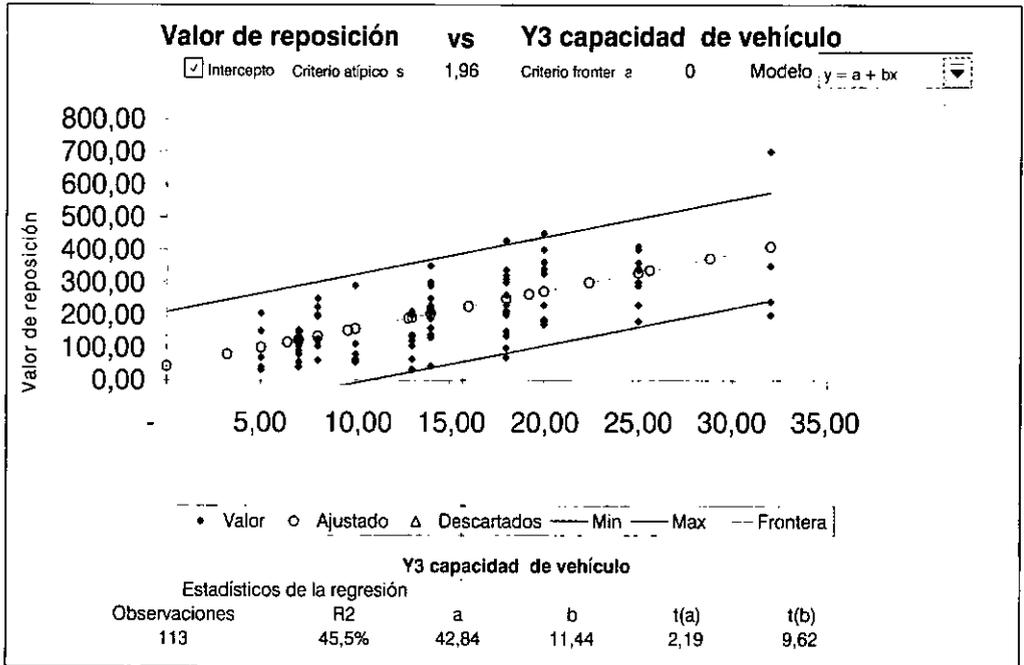
<sup>25</sup> Frecuencia 3:  $(1/3) \times 1,286 + (2/3) \times 1 = 1,095$

Frecuencia 2:  $(1/3) \times 1,1429 + (2/3) \times 1 = 1,048$

Promedio: 1,072; dividido por el promedio en un mercado grande:  $1,072/1,05 = 1,021$ , que corresponde a una reducción del 2% en la carga efectiva.



**GRÁFICA 3**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

El valor de reposición, por tipo de camión, obtenido con la estimación estadística y utilizado en el modelo de costos de recolección y traslado de residuos sólidos se encuentra en el Cuadro 16.

**d) Vida útil de los vehículos (u y u)**

La encuesta desarrollada por la consultoría preguntó por la vida útil de los vehículos separando el chasis y cabina de la carrocería trasera. Esto se hizo porque se había obtenido información de algunos agentes en el sentido de que el chasis y cabina tenían una vida útil más larga, lo que permitía cambiar al menos una vez la carrocería trasera. Para un turno de operación, las empresas grandes y medianas en promedio reportaron una vida útil de 8,8 años para el chasis y cabina y de 7,1 años para la carrocería trasera, mientras que las pequeñas reportaron 10 años y 5,05, respectivamente<sup>26</sup>. Esto se explica porque las empresas pequeñas tienen menos capacidad de inversión y prefieren "repotenciar" vehículos viejos.

Sin embargo, teniendo en cuenta que las empresas grandes y medianas podrían hacerlo también, se concluye que resulta más económico en costos totales de operación,

<sup>26</sup> La vida útil para dos turnos de la carrocería trasera de un camión de recolección no fue reportada por las empresas pequeñas porque trabajan en su mayoría un solo turno. Las empresas grandes y medianas reportaron para el caso de dos turnos una diferencia mayor entre la vida útil del chasis y cabina y la de la carrocería trasera, que se explica en buena parte porque no aprecian una diferencia muy grande en la vida útil del chasis y cabina entre trabajar un turno o dos turnos.

inversión y mantenimiento, estar renovando también el chasis y cabina. Por esta razón, para los cálculos de costo se toma la vida útil del camión completo.

También se solicitó en la encuesta que diferenciaran la vida útil de estas partes de los vehículos bajo una jornada de trabajo de un turno y bajo una de dos turnos. Las empresas no percibieron una diferencia grande en la vida útil del chasis y cabina debida a la intensidad con que se trabaje. No obstante, las empresas grandes y medianas<sup>27</sup> sí lo hacen para la vida útil de la carrocería trasera del vehículo. Considerando que la carrocería trasera es la limitante en la vida útil del vehículo, según estas empresas, se tendría una vida útil aproximada de 7 años para un solo turno de trabajo y de 5 años para dos turnos. En el estudio de Econometría [1997] se utilizó 7 como vida útil para un solo turno, parámetro que reconoce un mejor aprovechamiento de la vida útil un poco más larga del chasis y cabina. Por esta razón, se ha tomado como parámetros de referencia para el modelo de costos de recolección y traslado de residuos sólidos 7 y 5 años, respectivamente, para 1 y 2 turnos<sup>28</sup>.

e) Costos fijos semanales por vehículo (CD<sub>c</sub>)

Para hallar estos costos se utilizó la fuente indicada en el Cuadro 19 a raíz de deficiencias en la obtención de información. Se la ha ajustado al caso de los vehículos de recolección y traslado de residuos sólidos y actualizados por inflación para obtener las cifras en pesos de 2003.

**CUADRO 19**

CONCEPTO	Tasa	CAMIÓN NORMAL	CAPACIDAD NOMINAL DEL VEHÍCULO				
			9,5 Y3	14 Y3	18 Y3	20 Y3	25 Y3
			4 TM	4,75 TM	7 TM	9 TM	10 TM
Estacionamiento		1.533	31,46	37,59	43,05	45,78	52,60
Impuestos	2,5%	8.395	72,65	97,36	119,31	130,28	157,72
Seguros	7,85%	26.360	228,11	305,72	374,64	409,08	495,24
Lavado y limpieza		2.056	42,28	50,82	58,41	62,21	71,70
Carros de supervisión		0	12,35	12,35	12,35	12,35	12,35
Comunicaciones		1.451	27,83	27,83	27,83	27,83	27,83
Subtotal		39.796	414,68	531,68	635,60	687,54	817,45
Otros	10%	3.980	41,47	53,17	63,56	68,75	81,74
TOTAL		43.776	456,14	584,85	699,16	756,29	899,19

FUENTE: Asesoría para la revisión del cargo de distribución del servicio de gas licuado del petróleo (GLP), realizada para la CREG por Econometría S.A., febrero 2002. Cálculos de Econometría S.A. Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

<sup>27</sup> Las empresas pequeñas reportan una vida útil promedio de la carrocería trasera, para un turno, similar a la que reportan las empresas grandes y medianas para dos turnos. Esto puede estar reflejando el hecho de que estas empresas recurren en mayor proporción al mercado de vehículos de segunda.

<sup>28</sup> Al modelo se ingresa la vida útil máxima y mínima que, extrapolando con base en los dos puntos obtenidos (1 y 2 turnos), es de 10 años (teóricamente 0 uso) y 1 año (teóricamente 100% de uso) respectivamente.



### f) Número de personas requeridas en un viaje de un camión ( $\eta$ )

El número de personas requeridas en un viaje de un camión se refiere al número de operarios que requiere un vehículo de recolección, esto es, el conductor, los tripulantes o acompañantes y la fracción de supervisor que le corresponde.

La diferencia entre empresas grandes y pequeñas es estadísticamente significativa. El número de acompañantes de un camión es distinto para los vehículos agrupados en la categoría de 9,5 Y<sup>3</sup>, que incluyen las volquetas y recolectores sin compactación. Por ello, para esta categoría se hizo el promedio ponderado por la participación en la muestra, de la media por grupo, del número de operarios acompañantes de una volqueta, y el promedio total para un recolector sin compactación. El resultado es 2,72 operarios en mercados grandes, 2,88 en mercados medianos y 3,02 en pequeños.

El promedio de operarios que acompaña un recolector compactador es muy estable y no depende del tamaño de mercado (2,25 en grandes, 2,28 en medianos, 2,29 en pequeños). Para los cálculos se tomó la media muestral total de 2,27 acompañantes por vehículo. El número de supervisores por camión se estima en el Cuadro 20.

**CUADRO 20**  
**SUPERVISIÓN EN RECOLECCIÓN Y BARRIDO NÚMERO DE PERSONAS**

MERCADOS-EMPRESA	CONDUCTOR DE RECOLECCIÓN	ESCOBITA	PROMEDIO
	Número de supervisores por persona		
Grandes	0,1082	0,0275	0,0452
Medianos	0,1857	0,0441	0,0652
Pequeños	0,4209	0,0997	0,1366
Personas por supervisor			
Grandes	9,24	36,32	22,11
Medianos	5,38	22,70	15,34
Pequeños	2,38	10,03	7,32

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

Entre tanto, el total de personas por viaje se muestra en el Cuadro 21.

**CUADRO 21**  
**TOTAL DE PERSONAS POR VIAJE**

MERCADOS-EMPRESA	CONDUCTOR	TRIPULANTES	SUPERVISORES	TOTAL
	Vehículos compactadores			
Grandes	1	2,2727	0,1082	3,3810
Medianos	1	2,2727	0,1857	3,4584
Pequeños	1	2,2727	0,4209	3,6936
Vehículos sin compactación				
Grandes	1	2,2500	0,1082	3,3582
Medianos	1	2,8522	0,1857	4,0379
Pequeños	1	2,9842	0,4209	4,4051

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

**g) Número de horas a la semana que se reemplaza a un operario (h<sub>g</sub>)**

El número de días al año que se reemplaza un operario por ausencias justificadas es en promedio de 5,2 (calculado con los valores reportados en la encuesta). Además se lo debe reemplazar durante sus 15 días de vacaciones. Esto significa que cada empleado debe ser reemplazado durante 20,2 días al año, lo que corresponde a 3,11 horas a la semana<sup>29</sup>.

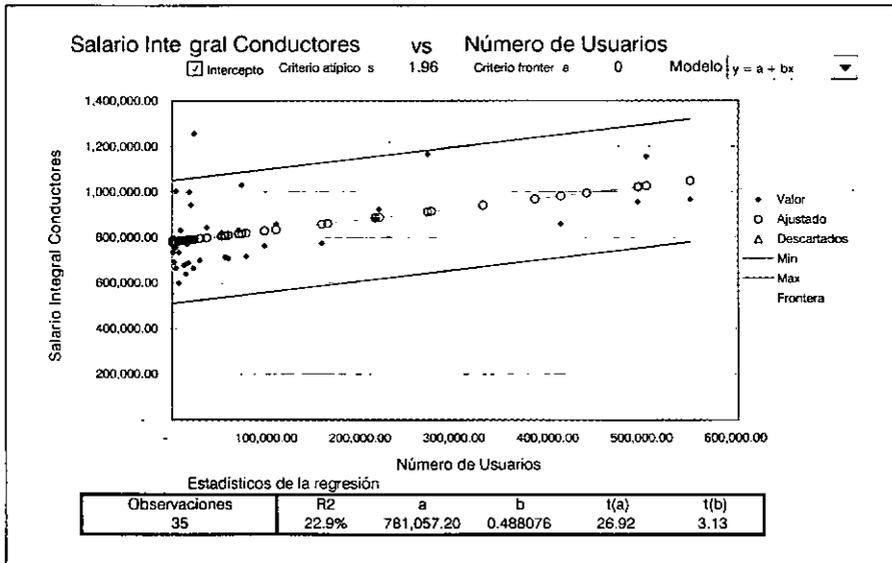
**h) Salario base promedio por empleado-semana (S)**

El salario base que se toma para el modelo de recolección y transporte, de una parte es un promedio ponderado de los salarios del conductor, tripulantes y fracción de supervisor y, de otra, incluye el salario nominal, las prestaciones de ley y parafiscales, un promedio de festivos que necesariamente hay que laborar entre lunes y sábado al año y un promedio de horas extras debido a que las empresas planean las jornadas acorde con el tiempo esperado de viaje de los camiones, pero con frecuencia se exceden estos tiempos y dan lugar a que se prolonguen las jornadas de trabajo, teniendo que pagar una fracción de horas extras a los empleados.

**-Salario Integral Conductores**

Al afectar el salario por el factor de prestaciones sociales, no se afecta la relación encontrada entre la remuneración de los conductores y el tamaño de mercado como se puede ver en la Gráfica 4.

**GRÁFICA 4**



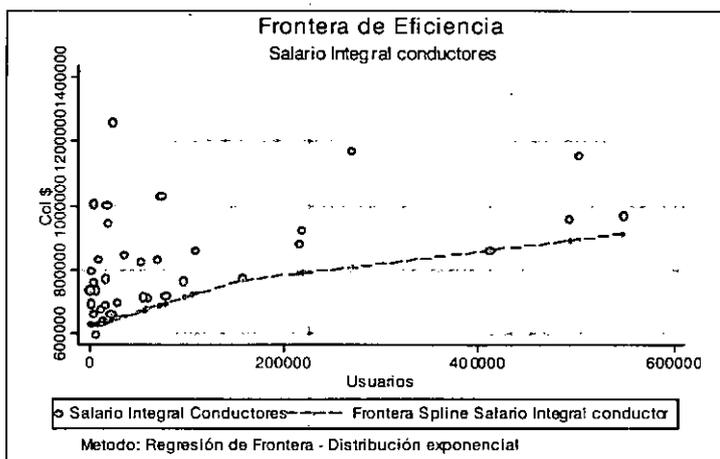
FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

<sup>29</sup>  $20, 27[\text{días laborables/año}] / (365 / 7 * 6) [\text{días laborables/año}] = 0,06479; 0,06479 * 48[\text{horas laborables/empleado-semana}] = 3,11 [\text{horas laborables/empleado-semana}].$



No obstante, el grupo de empresas con más de 150,000 suscriptores muestra un comportamiento significativamente distinto al de los de menos de 150,000 suscriptores en cuanto a la media de su distribución. Por ello, se llevó a cabo la regresión de frontera con splines y no resultó significativo el coeficiente del grupo 3 por lo que se supone cero y se corrió la regresión con el grupo 1 y el 2 encontrando que el componente de ineficiencia del error resulta tener una varianza significativamente diferente de cero (Ver Gráfica 5).

**GRÁFICA 5**

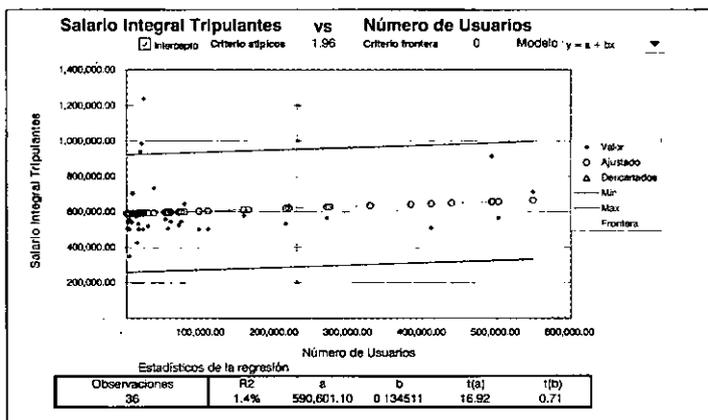


FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

### -Salario Integral Tripulantes

En el caso de los tripulantes la frontera de eficiencia está en el producto del salario mínimo legal vigente en 2003 (\$332.000) y el factor prestacional mínimo definido por ley (1.512), es decir, \$501.984. La Gráfica 6 muestra que no existe relación entre el salario de tripulantes y el tamaño del mercado. Además, la prueba ANOVA muestra que no existen diferencias entre las medias de los grupos de empresas.

**GRÁFICA 6**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

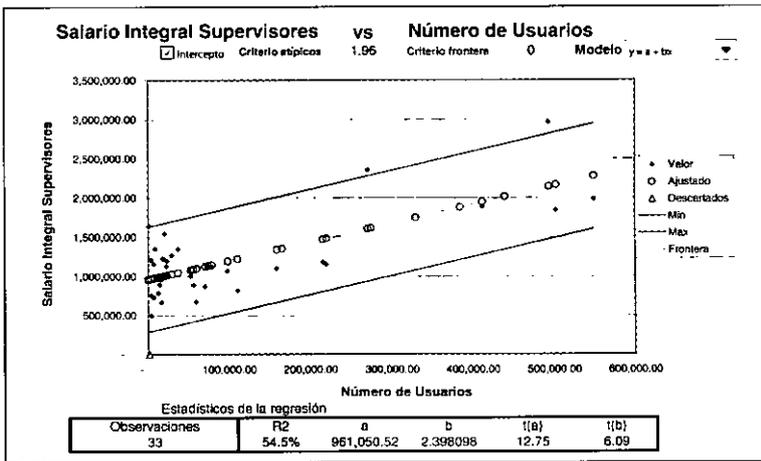
**-Salario Integral de Supervisores**

Al igual que en el caso de los conductores la relación entre la remuneración de los supervisores y el tamaño del mercado se conservan, aún después de aplicar el factor de prestaciones sociales. La media del grupo 1 resulta significativamente mayor que las de los grupos 2 y 3 y estas, a su vez, no son significativamente diferentes entre ellas. Esta información se resume en la Gráfica 7.

Así mismo, se realizó una estimación de frontera estocástica con splines y se encontró que algunas empresas que se alejan de la frontera de eficiencia, lo cual se muestra en la Gráfica 8.

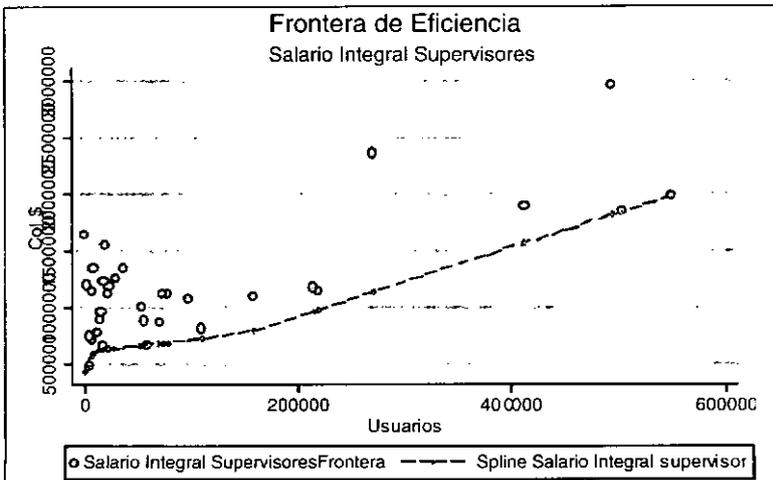
De esta manera, el salario nominal más prestaciones y parafiscales se resume en el Cuadro 22.

**GRÁFICA 7**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

**GRÁFICA 8**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria



**CUADRO 22**  
**SALARIO NOMINAL CON PRESTACIONES Y PARAFISCALES (Pesos de 2003)**

MERCADOS-EMPRESA	CONDUCTOR	TRIPULANTE	SUPERVISOR
Grandes	771.876	501.984	1.053.473
Medianos y pequeños	656.577	501.984	670.915

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

De otra parte, en promedio los días festivos implican un incremento sobre el salario básico<sup>30</sup> de 4,09%.

En relación con las horas extras promedio, no es claro que se haya entendido bien el concepto de este factor, por lo que se tienen dudas sobre su confiabilidad. Sin embargo bajo estimaciones estadísticas se llegó a que el 48,5% de los casos requiere alguna fracción de horas extras que en promedio resultó de 23,55 minutos. Esto corresponde a 4,91% de horas extras en una jornada de 8 horas. Esta fracción tiene un recargo de 75%, por lo que el sobrecosto promedio por horas extras<sup>31</sup> sería de 3,68%.

El Cuadro 23 muestra el salario mensual, con prestaciones y parafiscales y sobrecosto por festivos y por horas extras, para un conductor, un tripulante y un supervisor.

**CUADRO 23**  
**SALARIO MENSUAL PARA CONDUCTOR, TRIPULANTE Y SUPERVISOR**

Salario Básico	Conductor	Tripulante	Supervisor
Grandes	603.034	332.000	984.173
Medianos	451.628	332.000	491.655
Salario + Prestación + Horas extra + Festivos			
Grandes	983.970	541.724	1.605.874
Medianos	736.921	541.724	802.233

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

Con base en el número de personas requeridas en un viaje del vehículo de recolección, se obtiene el salario base promedio por empleado-semana, según tipo de vehículo y tamaño de mercado, que se utiliza como parámetro en el modelo de recolección y traslado de residuos sólidos.

**i) Mínimo de horas diurnas disponible para mantenimiento a la semana (Hm)**

Las empresas encuestadas informaron que requieren en promedio de 2,29, 1,75 y 1,56 horas al día para el lavado y mantenimiento rutinario de cada vehículo respectivamente

<sup>30</sup>  $1 \times (1 - 0,0545) + 1,75 \times 0,0545 = 1,0409$

<sup>31</sup>  $1 \times (1 - 0,0491) + 1,75 \times 0,0491 = 1,0368$

para grandes, medianas y pequeñas<sup>32</sup>. Esta tendencia decreciente por grupo de empresas-mercado coincide con la de turnos, razón por la cual se hizo el análisis de las horas para lavado y mantenimiento rutinario por turno encontrándose que las diferencias entre grupos para esta nueva variable no son significativas y su promedio general es de 1,26 horas por turno, el cual se incorporó al tiempo por viaje.

Adicionalmente, las empresas requieren de 4,7 horas a la semana para mantenimiento rutinario, el cual se tomará como el valor para esta variable.

**j) Máximo de horas a la semana que pueden trabajar los camiones**

Tomando el escenario de las empresas que tienen restricción, en promedio 9,2 horas por semana, agregando el mínimo de horas a la semana para mantenimiento rutinario de 4,7 horas por semana y teniendo en cuenta que las empresas en general no trabajan los domingos (24 horas adicionales), se tiene un total de 38 horas a la semana en que no trabajan o, al contrario,  $168 - 38 = 130$  horas máximo de trabajo.

**k) Valor de las dotaciones a un empleado por semana (D)**

Las diferencias entre grupos no son significativas. Se obtuvo el promedio total dependiendo del número de empleados de cada tipo requerido en un viaje de camión, según este sea compactador o no y según los grupos de mercados-empresa. En el cuadro 24 se resume este resultado, por semana, dividiendo el costo promedio-mes por 4,3452.

**CUADRO 24  
COSTO DE DOTACIONES POR EMPLEADO-SEMANA  
(Miles de pesos de 2003)**

MERCADOS-EMPRESA	TIPO DE VEHÍCULO	
	Compactador	Sin compactación
Grandes	7,7	7,8
Medianos	7,7	7,8
Pequeños	7,7	7,8

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

A pesar que el número de personas por vehículo es distinto según tamaño de mercado y tipo de vehículo, las diferencias encontradas son irrelevantes. El subsidio de transporte en 2003 es \$37,5 mil mensuales u \$8,6 mil semanales. Sumados los dos conceptos (dotaciones y subsidios de transporte semanal) y considerando además que este es un costo poco importante dentro del total, se tomó un parámetro único, redondeando hacia arriba en \$16,5 mil por empleado-semana.

<sup>32</sup> Estas diferencias no son estadísticamente significativas pero marcan una tendencia.

**l) Camiones de respaldo por cada camión en operación (r)**

En la Relación Eficiente de Respaldo, las diferencias entre el grupo 1 y el grupo 3 y entre el grupo 2 y el grupo 3 son estadísticamente significativas, mientras que la diferencia entre los grupos 1 y 2 no lo es. La situación ocurre porque este es un factor que presenta indivisibilidades especialmente en mercados pequeños.

Para el modelo de costos, se tomaron las medias por grupo obtenidas con las bases estadísticas, sobre el porcentaje de vehículos de respaldo (vehículos de respaldo x 100 sobre vehículos en operación permanente).

**m) Costo de operación y mantenimiento por hora de trabajo (CMh)**

Se analizó el gasto anual en ACPM, combustible más económico y, por ende, más utilizado por las empresas, en función de las toneladas efectivamente recolectadas en vehículos de recolección que utilizan dicho combustible. Después de los análisis estadísticos, se observa que en promedio las empresas gastan \$490.400 por cada tonelada de capacidad en vehículos.

De manera similar, se analizó el gasto anual en aceites y lubricantes y en llantas del total de vehículos. El resultado es que el gasto en aceites, lubricantes y llantas equivale al 53,24% del gasto de ACPM.

El costo de mantenimiento fue difícil de establecer a partir de los datos contables de los agentes, por lo que se tomó la base de estudios realizados, asumiendo que debe restarse del 10% del valor del vehículo, el 23,24% (53,24% - 30%) del gasto de ACPM como gasto en llantas. Estas cifras se resumen en el Cuadro 25.

**CUADRO 25**  
**COSTO DE COMBUSTIBLE, ACEITES, LUBRICANTES, LLANTAS Y**  
**MANTENIMIENTO POR HORA, DE LOS VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN**

	CAPACIDAD DEL VEHÍCULO TONELADAS				
	3,85	5,67	7,29	8,10	10,13
Gasto ACPM (Hora)	2.210,03	3.256,88	4.187,42	4.652,69	5.815,86
Gasto aceites (hora)	1.264,43	1.863,36	2.395,75	2.661,95	3.327,43
Mantenimiento	3.552,06	4.690,24	5.701,96	6.207,82	7.472,47
TOTAL	7.026,51	9.810,48	12.285,13	13.522,45	16.615,76

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

**n) Cantidad total de residuos sólidos dispuestos por los usuarios (Q)**

Para efecto de estimar el comportamiento de los costos según el tamaño de los mercados el modelo fue simulado con los distintos tamaños de los mercados-empresa de la muestra.

**4.4.6. Resultados del modelo de costos por tipo de vehículo y tamaño de mercado**

Del aparte anterior se observa que los parámetros del modelo de costos de recolección y transporte de residuos sólidos dependen de la capacidad del vehículo de recolección, y tres de ellos dependen del tamaño del mercado: el número de personas requeridas en un viaje, el salario base promedio de un operario y el porcentaje de vehículos de respaldo requerido.

El cálculo del número de personas que produce el modelo está bastante ajustado al real. El número de vehículos requeridos calculados por el modelo, está 20% por debajo del reportado por las empresas.

Como análisis de sensibilidad se hizo el ejercicio de disminuir el número máximo de horas a trabajar por semana (restricción del modelo) de 130 a 90 horas por semana, para forzar una mayor requisición de vehículos. En esta simulación, el modelo llega a un nivel cercano de vehículos al reportado por las empresas, con un incremento en el costo por tonelada en el servicio de sólo 3,7%. Esto significa que entre 90 y 130 horas de trabajo por semana, la curva de costo unitario es suave (de baja pendiente) alrededor del mínimo (hace un valle).

**a) Costo operativo por tonelada**

El modelo de optimización de costos permite calcular el número promedio de viajes por vehículo, el costo operativo por tonelada y el costo operativo por usuario, para cada mercado-empresa. El promedio de los resultados obtenidos de las 37 empresas encuestadas se presenta en el Cuadro 26.

**CUADRO 26  
NÚMERO ÓPTIMO DE VIAJES POR VEHÍCULO-SEMANA Y COSTO OPERATIVO POR TONELADA Y POR USUARIO, SEGÚN MODELO DE COSTOS DE RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS (Miles de pesos de 2003)**

MERCADO-EMPRESA	viajes / camión-semana	Costo por tonelada	Costo por usuario
Grupo grandes	18,3	44,5	3,6
Grupo medianas	17,3	44,3	3,5
Grupo Pequeñas	9,9	79,1	6,3

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

La diferencia entre la media y la mediana y entre los grupos de grandes y medianos es pequeña. Se propone entonces, para municipios con más de 8.000 usuarios un costo operativo de referencia de \$45,848 por tonelada para el componente de recolección y transporte de residuos sólidos al sitio de depósito (o estación de transferencia).



En el grupo de pequeños el costo operativo es significativamente más alto, en una distribución asimétrica en que 7 empresas tienen costo operativo por debajo de \$58,650 por tonelada y 3 empresas por encima.

Una característica importante en la prestación del servicio de aseo es el tamaño de mercado, el cual requiere un tamaño mínimo de mercado para que se pueda prestar eficientemente el servicio. En particular, es necesario un nivel óptimo de utilización del capital, de tal manera que no se generen indivisibilidades o un exceso de capacidad en el parque automotor. Para esto es necesario que el mercado genere una cantidad suficiente de toneladas que asegure la carga.

Con el fin de que los municipios pequeños queden regulados con tarifa máxima, para incentivarlos a la eficiencia que en parte pueden lograr uniéndose entre municipios cercanos para la prestación del servicio, se propone que la tarifa máxima para estos mercados sea la misma de la del resto de mercados del país siempre y cuando existan posibilidades de agrupación.

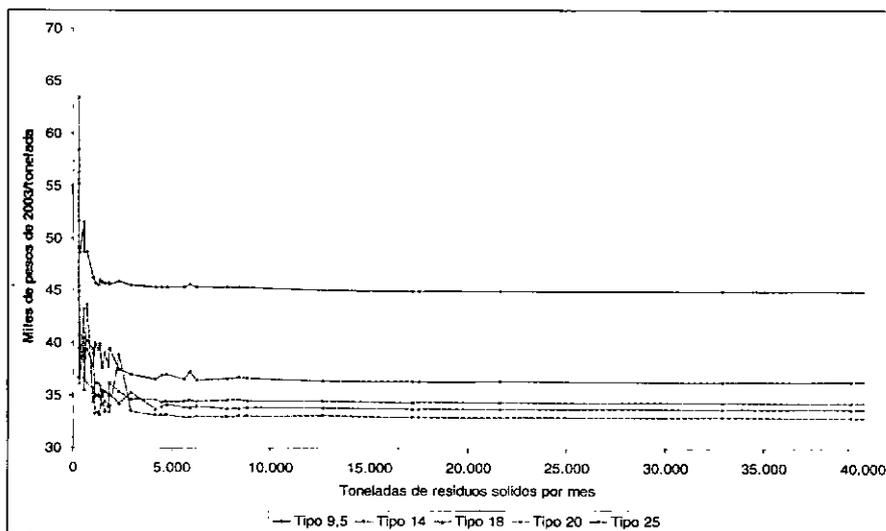
En la Gráfica 9 se ilustran las curvas del costo operativo por tonelada, por tipo de vehículo, según el tamaño del mercado<sup>33</sup>. El costo de las volquetas y vehículos recolectores pequeños y sin compactación es significativamente mayor que el de los compactadores. Sin embargo, la diferencia del costo unitario entre los compactadores no es grande y, curiosamente, el costo medio varía en proporción inversa a la capacidad del vehículo. Esto ocurre, porque se encontró con la muestra de tiempos por viaje que el tiempo improductivo crece con la capacidad del vehículo. Probablemente por ser más grandes y pesados, son más lentos y complicados de maniobrar en el tráfico y esto no es completamente compensado por la mayor eficiencia en el tiempo de recolección. De otra parte, en esta Gráfica también se observa la manera tan pronunciada en que crece el costo unitario para tamaños muy pequeños de mercado.

Se debe definir entonces qué se entiende por mercado para el servicio de aseo. Si se define que el mercado se limita al suelo urbano de un municipio se podría estar negando la posibilidad de agrupación entre municipios de tal forma que la asignación de factores sea la más adecuada posible, y se eliminen posibles indivisibilidades.

Por lo tanto, para efectos de definir un tamaño mínimo de mercado se debe tener en cuenta la generación de residuos de cada municipio y sus mercados aledaños. No obstante, existe la posibilidad que mercados se encuentren aislados y por ende su mercado puede estar limitado al mismo municipio. La condición de aislamiento estará dada por la imposibilidad de agrupamiento con mercados colindantes, por factores tales como la inexistencia o mal estado de las vías.

<sup>33</sup> Para lograr mayor nitidez en la presentación de las curvas de esta gráfica, se quitaron los puntos de los mercados-empresa más pequeños.

### GRAFICA 9 COSTO OPERATIVO POR TONELADA SEGÚN CAPACIDAD DE VEHÍCULO



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

Para recolección y transporte el precio techo significa, entre otros, que los operadores entrantes logren las economías de vecindad, continuidad o aglomeración que presenta esta componente. Por ello, resulta útil hacer algunas simulaciones, basadas en la teoría microeconómica y de mercados, de cuáles serían las configuraciones estables de oferta de servicios de recolección y transporte hacia las que tenderían los mercados municipales en condiciones de libre entrada, para poder establecer un tamaño mínimo de mercado.

La regla que se propone para la entrada de nuevos operadores en libre competencia, de que registre la zona donde va a operar y se comprometa a atender a todos los usuarios que lo soliciten dentro de dicha zona, debe llevar a los operadores, sin necesidad de un acuerdo o colusión previa, a promocionar su oferta de servicios en áreas relativamente compactas que les permitan obtener las economías de continuidad o aglomeración requeridas para lograr eficiencia.

El tamaño mínimo de mercado será aquel que genere una cantidad suficiente de residuos sólidos, que permitan una utilización eficiente de por lo menos un vehículo. Ahora bien, la prestación del servicio público domiciliario de aseo se realiza mediante diferentes tipos de vehículo con diferentes capacidades. Sin embargo, dado que lo que se quiere hallar es un tamaño mínimo, para el análisis solo se emplearon dos tipos de camiones con capacidades de 9.5 Y<sup>3</sup> y 14 Y<sup>3</sup>.

La Gráfica 10 muestra el costo de recolección y transporte<sup>34</sup> en función del número de toneladas para camiones de 9.5 Y<sup>3</sup> y 14 Y<sup>3</sup>, así como el costo de recolección y

<sup>34</sup> Se empleó el mismo modelo con el que se calculó el techo de recolección y transporte con los parámetros de mercados pequeños.

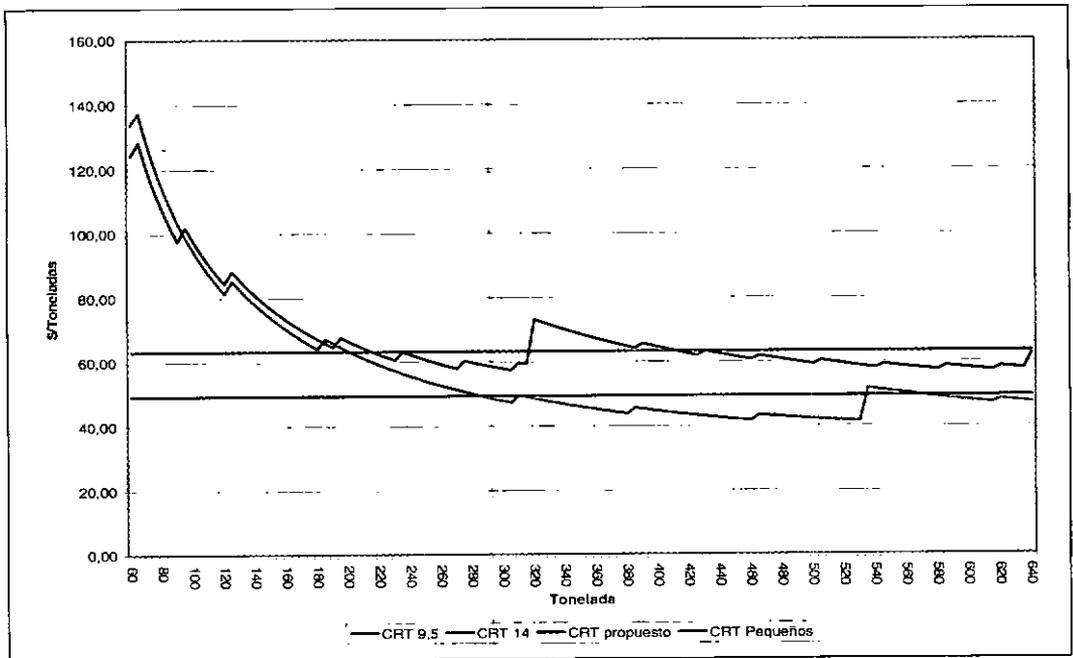


transporte promedio para mercados grandes y medianos (CRT establecido) y el costo de recolección y transporte promedio para mercados pequeños. Se puede concluir que el camión de 14 Y<sup>3</sup> es menos costoso por tonelada en gran parte del rango, por lo cual el análisis se realiza solo para este tipo de camión.

El tamaño mínimo de mercado estará dado por la intersección entre la curva CRT 14 y la recta CRT establecida ya que a partir de este tamaño de mercado el CRT establecido garantiza la recuperación de costos por parte de la persona prestadora. El punto de corte entre estas dos curvas es aproximadamente 290 toneladas mensuales.

Por otra parte, el costo de recolección y transporte es asintótico en el eje Y por lo que crece hasta el infinito para tamaños de mercado muy pequeños, haciéndose preciso establecer un límite de tamaño. De acuerdo con la muestra de empresas con tamaño de mercado pequeño, en promedio tienen un costo de recolección y transporte de 63.280 pesos por tonelada. Este valor será el techo de recolección y transporte para mercados pequeños. La intersección entre el techo para mercados pequeños y el CRT 14 es en 205 toneladas mensuales.

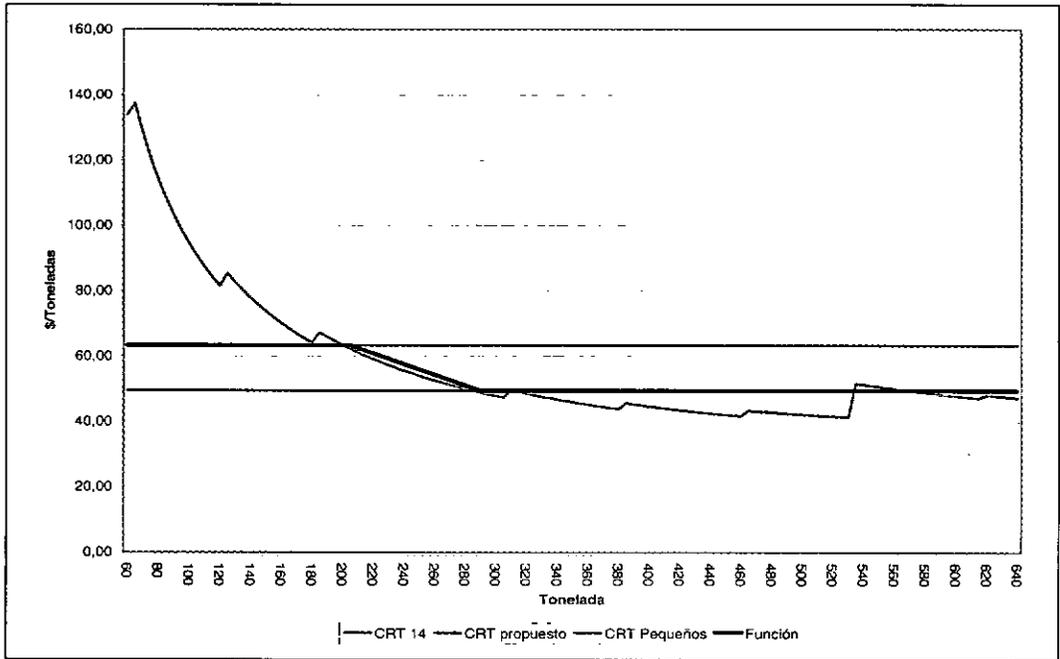
**GRAFICA 10**  
**CRT tamaño de mercado**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

Teniendo en cuenta que el costo de recolección y transporte decrece, hasta cierto nivel, con el tamaño de mercado se traza una recta que una los puntos de corte entre los techos de recolección y transporte para los dos tamaños de mercado y la curva de CRT 14. La Gráfica 11 representa la función obtenida:

**GRAFICA 11**  
**CRT Tamaño Mínimo de Mercado**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

En conclusión, si existe un mercado cuya generación de residuos sea inferior a 290 toneladas y además tenga características de aislamiento, la persona prestadora que atienda dicho mercado podrá solicitar a la Comisión que se le considere como mercado aislado y su costo máximo para el componente de recolección y transporte se calculará con la siguiente función:

$$CRT_{\text{aislados}} = \text{MIN}( 63.280 , 96.581 - 162 * TM )$$

Donde:

$CRT_{\text{aislados}}$  Costo de Recolección y Transporte para mercados aislados (\$/tonelada).

$MIN ( )$  Función que exige escoger el valor mínimo de los valores separados por la coma.

TM Tamaño del mercado aislado (tonelada-mes)

#### 4.4.7. Costo del servicio en condiciones no estándar

En este numeral se tratan las situaciones de prestación del servicio de aseo en condiciones no estándar, que acorde con la regulación actual corresponden a dos casos: i) La reducción de la frecuencia (sobre la base de 3 veces por semana) y ii) La recolección sin servicio puerta a puerta.

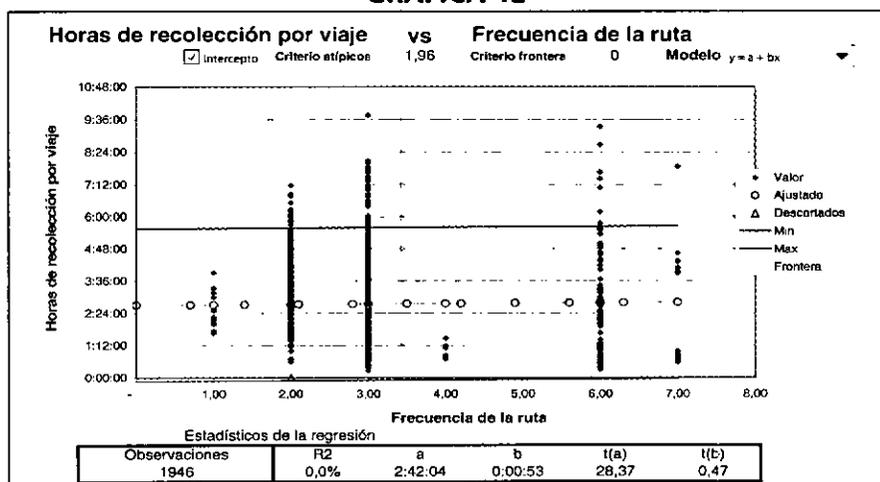


### a) CRT según Frecuencia del Servicio

Los resultados de costo consideran la frecuencia promedio que actualmente tienen los mercados-empresa estudiados (2.35 veces por semana). Teóricamente, con el mismo camión y la misma velocidad de recolección, la frecuencia debería afectar positivamente el costo de recolección y transporte debido a que, si bien se requiere recoger la misma cantidad de residuos sólidos en un período de tiempo, cuando la frecuencia es mayor, la cantidad que se recoge por usuario en un viaje es menor y, por ende, el número de usuarios requeridos para llenar el mismo camión en un viaje se aumenta. Si este cambio en la cantidad por usuario en un viaje no afecta la velocidad promedio de recolección del camión, la consecuencia inmediata es que se aumenta el tiempo de recolección por viaje (un camión en el mismo período puede hacer menos viajes). Bajo estos supuestos (no cambio de velocidad ni de tipo de camión) el problema sería fácil de resolver pues el efecto final sería que se requerirían más camiones para poder recoger la misma cantidad de residuos sólidos, pero en viajes de mayor duración cada uno. Así, haciendo uso del modelo desarrollado y cambiando únicamente el parámetro de tiempo de un viaje, se podría calcular el efecto en el costo. En la medida que la cantidad por usuario afecte la velocidad de recolección, y se tenga en cuenta la posibilidad de utilizar camiones distintos y de rediseñar las rutas, la solución al problema deja de ser tan simple, debido a que se genera una gama de posibilidades de acomodamiento a la situación de cambio.

Con los datos de tiempo de recolección y frecuencia de la ruta, obtenidos con la muestra de rutas y viajes realizada con las empresas encuestadas, se hizo el ejercicio que se muestra en la Gráfica 12, que muestra que no hay relación estadísticamente significativa entre la frecuencia y el tiempo de viaje ( $R^2 = 0$  y valor y estadístico t del coeficiente b bajos). Esta situación confirma el acomodamiento implícito dado por dos factores importantes que pueden manejar las empresas: uno, probablemente, las rutas de mayor frecuencia son asignadas a zonas con promedios por usuario mayores y, dos, los tipos de camiones entre 14 y 25 Y<sup>3</sup>, permiten regular el tiempo de viaje, más cuando, como se encontró en el análisis de costos, que el costo unitario no varía en gran proporción entre una capacidad y otra del vehículo.

**GRAFICA 12**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

Se concluye que el efecto de la frecuencia en el tiempo por viaje es marginal, dada la capacidad que tienen las empresas para adaptarse, al diseñar las rutas y mediante la escogencia de la capacidad de los vehículos.

#### b) CRT para recolección sin servicio puerta a puerta

Se asume que, mientras exista la posibilidad de prestar el servicio puerta a puerta, llegando con los vehículos de recolección al frente de la propiedad del usuario, este debe ser el estándar a adoptar por las empresas. Cuando no llegan al frente pero se pueden acercar a una distancia de pocas cuerdas de los domicilios, algunas empresas han reportado que en estas zonas aumenta el número de operarios para que estos caminen hasta los domicilios y recojan los residuos sólidos. Este mayor número de operarios está reflejado en las estadísticas obtenidas de las empresas de la muestra, por lo tanto, este costo ya está incluido. Así, la carencia de servicio puerta a puerta se refiere a zonas grandes sin acceso, en muchos casos barrios marginados, en que la empresa coloca un contenedor para que los usuarios depositen sus residuos sólidos domiciliarios.

En consecuencia, esta condición de prestación no estándar del servicio no puede ser opción tarifaria (a escogencia del usuario).

Para concentraciones importantes en la presentación de los residuos, como es el caso de mercados con usuarios grandes con producciones promedio por usuario mayores que 2.67 ton/usuario-mes y en este caso de contenedores, se requieren menos vehículos para la recolección. En el caso de contenedores, además se utilizan los vehículos "ampliroll" que permiten montar y desmontar la caja y cuentan con el sistema para inclinarla y vaciar los residuos sólidos en el sitio de depósito.

Para determinar el costo de prestación sin servicio puerta a puerta, se ha utilizado la información obtenida de las empresas encuestadas sobre este tipo de vehículo ("ampliroll"), en particular su valor de reposición como nuevo promedio, y su capacidad promedio. Se encontró que el vehículo típico en la muestra es de 14 Y<sup>3</sup> y vale \$136.950.000. Se hicieron los ajustes en costos fijos por semana y en costos de operación por hora debidos al cambio en valor de reposición como nuevo de este vehículo respecto de un compactador simple de 14 Y<sup>3</sup>, los cuales resultaron de \$440.480 por semana y \$7.070 por hora respectivamente. Para establecer el tiempo promedio de un viaje se asumió que el tiempo improductivo y de alistamiento siguen siendo los de un compactador de igual capacidad y se redujo el tiempo de recolección correspondiente de 2.75 horas a de hora (20 minutos) para descargar el contenedor vacío y cargar el lleno, por lo que el tiempo total quedó en 2,81 horas por viaje.

Los demás parámetros del modelo se dejaron igual que los de un compactador simple de 14 Y<sup>3</sup>. Sin embargo, la carga efectiva promedio del contenedor puede ser inferior a la de los vehículos de recolección en viajes normales, debido a que este tipo de servicio no estándar se presta por excepción en zonas de difícil acceso, las cuales pueden generar menos cantidad de residuos sólidos que la capacidad del contenedor, en el período en que este está dispuesto para uso de la comunidad, que no puede ser grande por razones de salud pública.



El resultado obtenido para este vehículo "ampliroll" con el modelo de recolección y transporte de residuos sólidos, asumiendo la utilización plena de la capacidad de los contenedores, es un costo operativo de \$17.193 por tonelada. Si se reduce dicha utilización a 50% de la capacidad de los contenedores, este costo se duplica. No se tiene información sobre la utilización promedio de la capacidad de un contenedor y esto puede depender mucho de cada mercado.

De otra parte, se deben tener en cuenta las posibles consecuencias de la señal que se da, tanto a los usuarios como a la empresa, con el descuento sobre este servicio no estándar. Debe considerarse que, por un lado, no se generen incentivos en las comunidades marginadas para impedir el acceso a los vehículos de recolección, lo que hace prever que el descuento no debe ser grande y, de otro, tampoco se genere un incentivo grande para que la empresa reduzca sus costos justificando la colocación de contenedores cuando no existan dificultades reales de acceso, lo que se neutralizaría con un descuento no muy alto.

El descuento que se ha venido aplicando para estos casos en la regulación vigente es de 10% (Art. 4.2.4.2 de la Resolución CRA 151 de 2001). Considerando que no hay evidencia de abuso por parte de las empresas para no prestar el servicio puerta a puerta, se plantea que el descuento por recolección efectuada sin servicio puerta a puerta, siga siendo el 10% de la tarifa máxima.

### c) CRT costas, incremento por salinidad

Para calcular el incremento en el costo de recolección y transporte de residuos para ciudades costeras se modeló este costo de la misma forma en que se modeló para las demás ciudades, teniendo en cuenta una reducción en la vida útil de los vehículos de recolección.

Para calcular la reducción en la vida útil de los vehículos, se calculó la vida útil promedio de los vehículos para las ciudades costeras y se comparó con el promedio general de la muestra de empresas. El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos:

Promedio General	7,76
Promedio Costeras	6,92
Reducción en la vida útil	-10,74%

De acuerdo con la información reportada por las empresas, las ciudades costeras tienen una reducción promedio en la vida útil de 10.74%. Tomando este valor se realizó una extrapolación para obtener la vida útil máxima y la vida útil mínima, parámetros de entrada en el modelo de recolección y transporte (Ver Cuadro 27).

**CUADRO 27**

	Toda la muestra	Ciudades costeras
Vida Útil Máxima (Años)	10,33	9,23
Vida Útil Mínima (Años)	1,00	0,9

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

El costo de recolección y transporte que se obtuvo para el total de la muestra es de 45.848 pesos a junio de 2003, al reemplazar en el modelo de recolección y transporte la vida útil obtenida para ciudades costeras se tiene que este costo es de 47.009 pesos a junio de 2003 lo que significa un incremento del 2.53%.

#### d) Resultados

De acuerdo con la fundamentación empírica presentada, se establece para el parámetro CRT del servicio de residuos sólidos ordinarios, un costo por tonelada de residuos sólidos de \$49.472 más el valor de los peajes (a precios de junio 30 de 2004).

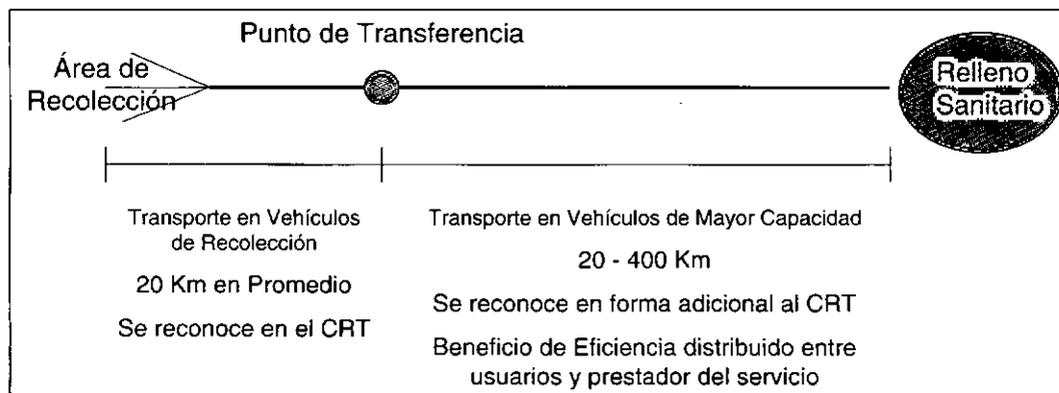
### 4.5. COSTO DE TRANSPORTE POR TRAMO EXCEDENTE

#### 4.5.1. Objeto

Para el nuevo período regulatorio se ha separado en dos partes la actividad de transporte desde los mercados hasta el sitio de disposición final, que ha estado ligada solo al componente de recolección y transporte. Una parte en este mismo componente, buscando reconocer el costo hasta una distancia máxima de ubicación del sitio de disposición final, y otra parte a partir de dicha distancia, en donde se reconoce el costo de transporte excedente.

En otras palabras, está implícito que en el cálculo del techo de recolección y transporte existe un punto situado a una distancia máxima a reconocer. Adicionalmente se establece un techo para el costo del transporte excedente, desde ese punto hasta el sitio de disposición final. La distancia entre el centroide del área de prestación del servicio y dicho punto,  $d_{m\acute{a}x}$ , constituye el máximo de kilómetros reconocidos en el Costo de Recolección y Transporte (CRT).

#### Representación del Concepto de Tramo Excedente





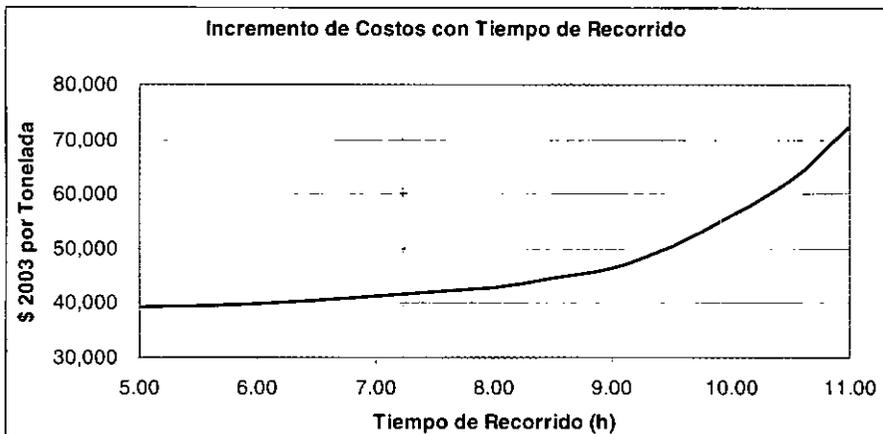
#### 4.5.2. Fundamentación empírica

La razón de esa separación es la búsqueda del mejor aprovechamiento en el uso de los equipos de recolección y ahorros por economías de escala en disposición final (agregación de municipios en rellenos sanitarios de uso común). Como se mostró en el modelo de recolección y transporte, los costos asociados a los vehículos de recolección (costo fijo, insumos, costo de capital y respaldo) representan más del 70% del costo total.

La Gráfica 13 muestra el comportamiento del costo por tonelada en función del aumento del tiempo de recorrido de los vehículos usados en la recolección, la cual muestra un incremento gradual. Se considera que es posible limitar este componente de costo mediante transferencia de los residuos sólidos a equipos de mayor capacidad. Además, la metodología de tramo excedente incorpora los siguientes elementos:

- Reconocimiento que la ubicación del sitio de disposición final depende de factores externos (condiciones físicas y autorización de autoridades ambientales).
- La ineficiencia derivada de trasladar los residuos sólidos en los mismos equipos de recolección.
- La posibilidad de cubrir los costos de transferencia mediante la reducción de los tiempos improductivos.
- Aprovechamiento de economías por distancia (mayores distancias, menor precio por kilómetro).
- Oportunidad para optimizar la ubicación de los rellenos sanitarios en sitios con condiciones naturales que ofrezcan seguridad ambiental (reduciendo la necesidad de membranas u otros recursos de ingeniería).

**GRÁFICA 13**  
**Incremento de Costos con Tiempo de Recorrido de las**  
**Unidades de Recolección**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

El objetivo final es trasladar las ventajas económicas de la transferencia y transporte en equipos de mayor capacidad a los usuarios en una proporción alta.

La práctica de transferencia no es común en Colombia. El primer intento de estación de transferencia se aplicó sin éxito en Bogotá en 1989. Existe una estación de transferencia en el Valle de Aburra, cuya operación inició en el mes de septiembre de 2005.

Sin embargo, la utilización de estaciones de transferencia es normal en disposición de desechos sólidos en otros países. Las 4 compañías más importantes de EE.UU. controlan un total de 656 estaciones de transferencia para 50 millones de usuarios<sup>35</sup>.

En la medida que no existe experiencia en la transferencia y transporte de tramo excedente, la metodología para el cálculo se basa en un modelo de costos de vehículos de carga de tipo general (carga a granel) desarrollado por el Ministerio de Transporte para la regulación de fletes de carga por carretera. Este modelo no es aplicable directamente al caso de transporte de residuos sólidos por empresas prestadoras de servicio de aseo por varias razones:

- El aprovechamiento de la flota en el caso de aseo es mayor porque no hay tiempos muertos para búsqueda de mercancías.
- Es posible trabajar continuamente durante la semana respetando un máximo de 60 horas.
- La flota de transporte se considera propiedad del operador y tiene una remuneración de capital igual a la usada en el cálculo de CRT.

Las estaciones de transferencia (ET), se consideran facilidades auxiliares de todo el sistema de residuos sólidos domiciliarios, esto es, recolección, transporte y disposición final. Estas tres últimas componentes son básicas, pues el sistema no funciona si falta una de ellas. Así, las ET juegan el papel de tecnologías alternas que se utilizan cuando se justifican económicamente para todo el sistema, igual que se escogen vehículos de recolección más eficientes, o se hacen diseños de rellenos sanitarios de menor costo. Cuando se justifican, parte del transporte sigue incluido en la recolección domiciliaria, y parte se constituye en una componente adicional de transformación, trasbordo y transporte al sitio de disposición final.

La viabilidad de una ET resulta de la suma de tres efectos económicos, que precisamente tienen que ver con los tres componentes básicos mencionados:

- El incremento de la productividad de los equipos, mano de obra e insumos en la recolección domiciliaria de residuos sólidos, basado en la reducción del tiempo promedio de un viaje del camión.

<sup>35</sup> Fuente: Perfiles empresariales de Waste Management Inc., Allied Waste, Republic Services y Safety-Kleen por Hoovers, ver <http://www.hoovers.com/waste-management/>



- El ahorro en el costo del transporte de larga distancia: microruta de recolección al sitio de disposición final, como consecuencia del uso de medios de transporte a granel.
- El ahorro en la disposición final, debido a dos factores: i) La ubicación más conveniente del relleno sanitario bajo los aspectos ambientales y económicos, que se puede optimizar, al reducir el peso relativo de la parte del costo total que depende de la distancia; y ii) La agregación de municipios en rellenos sanitarios de uso común, con la consecuente reducción del costo por la economía de escala.

El incentivo para que se construyan las estaciones de transferencia cuando sean viables se logra permitiendo que el operador se apropie de parte de ahorros que estas generen. Es posible reducir costos buscando sitios de buenas características en materiales, aguas superficiales y subterráneas y topografía, e incluye un término que permite el incremento de la tarifa para generar el incentivo para los rellenos sanitarios regionales. En este último caso parte de este incentivo es para el municipio receptor.

Respecto del componente de transporte excedente al sitio de disposición final, este se basa en reconocer el costo del transporte a granel, para que se genere el incentivo a lograr los ahorros que se pueden hacer en recolección y transporte y en disposición final, colocando una tarifa máxima por tonelada-kilómetro ajustada a dicho costo, a partir de la distancia máxima de transporte en los camiones de recolección que está cubierta en el CRT.

De esta manera, no se permite que el prestador se apropie del ahorro en el costo del transporte de larga distancia. La razón de esto es que el costo de este transporte depende de la distancia, por lo que, si el prestador pudiese tomar parte del excedente que genera la diferencia entre el costo de ese trayecto en los camiones de recolección y el costo a granel, se crearía un incentivo perverso a buscar sitios lejanos para aumentar las ganancias, de manera excesiva, por el negocio de transporte, no por el de aseo<sup>36</sup>.

El costo de recolección y transporte calculado está basado en el tiempo promedio de un viaje de recolección que se obtuvo con datos representativos de una gama de distancias al sitio de disposición final, que en promedio cubre unos 20 Km<sup>37</sup>. La reducción de los tiempos improductivos promedio de un viaje de recolección estimado en este estudio, permite ahorros importantes<sup>38</sup> para pagar la inversión y los costos de operación y mantenimiento de una ET en buena parte de los casos. Entonces, se propone la distancia de 20 Km. como valor del parámetro  $dm_{\max}$ .

<sup>36</sup> Esto en parte fue lo que ocurrió mientras no existió límite al parámetro  $h_0$ .

<sup>37</sup> El promedio obtenido con 30 empresas que reportaron para varias rutas la distancia desde el final de las mismas hasta el sitio de DF es 18,84 kilómetros, obtenido como el promedio para las empresas, de la distancia promedio en las rutas consideradas en cada una.

<sup>38</sup> Es difícil demostrar que esta es la distancia de indiferencia, pero al menos se puede mostrar que la reducción de los tiempos improductivos promedio de viaje de recolección estimados genera ahorros que en buena parte de los casos deben ser suficientes para construir y operar las ET.

Es importante destacar que esta forma de reconocer el costo constituye un incentivo para que el sitio de disposición se seleccione dentro de un rango más amplio de distancias para que satisfaga los requerimientos ambientales y permita el menor costo posible<sup>39</sup>. Este costo reconocido así, más el de recolección y transporte y el de disposición final, en el que se considera una función de techo máximo a las deseconomías de escala sujeto a un término de ajuste para permitir que el prestador o el municipio receptor se apropien de parte del ahorro por aumentar el tamaño del mercado al atender otros municipios, se convierte en un incentivo importante al desarrollo de rellenos sanitarios regionales.

El reconocimiento del costo de transporte a granel sustituye la intención que tuvo el regulador de reconocer a través del parámetro  $h_0$ , el mayor costo que genera el hecho de tener, el sitio de disposición final a una distancia grande. El problema que llevó a limitar, con éxito, este parámetro a una hora con la expedición de la Resolución 130 de 2000, lo generó entre otras cosas, el hecho de que de esta manera se estaba reconociendo el mayor costo mencionado con base en el costo de llevar los residuos sólidos en los mismos camiones de recolección y no de manera eficiente. A pesos de junio de 2004, a través del parámetro  $h_0$  se reconocería más de \$16.400 por cada hora adicional que se justificara. Suponiendo una velocidad promedio de 30 Km. / hora para un camión o tracto-mula para transporte a granel en las carreteras colombianas, con el costo de transporte que se propone después del periodo de transición, se reconocería \$5,511 por 1 hora adicional. Además la forma funcional decreciente del costo de transporte conlleva a que este valor se reduzca a medida que aumenta la distancia, es decir que para otra hora adicional el valor reconocido en el costo de transporte es de \$4.669. Entonces, esta manera de reconocer el costo de transporte a larga distancia, llena el vacío de la regulación actual para aquellos casos en que las ubicaciones factibles de rellenos sanitarios se encuentran a distancias grandes.

#### 4.5.3. Metodología y supuestos

El costo de transporte por tonelada a granel de los residuos sólidos está basado en los costos de transporte de carga normal a granel. El hecho de tener la carga garantizada para estar realizando viajes continuamente y de no requerir su aseguramiento, debido a que son residuos sólidos, reduce los costos de transporte, de tal manera que se compensa el mayor costo por el grado de especialización de los vehículos, que no es muy grande.

Cuando el generador de residuos sólidos presenta a la empresa de transporte mercancías para movilizar mediante una operación constante en el tiempo, se debe analizar un tráfico constante de una flota en el tiempo, con parámetros de operación establecidos. En este caso se deben evaluar, los tiempos de espera y las rutas a utilizar.

<sup>39</sup> Los rellenos RSU 2 no necesitan de la membrana PEAD, ahorrando un gasto de gran magnitud, pero esta categoría requiere un sitio con características naturales que ofrezca la seguridad ambiental necesaria muy vinculada a la geología y propiedades geomecánicas del suelo, a las condiciones hidrológicas y topográficas. Si el terreno no cumple con esas características naturales, el relleno sanitario ya no será de esa categoría y va a requerir de la protección artificial proporcionada por las membranas y otros recursos de la ingeniería, con mayores costos.



Para ello se construyó un modelo con el objeto de calcular el costo por Tonelada/kilómetro que debe asumir la persona prestadora del servicio de aseo por concepto de tramo excedente.

Para calcular el costo de operación vehicular en cualquier ruta del país y en condiciones de garantía de tráfico se debe disponer de los siguientes datos:

- Distancia del recorrido en kilómetros D
- Número de toneladas del mercado T
- Indicador de costo variable ICV
- Indicador de costo fijo ICF
- Capacidad del vehículo CV
- Número máximo de horas diarias Hmax
- Velocidad promedio V
- Número de semanas en un mes NSM
- Tiempo de carga y descarga TC
- Número de recorridos NR
- Número de camiones N

#### a) Distancia Del Recorrido

Es el número de kilómetros existentes entre el origen y destino de la ruta objeto de análisis. Para efectos del modelo, el tramo existente se refiere a la distancia entre el centroide del área de prestación de la persona prestadora y el relleno sanitario en el cual dispone los residuos sólidos transportados. Se realizaron modelaciones para rellenos que se encuentran a distancias entre 20 y 150 kilómetros.

#### b) Número de toneladas del mercado

El tamaño de mercado de tramo excedente es un factor determinante de costos para el componente de tramo excedente, por lo cual se establece como una variable para hacer el modelo aplicable en distintos tamaños de mercado. Este mercado se entiende como el total de toneladas que se reciben en cada sitio de disposición final excluyendo las que no se transportan por tramo excedente.

Se utiliza el valor de 13.200 toneladas mensuales, hasta tanto no se solicite un tamaño diferente. Claramente existen municipios que disponen una menor cantidad de residuos

sólidos por mes, en los cuales se presentarían indivisibilidades en el parque automotor, aumentando los costos fijos por concepto de tramo excedente. Sin embargo, se introduce una señal regulatoria que incentiva la regionalización en donde municipios pequeños pueden agruparse y hacer uso de una tracto-mula, de tal manera que el nivel de utilización sea pleno. De esta manera, todos los municipios podrán tener acceso a las economías de escala que se presentan en el transporte a granel.

Dado el caso en que un municipio tenga imposibilidades de agrupación, o condiciones particulares siempre podrá solicitar a la CRA una modificación de costos.

### c) Indicador de Costo Variable

Es el valor en \$/km. establecido como indicador que depende básicamente de la configuración del vehículo. Para efectos del modelo, se utiliza el indicador de costo variable promedio según el tipo de terreno.

Para el cálculo del Indicador de Costo Variable se supone terreno combinado, es decir 1/3 plano, 1/3 ondulado y 1/3 montañoso. Se utiliza una alta eficiencia en consumo de combustible en terreno plano (10.461 kilómetros por galón<sup>40</sup>), con reducción de eficiencia de 73.6% para terreno ondulado y 51.1% para terreno montañoso<sup>41</sup>. Los demás valores de consumo son los estimados por el Ministerio de Transporte para el Modelo de Cálculo de Fletes (Año 2004). Los valores adoptados se presentan en el Cuadro 28:

**CUADRO 28**

Pesos de 2004	Valores Adoptados
Consumo de combustibles	
Plano	303.21
Ondulado	411.98
Montañoso	593.92
Promedio Consumo de Combustibles por Kilómetro	384.10
Consumo de llantas	431.03
Consumo de lubricantes	74.95
Consumo de filtros	59.33
Mantenimiento y reparaciones	424.49
Lavado y engrase	33.25
Imprevistos	76.73
Costos Variables por Kilómetro (No combustible)	1,099.77

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

<sup>40</sup> Fuente: "Per-mile costs of operating automobiles and trucks" MN/RC 2003-19, University of Minnesota, Minnesota Department of Transportation, June 2003, [www.lrb.gen.mn.us/PDF/200319.pdf](http://www.lrb.gen.mn.us/PDF/200319.pdf)

<sup>41</sup> Relaciones de eficiencia de consumo de combustible provenientes del modelo de cálculo de fletes de carga del Ministerio de Transporte.



Es conveniente indicar que los reportes de costo por kilómetro del Ministerio de Transporte son mayores a los reportados por otras fuentes, incluso en países desarrollados. Por este motivo se justifica realizar un ajuste, el cual se propone en el componente de consumo de combustible.

#### d) Indicador de Costo Fijo

Se utilizan los datos del Cuadro 29 para el cálculo del costo fijo mensual:

**CUADRO 29  
COSTO FIJO MENSUAL**

Seguros	2,272,673.50
Parqueadero	156,136.50
Impuestos de rodamiento	37,266.08
Gastos de Administración	452,275.36

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria.

Los valores provienen del modelo de cálculo de fletes del Ministerio de Transporte. A estos valores es necesario adicionar salarios y costo de recuperación de capital. Los salarios se calculan con base en la estimación del número de camiones requeridos (función del tamaño de mercado y distancia al sitio de disposición final). Por ejemplo para una distancia de 50 Km al centroide de la zona de recolección, 6 camiones<sup>42</sup> se tiene los cálculos del Cuadro 30:

**CUADRO 30**

Horas semana	168* Utilización Promedio (62.94%)	105.736
Máximo horas semana por empleado		60
Horas que se reemplaza un empleado		3.109
Horas disponibles por empleado		56.891
Número de conductores por camión		1.859
Número de empleados (totales) NE	Entero[Camiones* Conductores]	10
Salario Mínimo + Prestaciones + Dotaciones (por mes) S	Promedio Grupo 1 + Dotaciones (Ajustado de 2003 a 2004)	762,343
Total por mes	NE * S	7,623,427
<b>Total por mes por camión</b>	<b>Total por mes / Camiones</b>	<b>1,524,658</b>

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

<sup>42</sup> Estimado a partir de una velocidad de 25 Km/hora y 10% de respaldo; por indivisibilidad resulta en una utilización de 62.94%.

El valor supuesto de salarios, prestaciones y dotaciones corresponde al de conductores en el cálculo del costo de recolección y transporte (CRT).

Por su parte el costo de capital es función de la vida útil máxima, la utilización, la tasa de interés y el valor inicial del vehículo, como se indica a continuación (valores numéricos para el caso de 50 Km de distancia al relleno sanitario, 25 Km/h):

**CUADRO 31**

Vida Útil Máxima	V <sub>máx</sub>	1,000,000	Km
Km/año	Recorridos/Semana * Semanas/año	385,857	Km
Km/año/vehículo	Km/año * Camiones	77,171	Km
Vida Útil años	V <sub>máx</sub> /Km/año/vehículo	12.96	años
Vida Útil mes VUM	Entero [Vida Útil años/12]	155	meses
Tasa de Interés	WACC	13.9%	anual
Tasa de Interés Mensual	Equivalente Mensual	1.092%	mensual
Valor del Vehículo	V	337,625,000	
<b>Costo de Capital</b>	<b>Pago Mensual (WACC, VUM, -V)</b>	<b>\$ 4,250,600.80</b>	<b>mensual</b>

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

El valor inicial del vehículo corresponde al promedio de precios de lista de tractocamiones en Colombia de \$251,055,000<sup>43</sup> más el precio de lista promedio de remolques (importados) de \$86,570,000<sup>44</sup>.

#### e) Capacidad del Vehículo

Es la cantidad de unidades de carga que un vehículo puede transportar dependiendo de la configuración, esta capacidad se mide en toneladas por recorrido. Capacidad de transporte (39.5 Ton, que corresponde al promedio peso máximo autorizado en Colombia, según Resolución 4100 de 2004 del Ministerio de Transporte, menos 5.5 (peso vacío) = 34 Ton).

#### f) Número máximo de horas a la semana

Máximo número de horas a la semana de acuerdo con las restricciones planteadas para el modelo del componente de recolección y transporte: 130 horas.

<sup>43</sup> Valor promedio correspondiente a Tractocaminones Freightliner, Hyundai, International, Iveco, Kenworth, Mack, y Volvo de más de 350 caballos. Consulta <http://motor.terra.com.co/servlet/co.com.motor.servlet.buscar.BuscarAvisos>, octubre 28 de 2005.

<sup>44</sup> Valor de lista en sitios de Internet de venta de remolques en Florida, EEUU, más 25% de costos de importación, aranceles e impuestos.



### g) Velocidad Promedio

Existen diferentes tipos de externalidades que pueden afectar la velocidad promedio de un vehículo de transporte. Para los municipios de mayor tamaño la velocidad promedio puede estar afectada por el tráfico mientras que en los municipios pequeños la condición de las vías puede entenderse como una externalidad. Se realiza el supuesto que no existen diferencias en las velocidades promedio de los vehículos entre municipios grandes y municipios pequeños y se estima que la velocidad promedio de las tractomulas es de 25<sup>45</sup> Km. por hora.

### h) Tiempo de carga y descarga

Se utilizó un valor de 2 horas como tiempo requerido para cargar y descargar una tractomula.

### i) Número De Recorridos

Es la cantidad de recorridos en el mes que un vehículo puede realizar cargado en la ruta objeto de evaluación, teniendo en cuenta los tiempos de espera y el tiempo disponible para realizar operaciones de transporte en esa ruta. La fórmula para obtener el número de recorridos necesarios en un periodo de una semana es:

$$NR = ENTERO \left[ \frac{T}{CV} \right]$$

### j) Número de camiones

El número de camiones que se requieren depende de la cantidad de residuos que deben ser transportados en un determinado periodo de tiempo y de la capacidad del vehículo que transporta dichos residuos. Para ello, se emplea la fórmula:

$$N = ENTERO \left[ ENTERO \left[ \frac{T}{CV} \right] * \frac{D+TC+V}{V * HM_{\max}} \right]$$

El costo total por tonelada kilómetro por concepto de transporte excedente se calcula como la suma de un costo variable por kilómetro y un costo fijo mensual.

$$CostoVariable = \frac{ICV}{T} * ENTERO \left[ \frac{T}{CV} \right]$$

<sup>45</sup> El modelo del Ministerio de Transporte usa 31 Km/h para velocidad promedio de vehículos de carga por carretera.

$$\text{CostoFijo} = \frac{ICF * N}{T * D * NSM}$$

$$\text{Costofijo} = \frac{ICF}{T * D * NSM} * ENTERO \left[ ENTERO \left[ \frac{T}{CV} \right] * \frac{D + TC * V}{V * HM\acute{a}x} \right]$$

Con las entradas indicadas se construye un modelo de costos totales en función de la distancia desde el centroide del área de recolección hasta el relleno sanitario (sitio de disposición final) y el número de toneladas totales transportadas. Se presenta un ejemplo para 50 Km y 2.500 Toneladas/semana:

**CUADRO 32**

	Valores	Unidades
Distancia al relleno (D)	50.00	Km
Número de toneladas (T)	2.500	Ton/semana
Capacidad del Vehículo (CV)	34	Ton
Número de Recorridos (NR=T/CV)	74	Viajes/semana
Número de Km (K=NR*D*2)	7.400.00	Km/semana
Velocidad (Vel)	25	Km/hora
Tiempo de Cargue y Descarge (TCD)	2.00	Horas
Tiempo de Recorrido (TR=2D/Vel+TCD)	4.00	Horas
Recorridos por Camión (R=130/TR)	4.00	Recorrido/semana
Número de Camiones	4.20	Unidades
Respaldo	10%	
Número entero de camiones (N)	6.00	Unidades
Costos Fijos totales (ICF)*N	\$52.161.826	Pesos/mes
Índice de Costos Variables (ICV)	\$1.536	Pesos/km
Costos Variables Totales (ICV*T*4.345)	\$49.394.282	Pesos/mes
<b>Costo total (Fijos + Variables)</b>	<b>\$101.556.107</b>	<b>Pesos/mes</b>

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

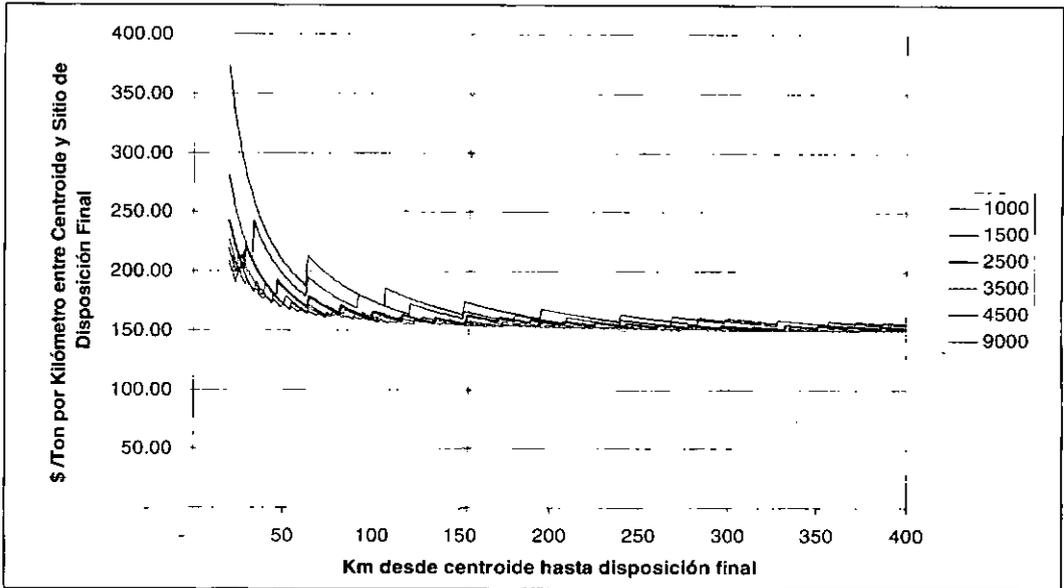
#### 4.5.4. Resultados

La aplicación del modelo a distintos valores de distancia al centroide y número de toneladas genera una importante variación en el precio de transporte de tramo excedente por tonelada. Las indivisibilidades de flota y de personal generan discontinuidades puntuales, como se observa en la Gráfica 14.



Se observa que los tiempos muertos (carga y descarga) tienen una importante influencia en distancias cortas, y que el valor tiende a estabilizarse al aumentar la distancia. Así mismo, se observa que existen economías de escala con el tamaño de mercado y que la influencia de las invisibilidades de flota y personal es mayor en mercados más pequeños.

**GRÁFICA 14**  
**RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO PARA DISTINTOS TAMAÑOS DE MERCADO (1.000-9.000 TON/SEMANA) Y DISTANCIA (20-400 KM)**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

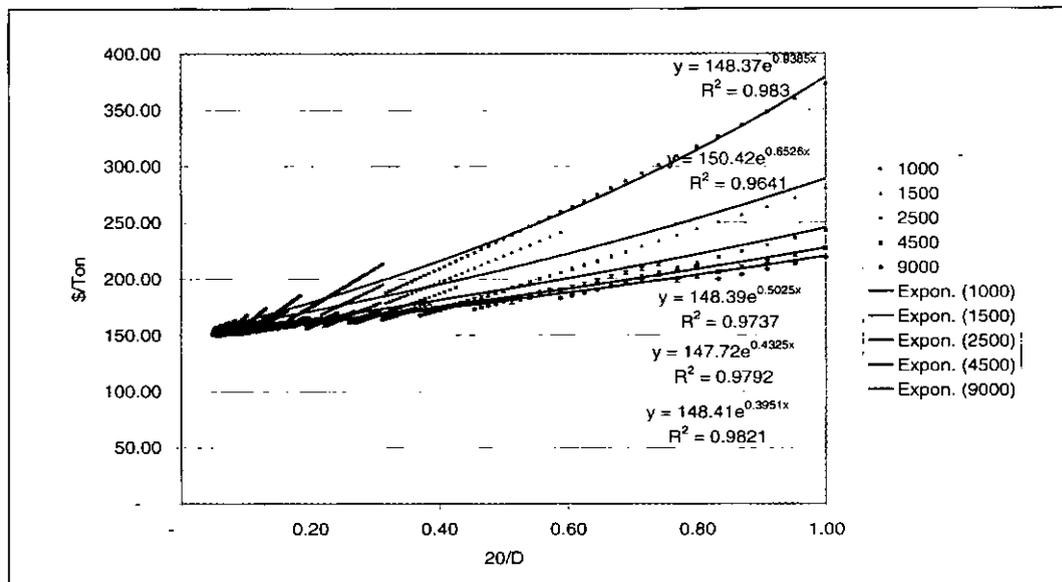
Igualmente, existe una relación decreciente entre el costo por tonelada kilómetro y la distancia objeto de análisis. Esta forma funcional evidencia economías de escala existentes en la actividad de transporte debido a la reducción del tiempo improductivo de cada viaje a mayor distancia. Además, a medida que el transporte de mercancías presenta una mayor producción, los costos por cada unidad producida se reducen, básicamente por la diferencia que se presenta al aplicar economía de escala tanto en los insumos como en la rentabilidad de la operación.

#### a) Fórmulas de Aproximación

A partir de los resultados del modelo se estimó una función continua que refleje los resultados obtenidos, conservando una forma funcional con economías de escala, pero suavizada de tal manera que se eliminen los picos que se generan cada vez que se requiera un camión adicional. Este supuesto es válido ya que las empresas pueden ajustar su operación de tal manera que no se sitúen en ninguno de los picos de la curva. En efecto, los prestadores tienen un margen de juego con las horas diarias que se utiliza un camión. Esta aproximación se obtiene mediante regresiones para cada nivel

de toneladas por semana. La variable dependiente corresponde a una transformación de la distancia (20/D). Los resultados se presentan en la Gráfica 15.

**GRÁFICA 15**  
**REGRESIONES DE APROXIMACIÓN DEL COSTO POR TONELADA DE**  
**TRANSPORTE DE TRAMO EXCEDENTE (VARIABLE DEPENDIENTE 20/D)**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

El mejor ajuste se obtiene con ecuaciones exponenciales (forma  $Y=b*e^{ax}$ ), con coeficientes de correlación mayores a 0.96. Se observa que el coeficiente  $b$  no depende del tamaño de mercado, mientras que el coeficiente  $a$  decrece con esta variable.

Para aproximar el coeficiente  $a$  se realiza entonces una nueva regresión. La mejor aproximación está dada por una función potencial ( $Y=dX^c$ ) como se observa en la gráfica 2.5.

El costo por tonelada por kilómetro de distancia se representa en el gráfico 2.6 y se aproxima adecuadamente con las funciones:

$$EXP = 10.867*(Ton)^{-0.376}$$

$$CT=148.662*e^{(EXP*20/D)}$$

Donde:

**Ton:** Número de toneladas por semana transportadas.

**D:** Distancia desde el centroide de la zona de recolección hasta el relleno sanitario (sitio de disposición final).

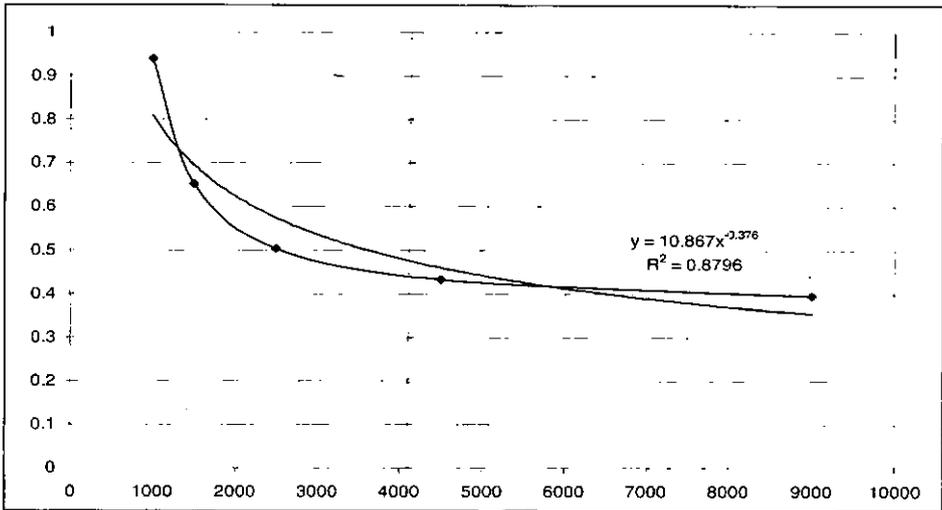


**EXP:** Exponente de la fórmula de CT.

**CT** Costo de Transporte de tramo excedente por Tonelada.

La aproximación generada por esta fórmula se considera adecuada (Ver Gráfica 16).

**GRÁFICA 16**  
**APROXIMACIÓN DEL COEFICIENTE DE LAS FÓRMULAS DE COSTO**  
**DE TRANSPORTE POR TONELADA DE TRAMO EXCEDENTE EN FUNCIÓN**  
**DEL TAMAÑO DE MERCADO (TON/SEMANA)**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

### b) Régimen de Transición

Dado que los prestadores de aseo requieren autorizaciones de autoridades ambientales y realizar inversiones para implantación de estaciones de transferencia, se plantea un período máximo de 2 años para la aplicación de las fórmulas de cálculo de tramo excedente con equipos de alta capacidad.

Durante los primeros seis meses de aplicación de la Resolución se reconoce un valor fijo por concepto de costo de transporte en las mismas unidades de recolección, el cual está dado por:

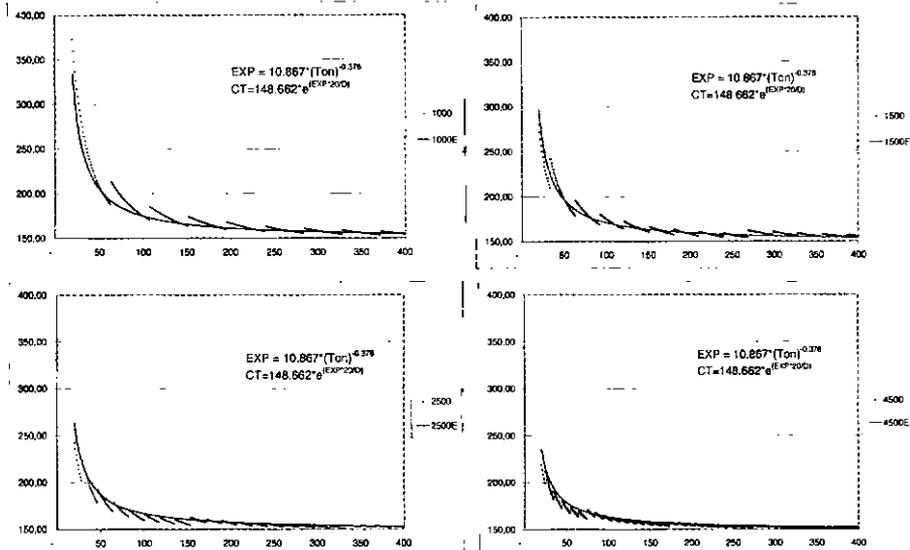
$$CT = 665 \text{ pesos por tonelada-kilómetro (pesos de junio de 2004)}$$

Este valor se obtiene considerando que un vehículo de 14 Y<sup>3</sup> realiza el recorrido del tramo excedente. No se consideran tiempos de cargue y descargue, ya que estos han sido incorporados en el tiempo para calcular el CRT.

Durante el segundo año se propone utilizar el promedio entre el valor para el primer año y el valor para el tercer año, el cual se representa en la Gráfica 18.

**GRÁFICA 17**

**APLICACIÓN DE LA FÓRMULA DE APROXIMACIÓN A DISTINTOS TAMAÑOS DE MERCADO (1.000, 1.500, 2.500, 4.500 TON POR SEMANA).**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

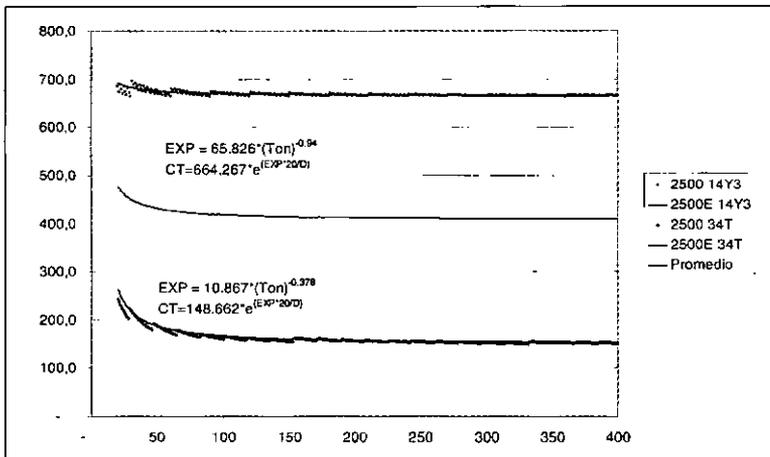
Por tanto, la fórmula propuesta para el segundo periodo, es decir para el año 2008 será la siguiente:

$$EXP = 10.867 * (Ton)^{0.94}$$

$$CT = 406.46 * e^{(EXP * 20/D)}$$

**GRÁFICA 18**

**EJEMPLO DE APLICACIÓN DE FÓRMULA DE TRANSICIÓN PARA EL SEGUNDO AÑO – MERCADO DE 2.500 TON/SEMANA**



FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria



#### 4.5.5. Determinación de Costo de Transporte Excedente

El costo de Transporte por Tramo Excedente ( $CTE_p$ ) de la fórmula general se calculará conforme a la fórmula siguiente:

$$CTE_p = \frac{\sum_{k=1}^n CTE_k * Tn_k}{\sum_{k=1}^n Tn_k}$$

Donde:

$CTE_p$  : Costo de transporte por tramo excedente, calculado como el promedio del tramo excedente ponderado por las toneladas provenientes del área de servicio (\$/tonelada).

$CTE_k$  : Costo máximo a reconocer, por tonelada en el tramo excedente k del prestador (\$/tonelada).

$Tn_k$  : Toneladas transportadas en el tramo excedente k por el prestador (Toneladas) en el periodo de producción de residuos.

$$CTE_k = CT * MÁX(0, d_k - 20) + \frac{VP_{TE}}{34}$$

Donde:

$CT$  Costo de transporte (\$/tonelada-kilómetro)

$d_k$  Distancia en kilómetros de vía pavimentada en la ruta más corta desde el centroide del área de servicio hasta el sitio de disposición final. Cada kilómetro de vía despavimentada equivaldrá a uno punto veinticinco (1.25) kilómetros de vía pavimentada.

$MÁX( )$  Función que exige escoger el valor máximo de los valores separados por la coma.

$VP_{TE}$  Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de cinco ejes, ubicados a una distancia mayor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación y que se encuentren en la ruta hasta el sitio de disposición final. (pesos/ruta).

El CT corresponderá a:

Año 2006	CT = 665
Año 2007	CT = MÍN(665; 406.46 * e <sup>r</sup> )
Año 2008	CT = MÍN(665; 148.62 * e <sup>r</sup> )

Donde:

$$Y = \frac{5.02473}{Ton_{TE}^{0.92} * d_k}$$

$$Z = \frac{3754}{Ton_{TE}^{0.376} * d_k}$$

$Ton_{TE}$  Toneladas mensuales del mercado de tramo excedente. Este mercado se entiende como el total de toneladas que se reciben en cada sitio de disposición final excluyendo las que no se transportan por tramo excedente.

La variable toneladas del mercado de tramo excedente ( $Ton_{TE}$ ) tomará el valor de 13.200 toneladas-mes.

#### 4.6. COSTO DE PEAJES

Este costo hace referencia al valor en pesos que deben pagar por concepto de peajes los vehículos de acuerdo con su configuración en la ruta a evaluar. Este parámetro es particular de cada una de las rutas, por lo que una ruta puede tener o no peaje y su valor puede diferir a otras rutas. Como consecuencia, la nueva metodología no incluyó el valor de los peajes en la modelación, con el fin de plantear un reconocimiento adicional, dado que este es un costo que efectivamente tienen que desembolsar los prestadores.

El costo de peajes, en pesos por tonelada, se obtiene de dividir el valor de los peajes entre la capacidad del vehículo. Para calcular este costo se mantiene la diferenciación que existe en el componente de recolección y transporte y el componente de transporte por tramo excedente, dado que la tecnología de referencia empleada es diferente en cada componente, especialmente dada la capacidad de los vehículos.

De acuerdo con la composición del parque automotor reportado por las personas prestadoras en la muestra de 37 empresas, se obtuvo el Cuadro 33:

**CUADRO 33**

	CAPACIDAD EN Y3					PROMEDIO PONDERADO (TONELADAS)
	9,5 Y3	14 Y3	16 Y3	18 Y3	25 Y3	
	PARTICIPACIÓN					
Grupo 1	31,05%	11,70%	8,76%	19,38%	29,11%	8,7
Grupo 2	24,28%	27,53%	25,66%	11,14%	11,39%	7,9
Grupo 3	47,13%	1,79%	39,55%	9,70%	1,82%	7,1
Grupos 1 y 2	29,55%	15,22%	12,52%	17,54%	25,18%	8,5
Grupos 1, 2 y 3	29,77%	15,04%	12,87%	17,44%	24,87%	8,5

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria



La capacidad promedio del parque automotor reportado es de 8.5 toneladas por viajes. Por tanto, este valor será el que divide el valor de los peajes que se encuentren a una distancia inferior a 20 kilómetros de recorrido a partir del centroide del área de prestación de cada prestador.

Por otra parte, según los parámetros empleados en el modelo de transporte por tramo excedente, la capacidad promedio de los vehículos es de 34 toneladas por viaje. Como consecuencia, este valor será el denominador para el valor de los peajes que se encuentren en el recorrido que cubre el componente de transporte por tramo excedente.

En este orden de ideas, el costo por concepto de los peajes se calculará conforme a la fórmula siguiente:

$$CP = \frac{VP_{CRT}}{8,5} + \frac{VP_{TE}}{34}$$

Donde:

$CP$  Costo de los peajes en una ruta (\$/tonelada)

$VP_{CRT}$  Valor de los peajes ubicados a una distancia menor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación.

$VP_{TE}$  Valor de los peajes ubicados a una distancia mayor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación.

#### 4.7. COSTO DE DISPOSICIÓN FINAL

Para estimar este costo, se utilizaron modelos de ingeniería, que presentan una tecnología de referencia para tres tipos de relleno sanitario<sup>46</sup>:

**RSU 1** relleno que recibe en promedio 1.280 toneladas-día durante los 20 años.

**RSU 2** relleno que recibe en promedio 300 toneladas-día promedio en 20 años.

**RSU 3** relleno que recibe en promedio 10 toneladas-día promedio en 20 años.

La metodología general de evaluación de los costos es la de calcular el costo medio por tonelada, como el valor presente neto de las inversiones y gastos durante la vida útil y el tiempo de postcierre de cada tipo de relleno sanitario, dividido por el valor presente neto de las toneladas dispuestas durante la vida útil del relleno.

<sup>46</sup> Estos rellenos que corresponden a las tecnologías de referencia para el componente de disposición final se explican detalladamente en el anexo uno del presente documento.

De acuerdo con la fundamentación empírica que se presenta a continuación, se establece utilizar para el costo de tratamiento y disposición final (CDT) del servicio ordinario de aseo sujeto a regulación tarifaria, la siguiente función:

$$CDT = \text{Mín} ((11.910 + 104.519.468 / TA), 50.890) \text{ (a precios de Junio de 2004)}$$

El techo máximo para cualquier caso es de \$50.890 por tonelada dispuesta.

TA se calcula como el máximo valor<sup>47</sup> entre el promedio total de toneladas-mes recibidas en el relleno sanitario, T, multiplicado por un factor (Fmerc) y el promedio de toneladas-mes dispuestas por los prestadores y que produjo el municipio receptor, Trecep. El factor Fmerc corresponde a la mínima fracción del mercado atendido sobre la que se le permite aplicar la tarifa al agente y se calcula como:

$$\begin{aligned} F_{\text{merc}} &= 1,277 - 0.039 * \ln(T_j); & \text{para } T_j > 1.155 \\ F_{\text{merc}} &= 1 & \text{para } T_j \leq 1.155 \end{aligned}$$

La fórmula tarifaria del CDT está basada en una función de costo unitario que permite un ajuste al promedio de toneladas-mes dispuestas, para que el prestador o el municipio receptor puedan cobrar, a manera de incentivo, una tarifa mayor cuando se atiende la disposición final de varios municipios. Cuando se atiende sólo un municipio la tarifa máxima coincide con dicha función de costo unitario<sup>48</sup>. La tarifa máxima está acotada para que en ningún caso sea mayor que la que le correspondería al municipio receptor si resolviera su problema de disposición final solo.

Existe la posibilidad de que un municipio no receptor resulte pagando más de la tarifa máxima que le correspondería solo: No obstante, es difícil que ocurra esta situación en municipios pequeños, debido a la ganancia que obtienen al unirse con otros municipios. En contraste, este suceso se presentaría con más facilidad en municipios de mayor tamaño como Bogotá, pues no es lo mismo Bogotá receptor que Bogotá no receptor. En el primer caso, el mercado de Bogotá acota la tarifa máxima porque, de una parte, sería injusto que el usuario bogotano pagara más de lo que le correspondería si la ciudad no admite residuos sólidos de otros municipios y, de otra, se evita que el prestador en Bogotá tenga unas ganancias excesivas en el caso de recibir residuos sólidos de municipios pequeños vecinos. De todas maneras, el prestador ganará el excedente por la diferencia en la tarifa entre atender a Bogotá únicamente y la de atender a Bogotá y otros mercados. En el segundo caso, la cota de la tarifa máxima, dada por el municipio receptor (de menor tamaño), es relativamente alta y no se alcanza, por lo que, de acuerdo con la fórmula, Bogotá quedaría pagando más que si el relleno sanitario estuviese dentro del distrito. Sin embargo, sería justo que Bogotá pague este sobreprecio al municipio receptor, a manera de regalía.

<sup>47</sup> TA = máx (Fmerc \* T, Trecep)

<sup>48</sup> Trecep = T, por ende, TA = T.



#### 4.7.1. Estimación de la función de costo por tonelada en disposición final

Los resultados de los modelos de ingeniería parametrizados que constituyen la base del cálculo de la función que soporta la metodología de disposición final se presentan a continuación:

- Costo operativo por tonelada de RSU 1: \$14.574
- Costo operativo por tonelada de RSU 2: \$23.430
- Costo operativo por tonelada de RSU 3: \$50.890

Se ha asumido que las economías de escala de un relleno sanitario se producen por un costo fijo de inversiones, por lo que el costo total operativo bajo una misma tecnología es una función lineal de las toneladas dispuestas, que corta el eje de las "y" (el costo) en un punto igual a dicho costo fijo. Así, el costo operativo por tonelada, CDT, es una función de la forma:

$$CDT = a + b / T$$

Se estimó esta función a partir de dos puntos: uno, RSU 2 con 300 toneladas/día y un costo por tonelada de \$23.430 por tonelada y, dos, RSU 1 con 1.280 toneladas/día y un costo de \$14.574 por tonelada, calculado como el costo de RSU 1. Con estos dos puntos se plantean las siguientes ecuaciones:

$$CDT_{RSU1} = a + b/T_{RSU1}$$

$$CDT_{RSU2} = a + b/T_{RSU2}$$

Las variables  $CDT_{RSU1}$  y  $CDT_{RSU2}$  corresponden al valor resultante de los modelos parametrizados de ingeniería, en los cuales se tomó el valor presente de los flujos de costos del relleno a 20 años y se dividieron por el valor presente de las toneladas a disponer.

Entonces:

$$\$14.574 = a + b/1.280 \quad (1)$$

$$\$23.430 = a + b/300 \quad (2)$$

Igualando (1) y (2) y despejando "b"<sup>49</sup>:

$$b = 104.519.468$$

Reemplazando b en (1), ó, (2):

$$a = 11.910$$

<sup>49</sup> El valor de la variable "b" que se obtiene de las ecuaciones (1) y (2) se multiplica por 30 para pasar el valor de toneladas-días a toneladas-mes. Además, los resultados obtenidos de las variables "a" y "b" se incrementaron al multiplicar por (1.004).

Por tanto la función obtenida es la siguiente<sup>50</sup>:

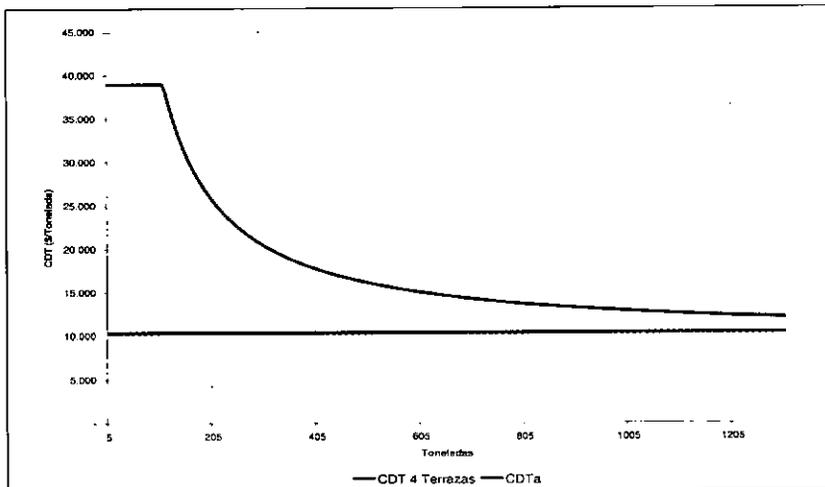
$$CDT = 11.910 + 104.519.468 / TA$$

Para los mercados pequeños, el relleno puede resultar muy costoso. El costo operativo de \$50.890 por tonelada obtenido para el RSU 3 es el costo resultante. A partir de este tamaño, de una parte, se incrementa demasiado el costo de un relleno manual, hasta el punto en que es mejor mecanizarlo y, de otra, el costo de un relleno mecanizado sólo desciende del nivel inicial a partir de unas 90 toneladas/día<sup>51</sup>. Es decir, entre 20 y 70 toneladas (mercados mayores de 8.000 usuarios y menores de 30.000), el costo de disposición puede crecer de una manera desproporcionada. Sin embargo, este rango corresponde a municipios entre 30.000 y 120.000 habitantes, que normalmente no están tan aislados como los pequeños (que sí pueden recurrir al relleno manual), lo que les permite buscar soluciones de disposición final regional, que podrían darse en conjunto con la ubicación de estaciones de transferencia.

Se fija entonces un techo de costo operativo reconocido de \$50.890 por tonelada, el cual, en conjunto con el costo para transporte excedente y el término de ajuste en la fórmula tarifaria que permite apropiarse de parte de los excedentes por economía de escala, constituye un incentivo para el desarrollo de rellenos regionales.

La fórmula de techo máximo tarifario permite que varios municipios resuelvan su problema en conjunto, reduciendo el costo de disposición final y sumando recursos al ahorro en costo de recolección y transporte, especialmente para el caso de municipios pequeños, con el objeto de pagar la inversión y los costos de operación y mantenimiento de las estaciones de transferencia.

**GRÁFICA 19**



FUENTE: Cálculos propios. CDTa, corresponde al incentivo por aprovechamiento como se explicará más adelante.

<sup>50</sup> La función incluye el factor de gastos administrativos (alfa) de 12,8%

<sup>51</sup> Las curvas de relleno manual y de relleno mecanizado sin membrana se cruzan en 40 toneladas/día aproximadamente.



Como se observa en la Gráfica 19, el costo por tonelada en los sitios de disposición final disminuye a medida que se incrementan las toneladas dispuestas. Sin embargo, se mantienen los incentivos a la regionalización a través de la fórmula planteada como se observa en el ejemplo del Cuadro 34.

**CUÁDRO 34**  
**EJEMPLO DE INCENTIVOS A RELLENO REGIONAL**

j	CDT <sub>j</sub>	func.	T <sub>j</sub>	T <sub>j</sub>	F <sub>merc</sub>	T <sub>j</sub> *F <sub>merc</sub>	Trecep
A solo	29.330	29.330	6.000	6.000	0,937719	5.626	6.000
B solo	32.814	32.814	5.000	5.000	0,944829	4.724	5.000
A1 recibe 5.000 ton	22.305	22.305	10.055	11.000	0,914080	10.055	6.000
A2 recibe 5.000 ton	21.412	21.412	11.000	11.000	0,914080	10.055	11.000

Nota: tabla con una función datos en ton/mes

En este ejemplo se muestra la aplicación de la función techo, considerando inicialmente rellenos de dos municipios separados (A y B) en los cuales se disponen 6,000 y 5,000 toneladas-mes, respectivamente. En ese caso se observa un valor diferente en el CDT<sub>j</sub>, dadas las economías de escala, por lo que el CDT del municipio A es menor que el CDT del municipio B.

Así mismo, es posible analizar el impacto si los dos municipios A y B deciden solucionar su problema de manera conjunta. En efecto, si los dos municipios deciden disponer los residuos sólidos en el relleno sanitario de A, por ejemplo, el CDT se reduce como efecto de disponer más toneladas. La tercera fila del Cuadro 34 presenta el cálculo del CDT para los municipios, el cual es menor que el de la situación cuando resolvían su problema de disposición solo. En el caso del municipio A, el CDT pasa de \$29,330 cuando se disponían \$6,000 toneladas-mes a CDT=\$22,305 cuando se reciben adicionalmente las \$5,000 toneladas-mes del municipio B. La reducción en CDT para el municipio B también es significativa (\$32,814 - \$22,305= \$10,509).

De otra parte, debido a que en el municipio A se encuentra ubicado el relleno sanitario donde disponen los dos municipios, la fórmula del CDT permite dar un incentivo a este municipio por atender un relleno regional. Este incentivo está dado por la diferencia en el CDT entre las situaciones A1 y A2. En efecto, el municipio A (o el prestador del mismo) recibirá la diferencia de cobrar un valor de \$22,305 por tonelada-mes dispuesta, si bien el valor que le correspondería como consecuencia de recibir \$12,000 toneladas-mes en el sitio de disposición es \$21,412.

#### 4.7.2. Cálculo de los parámetros AMP y BTON de la función para calcular la mínima fracción del mercado atendido sobre la que se le permite aplicar la tarifa máxima

El valor presente del incentivo tarifario,  $VP_{INC}$  en 20 años con la tasa de descuento de 13,92%, por atender más de un municipio, es la diferencia entre CDT calculado con el valor de TA que resulta de la fórmula y CDT calculado con  $TA = T$ , multiplicada por el valor presente de la cantidad de residuos sólidos dispuesta en 20 años. Esto es  $365 *$

$T * f$ , en que  $f$  es el factor que trae el flujo promedio de toneladas en 20 años a valor presente ( $f = 6,62313$ ). Suponiendo que  $TA$  es tal que siempre  $CDT < \$50.890$  (parte monótonicamente decreciente de la curva de costo unitario) y que Trecep es siempre menor que  $Fmerc * T$  (el municipio receptor es suficientemente pequeño para no acotar la fórmula de  $CDT$ ), este valor es:

$$VP_{INC} = 104.519.468 (TA^{-1} - T^{-1}) * .365 * T * f$$

$$= 104.519.468 ((Fmerc * T)^{-1} - T^{-1}) * 365 * T * f$$

$$VP_{INC} = VAL * (Fmerc^{-1} - 1); \quad \text{donde } VAL = 104.519.468 * 365 * f$$

$$VP_{INC} = VAL * ((1 - AMP * \ln(T / BTON))^{-1} - 1)$$

La forma de esta función es logarítmica para que, de una parte, el incentivo a crecer atendiendo más municipios, sea mayor para poblaciones pequeñas y, de otra, no llegue a ser excesivo en mercados grandes.

Entonces, los valores de  $AMP$  y  $BTON$ <sup>52</sup> se calcularon planteando dos ecuaciones<sup>53</sup>: una con un valor  $INC_1 = \$250$  millones para un mercado de cantidad  $T_1 = 80$  tons-día, basado en que con este excedente y con el ahorro en recolección y transporte se pagarían las estaciones de transferencia de municipios que generen menos de 20 tons-día, y la otra con un valor  $INC_2 = \$2.000$  millones para un mercado de cantidad  $T_2 = 5000$  tons-día, que se utilizaría como regalía para el municipio receptor.

#### 4.7.3. Incentivo para la ubicación apropiada del sitio de disposición final

Los ahorros por ubicación apropiada del sitio de disposición final se logran debido a que al reconocerse el costo del transporte a larga distancia, el prestador está menos restringido a buscar sitios que sean de mejores características en términos de suelos, de aguas y topográficas.

#### 4.7.4. Excedentes apropiables por el prestador o el municipio receptor por la disposición final regional

Los ahorros por economía de escala en disposición final pueden ser importantes, especialmente para municipios pequeños que se unan con otros para llevar los residuos sólidos a un relleno sanitario regional. Esto, debido a la pendiente negativa y decreciente pronunciada de la curva de costo unitario, particularmente, en el rango de cantidades menores. Por tanto, una tarifa techo única tomada por lo alto permitiría

<sup>52</sup> El parámetro  $AMP$  amplifica la curva haciendo que se llegue a valores bastante mayores de excedente apropiable para mercados grandes. El parámetro  $BTON$  corresponde al número de toneladas-día en que la curva corta el eje de la equis.

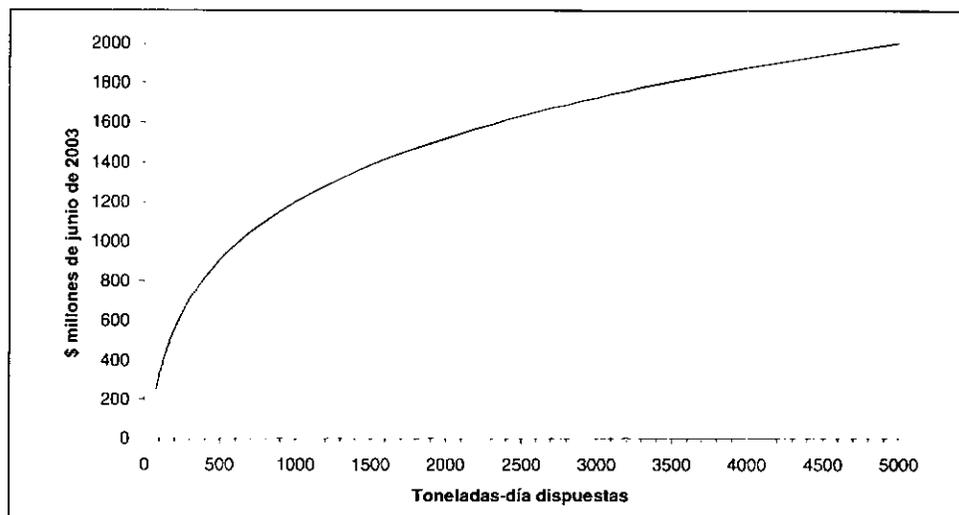
<sup>53</sup> Sean  $K1 = VAL / (INC1 + VAL)$  y  $K2 = VAL / (INC2 + VAL)$ , la solución a las dos ecuaciones es:  
 $AMP = (K2 - K1) / (\ln T1 - \ln T2)$   
 $BTON = \exp^{-1}(((1 - K1) / AMP) - \ln T1)$



una apropiación de excedentes al prestador o al municipio diferente a la que podrían recibir otros prestadores. El ajuste a las toneladas promedio-mes dispuestas en la fórmula de CDT permite que el prestador pueda cobrar una tarifa mayor cuando atiende la disposición final de varios municipios, pudiendo apropiarse de parte de este ahorro de una manera moderada, teniendo en cuenta que también debe remunerar al municipio receptor. Entre tanto, cuando atiende sólo un municipio, la tarifa máxima coincide con dicha función de costo y cuando atiende más de un municipio está acotada para que en ningún caso sea mayor que la que le correspondería al municipio receptor si resolviera su problema de disposición final solo.

En la Gráfica 20 se muestra el valor presente del excedente,  $VP_{INC}$ , máximo en 20 años o parte del ahorro que podrían tomar el prestador y el municipio receptor (incentivo para aceptar los residuos sólidos de otros municipios) según el tamaño de mercado que esté atendiendo el relleno sanitario. Como se mencionó, esta función es logarítmica para que el incentivo a crecer atendiendo más municipios sea mayor para poblaciones pequeñas y no sea excesivo en mercados grandes. Esto significa que en mercados pequeños que se unan para lograr un promedio de 80 toneladas/día esta componente contribuiría hasta con \$250 millones de junio de 2004 a la infraestructura necesaria de estaciones de transferencia, y en el extremo, un mercado como Bogotá, en caso de disponer los residuos sólidos en el relleno sanitario de otro municipio, podría pagar como regalías, de esta fuente, hasta \$2.000 millones en 20 años.

### GRÁFICA 20 VALOR PRESENTE DE LA PARTE DEL AHORRO POR DISPOSICIÓN FINAL REGIONAL QUE, COMO INCENTIVO, PODRÍA EXTRAERSE AL USUARIO



FUENTE: Cálculo de costos basado en diseños de ingeniería y función de tarifa máxima

Adicionalmente, la propuesta incentiva aún más la disposición final regionalizada de los residuos, permitiendo al relleno sanitario receptor regionalizado cobrar el costo resultante de situarse en un punto intermedio de la curva o función de costo, localizado

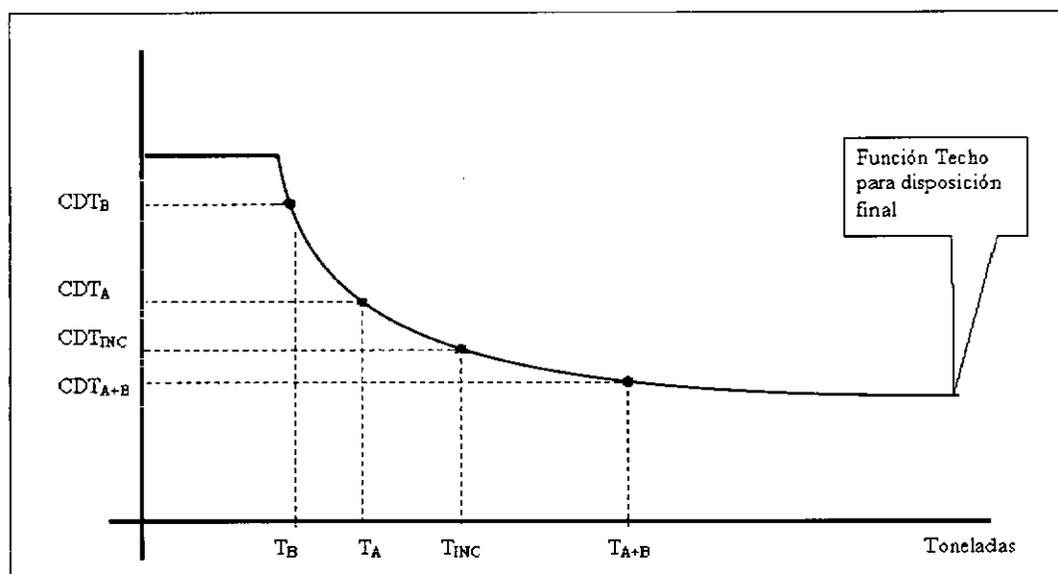
entre el punto de disposición final conjunta y el punto de la curva correspondiente a la disposición final de manera individual o local.

De esta manera, se incentiva a los rellenos sanitarios existentes a convertirse en sistemas regionales y a los futuros a planificarse y diseñarse como sistemas receptores regionales, lo que beneficia tanto a los usuarios como a las personas prestadoras. Por un lado, la persona prestadora del servicio reduce sus costos operativos, y por el otro, la tarifa de todos los suscriptores, tanto los del municipio receptor como los de los demás municipios, se beneficiarán con reducciones en sus tarifas.

De esta manera, el relleno sanitario podrá cobrar a sus suscriptores un costo de disposición final equivalente a:

$$CDT_{INC} = A + B/T_{INC}$$

**GRÁFICA 21**



**4.7.5. Provisión para las actividades de cierre, clausura y posclausura.**

Como se explicó anteriormente para la construcción de la función techo del componente de disposición final se utilizaron los valores presentes de los flujos de caja y de las toneladas dispuestas con una tasa de 13.92%. Sin embargo, el Decreto 838 de 2005 expedido por el MAVDT en su artículo 19 dispone:

*"ARTÍCULO 19. DISPONIBILIDAD DE RECURSOS ECONÓMICOS. Con el fin de garantizar la disponibilidad de recursos económicos para realizar el cierre, clausura, posclausura y posterior monitoreo de los rellenos sanitarios, toda persona prestadora del servicio público de aseo en la actividad de disposición final de residuos sólidos, deberá constituir*



y mantener una provisión, que garantice la disponibilidad permanente de las sumas acumuladas durante el periodo de operación del relleno sanitario, necesarias para construir las obras de clausura y posclausura requeridas y llevar a cabo el monitoreo por el periodo que se determine en la licencia ambiental. La forma de determinar los valores a provisionar será establecida por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico en la metodología tarifaria del servicio público de aseo”.

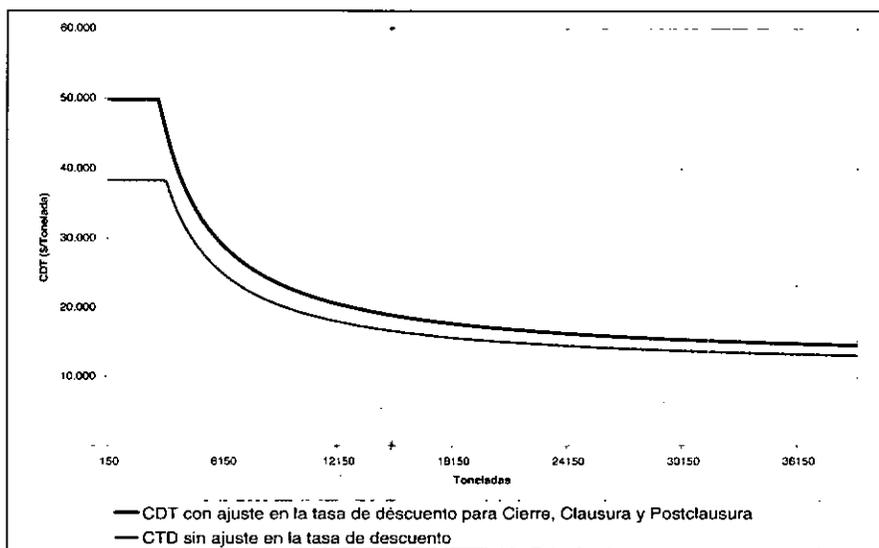
Por lo tanto, las personas prestadoras que operen rellenos sanitarios deberán garantizar la disponibilidad de recursos para las actividades de cierre, clausura y posclausura en provisiones que difícilmente podría tener una rentabilidad igual a la del sector de aseo. En efecto, una rentabilidad razonable para estas provisiones que deben estar siempre disponibles es la tasa de captación de las entidades financieras, la cual puede estar representada por los depósitos a término fijo por un periodo de 90 días (DTF real).

En este orden de ideas, y utilizando el mismo periodo de cálculo de la tasa de descuento para la DTF real, se traen a valor presente las actividades de cierre, clausura y posclausura a una tasa de 1.53% efectivo anual real.

La Gráfica 22 ilustra el efecto que tiene sobre el costo de disposición final la utilización de una tasa de descuento diferente para las actividades de cierre, clausura y posclausura.

Dado que el costo máximo de disposición final contempla el requerimiento que tiene el prestador del servicio de disposición final de constituir y mantener una provisión que garantice la disponibilidad permanente de las sumas acumuladas durante el periodo de operación del relleno sanitario, para garantizar el adecuado desarrollo de las actividades de cierre, clausura y posclausura, se establece que el prestador de la actividad de disposición final deberá destinar un porcentaje del costo de disposición final por cada tonelada dispuesta de acuerdo con el Cuadro 35.

**GRÁFICA 22**



**CUADRO 35**

TONELADAS MES	PORCENTAJE DEL CDT
ENTRE 0 Y 3.000	20%
ENTRE 3.001 Y 18.000	15%
ENTRE 18.001 Y 30.000	13%
MAS DE 30.000	10%

Este porcentaje del costo de disposición final que cada prestador deberá provisionar para las actividades de cierre, clausura y posclausura es inversamente proporcional al número de toneladas dispuestas en el sitio de disposición final. Sin embargo, teniendo en cuenta que la construcción del modelo de disposición final es teórico y que la proporción de las actividades de cierre, clausura y posclausura puede diferir dependiendo de cada sitio de disposición final, se establecieron diferentes porcentajes dependiendo del rango de toneladas que se dispongan mensualmente<sup>54</sup>.

**4.8. CRITERIO DE MINIMIZACIÓN DE COSTOS PARA LA COMBINACIÓN DE COSTOS DE TRAMO EXCEDENTE Y DE DISPOSICIÓN FINAL.**

Cuando exista más de un sitio de disposición final disponible el costo máximo a reconocer para las componentes de transporte por tramo excedente y disposición final corresponderá a aquella combinación de alternativas que minimice la sumatoria de estos dos costos, de modo que:

$$\min (CTE_{p_{Alt}} + CDT_{p_{Alt}})$$

Donde:

Min: Mínimo valor resultante de todas las alternativas Alt.

Alt: Alternativas de sitios de disposición.

Sujeto a la capacidad diaria de disposición final de cada uno de los sitios de disposición final.

Para la evaluación de las alternativas que deben ser consideradas para la minimización, se tendrán en cuenta como mínimo los sitios de disposición final ubicados hasta una distancia de recorrido vial entre el centroide y el sitio de disposición final de acuerdo con el Cuadro 36.

**CUADRO 36**

Toneladas Mes del área de servicio	Kilómetros		
	Año 2006	Año 2007	Año 2008
< 10.000	77	113	150
< 20.000	36	45	81
> 20.000	28	33	48

<sup>54</sup> Para establecer el porcentaje del costo de disposición final de cada rango, se utilizó el promedio simple del mismo.



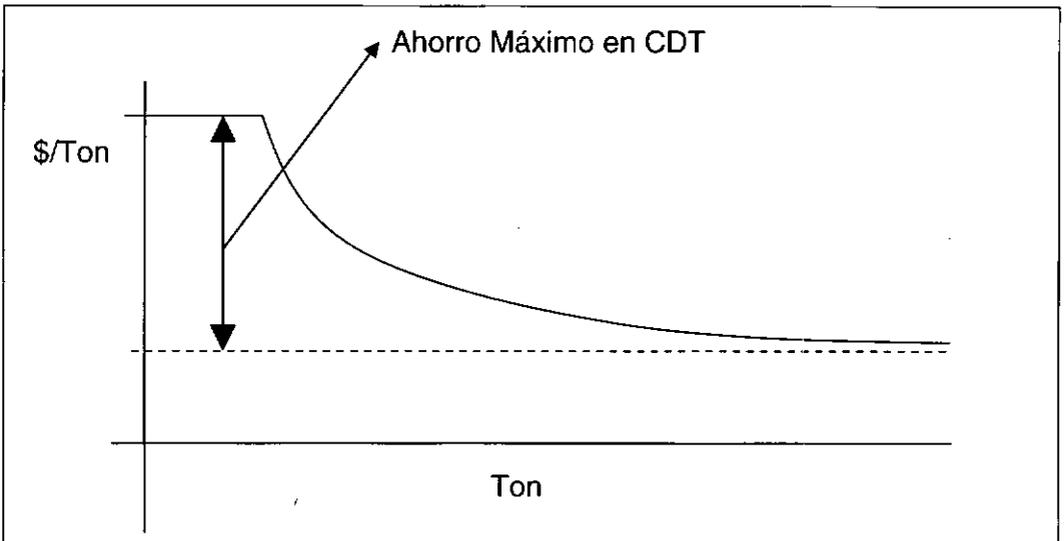
Sin embargo, la minimización que deben realizar los prestadores se encuentra restringida, es decir, que existe un máximo de ahorro posible. Para realizar dicha minimización es necesario que el ahorro en disposición final sea superior al costo por concepto de tramo excedente

$$CTE < \text{Ahorro Máximo en CDT} \quad (\text{Ecuación 1})$$

El ahorro máximo posible en disposición final a raíz de un incremento en las toneladas dispuestas está dado por la diferencia entre el punto máximo y el punto mínimo de la función de disposición final. El punto máximo de la función de disposición final corresponde a costo de disposición final de RSU3, mientras que el punto mínimo de la función será el valor asintótico, es decir, el punto en donde las toneladas dispuestas tienden a infinito.

Ahora, el costo por tramo excedente se incrementa directamente con el número de kilómetros disminuyendo los posibles ahorros generados en el componente de disposición final, de tal forma que para un número dado de kilómetros el costo por tramo excedente será superior al ahorro en disposición final. Dada esta situación, no sería procedente que las personas prestadoras analizaran dichos sitios de disposición final.

**GRÁFICA 23**



$$\text{Ahorro Máximo en CDT} = CDT_{RSU3} - 11.910 \quad (\$/\text{ton.})$$

$$\text{Ahorro Máximo en CDT} = 38.124 \quad (\$/\text{ton.})$$

Reemplazando en la Ecuación 1 se tiene lo siguiente:

$$CTE < 38.124$$

$$CT * (d - 20) < 38.124$$

Ahora bien, para el componente de transporte por tramo excedente se ha establecido una transición, por lo tanto el número de kilómetros para el cual se debe realizar la minimización será diferente para cada año de la transición.

El valor establecido en la Ecuación 1 constituye el máximo ahorro posible; sin embargo, este es el caso más extremo, es poco probable que se den estas condiciones, por un lado, para distancias tan largas es casi segura la existencia de peajes, lo cual incrementa los costos por concepto de tramo excedente. Por otro lado, en Colombia no existen rellenos de tales magnitudes para los cuales el CDT sea igual al valor asintótico de la función.

Por lo tanto, el regulador considera que para hallar la distancia a la cual las personas prestadoras deben realizar la minimización, no es necesario que la totalidad de los prestadores utilicen el máximo ahorro posible por concepto de disposición final. En consecuencia, se establecen rangos para los cuales debe realizarse la minimización dado que los posibles ahorros en disposición final disminuyen a medida que aumenta el tonelaje dispuesto.

Así las cosas, se establece el siguiente cuadro despejando la distancia (kilómetros) para los diferentes rangos de toneladas dispuestas mensualmente y el año de aplicación de la Resolución:

**CUADRO 37**

Toneladas Mes del área de servicio	Kilómetros		
	Año 2006	Año 2007	Año 2008
< 10.000	77	113	150
< 20.000	36	45	81
> 20.000	28	33	48

**4.9. CENTROIDE**

Para el cálculo del centroide, el área de prestación de servicio deberá dividirse en áreas de tamaño homogéneo como máximo de un (1) km<sup>2</sup>. Para cada una de estas áreas se establecerá un centroide particular, determinado como el centro de la figura geométrica que se constituye en el área de tamaño homogéneo. Cada uno de estos puntos se ubicará en un plano y se establecerá un promedio de los ejes de las abscisas primero, y de las ordenadas después, ponderando cada punto por el número de suscriptores que se ubican en cada área homogénea. El punto de cruce entre el promedio ponderado por los suscriptores de las abscisas y las ordenadas se determinará como el centroide del área de servicio.

El hecho de que el centroide sea ponderado por el número de suscriptores limita posibles manipulaciones por parte de los prestadores del servicio con el objeto de incluir el componente de tramo excedente. Así las cosas, las divisiones del área de prestación que concentren un mayor número de suscriptores, jalonarán la ubicación del punto definido como centroide. Por lo tanto, y dado que la probabilidad de cambios abruptos en la composición de las ciudades es baja, el cálculo del centroide será difícilmente manipulable.



La ubicación del centroide y la distancia con respecto del sitio o sitios de disposición final, para cada una de las áreas de prestación de servicio, deberá ser reportado por el prestador al momento de aplicación de la Resolución CRA 351 de 2005 a través del Sistema Único de Información SUI. De presentarse una modificación en dicho centroide igualmente deberá reportarse a dicho Sistema.

La operación del servicio de aseo, y en particular el diseño de cada microrruta debe resultar de una optimización del uso de los factores teniendo en cuenta la ubicación y la cantidad de residuos. En efecto, entre los factores generadores de costos, y para el cálculo del centroide, deberían considerarse tanto la cantidad como la localización de los residuos presentados para recolección en vez de la localización de cada suscriptor. Sin embargo, las características del servicio de aseo hacen que la medición individual para usuarios no agrupados sea una alternativa económicamente inviable con las tecnologías de referencia disponibles en la actualidad. Además, el pesaje de los residuos para los suscriptores que no sean aforados se realiza en los sitios de disposición final y no en el lugar de recolección, situación que dificulta el cálculo del centroide por peso. Por lo tanto, aunque lo ideal sería que el cálculo del centroide se realizara por peso, la Comisión considera que la aproximación a través del número de suscriptores es adecuada y facilita el proceso regulatorio.

Cada persona prestadora debe contar con un mínimo de información de tal manera que le permita tomar decisiones y dirigirse cada vez hacia una prestación del servicio con mayor eficiencia. Entre este mínimo de información se requiere tener un catastro de usuarios actualizado de tal manera que conozcan cuál es su mercado. Sin embargo, se plantea una alternativa al cálculo del centroide para las personas prestadoras que no cuenten con la información suficiente. Cabe anotar que la distancia hasta el sitio de disposición final calculada a través de esta alternativa será siempre inferior a la que se obtendría mediante el cálculo del centroide.

La alternativa consiste en que cada prestador podrá calcular la distancia a los sitios de disposición final como la diferencia en Kilómetros entre el límite del área de prestación más cercano a cada sitio de disposición final y este último. En este caso deberá informar la distancia al sitio de disposición final al SUI.

## **5. ACTUALIZACIÓN DE COSTOS Y OTROS ELEMENTOS PROPIOS DEL PRECIO TECHO**

La actualización de los precios techo del servicio de aseo permite compensar los efectos inflacionarios de la economía en los precios de los insumos incluidos en la prestación del servicio de aseo de residuos ordinarios, con base en aquellos índices con los que se cuenta actualmente.

Dado que el servicio de aseo de residuos ordinarios es complejo y reúne diferentes componentes, el efecto del cambio de precios puede afectar de diferente manera a cada uno de ellos. Por tanto, es factible que un solo índice de precios no recoja plenamente el comportamiento de cada uno de estos costos en términos de inflación.

Como consecuencia, a partir de un análisis de cada componente, se decidió utilizar índices diferentes y particulares que reflejen de la mejor forma el cambio en los costos.

- Recolección y transporte

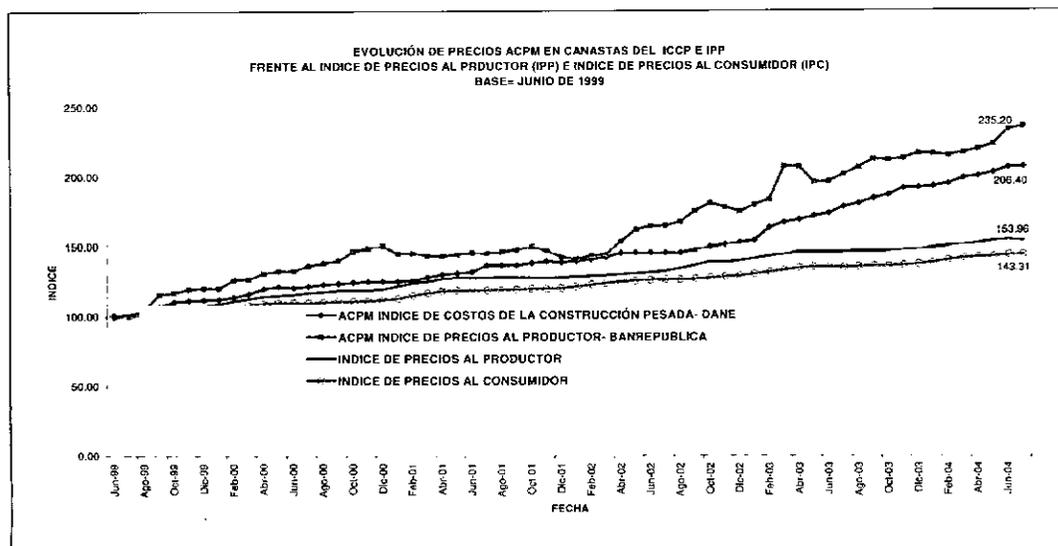
De los costos que forman parte del componente de recolección y transporte uno de los que tiene más posibilidad de tener variaciones en los precios que se alejen de forma significativa del IPC, es el relacionado con los combustibles, específicamente el ACPM. En la Gráfica 24 se observa la evolución de los precios de combustibles en el IPP e ICCP:

La evolución del precio de los combustibles se puede observar en dos índices, el Índice de Precios al Productor (IPP) del Banco de la República, que recoge la evolución de fuel oil y diesel oil ACPM, y el Índice de Costos de la Construcción Pesada (ICCP). Debido a que el IPP es un índice más completo, este fue elegido para hacer parte de la actualización de costos del componente de recolección y transporte.

Para determinar en qué ponderación debería afectar la actualización de costos del combustible a la totalidad del componente de recolección y transporte, se determinó cuál era el peso de los combustibles sobre el techo total, siendo este del 11%, por lo que el componente de recolección y transporte debería actualizarse en esta proporción por un índice de combustible.

Para el componente de transporte por tramo excedente se utiliza el mismo índice por tratarse también de un componente relacionado netamente con el transporte.

**GRÁFICA 24**





## ▪ Disposición Final

Para los costos de disposición final, y dadas las características de este servicio, se determinó tomar el índice del grupo de obras de explanación del ICCP producido por el DANE. Este componente está dominado por volquetas, buldóceres y otros equipos. Su evolución se observa en el Cuadro 38:

**CUADRO 38**  
**GRUPO ICCP: OBRAS DE EXPLANACIÓN**  
**BASE DICIEMBRE DE 1996 = 100,00**

Mes	2003	2004
Enero	137.61	143.36
Febrero	138.21	143.69
Marzo	139.36	144.39
Abril	139.39	146.7
Mayo	139.84	146.89
Junio	140.00	146.93
Julio	140.02	147.07
Agosto	140.37	147.09
Septiembre	140.97	147.09
Octubre	141.12	142.28
Noviembre	141.15	
Diciembre	141.15	

Fuente: DANE

## ▪ Barrido y Limpieza

El componente de barrido y limpieza se actualiza con la variación de salario mínimo, dado que la mano de obra es el principal insumo de este componente. La variación del salario mínimo se observa en el Cuadro 39:

**CUADRO 39**

Variación %	Decreto	Rige	Sector Urbano	Sector Rural
26.07	3074/DIC/1990	1 ENE/1991	51.720	51.720
26.04	2867/DIC/1991	1 ENE/1992	65.190	65.190
25.03	2061/DIC/1992	1 ENE/1993	81.510	81.510
21.09	2548/DIC/1993	1 ENE/1994	98.700	98.700
20.50	2872/DIC/1994	1 ENE/1995	118.933,50	118.933,50
19.50	2310/DIC/1995	1 ENE/1996	142.125	142.125
21.02	2334/DIC/1996	1 ENE/1997	172.005	172.005
18.50	3106/DIC/1997	1 ENE/1998	203.826	203.826
16.01	2560/DIC/1998	1 ENE/1999	236.460	236.460
10.00	2647/DIC/1999	1 ENE/2000	260.100	260.100
9.9	2579/DIC/2000	1 ENE/2001	286.000	286.000
8.04	2910/DIC/2001	1 ENE/2002	309.000	309.000
7.44	3232/DIC/2002	1 ENE/2003	332.000	332.000
7.83%	3770/DIC/2003	1 ENE/2004	358.000	358.000

El componente de Comercialización y Recaudo se actualiza con el IPC dado que no se encontraron razones para utilizar algún otro índice.

### 5.1. FÓRMULA GENERAL DE ACTUALIZACIÓN

Las tarifas establecidas se actualizarán ajustando el costo máximo resultante de cada componente, de conformidad con la siguiente fórmula:

$$CM_{c,t} = CM_{c,t-1} * (1 + P_{c,t} - X_{c,t})$$

Con  $j = 1, 2, \dots, J$  (componentes del servicio); y  $t = 0, 1, 2, \dots, n$  (periodos)

Donde:

$CM_{c,t}$  Costo máximo para la componente c en el período t.

$P_{c,t}$  Índice de actualización de costos para la componente c en el período t.

$X_{c,t}$  Incremento en productividad para la componente c en el período t.



## 5.2. AJUSTE DE PRECIOS

Para el primer día en que haya de aplicarse la fórmula, se hará un ajuste en forma que los valores expresados en la Resolución 351, que son precios del 30 de junio de 2004, se ajusten como se describe a continuación:

- a) El ajuste para el componente de barrido y limpieza se hará de acuerdo con el incremento del salario mínimo anual adoptado por el Gobierno Nacional.

$$P_{ByL} t = s.\min;$$

s.min= incremento del salario mínimo anual adoptado por el Gobierno Nacional.

- b) El componente de recolección y transporte se actualizará en un 89% de acuerdo con la evolución del IPC, y en un 11% de acuerdo con la evolución del rubro de *Combustible Fuel Oil y Diesel Oil ACPM (ICFO)* que hace parte del IPP calculado por el Banco de la República; de modo que el resultado sea igual al que expresa la siguiente fórmula:

$$P_{RyT} t = \left( \frac{IPCC_t - IPCC_0}{IPCC_0} \right)$$

$$IPCC_t = IPC_t^{0,89} * ICFO_t^{0,11}$$

Donde el subíndice "0" se refiere al periodo anterior.

Esta forma de ponderar el índice tiene la ventaja de respetar los cambios en el año base que eventualmente puedan presentarse en una serie, como se observa en el Cuadro 40:

**CUADRO 40**

t	ICFT	IPC		Sumatoria		Productoria
1	79,4	97,1	95,67		95,53	
2	91,3	96,1	95,73	0,06%	95,72	0,19%
3	93,7	95,1	95,03	-0,73%	95,03	-0,73%
4	94,4	96,1	95,98	1,01%	95,98	1,01%
5	97,6	98,1	98,02	2,13%	98,02	2,13%
6	100,0	100,0	100,00	2,02%	100,00	2,02%
7	115,9	101,9	103,06	3,06%	102,99	2,99%
8	123,8	103,9	105,48	2,35%	105,35	2,29%
9	150,8	106,8	110,32	4,59%	109,78	4,21%
<b>Resultados con cambio de año base</b>						
1	100,0	100,0	100,00		100,00	
2	115,0	99,0	100,28	0,28%	100,19	0,19%

t	ICFT	IPC		Sumatoria		Productoria
3	118,0	98,0	99,60	-0,68%	99,47	-0,73%
4	119,0	99,0	100,60	1,00%	100,47	1,01%
5	123,0	101,0	102,76	2,15%	102,60	2,13%
6	126,0	103,0	104,84	2,02%	104,67	2,02%
7	146,0	105,0	108,28	3,28%	107,81	2,99%
8	156,0	107,0	110,92	2,44%	110,28	2,29%
9	190,0	110,0	116,40	4,94%	114,92	4,21%

IPCC<sub>t</sub>: Índice combinado de precios al consumidor y combustible, en el periodo t

- c) El componente de transporte excedente se actualizará de la misma forma que el de recolección y transporte

$$P_{TE} t = \left[ \frac{IPCC_t - IPCC_0}{IPCC_0} \right]$$

$$IPCC_t = IPC_t^{0,89} * ICFO_t^{0,11}$$

El año base (=100) de los índices IPC e ICFO será junio de 2004, de modo que se contemple lo siguiente:

$$IPC_t / IPC_{jun04} ; ICFO_t / ICFO_{jun04}$$

- d) El componente de Disposición final se actualizará de acuerdo con la evolución del índice del grupo de obras de explanación (IOExp), que hace parte del Índice de Costos de Construcción Pesada (ICCP) elaborado por el DANE

$$P_{DF} t = \left[ \frac{IOExp_t - IOExp_0}{IOExp_0} \right]$$

- e) El componente de facturación y recaudo se actualizará de acuerdo con el IPC

$$P_{FyR} t = \left[ \frac{IPC_t - IPC_0}{IPC_0} \right]$$

El periodo de estimación de los índices establecidos para la actualización será mensual. Su aplicación para cada uno de los componentes se sujetará a lo establecido por el artículo 125 de la Ley 142 de 1994.



### 5.3. EL FACTOR X

En una metodología de precios techo el factor X representa los incrementos en productividad que puede tener la firma y que serán repartidos a los usuarios. Para la estimación de este factor existen varias metodologías. Sin embargo, para la determinación de los "X" particulares del servicio de aseo, la falta de información imposibilitó la utilización estricta de algunos de estos, razón por la cual se utilizó el dato de productividad nacional en un periodo de tiempo, y este se distribuyó entre los diferentes componentes del servicio.

#### 5.3.1. Definición

Si una actividad productiva en particular está obteniendo una mejor remuneración para los factores productivos empleados, se entiende que esta ha aumentado sus niveles de productividad. Así mismo, la economía en general está también sujeta a cambios en la productividad que se pueden vislumbrar a través de incrementos en el producto (PIB), exportaciones, ahorro, etc. Tales cambios, en la economía de un país, pueden redundar en un aumento de costos para un sector específico, ya que los factores que demanda este sector están mejor remunerados.

En ese sentido, el factor X se define como el balance entre la productividad del sector y la productividad de la economía en general, por tanto, su cálculo implica dos mediciones de productividad, una para un sector específico y otra para la economía del país. En el caso de que la productividad de un sector crezca al mismo ritmo que la de la economía, sus mayores beneficios deben ser empleados íntegramente para remunerar a los factores, por lo que no hay excedentes para transferir a los usuarios y el factor X será neutro.

De otra parte, en aquellos sectores donde se presentan constantes e importantes avances tecnológicos, como en el sector de informática y telecomunicaciones, se presume que los aumentos en la productividad estarían por encima de otros sectores, como el agua potable y saneamiento básico, donde los cambios en los niveles de productividad estarían asociados en mayor medida a la optimización de los factores productivos (capital y trabajo).

#### 5.3.2. Factor X en el mecanismo de precio techo

Como se mencionó anteriormente, el esquema de regulación por precios techo implica que las tarifas son afectadas por un índice de precios y un factor de productividad X, que tiene como objeto trasladar a los consumidores el efecto de los aumentos en la productividad, o la reducción de costos.

Si la empresa genera niveles de productividad por encima de la X fijada, ésta obtiene beneficios superiores a los esperados, mientras que las empresas que tengan un comportamiento ineficiente en relación con la evolución de su productividad y aquella establecida regulatoriamente, quedan penalizadas, pues el margen entre sus ingresos y sus costos sería menor que el que obtienen aquellas empresas que consiguen ganancias de productividad superiores al X.

El problema que enfrenta el regulador es el de establecer una tasa de incremento de la productividad con base en una predicción de las tendencias de productividad total de los factores que se esperan que ocurran en el sector en el siguiente periodo regulatorio. La principal dificultad radica en la de predecir o medir las tendencias que se pueden presentar en el sector. Técnicamente existen varias maneras de determinar el factor de productividad para un sector determinado. No obstante, cada una de ellas presenta algunas dificultades, y su utilización depende del tipo y de la calidad de información con que cuente el regulador sobre el sector.

En algunos países, como Estados Unidos y Canadá, las entidades encargadas de las estadísticas macroeconómicas son las responsables de reportar el cálculo del índice de productividad para la economía. Esta medida refleja el producto por unidad de todos los factores de producción (tales como capital, trabajo y servicios) y existen varias formas de medirlo.

En cambio, en países menos desarrollados, incluida Colombia, este cálculo no es sistemático, aunque existen estudios que han hecho cálculos de este valor. En este caso, su posible uso está supeditado a un análisis de la rigurosidad del cálculo. Por ejemplo, Mauricio Cárdenas en un estudio reciente<sup>55</sup> afirma que la productividad del país durante el período 1990-1999 fue negativa y que oscila entre  $-0.71\%$  y  $-0.97\%$ , pero el estudio apunta a encontrar una relación entre el bajo desempeño de la economía y la persistencia de la violencia y la inseguridad, y no a calcular explícitamente la Productividad Total de Factores.

### ***5.3.3. Algunas consideraciones para la determinación de factor X en la regulación tarifaria del servicio de aseo.***

Aquellos sectores, especialmente intensivos en capital y que presentan constantes innovaciones tecnológicas, pueden generar incrementos en la productividad. Tal es el ejemplo de las telecomunicaciones, en donde dichos cambios han redundado en precios accesibles y acceso a tecnologías que repercuten sobre las actividades de otros sectores, haciéndolas más eficientes.

No es el caso del servicio de aseo, el cual no presenta cambios tecnológicos permanentes que permitan generar incrementos significativos en los niveles de productividad, de tal forma que estos estarían asociados únicamente a la optimización de los factores empleados, los cuales se traducirían básicamente en la reducción de costos de producción.

Por lo anterior, el determinar un factor de productividad para el sector por parte del regulador requiere contar con información completa y de calidad sobre el comportamiento del mismo. Como se describió anteriormente, su utilización demanda contar con información muy amplia, que en el caso del servicio de aseo en Colombia es insuficiente para la exigencia requerida.

<sup>55</sup> Ver al respecto, Mauricio Cárdenas, "Economic growing Colombia: A reversal of fortune?" en Archivos de Economía 179, Mimeo DNP, Bogotá, 2002.



Una manera posible de determinar dicho factor para el sector es partir de una aproximación del comportamiento de la productividad de la economía en general, el cual es posible determinar por medio de los métodos descritos o a través de modelos de crecimiento económico endógeno (residuo de Solow).

Sin embargo, y de acuerdo con algunos estudios realizados por Mauricio Cárdenas y por el Banco de la República<sup>56</sup>, el comportamiento de la productividad presenta una tendencia negativa. Para este último, y de acuerdo con ejercicios econométricos del comportamiento del crecimiento económico, la productividad en el periodo 1951 – 1980 se reduce en un 2.2% anual, mientras que al considerar el periodo 1951 – 2002, la productividad no presenta cambio alguno, siendo del 0%, lo cual es concordante con el estudio de Cárdenas<sup>57</sup>.

De acuerdo con la consultoría elaborada por Econometría<sup>58</sup>, un plan tarifario basado en precio techo tiene sentido sólo si sus beneficios se comparten con el usuario final, a través de varios mecanismos, uno de ellos por medio del factor de productividad X. El consultor tomó como base el comportamiento de la productividad en general para Colombia durante el periodo de auge 1991 – 1995, en el cual, según el DNP<sup>59</sup>, creció a un ritmo de 0.9%. Según el consultor, este cálculo podría tomarse como una cota superior al ritmo de crecimiento de la productividad esperada para los próximos 5 años si la economía retorna a un ritmo de crecimiento similar al del primer quinquenio de los años 90.

Por esta razón, la nueva metodología tarifaria ha establecido factores de productividad para cada uno de los componentes del servicio de aseo de la siguiente manera:

X1	Barrido y Limpieza =	0,0025	(0,25% por año).
X2	Recolección y Transporte =	0,005	(0,5% por año).
X3	Disposición Final =	0,005	(0,5% por año).
X4	Costo de comercialización por suscriptor =	0,005	(0,5% por año).
X5	Costo de manejo de recaudo <sup>60</sup> =	0,1374	(13,74% por año).

<sup>56</sup> Sergio Clavijo, Borradores de Economía. Productividad y la nueva economía. Enero de 2003.

<sup>57</sup> No obstante, y según el texto del Banco de la República, estas estimaciones presentan problemas de autocorrelación serial, aunque todas ellas son series integradas de orden 1. Así mismo, la serie observada considera un periodo de tiempo largo que recoge varios estados del ciclo económico, que en principio no es comparable con los periodos regulatorios de 5 años.

<sup>58</sup> Econometría Consultores. Estudio de Regulación Tarifaria del Servicio de Aseo. Diseño de Regulación Tarifaria Fase III. Junio de 2004.

<sup>59</sup> Fabio Sánchez, Jorge Iván Rodríguez, Jairo Núñez. Evolución y Determinantes de la Productividad en Colombia. Cuadernos de Macroeconomía No. 50. Departamento Nacional de Planeación. Agosto de 1996.

<sup>60</sup> El elevado valor de x5 responde a que en este caso se trata de un componente que reconoce un margen adicional por efecto del manejo del recaudo, que disminuirá paulatinamente hasta llegar a un punto en el que solo se reconoce un determinado porcentaje (relativamente alto) de eficiencia en el recaudo.

Para el componente de barrido y limpieza los incrementos en productividad esperados son menores que para los demás componentes, dadas las características propias de esta actividad. Para el resto de los componentes, se estableció un factor de productividad del 0.5% por año, el cual se encuentra por debajo de la cota máxima del 0.9%<sup>61</sup>.

Los anteriores factores se han fijado con base en el comportamiento del ciclo económico, el cual, según Fedesarrollo<sup>62</sup>, actualmente se encuentra dentro del ciclo positivo, pero presenta una evolución menos acelerada que la presentada en los años 90, de tal forma que se adoptaron valores inferiores a los calculados en el estudio del DNP antes citado.

Con estos factores de productividad se generaría un incentivo para bajar los costos medios de prestación por componentes del servicio de aseo en un 2.5% promedio para los próximos 5 años.

## **6. METODOLOGÍA PARA CALCULAR LAS TARIFAS MÁXIMAS POR COMPONENTE DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO DE RESIDUOS ORDINARIOS**

Los costos presentados en las secciones anteriores se transforman en tarifas atendiendo las transformaciones por subsidios, contribuciones e inclusión del pesaje, tal como se muestra en la Resolución.

Para obtener las tarifas asociadas a recolección y transporte, tramo excedente y disposición final, es necesario multiplicar los costos de cada una de estas actividades, que se encuentran en pesos por tonelada, por el resultado del pesaje, es decir, el TDi hallado por estrato. A este resultado, se le adiciona la parte que corresponde a la recolección y transporte, tramo excedente y disposición final de los residuos de barrido.

Entre tanto, la tarifa asociada al barrido y limpieza de vías y áreas públicas se obtiene al multiplicar el costo que determina el prestador por esta actividad (CBL) y los kilómetros de cuneta adicionales a los establecidos en el Parágrafo 2 del Artículo 7 de la Resolución CRA 351 de 2005, que se le barren al suscriptor o grupo de suscriptores que solicitan una frecuencia mayor. Asimismo, cuando existe más de un área de prestación del servicio, es necesario adicionar el resultado de la multiplicación del costo de barrido y limpieza promedio de los prestadores y el cociente entre el total de kilómetros de cuneta barridos por todos los prestadores y el número total de suscriptores atendidos por los prestadores.

Por otra parte, la actividad de comercialización, a diferencia de los componentes de recolección y transporte, tramo excedente y disposición final, no tiene asociada una tarifa única para esta actividad, dado que el costo de comercialización por suscriptor (CCS) hace parte de la tarifa del manejo del recaudo.

<sup>61</sup> El X6 se estructura esperando un aumento de la eficiencia en el recaudo general de un 93% a un 96%.

<sup>62</sup> Mauricio Cárdenas, Director. Situación actual y perspectivas de la economía colombiana. Seminario ANIF- Fedesarrollo. Febrero 12 de 2004.



Para efectos de calcular el valor de la tarifa del componente de manejo del recaudo, la fórmula que aparece en la Resolución se deduce de la siguiente forma:

$$TFR_i = [CCS + TMR_f + TMR_v]$$

Donde:

CCS Costo de comercialización por factura cobrada al suscriptor.

$TMR_f$  Tarifa de Manejo de Recaudo Fijo.

$TMR_v$  Tarifa de Manejo de Recaudo Variable.

Donde:

$$TMR_f = (CCS + [(k_i + K / NB) * CBL] * Q) * 0,0752$$

$$TMR_v = \left\{ CMR_{RT} * TD_i + \overline{CMR_{RT_b}} * \frac{TB}{NB} + CMR_{TE_p} * TD_i + \overline{CMR_{TE_b}} * \frac{TB}{NB} + CMR_{DT_p} * TD_i + \overline{CMR_{DT_b}} * \frac{TB}{NB} \right\} * Q$$

Donde:

$$CMR_{RT} = 0,0752 * CRT$$

$$CMR_{RT_b} = 0,0752 * \overline{CRT_b}$$

$$CMR_{TE_p} = 0,0752 * CTE_p$$

$$\overline{CMR_{TE_b}} = 0,0752 * \overline{CTE_b}$$

$$CMR_{DT_p} = 0,0752 * CDT_p$$

$$\overline{CMR_{DT_b}} = 0,0752 * \overline{CDT_b}$$

Lo anterior se puede expresar como:

$$TMR_f = (CCS + TBL_i) * 0,0752$$

$$TMR_v = (TRT_i + TTE_i + TDT_i) * 0,0752$$

Lo que se muestra con lo anterior es que, tanto en términos de costos como de tarifas, la adición a la tarifa, por concepto de manejo del recaudo, no puede ser mayor del 7,5% de la misma. No obstante, ésta tendrá una disminución anual importante por el factor de productividad hasta el año 2010.

Finalmente, para obtener la tarifa final del servicio de aseo se calcula la siguiente suma:

$$Ti = (TFR + TBL + TRT + TTE + TDF)$$

Y el resultado anterior se multiplica por los factores subsidios y contribuciones, como se muestra a continuación:

$$T_i = (TFR + TBL + TRT + TTE + TDF) * (1 + f_i)$$

Donde:

$f_i$  = factor de subsidio, con signo negativo o de contribución con signo positivo, aplicado al suscriptor del estrato  $i$ .

$i$  = 1... 9 estratos o categorías de uso (1...6 estrato residencial, 7 pequeños productores no residenciales, 8 grandes productores no residenciales, 9 oficial y especial)

De este modo, se obtiene la tarifa final del servicio de aseo que se aplica al usuario después de incorporar los subsidios y las contribuciones<sup>63</sup>.

### **6.1. REGLAS ESPECIALES Y METODOLOGÍA PARA CALCULAR LAS TARIFAS MÁXIMAS POR COMPONENTE DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO EN LOS CASOS EN QUE EXISTA MÁS DE UN ÁREA DE PRESTACIÓN DE SERVICIO EN UN MISMO MUNICIPIO<sup>64</sup>.**

Cuando exista más de un área de prestación de servicio en el área municipal, es factible que se presenten inequidades debido a las condiciones diferentes de prestación del servicio como las densidades donde se practica el barrido.

Para solucionar esto, en principio se plantea que los kilómetros barridos por cada prestador sean proporcionales al número de usuarios de cada prestador de recolección y transporte. En este sentido, el área de barrido de vías y áreas públicas que corresponde a cada prestador puede o no coincidir con el área geográfica de prestación del servicio. Como consecuencia, la responsabilidad por la prestación del barrido y limpieza de la totalidad de las vías y áreas públicas corresponde conjuntamente a todos los prestadores de dicho servicio, quienes deberán acordar los mecanismos para garantizar la efectiva prestación del servicio en toda el área urbana del respectivo municipio.

En tal sentido, se deberán delimitar claramente las vías y áreas públicas cuyo barrido y limpieza son responsabilidad de cada uno de los prestadores, así como las frecuencias correspondientes, señalando el responsable de la recolección y transporte de dichos residuos, y la forma de distribuir los costos correspondientes entre prestadores.

Así mismo, los prestadores de la totalidad del área municipal tendrán la obligación de establecer mecanismos para que los ingresos finales por actividades relacionadas con el barrido (recolección y transporte, el tramo excedente y la disposición final de estos residuos) sean consecuentes con los ingresos que cada operador debió percibir. En

<sup>63</sup> Un ejemplo sobre el particular se puede ver en el Anexo 2.

<sup>64</sup> Idem.



principio se reconoce, por los residuos de barrido, la misma cantidad a los prestadores de recolección y transporte, transporte por tramo excedente y disposición final.

### 6.1.1. Costo de Recolección y Transporte promedio de barrido para el prestador $i$ ( $CRT_b$ )

Para efectos de calcular el valor de la tarifa del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\overline{CRT_b} = \frac{\sum CRT_j * T_{Bj}}{Q_b}$$

Donde:

$Q_b$  Toneladas recogidas de barrido y limpieza por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio, en el periodo de producción de residuos.

$CRT_j$  Costo de recolección y transporte, por tonelada recogida de residuos ordinarios para el prestador  $j$ .

$T_{Bj}$  Toneladas de barrido transportadas por el prestador  $j$  en el área de servicio.

Ahora bien, para efectos de establecer la remuneración de los operadores en un mismo municipio, en particular, para el componente de recolección y transporte de residuos provenientes de la actividad de barrido, se deberán fijar mecanismos que garanticen la efectiva prestación del servicio de tal forma que las diferencias entre los costos de prestación y los dineros recaudados por cada prestador sean debidamente asignados. La siguiente fórmula muestra uno de los posibles mecanismos que podrían utilizar los prestadores para alcanzar la adecuada asignación de los recursos:

$$\overline{RI_{rt}} = [ \overline{CRT_b} * (Q_b / N) - CRT_j * (T_{Bj} / N_j) ] * N_j$$

$RI_{rt}$  Remuneración por interconexión para el prestador  $j$  para recolección y transporte asociado con el barrido.

$T_{Bj}$  Toneladas recogidas de barrido y limpieza por el prestador  $j$  que operan en el suelo urbano del municipio, en el periodo del mes de facturación.

$N_{ij}$  Número de suscriptores del prestador  $j$ .

### 6.1.2. Costo de Transporte Excedente promedio de barrido para el prestador $i$ ( $CTE_b$ )

Para efectos de calcular el valor de la tarifa del presente componente se aplicará la siguiente fórmula:

$$\overline{CTE}_b = \frac{\sum_j CTE_j * T_{BTE_j}}{\sum_j T_{BTE_j}}$$

Donde:

$CTE_j$  Costo de transporte excedente para el prestador j.

$T_{BTE_j}$  Toneladas de barrido transportadas por tramo excedente por el prestador i desde el área de servicio al sitio de disposición final.

Al igual que para el componente de recolección y transporte, para el componente de transporte por tramo excedente, cuando este exista, se deberán establecer mecanismos que garanticen la efectiva prestación del servicio de tal forma que las diferencias entre los costos de prestación y los dineros recaudados por cada prestador sean debidamente asignados.

La siguiente fórmula muestra uno de los posibles mecanismos que podrían utilizar los prestadores para alcanzar la adecuada asignación de los recursos:

$$RI_{te} = [ \overline{CTE}_b * (TB / N) - CTE_j * (TB_j / N_j) ] * N_j$$

Donde:

$RI_{te}$  Remuneración por interconexión para el prestador j para transporte excedente asociado con el barrido.

$TB_j$  Toneladas recogidas de barrido y limpieza por el prestador j que operan en el suelo urbano del municipio, en el periodo de facturación.

$N_{ij}$  Número de suscriptores del prestador j.

### 6.1.3. Costo de Disposición final promedio de barrido para el prestador j ( $CDT_j$ ).

Para efectos de calcular el valor de la tarifa del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\overline{CDT}_b = \frac{\sum_j CDT_j * T_{BD_j}}{\sum_j T_{BD_j}}$$

Donde:

$CDT_j$  Tarifa techo para el suscriptor i por la componente de disposición final.

$T_{BD_j}$  Toneladas de barrido dispuestas por el prestador i.

La siguiente fórmula muestra uno de los posibles mecanismos que podrían utilizar los prestadores para alcanzar la adecuada asignación de los recursos:



$$RI_{dt} = [ \overline{CDT}_b * (TB / N) - CDT_j * (TB_j / N_j) ] * N_j$$

Donde:

$RI_{dt}$ : Remuneración por interconexión para el prestador j para disposición final asociado con el barrido.

$TB_j$ : Toneladas recogidas de barrido y limpieza por el prestador i que operan en el suelo urbano del municipio, en el periodo de facturación.

$N_j$ : Número de suscriptores del prestador j.

## 6.2. CANTIDAD DE RESIDUOS POR IMPLEMENTAR (TDI)

El cálculo de las toneladas-mes presentada para recolección por el suscriptor i,  $TD_i$ , se establece en la Resolución CRA 352 de 2005.

## 7. DETERMINACIÓN DE LOS GRANDES PRODUCTORES

El Artículo 1o. del Decreto 1713 de 2002 define:

*"Grandes generadores o productores. Son los usuarios no residenciales que generan y presentan para la recolección residuos sólidos en volumen superior a un metro cúbico mensual".*

La nueva metodología tarifaria mantiene el límite establecido en la ley para la clasificación de grandes productores y pequeños productores, pero para efectos del cobro tarifario subdivide la categoría de grandes productores en dos categorías. La razón para ello es que existe un límite a partir del cual es posible que se generen ganancias en eficiencia en la prestación del servicio de recolección y transporte de residuos, y por lo tanto una reducción en el costo unitario de recolección y transporte.

De otra parte, la competencia por este tipo de usuarios es factible, dado que no existen economías de densidad, contigüidad o continuidad que pudieran perderse de tal forma que la eficiencia en la prestación del servicio se viera afectado. Por tanto, las características de los costos ocasionados a las personas prestadoras por este tipo de usuarios son diferentes, lo que da lugar a costos de referencia diferentes, los cuales serán pactados libremente entre el prestador y el usuario por debajo del techo regulado, teniendo en cuenta las características del usuario.

En este orden de ideas, todos los grandes productores que generen un volumen superior o igual a seis metros cúbicos mensuales podrán pactar libremente las tarifas correspondientes a la recolección y transporte de residuos domiciliarios por debajo de la tarifa techo establecida por la CRA. Los acuerdos con los prestadores incluirán la medición de los residuos objeto del servicio. Las tarifas correspondientes a tramo excedente y a disposición final, podrán ser libremente pactadas por estos suscriptores

cuando, en cada caso, la CRA establezca que efectivamente hay condiciones de competencia entre oferentes, situación que será periódicamente evaluada por la misma CRA.

Para la determinación del valor de  $6\text{m}^3$  se hizo un ejercicio de campo en un gran productor (Corabastos), donde se tomaron tiempos de llenado de los camiones (tiempo mínimo, tiempo de acomodamiento y el tiempo improductivo). Suponiendo una densidad de  $250\text{ kg/m}^3$  y reemplazando los tiempos resultantes en el modelo de costos de recolección y transporte, se hallaron los costos de recoger al gran productor por  $\text{m}^3$ , incluyendo el costo del aforo. El resultado fue de  $5,7\text{ m}^3$ , con una frecuencia de 3 veces por semana, cifra que se aproxima a  $6\text{ m}^3$ .

### 7.1. EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN EN LA PRESENTACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS SOBRE EL COSTO DEL SERVICIO.

En el desarrollo de la nueva metodología tarifaria también se analizó si el hecho de presentar los residuos de manera más concentrada, es decir, en mayor cantidad por punto de recolección (por ej. Multiusuarios) afecta el costo del componente de recolección y transporte. En otras palabras, el problema consiste en encontrar si el costo por tonelada de residuos sólidos es distinto cuando el camión circula a una velocidad constante y los acompañantes van cargándolo de bolsas relativamente pequeñas y uniformemente distribuidas en el recorrido, frente a una situación en que tiene que hacer paradas frecuentes para cargar en cada una cierta cantidad en promedio mayor.

Se hicieron dos ejercicios basados en la información obtenida en la muestra de empresas. En el primero de ellos, se tomaron los tiempos de recolección y la categorización de las rutas a que corresponden en función de la concentración urbana en términos de predominancia de áreas con edificios, condominios, centros comerciales o similares, predominancia de áreas de construcciones de una o dos plantas, o mixta (sin predominancia de ninguna de las dos anteriores), tratando de encontrar una relación por métodos estadísticos entre estas variables.

En el segundo ejercicio, se tomó la información del número de vehículos de recolección, la cantidad total de residuos sólidos dispuestos, el número de grandes productores y la cantidad recogida a estos grandes usuarios. Se trató de estimar una función que permitiese calcular el número de vehículos en función de estas otras variables.

### 7.2. TIEMPO DE RECOLECCIÓN EN UN VIAJE VS. NIVEL DE CONCENTRACIÓN URBANA DE LA RUTA

En el cuadro 4.14 se muestra el resultado de la estimación del modelo estadístico con variables dicótomas ("dummy"):

$$h = a + b.D_1 * N + c.D_2 * N \times d.D_3 * N + \varepsilon$$



Donde:

$h$  tiempo de recolección en un viaje,

$N$  Número de usuarios de la ruta (se tomó el promedio del rango preguntado en la encuesta),

$D_1$  1 si en la ruta predominan edificios, condominios, centros comerciales o similares, o 0 de lo contrario,

$D_2$  1 si en la ruta predominan construcciones de una o dos plantas, o 0 de lo contrario,

$D_3$  1 si la ruta es mixta, o 0 de lo contrario,

$a, b, c$  y  $d$  son los coeficientes a estimar del modelo y  $\epsilon$  el término de error.

Como se observa en el Cuadro 41, el coeficiente de correlación múltiple, y las estadísticas  $t$ , con excepción de la constante, son bajos, es decir, la concentración predominante en la ruta no tiene significancia estadística alguna sobre los tiempos de recolección por viaje<sup>65</sup>.

**CUADRO 41**  
**TIEMPO DE RECOLECCIÓN POR VIAJE EN FUNCIÓN DE NÚMERO DE USUARIOS Y CONCENTRACIÓN PREDOMINANTE DE LA RUTA**

RESULTADOS AJUSTE DEL MODELO	CONCENTRACIÓN PREDOMINANTE			CONSTANTE
	MIXTA	BAJA	ALTA	
Coefficientes - horas por usuario	0:00:01	0:00:02	0:00:01	4:26:30
Error estándar de coeficientes	0:00:02	0:00:02	0:00:03	0:55:35
Prueba $t$	0,62	0,96	0,33	4,79
Número de observaciones	1.137			
$R^2$	0,1%			
Prueba F	0,38			

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

La hipótesis de partida que soporta el segundo ejercicio es que existe una tendencia a requerirse menos vehículos al prestar el servicio de aseo a grandes productores, que al hacerlo a usuarios residenciales o pequeños productores. El requerimiento

<sup>65</sup> Se ensayó hacer el análisis de diferencias de tiempos promedios, esto es, el modelo anotado sin multiplicar las variables "dummy" por el número de usuarios y quitando una "dummy" para que no haya multicolinealidad; el resultado fue aún inferior.

de vehículos está relacionado con el tiempo de recolección necesario para cargar el camión en un viaje, por lo que, de probarse esta hipótesis, se está indirectamente mostrando que el tiempo de recolección por viaje tiende a ser menor al prestar el servicio a grandes productores. Desde luego, menos vehículos, requieren menos inversión, menos personal y en general menos costos de operación.

Esta hipótesis se fundamenta en la consideración de los tiempos de recolección en los casos extremos: uno, el de llenar el camión en un solo sitio, en que se logra el menor tiempo de recolección, y el otro, el de llenar el camión en un número muy grande de sitios, desde luego formando una ruta, a usuarios que presentan cantidades mínimas de basura cada uno, resultando el tiempo de recolección enorme<sup>66</sup>. Sobre esta base, se planteó el siguiente modelo lineal:

$$N_c = a + b.Q_G + c.U_G + d.Q_P + \varepsilon \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

- $N_c$       Número de vehículos de recolección de un mercado-empresa de la muestra
- $Q_G$       Cantidad de residuos sólidos (toneladas) por mes de los grandes productores de ese mercado-empresa
- $U_G$       Número de grandes productores de ese Mercado-empresa
- $Q_P$       Cantidad de residuos sólidos (toneladas) por mes de los usuarios residenciales y pequeños no residenciales de ese Mercado-empresa.

$a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  son los coeficientes a estimar del modelo y  $\varepsilon$  el término de error.

En este modelo, el aporte marginal al número total de vehículos por tonelada de residuos sólidos de un usuario residencial o pequeño no residencial es  $d$  y de un gran productor es  $b$ . Se espera que este aporte sea mayor o igual que cero en ambos casos y que  $d$  sea menor o igual que  $b$ <sup>67</sup>. La contribución marginal por gran productor, parámetro  $c$ , indica, para una misma cantidad de residuos sólidos, cuántos vehículos adicionales se requieren por cada usuario grande adicional. Por tanto, a medida que hay más usuarios grandes, manteniendo constante la cantidad de residuos sólidos que estos producen, el promedio de residuos por usuario grande se disminuye (se va acercando al de usuarios pequeños) por lo que se espera que se requieran más camiones ( $c > 0$ ). Así, se espera que todos los parámetros del modelo 1 sean positivos<sup>68</sup> y que  $d \leq b$ .

<sup>66</sup> En la medida que la presentación por usuario en la calle sea menor, el número de usuarios requeridos para llenar un camión de determinada capacidad será mayor; entonces se requerirá una longitud de ruta mayor o cambiar a un camión de menor capacidad. Como el tamaño menor de camión utilizable es limitado, a partir de cierta cantidad presentada por usuario la única posibilidad de acomodamiento será la longitud de la ruta, y, puesto que la velocidad máxima del vehículo también tiene límite, el tiempo de recolección necesario para llenar el camión crecerá.

<sup>67</sup> Si  $d > b$  y  $c$  es positivo siempre se requerirían más vehículos para prestar el servicio a grandes productores, lo cual contradice la hipótesis de partida; si  $c$  es negativo, no importa el valor de  $d$ , se contradice el primer caso extremo que fundamenta la hipótesis de partida, como se explica adelante en el texto.

<sup>68</sup> Incluyendo la constante  $a$ , pues no tiene sentido el requerimiento de un número mínimo de vehículos negativo.



Bajo la hipótesis de partida, se espera que la recolección de una misma cantidad,  $Q$ , de residuos sólidos, solo a grandes productores, requiera un número de vehículos menor o igual que el de hacerlo solo a usuarios pequeños, esto es,

$$b \cdot Q + c \cdot U_G \leq d \cdot Q \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dividiendo la desigualdad 4.2 por  $U_G$  y despejando  $Q/U_G$ , se obtiene que

$$Q / U_G \geq c / (d - b)$$

Es decir, existe un límite de la producción promedio por usuario grande a partir del cual es válida la hipótesis de partida. Este límite puede resultar menor, igual o mayor que la producción promedio de los usuarios residenciales y pequeños no residenciales,  $PPU_p$ , de manera que: si es menor, hay en principio una inconsistencia, pues por definición los usuarios grandes producen más residuos sólidos; si es igual, valida la hipótesis de partida en todo el rango factible, esto es siempre que la producción promedio por usuario grande,  $PPU_G$ , satisfaga  $PPU_G \geq PPU_p$ ; y si es menor valida la hipótesis en un subconjunto del rango factible, quedando un intervalo para el valor de  $PPU_G$  en el que se requeriría un número mayor de vehículos para atender a los grandes productores en relación con el necesario para los usuarios pequeños, este es,

$$PPU_p < PPU_G \leq c / (d - b).$$

Para un número constante de grandes productores  $U_G$ ,  $c / (d - b)$  es el punto donde se cortan las rectas que definen el lado izquierdo y el lado derecho de la desigualdad 2, es decir, el punto que representa la producción promedio por usuario grande hasta la que resulta más ineficiente la recolección con paradas para grandes productores y por encima de la cual se empieza a ganar eficiencia en la recolección a estos usuarios respecto de los pequeños.

En el cuadro 42 aparecen los resultados para el modelo 1 completo y para el modelo restringido a  $b = 0$ , esto es, sin la variable de cantidad de residuos sólidos de los grandes productores,  $Q_G$ , para una muestra de 29 observaciones de mercados-empresa.

**CUADRO 42**  
**CONTRIBUCIÓN AL REQUERIMIENTO DE VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN DE LOS GRANDES PRODUCTORES Y DE LOS USUARIOS PEQUEÑOS**

RESULTADOS AJUSTE DEL MODELO COMPLETO	GRANDES PRODUCTORES		USUARIOS PEQUEÑOS	CONSTANTE
	Vehículos / tonelada	Vehículos / usuario	Vehículos / tonelada	Vehículos
Coefficientes	<b>b</b> 0,000740	<b>c</b> 0,005770	<b>d</b> 0,002046	<b>a</b> 3,12
Error estándar	0,000620	0,000592	0,000153	1,36
Prueba t	1,19	9,74	13,36	2,29
Número de observaciones	29			
R <sup>2</sup>	97,9%			
Prueba F	379,74			

RESULTADOS AJUSTE DEL MODELO COMPLETO	GRANDES PRODUCTORES		USUARIOS PEQUEÑOS	CONSTANTE
	Vehículos / tonelada	Vehículos / usuario	Vehículos / tonelada	Vehículos
<b>RESULTADOS AJUSTE DEL MODELO RESTRINGIDO, CON b = 0</b>				
Coefficientes		0,005723	0,002146	3,19
Error estándar		0,000596	0,000129	1,37
Prueba t		9,61	16,57	2,32
Número de observaciones	29			
R <sup>2</sup>	97,7%			
Prueba F	559,73			

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

El resultado del modelo 4.1 completo es en general altamente significativo, excepto la estimación del coeficiente **b** que tiene un estadístico t bajo. Por esto, se estimó también el modelo restringido a **b = 0**, obteniéndose una reducción del coeficiente de regresión múltiple de apenas 0.1%, es decir, no se puede rechazar la hipótesis nula de que este coeficiente es igual a cero.

Así, con base en el modelo restringido se obtuvo que existe un punto de corte, equivalente a una producción promedio por usuario grande de 2,67 toneladas por usuario mes:

$$c / (d - b) = 0,005723 / (0,002146 - 0) = 2,67 \text{ ton/usuario-mes.}$$

### 7.3. ACERCA DE LA PRESENTACIÓN CONJUNTA O INDIVIDUAL

El análisis realizado con la información de tiempos de recolección por viaje y niveles de concentración urbana de las rutas, no permite rechazar la hipótesis nula de que los tiempos promedio para usuarios concentrados y usuarios desconcentrados, aspecto directamente relacionado con la presentación conjunta o individual de los residuos, son iguales.

El análisis realizado con información de grandes productores, muestra que para cantidades de residuos sólidos en promedio menores que 2,67 ton/usuario-mes, la recolección a estos grandes usuarios requiere más vehículos que para los usuarios residenciales y pequeños no residenciales. Esto constituye un indicio importante de que la recolección a usuarios pequeños, que presenten de manera conjunta sus residuos sólidos con un promedio de producción mensual por debajo de este límite, no ofrece ganancias de eficiencia y, por el contrario, puede implicar un mayor costo (CRT). Por otro lado, en la presentación de cantidades mensuales por encima del límite mencionado probablemente sí hay una ganancia de eficiencia (base de la definición de nuevos grandes productores).



Por tanto, no se diferenciará el costo medio de prestación del servicio debido a la manera de presentar los residuos sólidos, conjunta o individualmente. Aquellos usuarios agrupados que produzcan al mes más de la cantidad límite establecida para gran productor, podrán optar por constituirse en multiusuarios, lo que les permite negociar libremente el precio con la empresa por debajo de la tarifa techo, ser aforados y conservar su facturación individual.

## 8. EL APROVECHAMIENTO

La Resolución CRA 351 de 2005 busca dar incentivos al aprovechamiento con la premisa que el usuario no se puede ver afectado tarifariamente por esta actividad. Para que esto sea cierto se debe cumplir con la condición que el costo de disposición final para el suscriptor sea el correspondiente al costo promedio ponderado de la suma de las toneladas aprovechables y no aprovechables. En este escenario los ingresos agregados de la empresa por realizar cada actividad por separado deben ser iguales a los que obtendría sin hacer el aprovechamiento.

Entonces:

$$TT = T_{(NA)} + T_{(A)}$$

Donde:

$TT$  Toneladas totales dispuestas.

$T_{(NA)}$  Toneladas dispuestas después de restar las de aprovechamiento.

$T_{(A)}$  Toneladas aprovechables.

Entonces:

$$TT = TT * (1-FA) + TT * FA$$

Donde:

$FA$  Porcentaje de toneladas que se destinan al aprovechamiento.

La función básica definida para el componente de disposición final es decreciente a medida que aumentan las toneladas y se puede describir como:

$$CDT = a + b/T$$

Donde:

$T$ : Toneladas dispuestas

$a$  y  $b$  son constantes.

Como los ingresos de la empresa deben ser iguales en los dos escenarios (aprovechando y no aprovechando), de tal manera que las tarifas para los usuarios no se vean afectadas, se plantea la siguiente ecuación:

$$CDT_{TT} * TT = CDT_{NA} * T_{(NA)} + CDT_A * T_{(A)}$$

Entonces:

$$\begin{aligned}
 CDT_{TT} * TT &= CDT_{NA} * T_{NA} + CDT_A * T_A \\
 \left( A + \frac{B}{TT} \right) * TT &= \left( A + \frac{B}{T_{NA}} \right) * T_{NA} + CDT_A * T_A \\
 \left( A + \frac{B}{TT} \right) &= \left( A + \frac{B}{TT * (1-FA)} \right) * TT * (1-FA) + CD \\
 A * TT + B &= A * TT * (1-FA) + B + CDT_A * TT * \\
 A * TT + B - A * TT * (1-FA) - B &= CDT_A * TT * \\
 A * TT * (1 - (1-FA)) + B - B &= CDT_A * TT * FA \\
 \frac{A * TT * FA}{TT * FA} &= CDT_A
 \end{aligned}$$

Por tanto,

$$CDT_A = A$$

Como se puede observar el valor de un incentivo a la actividad de aprovechamiento que sea indiferente para el usuario sería una constante que se deriva de la función techo de disposición final. El reconocer un valor igual a esta constante implica que se puede desarrollar la actividad de aprovechamiento sin que aumente la tarifa para el usuario final.

Incluyendo las diferencias de tramo excedente y reconociendo una distribución del incentivo al usuario:

$$CDT_A = 11.910 * 0.95 + (CTE_k - CTE_A) (\$/tonelada)$$

Donde:

$CDT_A$ : Costo máximo a reconocer, por tonelada en el sitio de aprovechamiento (\$/tonelada).

$CTE_k$ : Costo máximo a reconocer, por tonelada en el tramo excedente hasta el sitio de disposición final (\$/tonelada).

$CTE_A$ : Costo máximo a reconocer, por tonelada en el tramo excedente hasta el sitio de aprovechamiento (\$/tonelada).



## **ANEXO 1 - DISPOSICIÓN FINAL**

El presente anexo tiene como objetivo presentar la forma como se determinó el diseño y los costos para la disposición final de residuos sólidos en relleno sanitario. Cada uno de los numerales corresponde con una de las etapas de un proyecto de disposición final, adoptando como tecnología de referencia el relleno sanitario.

### **1. Generalidades**

La modelación para el cálculo del costo de CDT se hace partiendo de consideraciones de tipo general aplicables para la mayoría de los rellenos sanitarios en el país.

Se asume una adecuada selección del lugar, por tanto, se entiende la no presencia de fallas geológicas, el cumplimiento de la distancia mínima a fuentes superficiales de agua y a aeropuertos. Igualmente, se cumple con la distancia a redes de alta tensión. Así mismo, se considera, como criterio para la selección del sitio, el disponer de un área suficiente para adecuarla y recibir los residuos sólidos en un horizonte de veinte (20) años.

En cuanto a la ubicación del sitio, dadas las condiciones topográficas, se asume una pendiente del 12% en promedio y la ubicación del nivel freático por lo menos de 1,5 m por debajo de la superficie del terreno.

Los taludes de excavación para las celdas se establecen en 1H:1V. La altura de las celdas se establece en cinco (5) metros y cada nivel de terraza está constituida por la altura de tres celdas; la altura total por terraza es 15 metros.

Cada vez que se logra un nivel para conformar una terraza (15 metros de altura), la siguiente deberá iniciarse dejando una berma de 3.5 metros. En la base del nuevo nivel se construye una cuneta en todo el frente de la terraza para el manejo de agua de aguas lluvia y otros vertimientos.

La pendiente de los taludes de terminación para los residuos sólidos se establece en 3H:1V.

Hay que anotar que para el relleno tipo RSU3 se había adoptado inicialmente una altura de terraza de 5 metros. Sin embargo, técnicamente se puede construir la terraza



de 15 metros con el fin de disminuir costos asociados al área en planta del relleno y del terreno que lo contendría; así es posible disminuir cantidades apreciables de geomembrana y chimeneas, dando lugar a un CDT menor.

Con el fin de tener en cuenta las posibles restricciones ambientales en cuanto a la altura del relleno, se decidió otorgar un sobreprecio del 10% por encima del techo encontrado para aquellos rellenos cuyas alturas de terraza fueran menores a 9 metros, con lo cual el precio otorgado ronda los \$56.000/t.

Debido a razones de reglamentación, es obligatorio tener báscula de pesaje en todos los rellenos sanitarios, por lo tanto en el relleno tipo RSU3 también se tuvo en cuenta este detalle.

En consideración a que la disposición de los residuos debe adelantarse cumpliendo las normas de manejo, se adopta como peso específico de los residuos en el largo plazo el valor de una tonelada por metro cúbico.

## **2. Etapa de Prefactibilidad**

Esta etapa involucra los estudios técnicos y ambientales de alternativas para el sitio de disposición final, así como la evaluación de los mismos por parte de la autoridad ambiental.

## **3. Etapa de Factibilidad**

Esta etapa calcula los costos del establecimiento de la línea base con las consultorías requeridas, a saber:

- Estudio geológico y geotécnico.
- Evaluación de la calidad del aire y ruido.
- Evaluación cuantitativa y cualitativa de aguas superficiales y subterráneas.
- Estudio hidrológico y meteorológico.
- Estudio de tráfico.
- Evaluación demográfica y socioeconómica regional, incluyendo los talleres con la comunidad.
- Estudios de fauna y flora.
- Estudios arqueológicos.

## **4. Etapa de Diseño**

Para la alternativa definida se tienen en cuenta los costos de los diseños del sitio y de sus obras anexas, así como la elaboración del estudio de impacto ambiental y el costo

de la evaluación del mismo y del plan de manejo por parte de la autoridad ambiental competente para la obtención de la Licencia.

La determinación del valor de los estudios considera los costos personal, los de ensayos y demás elementos necesarios.

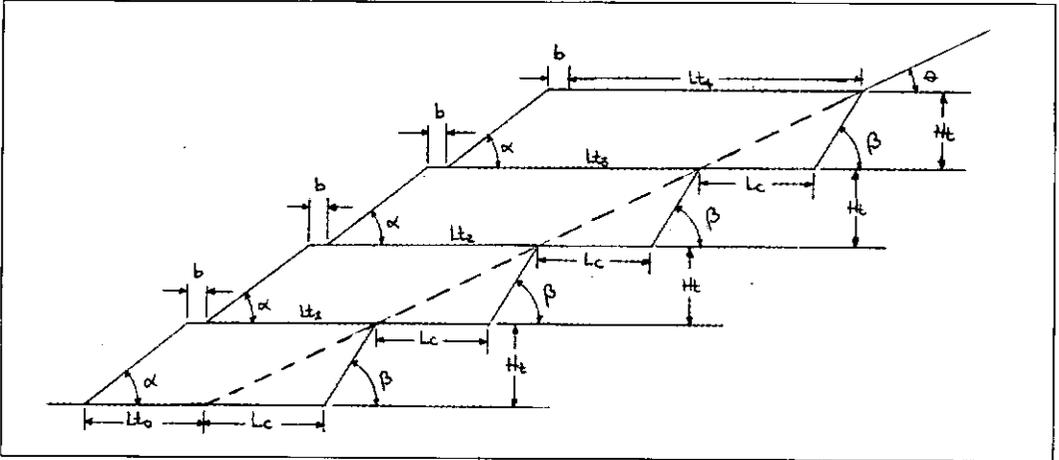
### 5. Modelo Geométrico para Relleno en Pendiente

El modelo utilizado para establecer las cantidades de obra necesarias para el relleno, así como su capacidad de almacenamiento de residuos, se basó en un equilibrio de masas y en las siguientes variables:

Geometría	RSU1	RSU2	RSU3
Número de Terrazas del Relleno (M) [Adim]	4	3	1
Número de Celdas Diarias por Terraza (N) [Adim]	3	3	1
Ancho de la Zona de Amortiguación (Xza) [m]	10	10	10
Altura de Terraza (Ht) [m]	15	15	15
Longitud Inicial del Talud del Relleno al Talud Natural (Lto) [m]	60	60	10
Longitud de la Berma (b) [m]	3.5	3.5	3.5
Espesor de la Capa de Cobertura Diaria (Td) [m]	0.00	0.00	0.00
Espesor de la Capa de Fondo (Tf) [m]	0.60	0.60	0.60
Espesor de la Capa Superior (Ts) [m]	0.70	0.70	0.70
Pendiente del Talud Natural (Theta) [%]	12.0%	12.0%	12.0%
Pendiente del Talud del Relleno (Alfa) [%]	33.3%	33.3%	33.3%
Pendiente del Talud de Corte (Beta) [%]	37.0%	38.0%	36.0%
Profundidad de la Terraza (Perpendicular al Dibujo) [m]	477.50	112.60	30.18
Factor de Expansión del Corte (Fexp) [Adim]	1.30	1.30	1.30
<b>Elementos Adicionales</b>			
Ancho de Filtros (Wf) [m]	1.00	1.00	1.00
Alto de Filtros (Hf) [m]	1.00	1.00	1.00
Distancia entre Filtros (Df) [m]	40.00	40.00	40.00
Separación Longitudinal entre chimeneas (Dlch) [m]	40.00	40.00	40.00
Separación Transversal entre chimeneas (Dtch) [m]	40.00	40.00	40.00
Base Inferior Cunetas (Bic) [m]	0.50	0.50	0.50
Base Superior Cunetas (Bsc) [m]	1.00	1.00	1.00
Profundidad Cunetas (Yc) [m]	0.50	0.50	0.50
Ancho Vías Internas (Tvi) [m]	3.00	3.00	3.00
Ancho Vías Externas (Tve) [m]	6.00	6.00	6.00



La geometría básica utilizada para el cálculo se muestra en la siguiente figura:



Los ángulos  $\alpha$  y  $\theta$  son dados, mientras que el ángulo  $\beta$  es calculado de acuerdo con el corte necesario para equilibrar las cantidades de capas de fondo, intermedias y superior para la totalidad del relleno, afectadas por un factor de expansión del corte ( $F_{EXP}$ ).

Utilizando los valores mostrados para cada uno de los tipos de relleno, y teniendo en cuenta los volúmenes de residuos que recibiría cada uno de ellos durante los 20 años de vida útil, se calcularon las cantidades de obra.

## 6. Etapa de Construcción

Se consideraron los costos administrativos y de adecuación del terreno para el inicio de actividades, tales como: la valla de información, señalización, cerramiento, puerta de acceso, báscula, sistema de iluminación y de vigilancia, al igual que la construcción de la caseta de registro de acceso y pesaje, oficinas de administración, bodega y talleres de mantenimiento, servicios públicos, personal y vigilancia.

La señalización incluye las vallas informativas sobre la vía principal en proximidades de la vía de acceso al relleno, tachas en la vía de acceso y señales informativas y preventivas dentro del área de operación.

El cerramiento del sitio se considera en la totalidad del perímetro de la siguiente forma: para el RSU1, en el frente del relleno se consideró la construcción de un murete y malla eslabonada. En el resto del perímetro el cerramiento se considera con postes y una red en alambre de púas de 9 hilos. Para los rellenos RSU2 y RSU3 la totalidad del cerramiento se considera con postes y red de alambre de púas de 7 hilos.

Se definió la instalación de un sistema de iluminación que cubre las vías internas y externas de carácter permanente así como la instalación de cinco postes para atender los requerimientos de la operación. Además, se consideró instalar un

sistema de cámaras de vigilancia en diferentes puntos del sitio de disposición como el área de acceso, zona de portería, frente de trabajo, área administrativa de taller y bodega.

### 6.1 Adecuación del Terreno

En los tres tipos de relleno, se incluyeron los costos de descapote y limpieza del mismo. La adecuación del fondo incluye el retiro de raíces y otros materiales para obtener una superficie uniforme para luego compactarlo. Este nivel de arcilla es de 0,40 m de espesor, la cual se compacta en capas sucesivas de 13 centímetros de espesor para obtener un valor de impermeabilización de  $k = 10^{-7}$  m/seg.

Sobre esta capa impermeable se considera la instalación de una geomembrana de 1.5 mm de espesor, tanto en el fondo como en los taludes. Para proteger esta geomembrana, se considera la instalación de un geotextil y de una capa de suelo seleccionado con un espesor de 0,30 m. Así mismo, sobre la capa de suelo protector se instala una capa de material drenante de canto rodado de 2" de diámetro máximo y un espesor de 30 cm.

Para la impermeabilización a lo largo del fondo, se instala un drenaje principal con la instalación de filtros con tubería HDPE de 10" (dos extensiones) cubierto con grava máximo de 2". Sobre esta capa drenante se depositan los residuos sólidos directamente.

Dentro de la capa drenante, se considera la construcción de una estructura constituida por dos tuberías paralelas de diámetro 10" y perforadas en rombos. Estas tuberías longitudinales se proyectan distanciadas cada 40 metros.

Una vez logrados 15 metros de altura de la celda de residuos, se proyecta la construcción de filtros longitudinales en piedra de 10 a 20 centímetros de diámetro confinada en malla para gavión. Los filtros espaciados cada 40 metros.

La estructura de cierre está conformada por una capa de 60 centímetros de arcilla, colocada y compactada en espesores sucesivos de 15 centímetros al 95% del proctor modificado. Sobre esta capa se coloca una cobertura vegetal de 30 centímetros de espesor la cual se reviste finalmente con cespedones.

### 6.2. Vías externas y vía interna permanente

El sitio debe cumplir con ciertas condiciones de accesibilidad, si está cerca de una vía principal. La distancia a una vía principal se modela dependiendo del tipo de relleno, así:

Tipo de relleno sanitario	Distancia de la vía de acceso a la vía principal (km)
RSU1	3
RSU2	1
RSU3	0,1



Dentro de los costos se incluye la construcción de estas vías con sus respectivas cunetas. Para los tipos de relleno RSU1 y RSU2 se colocará carpeta asfáltica. La vía de acceso para el RSU3 se considera recepada sin carpeta asfáltica. La estructura vial modelada considera una sub-base de 30 centímetros de espesor, así como una base de igual espesor. La capa de rodadura asfáltica se considera de 15 centímetros para los tipos de relleno RSU1 y RSU2.

Para la vía interna permanente se definió la construcción de vías pavimentadas (RSU1 y RSU2) con la siguiente longitud:

Tipo de relleno sanitario	Distancia de la vía de acceso a la vía principal (km)
RSU1	1
RSU2	0,5
RSU3	0

Las vías temporales y construcción de una bahía de descargue.

También se tiene en cuenta la necesidad de un pondaje para almacenamiento de agua ante la eventualidad de no disponer de un sistema de acueducto.

## 7. Etapa de Operación

### 7.1 Cuneta de Cierre de Nivel

Estas se proyectan al cierre de cada nivel cuando se obtiene una altura de 15 metros de residuos. Se ubican en la berma al pie del talud del siguiente nivel para recoger la escorrentía que se genere. Estas cunetas van revestidas en geomembrana colocando sobre él piedras que cumplen una doble función: Primero, mantiene la geomembrana en su puesto y, segundo, evita que los líquidos recolectados adquieran altas velocidades disipando energía. Existen tantos niveles de cuentas de cierre como niveles de terraza.

Estas estructuras son comunes para RSU1 y RSU2. En el caso de RSU3 se emplean cunetas de coronación perimetrales al área del relleno.

### 7.2 Lixiviados

En la presente modelación se asumió que no es posible eliminar de forma definitiva la generación de lixiviados, aunque un adecuado manejo reduce su surgimiento. En consecuencia, deben proveerse las estructuras necesarias para su tratamiento y los procedimientos para su conveniente disposición.

#### RSU1

Se define la construcción de una laguna de almacenamiento de 1 hectárea con una profundidad de 2 m, para almacenar aproximadamente veinte mil metros cúbicos. Esta piscina de lixiviados se impermeabilizará con una geomembrana de 0.5 milímetros de

espesor. Igualmente, se considera un filtro percolador y un sistema de bombas para la recirculación como complemento del sistema de tratamiento de lixiviados.

Para efectuar la recirculación de lixiviados se valora como la dotación de dos motobombas de 3" con sus mangueras y accesorios correspondientes. Dadas las características agresivas del líquido a bombear, se asume una vida útil de dos años para su reposición. La recirculación de lixiviados se adelantará de acuerdo con criterios técnicos para evitar dificultades en la operación del sitio de disposición final.

El módulo para almacenamiento de lixiviados se asume seccionado para poder efectuar el mantenimiento, el cual se hará de forma manual por el personal proveído para tal fin.

## **RSU2**

El tratamiento se realiza en forma similar al indicado para RSU1, modificando el tamaño de la laguna de almacenamiento a media hectárea y como equipo para la recirculación dos motobombas de 1 1/2". Igualmente, se incluye un filtro percolador de menor tamaño.

## **RSU3**

Se considera el empleo de un laguna con un área de un cuarto de hectárea, un pequeño filtro percolador y dos bombas para la recirculación de lixiviados.

### **7.3 Sistema de Evacuación de Gases**

Se instala un sistema pasivo de evacuación de gases con instalación de chimeneas de sección de 1 m x 1 m en piedra, gavión (malla). La distribución de las chimeneas se hace en una retícula ubicándolas a una distancia de 40 m una de otra. En la parte superior se terminan con la instalación de tubería en hierro galvanizado de 3" de diámetro.

### **7.4 Inversiones Periódicas**

Dentro de las inversiones periódicas para el sitio de disposición final de residuos, se considera la maquinaria pesada necesaria para la operación. En el modelo se incluye la reposición de la maquinaria asumiendo una vida útil de 8 años.

#### **7.4.1 Maquinaria Pesada**

##### **RSU1 y RSU2**

El equipo de maquinaria para la operación del sitio de disposición final se diseñó para que puedan cubrirse las contingencias de mantenimiento y salidas de operación de alguno de los equipos.



Igualmente, se determinó la cantidad y especificación a partir de su capacidad operativa y las actividades específicas que requiere la operación del sitio de disposición de acuerdo con su tamaño. Debe entenderse que el operador podrá ajustar la estructura del equipo y lo anterior no constituye especificación de manejo sino un modelo indicativo para tal fin.

### Maquinaria para RSU1:

EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD
Bulldózer de tipo D6R o equivalente (145 HP)	und	1
Bulldózer de tipo D8T WH o equivalente (347 HP)	und	1
Compactador tipo 836 G o equivalente	und	1
Retroexcavadora sobre orugas tipo 416D o equivalente	und	1
Volquetas doble viaje	und	1

### Maquinaria para RSU2:

EQUIPO	UNIDAD	CANTIDAD
Bulldózer de tipo D6R o equivalente (145 HP)	und	1
Bulldózer de tipo D8T WH o equivalente (347 HP)	und	1
Compactador tipo 836 G o equivalente	und	1
Retroexcavadora sobre orugas tipo 416D o equivalente	und	1
Volquetas doble viaje	und	1

### RSU3

Para este tipo de sitio de disposición final no se considera la adquisición de maquinaria pesada para su operación, sino el alquiler en forma periódica de un bulldózer de tipo D6R. Como equipo se incluye un apizonador (rana) y un rodillo manual.

#### 7.4.2. Equipos menores

Se incluyen: guadañadora, extintores, herramientas tales como palas, picas, barras, hoyadores, machetes, carretillas, baldes, etc.

#### 7.4.3. Otros equipos

Se incluye equipo de topografía, miras, jalones, nivel, cinta métrica, prisma, porta-prisma, trípode, software y cable de transferencia de datos.

Dentro del equipo de comunicaciones, cámaras de vigilancia y contra incendios. Estos equipos se reponen cada 5 años y se evalúa su costo de mantenimiento.

Igualmente, se evalúan los costos de operación y mantenimiento de la flota de maquinaria para el adecuado funcionamiento de acuerdo con los rendimientos de combustibles típicos de estos equipos.

### 7.5 Personal

La planta de personal para la operación del sitio de disposición final es diferencial de acuerdo con el tamaño del relleno sanitario, así:

Cargo		RSU1		RSU2		RSU3
Residente	1		1			
Topógrafo	1		0,5			
Supervisor	1	3 turnos + dominical	1	2 turnos	1	
Operador báscula	1	3 turnos + 2 turnos + domingo 2	1	2 turnos		
Operarios compactador	1	2 turnos + domingo	2	2 turnos		
Operarios buldózer	1+2	1 turno	1			
		2 turnos + dominical				
Operarios excavadora	1					
Conductor volqueta	1		1			
Auxiliar	1					
Servicios generales	1					
Obreros	2	2 turnos	1	2 turnos	3	
Orientador de descarga	1	3 turnos + domingo	1	3 turnos + domingo		
Mantenimiento	2		1	2 turnos		
Limpieza	2	2 turnos	2			

Como se puede observar en el tipo de relleno RSU1, se considera la dotación de personal necesario para poder recibir residuos sólidos las 24 horas durante 6 días a la semana y 8 horas los domingos. Entre tanto, en el caso del RSU2 se considera la operación del relleno para recepción de residuos durante dos jornadas al día y un turno el domingo. Por último, para el RSU3 no se consideran jornadas adicionales de trabajo.

### 7.6 Plan de Manejo Ambiental

Se involucran los costos de seguimiento al Plan de Manejo Ambiental (PMA) durante la vida útil del relleno, así como los costos de los monitoreos y reportes de cumplimiento de los requisitos establecidos en el PMA.

### 7.7 Tasas Ambientales

La generación de lixiviados puede reducirse, pero no eliminarse, y existe la posibilidad de hacer vertimientos puntuales a fuentes superficiales; en vista de ello, se considera el pago de tasas ambientales. La valoración de este rubro se hace involucrando un factor regional igual a uno.

### 8. Inversión de Cierre

El cierre del sitio de disposición conlleva el prever los costos de informar a las empresas, a los usuarios y comunidad de la fecha del cierre del sitio y de la forma como se adelantarán las actividades de clausura y posclausura.



Igualmente, deben considerarse los costos de vigilancia durante todo el periodo de posclausura el cual se ha determinado en diez años y el desmonte de los equipos y sistemas que salen de funcionamiento por el cierre.

En el cierre de los diferentes frentes de trabajo, se incluye la colocación de las capas de cierre como son: i) La cobertura arcillosa, ii) El suelo orgánico y iii) El revestimiento vegetal (cespedones).

## **9. Etapa de Poscierre**

Calcula los costos administrativos, de gerencia, servicios públicos para un periodo de diez años, así como los costos de seguimiento y monitoreo de lixiviados, aguas freáticas y superficiales. También considera los costos de mantenimiento de la red eléctrica, superficies del relleno, pendientes, taludes y drenajes así como la operación y mantenimiento de los sistemas para manejo de lixiviados, aguas lluvias y gases. Como en las etapas anteriores, se contempla los costos de la interventoría ambiental y demás costos asociados a las actividades de seguimiento, como monitoreos y ensayos de agua, suelo, aire, lixiviados y composición del biogás.

De otra parte, se involucran los costos de mantenimiento de la capa final del relleno y de vegetación, que darán el aspecto definitivo al relleno.

En esta fase, la tasa de descuento utilizada es menor a la que se utiliza en el resto del proyecto dadas las características propias de esta fase, en la cual los gastos son menores, en comparación a otras etapas. Así las cosas, la tasa de descuento utilizada es del 1.53%, en comparación con la tasa del 13.92% utilizada en el resto del proyecto.

## **10. Pasivo Contingente**

La modelación valora los costos de mitigar la ocurrencia de eventuales contingencias detectables como resultados de los procesos de monitoreo y seguimiento. Como posibilidad de ocurrencia se adopta un valor del 50% y se carga dicho monto en el año 11 de funcionamiento del relleno.

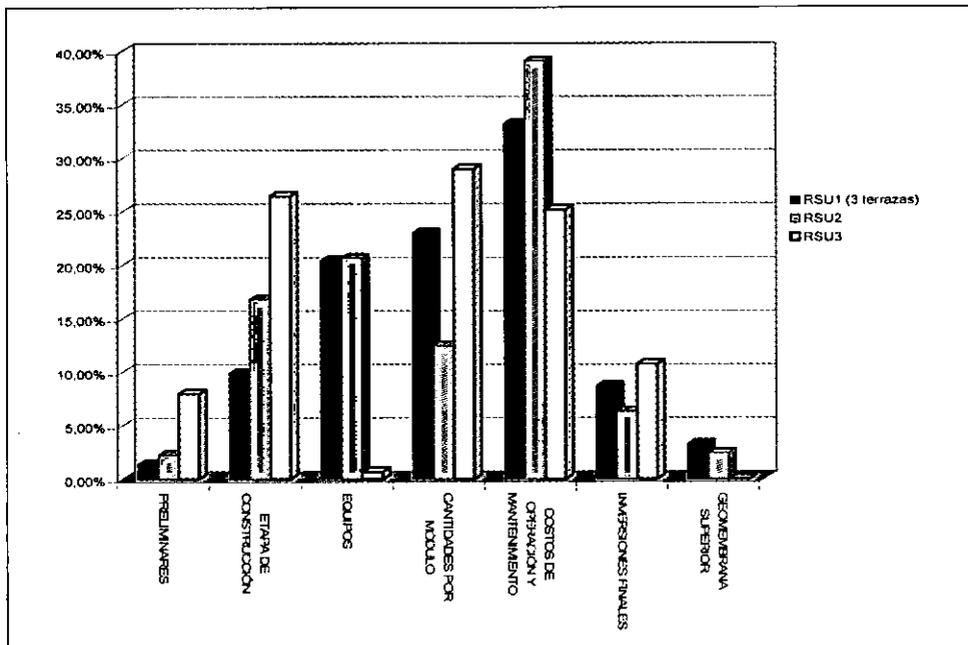
Como actividades de remediación se evaluaron los costos de construcción de filtros verticales y de la construcción de una pantalla en el caso de falla del sistema de impermeabilización.

## **11. Cálculo del Costo de Disposición Final**

Los costos para cada una de las etapas y actividades del sitio de disposición final se cargan en un flujo de fondos de acuerdo con su ejecución.

El valor del CDT se determina a partir del cociente del valor presente de las inversiones y del valor presente de las toneladas dispuestas año a año durante la vida útil del sitio de disposición final.

A continuación se muestran las participaciones de los ítems sobre el total.



Participación % de cada variable sobre el total del costo, según relleno

	RSU1	RSU2	RSU3
ETAPA DE PREFACTIBILIDAD	0,16%	0,32%	1,10%
ETAPA DE FACTIBILIDAD	0,79%	0,82%	3,17%
ETAPA DE DISEÑO	0,46%	1,13%	3,65%
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	9,91%	16,80%	20,01%
Gastos Administrativos	0,80%	1,08%	4,54%
Construcción de Reservoirio de almacenamiento de agua	0,27%	0,39%	4,25%
Vías internas definitivas	1,25%	1,99%	0,00%
Vías externas	3,76%	7,49%	0,00%
Costos del predio	1,84%	2,80%	2,23%
Manejo de aguas lluvia	0,36%	0,62%	0,22%
Cerramiento (Cerca perimetral) en alambre de púas	0,47%	0,50%	1,20%
Manejo de lixiviados	0,93%	1,38%	4,89%
Actividades del PMA durante la Construcción	0,23%	0,56%	2,69%
EQUIPOS	20,45%	20,66%	0,68%
Equipos para la operación del relleno sanitario	20,03%	19,94%	0,00%
Equipos menores	0,23%	0,46%	0,00%
Equipo interno de comunicación	0,19%	0,26%	0,00%



	RSU1	RSU2	RSU3
CANTIDADES POR MÓDULO	23,01%	12,43%	8,68%
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	1,89%	2,46%	1,49%
COSTOS DE OPERACIÓN ANUAL	7,56%	4,20%	8,51%
COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL	11,25%	11,89%	0,28%
COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO - ANUAL	12,52%	20,53%	27,10%
Mano de obra	8,14%	14,25%	17,24%
Mantenimiento de vías	2,71%	4,06%	1,27%
Operación de lixiviados y Biogás	0,91%	1,06%	0,39%
Actividades del PMA durante la Operación	0,76%	1,16%	8,19%
INVERSIÓN FINAL CIERRE	0,15%	0,20%	0,00%
INVERSIÓN FINAL- cierre de celdas	7,32%	5,06%	0,33%
COSTOS ANUALES DE POSTCIERRE	0,69%	0,64%	9,05%
ETAPA DE CLAUSURA	0,00%	0,01%	0,02%
ETAPA DE POSTCLAUSURA	0,18%	0,27%	14,58%
Gastos Administrativos	0,10%	0,16%	13,83%
Actividades del PMA durante la Postclausura	0,09%	0,10%	0,75%
Mantenimiento del Sistema de Lixiviados	0,00%	0,01%	0,00%
PASIVO CONTINGENTE	0,37%	0,15%	1,33%
GEOMEMBRANA SUPERIOR	3,30%	2,44%	0,00%

## **II. MEDICIÓN EN EL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ASEO**

**(RESOLUCIÓN 352 DE 2005)**

### **1. Antecedentes**

La Resolución CRA 15 de 1997 establece las metodologías de cálculo de las tarifas máximas con arreglo a las cuales las entidades tarifarias locales deben determinar las tarifas de prestación del servicio ordinario de aseo y se dictan otras disposiciones.

El modelo tarifario basado en la mencionada Resolución incorpora un parámetro general de producción de residuos sólidos por suscriptor (PPU), estimado en 120 kilos/suscriptor-mes (0.12 toneladas/suscriptor/mes según el Artículo 4.2.5.3 Resolución CRA 151/2001), que se aplica a todos los suscriptores a los que no se les haya establecido un valor diferente en resoluciones de carácter particular o por aforos, para convertir el costo del servicio por tonelada a un costo de referencia por suscriptor.

### **2. Objetivo**

El objetivo de la Resolución CRA 352 de 2005 es el de aproximarse a la medición en el servicio público de aseo, considerando las restricciones propias que dificultan esta actividad, en particular, en términos de costos. Para ello, la mencionada Resolución establece que la medición de los residuos se hará por áreas de prestación, cuantificando los pesajes en el sitio de disposición final y distribuyendo este peso entre los suscriptores de cada área.

El mecanismo de medición es innovador frente a la metodología tarifaria expedida en 1997, y se implementará en dos fases. En la primera, se distribuirá el número total de toneladas de cada área de prestación entre el número de suscriptores de dicha área afectado por un factor de producción del suscriptor  $i$ , establecido por la Comisión. En la segunda fase, la distribución de los residuos se hará utilizando caracterizaciones de los diferentes tipos de suscriptores, por medio de factores de producción. Además, con el fin de garantizar que la totalidad de las toneladas recolectadas sea distribuida entre



todos los suscriptores, incluyendo aquellos que cuenten con aforos, se establecerá un Factor de Ponderación por Suscriptor (FPS)<sup>69</sup>.

### **3. Fundamentación**

#### **3.1. Cantidad recogida de residuos sólidos de barrido y limpieza**

La recolección de residuos sólidos (RS) de barrido y limpieza es realizada bajo dos tecnologías: el barrido manual, que es realizado por escobitas, y el barrido mecánico. Las empresas que utilizan las dos tecnologías distribuyen los kilómetros barridos en promedio así: 78% en barrido manual y 22% en barrido mecánico. De acuerdo con la información recogida en la muestra de empresas, el promedio de toneladas de barrido y limpieza en el mes es de 708<sup>70</sup>. Los valores más altos corresponden a las empresas de Bogotá (Aseo Capital, Lime, Ciudad Limpia), Barranquilla (Interaseo) y Valle del Cauca (Proactiva).

#### **3.2. Producción Domiciliar de Residuos Sólidos por Suscriptor**

En el nuevo período regulatorio se medirá el peso total de los residuos en los sitios de disposición final por áreas de servicio y luego se distribuirá este total entre los suscriptores de dicha área, según una caracterización previa de los mismos. Esto significa que la factura mensual del servicio de aseo para cada suscriptor se calculará con base en su participación en el promedio mensual de residuos sólidos recogidos en su ruta y dispuestos en el sitio de disposición final, después de la separación en la fuente de residuos recuperables.

Sin embargo, para una primera fase, y mientras se implementa el nuevo sistema de medición y distribución entre suscriptores de los residuos recogidos, es necesario continuar utilizando un factor de ponderación de residuos por suscriptor (FPS), que refleje las condiciones actuales; dicho factor se discriminará por estrato para los suscriptores residenciales de acuerdo con los factores de producción establecidos.

Cuando se analizan los datos de producción de residuos sólidos por suscriptor-mes, incluidos suscriptores residenciales y no residenciales (pequeños y grandes productores), así como los residuos sólidos de barrido y limpieza de 36 mercados-empresa, se obtiene un promedio ponderado total de 79,96 kilogramos por suscriptor-mes. Entre tanto, cuando se excluyen los residuos de barrido y limpieza estimados, el promedio ponderado de la producción domiciliar por suscriptor-mes se reduce a 74,9 kilogramos.

Por ello, un suscriptor contribuye en promedio con 5 kilogramos al mes a la cantidad de residuos que se recogen en las calles. Esto ocurre de diferentes maneras, incluida la completamente pasiva de tener un frente de domicilio sujeto a la acumulación natural de residuos sólidos (polvo, hojas de árboles, etc.).

<sup>69</sup> Para la elaboración de este mecanismo, se emplearon los resultados de la consultoría realizada durante los años 2003 y 2004 por la firma Econometría.

<sup>70</sup> Estas cifras se refieren a un total de 307994,52 kilómetros de barrido manual y a 33895,56 kilómetros de barrido mecánico.

Como se observa en el Cuadro 1, el promedio simple del PPU para suscriptores pequeños (excluyendo grandes productores) de 20 mercados analizados es de 62.2 kilos/suscriptor-mes, valor que exhibe una varianza grande, introduciendo incertidumbre sobre el verdadero valor de este parámetro. No obstante, el FPS, que será la base para la facturación mensual del servicio de aseo a los suscriptores pequeños, deberá tender, en promedio, a niveles cercanos a los 62.2 kilos/suscriptor-mes, reportados como el promedio simple de los datos recogidos.

**CUADRO 1  
PRODUCCIÓN DOMICILIAR POR SUSCRIPTOR-MES, TOTAL  
Y DE SUSCRIPTORES PEQUEÑOS. 2003**

Mercados-Empresa	TOTAL	DE SUSCRIPTORES PEQUEÑOS		
	PPU kg/suscriptor-mes	Cantidad RS por mes t/mes	Número de Suscriptores	PPU kg/suscriptor-mes
MEDELLÍN - EMVARIAS	55,0	25.137,7	536.973,0	46,8
BOGOTÁ D.C - C. LIMPIA	76,4	37.702,8	496.976,0	75,9
CALI - EMSIRVA (2)	62,5	27.925,0	486.198,0	57,4
BOGOTÁ - LIME BOG	93,7	33.225,0	410.612,0	80,9
BOGOTÁ D.C - ASEO CAPITAL	108,3	18.478,2	269.463,0	68,6
BARRANQUILLA - INTERASEO	102,7	19.596,7	217.007,0	90,3
VALLE DE ABURRÁ - INTERASEO				
VALLE DEL CAUCA - PROACTIVA	63,1	8.990,0	158.091,0	56,9
MANIZALES - EMAS	70,1	7.043,8	109.884,0	64,1
PEREIRA - EAP				
IBAGUÉ - INTERASEO	58,1	5.458,3	97.522,0	56,0
VILLAVICENCIO - BIOAGRÍCOLA	79,6	6.196,2	78.100,0	79,3
ARMENIA - EPA	44,3	2.811,1	73.402,0	38,3
SANTA MARTA - INTERASEO	94,8	6.263,2	70.035,0	89,4
CÚCUTA - PROACTIVA	71,9	4.100,5	59.255,0	69,2
CÚCUTA - ASEO URBANO				
VALLEDUPAR - INTERASEO	99,7	4.535,8	52.112,0	87,0
DOSQUEBRADAS - ESPD				
TUNJA - SERVICIOS GENERALES				
SOGAMOSO - CSP	55,5	1.197,9	22.929,0	52,2
GIRARDOT - ERAS				
FUSAGASUGÁ - EMSERFUSA	73,7			
CHÍA - EMSERCHÍA	55,1	731,5	18.172,0	40,3
FACATATIVÁ - ESWAF	85,0			
YOPAL - ASEO URBANO	78,5			
YUMBO - EMBASEO	96,0			



Mercados-Empresa	TOTAL	DE SUSCRITORES PEQUEÑOS		
	PPU kg/suscriptor-mes	Cantidad RS por mes t/mes	Número de Suscriptores	PPU kg/suscriptor-mes
IPIALES - ISERVI	44,1			
SANTANDER DE QUILUCHAO - EMS	69,7	595,5	8.847,0	67,3
HONDA - ESDH				
MELGAR - CONSASA	87,6	243,7	6.577,0	37,1
UBATE - OSPMU	128,8			
SANTA ROSA DE OSOS - SMP				
VILLA DE LEIVA - ESVILLA				
DOSQUEBRADAS - ACUÁSEO	24,7	44,0	1.784,0	24,7
RESTREPO - ALCALDÍA	63,0	94,5	1.500,0	63,0
YUMBO - ASEO TOTAL	96,3			
<b>36 Empresas</b>	<b>75,5</b>	<b>210.371</b>	<b>3.175.439</b>	<b>62,2</b>
<b>OBSERVACIONES</b>	<b>28</b>		<b>20</b>	

FUENTE: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria

### 3.3. Factores de Producción de Residuos Sólidos

En la Resolución CRA 151 de 2001, se establecen factores de producción por estrato:  $Fp_4=1.0$  para el estrato 4,  $Fp_5=1.48$  para el estrato 5 y,  $Fp_6=1.66$  para el estrato 6. En general se ha encontrado que los residuos de estratos bajos son más densos y los de estratos altos más voluminosos, pero de acuerdo con la documentación recopilada, no existe un estudio en Colombia en que, de manera objetiva y con significancia estadística, se hayan calculado estos factores de producción, en peso (kg) con representatividad nacional.

El estudio más completo sobre la producción de residuos sólidos residenciales por estrato es el realizado por Pablo Ramos para Emsirva en 1997-98. Este estudio indica que la producción de residuos por habitante-día aumenta monótonamente con el nivel del estrato socioeconómico. A mayor estrato, mayor es el ingreso familiar per cápita, mayor es el consumo per cápita y, en consecuencia, mayor es el volumen de residuos producido por persona<sup>71</sup>. El Cuadro 2 muestra los factores de producción de residuos sólidos por estrato en el sector residencial de Cali ( $Fp_i$ )<sup>72</sup>.

<sup>71</sup> Sin embargo, la dispersión en la producción per cápita de basuras por estrato se ve contrarrestada por otro fenómeno covariante con el estrato: el número de personas por suscriptor residencial es menor a mayor estrato socioeconómico por dos factores que se refuerzan mutuamente: los estratos más bajos tienen mayor número de personas por hogar y mayor número de hogares por vivienda (suscriptor).

<sup>72</sup> Hay tres maneras de definirlos: (1) Tomando como base el PPU del estrato 4, que tiene la desventaja de que tendría que facturarse al estrato 1 una mayor producción de basuras que a los estratos 2, 3 o 4; (2) Tomando como base el promedio de los estratos 1-4 y estableciendo un diferencial en la producción de basuras sólo para los estratos 5 y 6, como está establecido en la Resolución 151 de la CRA; y (3) Tomado como base el estrato 4, pero ajustando los estratos 1-3 hacia abajo.

**CUADRO 2**  
**FACTORES DE PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR ESTRATO**  
**SECTOR RESIDENCIAL DE CALI**

Estrato	PPU (kg/suscriptor- mes)	(1) Factor $F_p$ Base $E_4=1$	(2) Factor $F_p$ Base $E_1, E_4=1$	(3) Factor $F_p$ Base $E_4=1$
1	86,43	1,04	1	0,95
2	73,18	0,88	1	0,95
3	76,79	0,93	1	0,95
4	82,80	1,00	1	1,00
5	90,58	1,09	1,14	1,09
6	127,50	1,54	1,60	1,54
<b>Promedio</b>	<b>80,08</b>	<b>0,97</b>	<b>1,00</b>	<b>0,97</b>

Mientras se hacen estudios más rigurosos, se podrían tomar estos cálculos como representativos de la situación por estrato a nivel nacional, si se asume que el comportamiento de cada estrato es el mismo en todas las ciudades y que lo que varía entre ciudades es la composición de su clientela por estratos. En particular, se toma el factor indicado en la columna (3).

Una fuente adicional de información es la encuesta realizada a una muestra de 22 empresas que permite estimar la cantidad de residuos sólidos en función del número de suscriptores por estrato (o agrupaciones de estratos) y del número de pequeños productores<sup>73</sup>.

Los resultados encontrados son sugestivos, pero no son concluyentes. En primer lugar, el PPU promedio de los suscriptores no residenciales no aforados es de 350 kilos/suscriptor-mes, el cual es relativamente robusto a cambios en la especificación de la ecuación. Esto equivale en volumen a un promedio de 1.4 m<sup>3</sup>/suscriptor-mes<sup>74</sup>, implicando que los suscriptores no residenciales no aforados incluyen una proporción significativa de productores de más de 1 m<sup>3</sup>/mes, que deberían ser aforados y considerados como grandes productores, según las normas vigentes<sup>75</sup>. Además, estas estimaciones indican que el PPU promedio de los suscriptores residenciales está alrededor de 37 kilos/suscriptor-mes, cerca de 30% del parámetro de 120 kilos/suscriptor-mes. Cuando se desagrega el efecto en dos grupos de estratos, los intervalos del 95% de confianza

<sup>73</sup> Se estimaron dos ecuaciones al nivel de empresas-mercados, tomando como variable dependiente las toneladas de residuos sólidos domiciliarios que llegan a los sitios de disposición final, sin incluir los residuos de barrido y limpieza y los aforados realizados a grandes productores, y, como variables independientes, la cantidad de suscriptores residenciales. La primera ecuación incluyó el número de suscriptores no residenciales no aforados y el número de suscriptores residenciales. En la Ecuación 2 este último grupo se dividió en dos grupos de estratos (E1-E3 y E4-E6).

<sup>74</sup> Con una densidad de basura de 0.25 toneladas/m<sup>3</sup>

<sup>75</sup> Este resultado contrasta con lo encontrado por Pablo Ramos (1998) para Cali, Pereira y Cartagena, en una muestra de pequeños productores no residenciales, que se restringió a aquellos que menos de 1 m<sup>3</sup>/suscriptor-mes. Según este estudio, el PPU promedio de esta población varía entre 77.8 kilos/suscriptor-mes en Cali y 94.2 kilos/suscriptor-mes en Cartagena, es decir, en volumen fluctúa entre 0.336 y 0.50 m<sup>3</sup>/suscriptor-mes, que sería la cola inferior de la distribución anterior



se mueven entre 20 y 54 kilos/suscriptor-mes para el estrato bajo y entre 0 y 68 kilos/suscriptor-mes para el estrato alto, este último sin significación estadística. Por tanto, los resultados de este análisis estadístico son muy inciertos.

Para los suscriptores no residenciales, con una producción inferior a  $1 \text{ m}^3$ , la base de este parámetro sería el PPU correspondiente al límite actual para grandes productores de  $1 \text{ m}^3$ , obtenido con la densidad de  $250 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Esto corresponde a un factor  $F_7 = 3,12$ .

Para los grandes productores, con una producción superior a  $1 \text{ m}^3$ , el cobro del servicio se realiza mediante aforos, si bien el alto costo de estos implica que aún para algunos grandes productores resulta inviable esta opción.

De acuerdo con los análisis realizados por esta Comisión, el límite a partir del cual la medición individual se presenta como una alternativa está dado para aquellos suscriptores que generan residuos sólidos en un volumen superior o igual a seis metros cúbicos mensuales ( $6 \text{ m}^3/\text{mes}$ ) o con un peso superior a una y media toneladas métricas por mes ( $1,5 \text{ toneladas/mes}$ ). Por lo tanto, para los grandes suscriptores que se encuentren por debajo de este límite se establece un factor de producción ubicado en la mitad del rango de producción entre uno (1) y seis (6) metros cúbicos<sup>76</sup>. En conclusión, los factores de producción establecidos son los siguientes:

ESTRATO 1	$F_1 = 0,95$
ESTRATO 2	$F_2 = 0,95$
ESTRATO 3	$F_3 = 0,95$
ESTRATO 4	$F_4 = 1,00$
ESTRATO 5	$F_5 = 1,09$
ESTRATO 6	$F_6 = 1,54$
Suscriptores no residenciales que producen menos de $1 \text{ m}^3$ que y no cuentan con aforo,	$F_7 = 3,12$
Grandes suscriptores no residenciales que producen entre $1$ y $6 \text{ m}^3$ y no cuentan con aforo	$F_8 = 9,37$
Factor para domicilios o lotes desocupados.	$F_9 = 0$

### 3.4. El Factor FPS

El objetivo de la medición es distribuir la totalidad de las toneladas de residuos entre todos los suscriptores de un área de servicio según determinados factores de producción. Sin embargo, la existencia de suscriptores con aforos individuales puede implicar factores de producción que difieren para un mismo tipo de suscriptor, generando distorsiones en la asignación de los residuos. Por tanto, es necesario hacer un ajuste en la fórmula de distribución de tal forma que se eliminen posibles distorsiones. Para que exista un equilibrio, se debe cumplir la siguiente ecuación:

<sup>76</sup> Sin perjuicio de lo anterior, todos los suscriptores podrán exigir que sus consumos sean medidos de acuerdo con el Artículo 146 de la ley 142 de 1994, asumiendo los costos de dicha medición.

$$\frac{\sum \text{toneladas No Aforadas}}{\text{Suscriptores No Aforados}} = \text{FPS}$$

Si esta ecuación no se cumple, es decir, que se establece un FPS fijo, surgen dos escenarios. En el primero, se supone que la producción promedio de todos los suscriptores es igual a FPS, es decir, que tanto el número de suscriptores como el número de toneladas se mantiene constante. El parámetro que varía es el factor de producción de los suscriptores no aforados.

Con una distribución de 500 suscriptores no aforados, 500 suscriptores aforados y 80 toneladas, se concluye que si la producción de los suscriptores aforados ( $A_i$ ) es menor a FPS, entonces la fórmula les asigna un mayor número de toneladas a estos de las que realmente les corresponde. Por el contrario, si el  $A_i$  es mayor al FPS se les está asignando menos toneladas a los suscriptores aforados de las que les corresponde realmente. Para el caso de los suscriptores no aforados, ocurre exactamente lo contrario.

Para el segundo escenario se mantienen los mismos supuestos exceptuando el número de toneladas, que se reduce a 70, por lo que el promedio total de toneladas es inferior al FPS. En este caso, el punto de equilibrio se da cuando el promedio de los suscriptores no aforados es 0.08 (toneladas/suscriptor) y el  $A_i$  es de 0.06 (toneladas/suscriptor).

Si el promedio de los no aforados es mayor al FPS, entonces se genera una distorsión en la cual a los suscriptores no aforados se les asigna una menor calidad de la que realmente producen. Para el caso de los suscriptores aforados se da la situación contraria con la misma magnitud, es decir, que a los suscriptores aforados se les asigna una mayor cantidad de residuos de la que realmente producen.

No obstante, se debe aclarar que el FPS no tiene la misma implicación que el PPU del periodo tarifario iniciado con la Resolución CRA 15 de 1997, ya que, en cualquier caso, el factor de ajuste para transformar los costos a tarifas (TD); obedecerá, aún en una primera fase, al pesaje por área de servicio que realice cada prestador, y a su distribución entre el número de suscriptores.

#### 4. CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS PRESENTADOS POR SUSCRIPTOR

El cálculo de las toneladas-mes presentadas para recolección por el suscriptor  $i$ ,  $TD_i$ , se hará con base en el FPS para pequeños productores residenciales y no residenciales y los aforos ordinarios, extraordinarios y permanentes realizados, utilizando las siguientes fórmulas. Para la fase 1 el parámetro FPS se calculará como<sup>77</sup>:

$$FPS = \frac{Q - Q_b - Q_A}{N - N_A}$$

<sup>77</sup> Como se observa, el FPS corresponderá a la producción promedio de los suscriptores no aforados que servirá como un factor de ponderación a utilizar en la fórmula para los aforos.



Donde:

- $Q$  Promedio mensual de la cantidad de residuos ordinarios recogidos en el área de servicio en el periodo de producción de residuos. (t/mes)
- $Q_A$  Promedio mensual de la cantidad de residuos totales aforados recogidos en el área de servicio en el periodo de producción de residuos. (t/mes)
- $Q_b$  Promedio mensual de la cantidad de residuos de barrido recogidos en el en el área de servicio en el periodo de producción de residuos (t/mes).
- $N$  Número promedio de suscriptores en el área de servicio en el periodo de producción de residuos.
- $N_A$  Número promedio de suscriptores aforados en el área de servicio en el periodo de producción de residuos.

De otra parte, la fórmula para el cálculo de las toneladas imputables al suscriptor  $i$  en el área de servicio de cada prestador será la siguiente:

$$TD_i = \frac{(Q - Q_b - \sum_i AP_i) * FPS * Fu_i}{\sum_{u=1}^8 ((N_u - N_{Au}) * FPS * Fu_u) + \sum_i A_{iu}}$$

si no tiene aforo individual; ó

$$TD_i = \frac{(Q - Q_b - \sum_i AP_i) * A_i}{\sum_{u=1}^8 ((N_u - N_{Au}) * FPS * Fu_u) + \sum_i A_{iu}}$$

si el suscriptor ha solicitado que lo aforen, y se cuenta con un aforo ordinario o extraordinario; ó

$$TD_i = AP_i$$

si, por iniciativa de la empresa o del suscriptor, se cuenta con un aforo permanente.

Donde:

$Q$  y  $Q_b$  según la definición anterior.

$TD_i$  Toneladas presentadas para recolección por el suscriptor  $i$  en cada periodo de producción de residuos<sup>78</sup>. (t/suscriptor)

<sup>78</sup> Para el cálculo del  $TD_i$  se utilizará el promedio móvil de los últimos cuatro meses, con el fin de evitar una alta variabilidad en los resultados de los pesajes. No obstante, debe reconocerse que la entidad tarifaria local podría calcular sus propios factores de producción, previo estudio sometido a la revisión de la CRA.

- $AP_i$  Promedio de las toneladas de residuos con aforo permanente del suscriptor  $i$  correspondiente al periodo de producción de residuos.
- $A_i$  Aforo, ordinario o extraordinario, del suscriptor  $i$ .
- $N_u$  Número promedio de suscriptores del tipo  $u$  en el periodo de producción de residuos.
- $Na_u$  Número promedio de suscriptores del tipo  $u$  con aforo en el periodo de producción de residuos.
- $Fu_i$  Factor de producción para el suscriptor  $i$
- $Fu_u$  Factor de producción para el tipo de suscriptor  $u$
- $Aiu$  Aforo, ordinario o extraordinario, del suscriptor  $i$  del tipo  $u$ .
- $i$  1, 2, ...,  $N$  suscriptores.
- $u$  1, 2, ..., 8 tipos de suscriptores.

## 5. MULTIUSUARIOS

La opción de multiusuario utilizaría la misma fórmula establecida para el pesaje y determinación del  $TD_i$ , pero incluyendo el peso establecido en el aforo en el factor  $A_i$ . De no ser así, el multiusuario podría aumentar su producción sin ser identificado, afectando al resto de suscriptores de la ruta.

El multiusuario tiene la opción de acogerse a un aforo permanente. No obstante, dado que la forma de medición de los residuos se acerca a una producción real individual, no se esperan grandes cambios entre el factor  $TD_i$  de un multiusuario y el de un suscriptor de similares características que se encuentre en la misma ruta.

## 6. CONCLUSIONES

Las estimaciones de datos que se presentan en este documento muestran que la producción de residuos se encuentra en la actualidad por debajo del parámetro de 120 kg usuario-mes, de la reciente experiencia regulatoria. Ante esta evidencia se tenían dos alternativas: i) Establecer un nuevo parámetro fijo, o ii) Implementar un mecanismo que se aproximara a la medición de la producción real de residuos de los suscriptores del país.

Para la primera alternativa se podrían tener los mismos problemas que se presentaron en la etapa regulatoria anterior, es decir, se podría estar por debajo o por arriba de la producción promedio de determinadas ciudades, lo que perjudicaría a usuarios o prestadores. Para evitar esto, la Comisión optó por el establecimiento de un mecanismo de aproximación a la producción real de residuos a través del pesaje en el sitio de



disposición final, el cuál, con arreglo a factores de producción, se distribuye entre los usuarios del área de servicio.

En un principio, la Comisión presentó una propuesta que incluía la medición por microrrutas (Resolución 322 de 2005), considerando que esta era posible a un costo razonable. Esta alternativa fue uno de los temas que despertó más interés en el proceso de participación ciudadana, en su mayoría por parte de los prestadores y de la SSPD, que consideraron que el mecanismo adolecía de dificultades operativas para su implementación.

La medición, además de ser un derecho, es un incentivo a la reducción en la fuente de residuos sólidos, ya que si un individuo percibe que, al reducir su producción de residuos, baja el cobro que se le hace por el servicio de aseo, este podría minimizar o separar su producción en la fuente, lo cual es deseable por las reducciones en costos económicos, sociales y ambientales para la sociedad. Como producto de esta discusión, la Comisión decidió dar una señal en este sentido, es decir, una medición que refleje los consumos promedio de un grupo de usuarios para que no se pierda el incentivo a la minimización y separación en la fuente, pero que al mismo tiempo evite las dificultades operativas que eventualmente podría tener la medición por microrrutas.

La medición por áreas de servicio tiene varias ventajas: i) Es un instrumento de medición promedio de los residuos aproximada a la producción real de los usuarios individuales; ii) Permite la inclusión de factores de producción por estrato; iii) Permite que un prestador haga el cálculo agregado de lo que le correspondería como producción promedio a cada usuario, a partir de la distribución de lo pesado en el sitio de disposición final entre los usuarios que conforman el área de servicio; iv) Permite la redefinición de microrrutas dentro del área de servicio sin afectar la medición agregada; v) Permite la consideración de los aforos.

Si bien con la nueva metodología tarifaria de aseo es factible que dos suscriptores del mismo municipio tengan tarifas diferentes aun perteneciendo al mismo estrato, dentro de una misma área de servicio, tanto los costos, como el TDi que refleja la medición, serían iguales. Entonces, en una misma área de servicio los incentivos a que se presenten arrojos clandestinos serán nulos, ya que cualquier intento de arrojar los residuos dentro del área de servicio no modificará el pesaje total en el sitio de disposición final y por lo tanto no reducirá el valor final a pagar a quien arrojó clandestinamente los residuos.

No obstante, como cualquier esquema delimitado, se podrían presentar problemas de frontera, por lo que alguien se vería beneficiado de arrojar los residuos clandestinamente en otra área de servicio. Sin embargo, esto requeriría por lo menos dos condiciones: Primera, deben existir varias áreas de servicio, lo cual no es necesariamente la regla. Segunda, el costo de llevar los residuos a otra área de servicio debe ser menor al beneficio de la reducción en tarifa; realmente esto es improbable, ya que este beneficio se distribuirá entre todos los suscriptores del área de servicio.

## ANEXO 2 – EJEMPLOS DEMOSTRATIVOS

### Ejemplo demostrativo de la metodología tarifaria cuando hay sólo un prestador

El presente ejemplo considera el cálculo de las tarifas del servicio público domiciliario de aseo para un municipio de 30.000 suscriptores, y en el cual existe un único operador de los componentes de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, recolección y transporte, y disposición final de los residuos.

En primer lugar, se presenta la información básica del municipio:

N	Número total de suscriptores del municipio	30.000
Nfc	Número de suscriptores facturados (suscriptor)	30.000
Nb	Número total de suscriptores atendidos por los prestadores, en el suelo urbano del municipio, para el año base (suscriptor)	30.000
K	Sumatoria de todos los kilómetros de cuneta barridos por los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio del año base en un período de un mes, según frecuencias definidas por el municipio (kilómetros)	5.280
VP crt	Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de dos ejes a una distancia menor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación del servicio y que se encuentran en la ruta del sitio de disposición final (pesos)	0,0
VP te	Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de cinco ejes a una distancia mayor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación del servicio y que se encuentran en la ruta del sitio de disposición final (pesos)	0,0
dk	Distancia en kilómetros de vía pavimentada en la ruta más corta desde el centroide del área de servicio hasta el sitio de disposición final (kilómetros)	10,0
TAj	Promedio de toneladas-mes ajustado por regionalización, del sitio de disposición final j	4.270,2
Tj	Promedio de toneladas-mes recibidas en el sitio de disposición final (toneladas)	4.500,0
Trecep j	Promedio de toneladas-mes dispuestas por los prestadores del municipio donde está ubicado el sitio de disposición final (toneladas)	2.700,0
F merc	Mínima fracción del mercado atendido por el sitio de disposición final	0,95
Q	Promedio mensual de la cantidad de residuos ordinarios recogidos en el área de prestación del servicio, en el período de producción de residuos (toneladas)	2.750,0
Qb	Promedio mensual de la cantidad de residuos de barrido recogidos en el área de prestación del servicio, en el período de producción de residuos (toneladas)	140,0



Qa	Promedio mensual de la cantidad de residuos domiciliarios aforados recogidos en el área de prestación del servicio, en el período de producción de residuos (toneladas)	289,1
AP i	Promedio de toneladas de residuos con aforo permanente del suscriptor i correspondiente al período de producción de residuos (toneladas)	0,0
Na	Número promedio de suscriptores aforados en el área de prestación de servicio en el período de producción de residuos (suscriptor)	1.240
FPS	Factor de ponderación por suscriptor	0,081

En segundo lugar, se muestran a continuación cuales son los costos a reconocerse según la metodología y la actualización de los mismos a diciembre de 2006, de acuerdo con los índices de precios correspondientes:

COSTO POR COMPONENTES	\$ jun. 2004	\$ dic. 2006
CCS (\$ suscriptor)	668	738
CBL (\$/kilómetro)	13.565	15.460
CRT (\$/tonelada)	49.472	57.165
CTE p (\$/tonelada)	0	0
CDT p (\$/tonelada)	36.386	38.495

Se asume que el municipio aplica los valores techo para todos los componentes. Los costos de comercialización (CCS) y barrido y limpieza de vías y áreas públicas (CBL) son los máximos establecidos en la Resolución CRA 351 de 2005. Además, el costo de recolección y transporte (CRT) no incluye el valor de peajes, teniendo en cuenta que, entre el municipio y el sitio de disposición final, no existen peajes. Entre tanto, el costo de disposición final (CTE p) considera el promedio de toneladas-mes ajustado por regionalización (TAj), dado que en total se reciben 4.500 toneladas en el relleno (Tj), aunque el municipio donde se encuentra el relleno sólo dispone de 2.700 toneladas-mes.

De otra parte, en este municipio la distancia hasta el sitio de disposición final desde el centroide no es mayor a 20 kilómetros; por ende, no se debe calcular el costo de tramo excedente (CTE).

Adicionalmente, con el objetivo de hallar las tarifas por suscriptor, el siguiente cuadro resume la información para el cálculo de las toneladas imputables al suscriptor i (TD i):

	Número de usuarios	Número de usuarios aforados	Toneladas aforadas	Toneladas aforadas por suscriptor	Factores de producción	Denominador	Numerador si no tiene aforo individual	Numerador si tiene aforo Extraordinario	TDi no aforados	TDi aforados		
Tipo de suscriptor	Nu	Naf	Nu-Naf	Afu	Fu	((Nu-Naf)*FPS*Fu)	((Nu-Naf)*FPS*Fu + Suma(Afu))	(Qb-SumaAP)*FPS*Fu	(Q-Qb-SumaAP)*AJ			
Estrato 1	3.000	0	3.000	0,00	0,95	2.25,99	2894,50	200,09	0,00	0,0691	0,000	
Estrato 2	7.100	0	7.100	0,00	0,95	544,31	2894,50	200,09	0,00	0,0691	0,000	
Estrato 3	13.000	500	12.500	6,40	0,013	958,30	2894,50	200,09	33,41	0,0691	0,012	
Estrato 4	3.200	200	3.000	3,10	0,016	1,00	242,10	2894,50	210,62	40,46	0,0728	0,014
Estrato 5	1.000	180	820	2,50	0,014	1,09	72,13	2894,50	229,58	37,70	0,0793	0,013
Estrato 6	300	60	240	0,85	0,014	1,54	29,23	2894,50	374,36	36,98	0,1121	0,013
Pequeño productor	2.200	100	2.100	1,15	0,012	3,12	528,74	2894,50	657,15	30,02	0,2270	0,010
Gran productor	200	200	0	275,00	1,375	9,37	0,00	2894,50	1973,55	3588,75	0,0813	1,240
	30.000	1.240	28.760	289,10			2605,40					

Aplicando las fórmulas establecidas en el Título IV de la Resolución CRA 351 de 2005, se calculan las tarifas para cada uno de los componentes del servicio de aquellos suscriptores que no tienen aforo individual a pesos de diciembre de 2006. El resultado de estos cálculos se presenta a continuación:

Tipo de suscriptor	TBL i	TRT i	TTE i	TDT i	TMR f	TMR v	TFR i	Ti
Estrato 1	2.720,9	4.218,5	0,0	2.840,8	259,4	529,4	1.527,0	11.307,1
Estrato 2	2.720,9	4.218,5	0,0	2.840,8	259,4	529,4	1.527,0	11.307,1
Estrato 3	2.720,9	4.218,5	0,0	2.840,8	259,4	529,4	1.527,0	11.307,1
Estrato 4	2.720,9	4.426,5	0,0	2.980,8	259,4	555,5	1.553,1	11.681,3
Estrato 5	2.720,9	4.800,9	0,0	3.232,9	259,4	602,5	1.600,1	12.354,7
Estrato 6	2.720,9	6.672,7	0,0	4.493,4	259,4	837,5	1.835,0	15.722,1
Pequeño productor	2.720,9	13.245,1	0,0	8.919,3	259,4	1.662,3	2.659,9	27.545,1
Gran productor	2.720,9	39.243,3	0,0	26.426,6	259,4	4.925,2	5.922,8	74.313,6

Donde:

TBL i = Tarifa para el suscriptor i por el componente de barrido y limpieza de vías y áreas públicas (\$/suscriptor)

TRT i = Tarifa para el suscriptor i por el componente de recolección y transporte (\$/suscriptor)

TTE i = Tarifa para el suscriptor i por el componente de transporte excedente (\$/suscriptor)

TDT i = Tarifa para el suscriptor i por el componente de disposición final (\$/suscriptor)

TMR f = Tarifa de manejo de recaudo fijo (\$/suscriptor)

TMR v = Tarifa de manejo de recaudo variable (\$/suscriptor)

TFR i = Tarifa para el suscriptor por el componente de comercialización y manejo del recaudo (\$/suscriptor)

Ti = Tarifa para el servicio público domiciliario de aseo antes de subsidios y contribuciones

Ejemplo demostrativo de la metodología tarifaria cuando hay dos prestadores

**Supuestos del modelo con dos (2) áreas de prestación:**

- Existen dos áreas de prestación en el municipio. Cada una de ellas es atendida por un prestador diferente.
- Los dos (2) prestadores prestan las actividades de barrido y limpieza, y recolección y transporte de residuos sólidos en el municipio.



- El número total de suscriptores atendidos por los dos (2) prestadores en el área urbana del municipio para el año base es 30.000. El prestador 1 atiende a 20.000 de estos suscriptores (67% del total) y el prestador 2 atiende a los 10.000 restantes (33% del total).

Dado que la responsabilidad del barrido y limpieza de vías y áreas públicas del suelo urbano del municipio corresponde a los dos (2) prestadores, se asume que los prestadores delimitaron las vías y áreas públicas de modo que los kilómetros a barrer por cada operador sean proporcionales al número de suscriptores de recolección y transporte atendidos en su área de prestación.

Como consecuencia, el prestador 1 es responsable de barrer el equivalente al 67% de kilómetros del municipio, que representan 3,667 kilómetros, mientras que el prestador 2 barre 1,833 kilómetros que corresponden al 33% de los kilómetros de barrido del municipio.

Finalmente, los kilómetros de cuenta adicionales que implican una frecuencia mayor a la que le corresponde al municipio es cero (0).

- Los dos (2) prestadores disponen los residuos en sitios de disposición final manejados por terceros, es decir, ninguno de ellos presta de manera directa la actividad de tratamiento y disposición final de residuos.
- El período de actualización de los costos de prestación del servicio es diciembre de 2006.

### **Prestador 1**

- Cuenta con 20.000 suscriptores y 15.000 de ellos tienen la posibilidad de facturar conjuntamente con personas prestadoras del servicio de acueducto en el suelo urbano.
- Dispone en dos rellenos sanitarios (Sitio D.F j = 1 y Sitio D.F j = 2). En cada uno de estos rellenos se asume que existen únicamente dos prestadores de recolección disponiendo los residuos: el prestador del ejemplo (prestador 1) y el prestador asociado el municipio donde queda ubicado el relleno.
- Tiene tramo excedente en el sitio de disposición final 1 (Sitio D.F j = 1), trayecto en el cual enfrenta un (1) peaje.
- No realiza actividad de aprovechamiento.

### **Prestador 2**

- Atiende a 10.000 suscriptores, todos de ellos con la posibilidad de facturar conjuntamente con personas prestadoras del servicio de acueducto en el suelo urbano.

- Debe pagar un peaje a una distancia menor de 20 kilómetros, lo cual afecta el Costo de Recolección y Transporte (CRT) que enfrenta.
- Dispone los residuos sólidos en un solo relleno sanitario. Se supone que en este relleno disponen el prestador del ejemplo (prestador 2), el prestador del municipio donde se ubica el relleno, y un prestador adicional.
- No enfrenta tramo excedente para llevar los residuos al sitio de disposición final.
- Realiza la actividad de aprovechamiento, el cual es equivalente a un sitio de disposición final adicional. En promedio aprovecha 40 toneladas-mes.

Un resumen de las variables de los prestadores se presenta a continuación:

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	Prestador 1	Prestador 2
N	Número de suscriptores del prestador del servicio de aseo en su área de servicio, para el año base (suscriptor).	20.000	10.000
Nfc	Número de suscriptores del prestador de aseo en su área de prestación de servicio con posibilidad de facturación conjunta, o efectivamente facturados, con personas prestadoras del servicio de acueducto en el suelo urbano, para el año base (suscriptor).	15.000	10.000
Nb	Número total de suscriptores atendidos por los prestadores, en el suelo urbano del municipio, para el año base (suscriptor)	30.000	30.000
K	Sumatoria de todos los kilómetros de cuneta barridos por los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio para el año base en un periodo de un mes, según frecuencias definidas por el municipio (kilómetros).	5.500	5.500
VP crt	Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de dos ejes a una distancia menor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación del servicio y que se encuentran en la ruta del sitio de disposición final (pesos junio 2004).	0,0	18.000
VP te	Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de cinco ejes a una distancia mayor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación del servicio y que se encuentran en la ruta del sitio de disposición final (pesos junio 2004). Sitio D.F. j = 1	30.000	0,0
	Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de cinco ejes a una distancia mayor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación del servicio y que se encuentran en la ruta del sitio de disposición final (pesos junio 2004). Sitio D.F. j = 2	0,0	0,0
dk	Distancia en kilómetros más corta desde el centroide del área de servicio hasta el sitio de disposición final (kilómetros). Sitio D.F. j = 1	30,0	15,0
	Distancia en kilómetros más corta desde el centroide del área de servicio hasta el sitio de disposición final (kilómetros). Sitio D.F. j = 2	10,0	0,0
TAj	Promedio de toneladas-mes ajustado por regionalización, del sitio de disposición final j (toneladas). Sitio D.F. j = 1	1.000,0	2.149,1
	Promedio de toneladas-mes ajustado por regionalización, del sitio de disposición final j (toneladas). Sitio D.F. j = 2.	3.996,8	0,0

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	Prestador 1	Prestador 2
Tj	Promedio de toneladas-mes recibidas en el sitio de disposición final (toneladas). Sitio D.F. j = 1	1.000,0	2.200,0
	Promedio de toneladas-mes recibidas en el sitio de disposición final (toneladas). Sitio D.F. j = 2	4.200,0	0,0
Trecep j	Promedio de toneladas-mes dispuestas por los prestadores del municipio donde está ubicado el sitio de disposición final (toneladas). Sitio D.F. j = 1	700,0	900,0
	Promedio de toneladas-mes dispuestas por los prestadores del municipio donde está ubicado el sitio de disposición final (toneladas). Sitio D.F. j = 2	2.700,0	0,0
F merc	Mínima fracción del mercado atendido por el sitio de disposición final. Sitio D.F. j = 1	1,00	0,98
	Mínima fracción del mercado atendido por el sitio de disposición final. Sitio D.F. j = 2	0,95	1,00
Ton j	Toneladas del área de servicio, dispuestas en el sitio de disposición final j en el período de producción de residuos (toneladas). Sitio D.F. j = 1	300	880
	Toneladas del área de servicio, dispuestas en el sitio de disposición final j en el período de producción de residuos (toneladas). Sitio D.F. j = 2	1.500	0
Tnk	Toneladas transportadas en el tramo excedente k por el prestador en el período de producción de residuos (toneladas). Sitio D.F. j = 1	300	0
	Toneladas transportadas en el tramo excedente k por el prestador en el período de producción de residuos (toneladas). Sitio D.F. j = 2	1.500	0
Aprovechamiento	Toneladas aprovechadas por el prestador en el período de producción de los residuos (toneladas).	0	40
Q	Promedio mensual de la cantidad de residuos ordinarios recogidos en el área de prestación del servicio, en el período de producción de residuos (toneladas).	1.780	910
Qb	Promedio mensual de la cantidad de residuos de barrido recogidos en el área de prestación del servicio, en el período de producción de residuos (toneladas).	106	54
Qa	Promedio mensual de la cantidad de residuos domiciliarios aforados recogidos en el área de prestación de servicio, en el período de producción de residuos (toneladas).	272,5	277,4
AP i	Promedio de las toneladas de residuos con aforo permanente del suscriptor i correspondiente al período de producción de residuos (toneladas).	50,0	30,0
Na	Número promedio de suscriptores aforados en el área de prestación de servicio en el período de producción de residuos (suscriptor).	1.180	410
FPS	Factor de ponderación por suscriptor	0,074	0,060

Ahora bien, con base en las variables que enfrenta cada prestador, se calculan los costos por actividad del servicio:

COSTO POR COMPONENTES	PRESTADOR 1		PRESTADOR 2	
	\$ jun. 2004	\$ dic. 2006	\$ jun. 2004	\$ dic. 2006
CCS (\$ suscriptor)	835	923	668	738
CBL (\$/kilómetro)	13.565	15.460	13.565	15.460
CRT (\$/tonelada)	49.472	57.165	51.590	59.612

	PRESTADOR 1		PRESTADOR 2	
CTE (\$/tonelada) Sitio D.F. j = 1	7.532	8.704	0	0
CTE (\$/tonelada) Sitio D.F. j = 2	0	0	0	0
CTE p (\$/tonelada)	1.255	1.451	0	0
CDT (\$/tonelada) Sitio D.F. j = 1	50.890	53.839	50.890	53.839
CDT (\$/tonelada) Sitio D.F. j = 2	38.061	40.266	0	0
CDT aprovechamiento (\$/toneladas) Sitio D.F. j = 3	11.910	12.600	11.910	12.600
CDT p (\$/tonelada)	40.199	42.528	49.195	52.046

Debido a que existe más de un área de prestación del servicio, es necesario que los prestadores tengan en cuenta las reglas especiales y metodología para calcular las tarifas máximas por componente del servicio (Artículo 31 – 35 de la Resolución CRA 352 de 2007). Para ello, se debe considerar la siguiente información:

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	DATOS
NPbl	Número de prestadores de barrido y limpieza en el suelo urbano municipal (prestador).	2
Nb	Número total de suscriptores atendidos por los prestadores, en el suelo urbano del municipio, para el año base (suscriptor)	30.000
Tbj	Toneladas de barrido transportadas por el prestador j en el área de servicio en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 1	106
	Toneladas de barrido transportadas por el prestador j en el área de servicio en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 2	54
Qb	Toneladas recogidas de barrido y limpieza por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio, en el período de producción de residuos (toneladas).	160
Tbte j	Toneladas de barrido transportadas por tramo excedente por el prestador j desde el área de servicio al sitio de disposición final en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 1 Sitio D.F = 1	10
	Toneladas de barrido transportadas por tramo excedente por el prestador j desde el área de servicio al sitio de disposición final en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 1 Sitio D.F = 2	0
	Toneladas de barrido transportadas por tramo excedente por el prestador j desde el área de servicio al sitio de disposición final en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 2 Sitio D.F = 1	0
	Toneladas de barrido transportadas por tramo excedente por el prestador j desde el área de servicio al sitio de disposición final en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 2 Sitio D.F = 2	0
Tbd j	Toneladas de barrido dispuestas por el prestador j en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 1 Sitio D.F = 1	10
	Toneladas de barrido dispuestas por el prestador j en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 1 Sitio D.F = 2	96
	Toneladas de barrido dispuestas por el prestador j en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 2 Sitio D.F = 1	54
	Toneladas de barrido dispuestas por el prestador j en el período de producción de residuos (toneladas). Prestador = 2 Sitio D.F = 2	0



Como resultado de la aplicación de estas reglas se obtienen los siguientes costos, los cuales hacen parte del cálculo de la tarifa al usuario final:

COSTO POR COMPONENTES		\$ jun. 2004	\$ dic. 2006
CBL	Costo de barrido y limpieza de vías aéreas públicas promedio para el prestador i (\$/kilómetro). \$ junio 2004	13.565	15.460
CRT <sub>b</sub>	Costo de recolección y transporte promedio de barrido para el prestador i (\$/tonelada). \$/junio 2004	50.187	57.991
CRE <sub>b</sub>	Costo de transporte excedente promedio de barrido para el prestador i (\$/tonelada). \$/junio 2004	7.532	8.704
CDT <sub>b</sub>	Costo de disposición final promedio de barrido para el prestador i (\$/tonelada). \$/junio 2004	26.017	27.525

De otra parte, el cálculo del Tdi para cada prestador se presenta a continuación:

### Prestador 1 - Cálculo del TDI

Tipo de suscriptor	Número de usuarios	Número usuarios aforados		Ton. Aforo ordinario y extraordinario	Ton. Aforo por suscriptor ordinario y extraordinario	Ton. Aforo permanente	Factores de producción		Denominador	Numerador Si No Tiene Aforo Individual	Numerador Si Tiene Aforo Ordinario y Extraordinario	TD i no aforados	TD i aforados
	Nu	Nau	Nu-Nau	Sum (Afu)			Fu1	((Nu-Nau)*FPPS*Fu)	((Nu-Nau)*FPPS*Fu)+Sum(Afu)	(Q-Ob-SumAPI)*FPPS*Fu1	(Q-Ob-SumAPI)*A1		
Estrato 1	3.000	0	3.000	0,00	0,00	0,00	0,95	212,23	2008,12	114,89	0,00	0,057	0,000
Estrato 2	5.000	0	5.000	0,00	0,00	0,00	0,95	353,72	2008,12	114,89	0,00	0,057	0,000
Estrato 3	6.000	500	5.500	5,50	0,01	0,00	0,95	389,09	2008,12	114,89	17,86	0,057	0,009
Estrato 4	2.300	200	2.100	2,80	0,01	0,00	1,00	156,38	2008,12	120,93	22,74	0,060	0,011
Estrato 5	1.000	180	820	3,50	0,02	0,00	1,09	66,56	2008,12	131,82	31,58	0,066	0,016
Estrato 6	0	0	0	0,00	0,00	0,00	1,54	0,00	2008,12	186,24	0,00	0,093	0,000
Pequeño productor	2.500	100	2.400	0,73	0,01	0,00	3,12	557,61	2008,12	377,32	11,86	0,188	0,006
Gran productor	200	200	0	260,00	1,30	50,00	9,37	0,00	2008,12	1133,16	2111,20	0,564	1,051
<b>Total</b>	<b>20.000</b>	<b>1.180</b>	<b>18.820</b>	<b>272,53</b>	<b>1,35</b>	<b>50,00</b>		<b>1735,59</b>				<b>1,142</b>	<b>1,093</b>

### Prestador 2 - Cálculo del TDI

Tipo de suscriptor	Número de usuarios	Número usuarios aforados		Ton. Aforo ordinario y extraordinario	Ton. Aforo por suscriptor ordinario y extraordinario	Ton. Aforo permanente	Factores de producción		Denominador	Numerador Si No Tiene Aforo Individual	Numerador Si Tiene Aforo Ordinario y Extraordinario	TD i no aforados	TD i aforados
	Nu	Nau	Nu-Nau	Sum (Afu)			Fu1	((Nu-Nau)*FPPS*Fu)	((Nu-Nau)*FPPS*Fu)+Sum(Afu)	(Q-Ob-SumAPI)*FPPS*Fu1	(Q-Ob-SumAPI)*A1		
Estrato 1	4.350	0	4.350	0,00	0,00	0,00	0,95	249,33	1002,06	47,34	0,00	0,047	0,000
Estrato 2	2.600	0	2.600	0,00	0,00	0,00	0,95	149,02	1002,06	47,34	0,00	0,047	0,000
Estrato 3	800	0	800	0,00	0,00	0,00	0,95	34,39	1002,06	47,34	0,00	0,047	0,000
Estrato 4	800	80	720	1,05	0,01	0,00	1,00	43,44	1002,06	49,84	10,84	0,050	0,011
Estrato 5	0	0	0	0,00	0,00	0,00	1,09	0,00	1002,06	54,32	0,00	0,054	0,000
Estrato 6	0	0	0	0,00	0,00	0,00	1,54	0,00	1002,06	76,75	0,00	0,077	0,000
Pequeño productor	1.500	180	1.320	1,35	0,01	0,00	3,12	248,48	1002,06	155,49	6,20	0,155	0,006
Gran productor	150	150	0	275,00	1,83	30,00	9,37	0,00	1002,06	466,96	1514,33	0,466	1,511
<b>Total</b>	<b>10.000</b>	<b>410</b>	<b>9.590</b>	<b>277,40</b>	<b>1,85</b>	<b>30,00</b>		<b>724,65</b>				<b>0,943</b>	<b>1,528</b>

Finalmente, las tarifas para cada prestador del servicio se aseo no aforado, actualizadas a diciembre de 2006, son las que se presentan a continuación:

### Prestador 1 (\$ dic 2006)

Tipo de suscriptor	TBL i	TRT i	TTE i	TDT i	TMR f	TMR v	TFR i	Ti
Estrato 1	2.834,3	3.579,8	129,4	2.579,9	281,8	471,7	1.676,1	10.799,5
Estrato 2	2.834,3	3.579,8	129,4	2.579,9	281,8	471,7	1.676,1	10.799,5
Estrato 3	2.834,3	3.579,8	129,4	2.579,9	281,8	471,7	1.676,1	10.799,5
Estrato 4	2.834,3	3.751,9	133,8	2.708,0	281,8	494,5	1.698,9	11.126,9
Estrato 5	2.834,3	4.061,7	141,6	2.938,5	281,8	535,6	1.740,1	11.716,2
Estrato 6	2.834,3	5.610,9	181,0	4.091,0	281,8	741,2	1.945,6	14.662,8
Pequeño productor	2.834,3	11.050,3	319,0	8.137,7	281,8	1.463,0	2.667,4	25.008,6
Gran productor	2.834,3	32.566,7	865,0	24.145,0	281,8	4.318,2	5.522,7	65.933,6

### Prestador 2 (\$ dic 2006)

Tipo de suscriptor	TBL i	TRT i	TTE i	TDT i	TMR f	TMR v	TFR i	Ti
Estrato 1	2.834,3	3.125,7	46,4	2.605,8	267,9	433,3	1.439,4	10.051,6
Estrato 2	2.834,3	3.125,7	46,4	2.605,8	267,9	433,3	1.439,4	10.051,6
Estrato 3	2.834,3	3.125,7	46,4	2.605,8	267,9	433,3	1.439,4	10.051,6
Estrato 4	2.834,3	3.274,0	46,4	2.735,2	267,9	454,2	1.460,2	10.350,1
Estrato 5	2.834,3	3.540,8	46,4	2.968,2	267,9	491,7	1.497,7	10.887,3
Estrato 6	2.834,3	4.874,9	46,4	4.133,0	267,9	679,1	1.685,1	13.573,6
Pequeño productor	2.834,3	9.559,1	46,4	8.222,7	267,9	1.337,1	2.343,2	23.005,6
Gran productor	2.834,3	28.088,3	46,4	24.400,3	267,9	3.940,1	4.946,2	60.315,4

## **RESOLUCIÓN CRA NO. 351 DE 2005**

**(20 de diciembre de 2005)**

### **LA COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

“Por la cual se establecen los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo y la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos ordinarios y se dictan otras disposiciones”

En ejercicio de sus facultades legales y en especial de las que le confiere la Ley 142 de 1994, el Decreto 1905 del 26 de Septiembre de 2000, y,

#### **CONSIDERANDO**

Que el Artículo 365 de la Constitución Política dispone que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y que es su deber asegurar la prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional;

Que el Artículo 370 Superior prevé que corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer, por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten;

Que el Artículo 68 de la Ley 142 de 1994 establece que el señalamiento de tales políticas, se podrá delegar en las Comisiones de Regulación;

Que el Presidente de la República mediante Decreto 1524 de 1994, delegó en las Comisiones de Regulación, la función de señalar políticas generales de administración y control de eficiencia en los servicios públicos domiciliarios;

Que el Artículo 2o. de la Ley 142 de 1994 dispone que el Estado intervendrá en los servicios públicos en el marco de lo dispuesto en los Artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución Política, entre otras razones, para asegurar su prestación eficiente;



Que el Artículo 3o. de la Ley 142 de 1994 señala que constituyen instrumentos para la intervención estatal en los servicios públicos, todas las atribuciones y funciones asignadas a las entidades, autoridades y organismos de que trata dicha ley, especialmente las relativas, entre otras, a la regulación de la prestación de los servicios públicos, teniendo en cuenta las características de cada región; la fijación de metas de eficiencia, cobertura y calidad, evaluación de las mismas, y la definición del régimen tarifario;

Que el Artículo 11 ibídem dispone que para cumplir con la función social de la propiedad, pública o privada, las entidades que presten servicios públicos tienen, entre otras, la obligación de asegurar que el servicio se preste en forma continua y eficiente, y sin abuso de la posición dominante;

Que de conformidad con el numeral 14.10 del Artículo 14 de la Ley 142 de 1994, la libertad regulada, es el régimen de tarifas mediante el cual la Comisión de Regulación respectiva fija los criterios y la metodología con arreglo a los cuales las personas prestadoras de servicios públicos domiciliarios pueden determinar o modificar los precios máximos para los servicios ofrecidos al usuario o consumidor;

Que el numeral 14.11 del Artículo 14 ibídem dispone que la libertad vigilada es el régimen de tarifas mediante el cual las personas prestadoras de servicios públicos domiciliarios pueden determinar libremente las tarifas de venta a medianos y pequeños consumidores, con la obligación de informar por escrito a las comisiones de regulación, sobre las decisiones tomadas en esta materia;

Que en el numeral 14.18 del Artículo 14 de la Ley 142 de 1994, se establece que la regulación de los servicios públicos domiciliarios es la facultad de dictar normas de carácter general o particular en los términos de la Constitución y de esta ley, para someter la conducta de las personas que prestan los servicios públicos domiciliarios a las reglas, normas, principios y deberes establecidos por la ley y los reglamentos;

Que el numeral 14.24 del Artículo 14 ibídem, modificado por el Artículo 1o. de la Ley 632 de 2000 y por el Artículo 1o. de la Ley 689 de 2001, establece que el servicio público de aseo "es el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos" y define que "también se aplicará esta ley a las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.

Que el precitado Artículo establece adicionalmente, como actividades complementarias del servicio público de aseo, el corte de césped y poda de árboles ubicados en las vías y áreas públicas, lavado de estas áreas, transferencia, tratamiento y aprovechamiento;

Que el Artículo 1o. del Decreto 1713 de 2002, reglamentario de las Leyes 142 de 1994, 632 de 2000 y 689 de 2001, define el servicio público domiciliario de aseo como "la modalidad de prestación de servicio público domiciliario de aseo para residuos sólidos de origen residencial y para otros residuos que pueden ser manejados de acuerdo con la capacidad de la persona prestadora del servicio de aseo y que no corresponden a ninguno de los tipos de servicios definidos como especiales";

Asimismo, dicho Artículo establece que el servicio público domiciliario de aseo está compuesto por la recolección, transporte, transferencia, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos originados por estas actividades y comprende las actividades de barrido y limpieza de vías y áreas públicas y la recolección, transporte, transferencia, tratamiento, y disposición final de los residuos sólidos originados por estas actividades;

Que de conformidad con el Artículo 13 del Decreto 1713 de 2002, los usuarios del servicio público ordinario de aseo se clasificarán, de conformidad con la metodología que determine la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, en usuarios residenciales y usuarios no residenciales y cada uno de estos en pequeños y grandes generadores;

Que el Artículo 106 íbidem señala que "está expresamente prohibido a las personas prestadoras del servicio público de aseo, en todos sus actos y contratos, discriminar o conceder privilegios, así como toda práctica que tenga la capacidad de generar competencia desleal de conformidad con lo establecido en el Artículo 34 y demás disposiciones legales establecidas en la Ley 142 de 1994";

Que a su turno, el inciso segundo del mencionado Artículo señala que "la persona prestadora debe garantizar bajo las condiciones técnicas establecidas en este Decreto la prestación del servicio de aseo en condiciones uniformes a todos los usuarios que lo requieran, el cual no podrá ser negado por razones socioeconómicas, geográficas, climatológicas, topográficas o por cualquier otra condición discriminatoria, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 142 de 1994";

Que el Artículo 9o. de la Ley 632 de 2000, por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994, si bien trata de los esquemas de prestación del servicio público domiciliario de aseo, entre otras, también hace referencia a las actividades complementarias de reciclaje, aprovechamiento y operación comercial;

Que dicho Artículo, reconoce la responsabilidad de los municipios y distritos para definir el esquema de prestación del servicio en el territorio bajo su jurisdicción, pudiendo aplicar el esquema de la libre competencia y concurrencia de prestadores del servicio -competencia en el mercado-, o el esquema de asignación de áreas de servicio exclusivo, competencia por el mercado, de manera armónica con lo definido en su respectivo Plan para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, de que trata el Decreto 1713 de 2002, modificado parcialmente por el Artículo 2o. del Decreto 1505 de 2003;

Que, en consecuencia, tales actividades son objeto de la regulación que expidan las Comisiones de Regulación, en los términos de la reglamentación de la ley;

Que el Artículo 40 de la Ley 142 de 1994 señala respecto a las Áreas de Servicio Exclusivo que: "Por motivos de interés social y con el propósito de que la cobertura de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, saneamiento ambiental, distribución domiciliaria de gas combustible por red y distribución domiciliaria de



energía eléctrica, se pueda extender a las personas de menores ingresos, la entidad o entidades territoriales competentes, podrán establecer mediante invitación pública, áreas de servicio exclusivas, en las cuales podrá acordarse que ninguna otra empresa de servicios públicos pueda ofrecer los mismos servicios en la misma área durante un tiempo determinado. Los contratos que se suscriban deberán en todo caso precisar el espacio geográfico en el cual se prestará el servicio, los niveles de calidad que debe asegurar el contratista y las obligaciones del mismo respecto del servicio. También podrán pactarse nuevos aportes públicos para extender el servicio”;

Que de conformidad con el Artículo 73 ibídem “Las comisiones de regulación tienen la función de regular los monopolios en la prestación de los servicios públicos, cuando la competencia no sea, de hecho, posible; y, en los demás casos, la de promover la competencia entre quienes presten servicios públicos, para que las operaciones de los monopolistas o de los competidores sean económicamente eficientes, no impliquen abuso de la posición dominante, y produzcan servicios de calidad. Para ello, tendrán las siguientes funciones y facultades especiales: (...)

“73.11. Establecer fórmulas para la fijación de las tarifas de los servicios públicos, cuando ello corresponda según lo previsto en el Artículo 88; y señalar cuándo hay suficiente competencia como para que la fijación de las tarifas sea libre”;

Que de conformidad con lo establecido en el Artículo 73.21 de la Ley 142 de 1994, es función de la Comisión señalar, de acuerdo con la ley, criterios generales sobre abuso de posición dominante en los contratos de servicios públicos, y sobre la protección de los derechos de los usuarios en lo relativo a facturación, comercialización y demás asuntos relativos a la relación de la empresa con el usuario;

Que, a su turno, el inciso final del Artículo 73 ibídem dispone que “...las comisiones, tendrán facultad selectiva de pedir información, amplia, exacta, veráz y oportuna a quienes prestan los servicios públicos a los que se refiere esta ley, inclusive si sus tarifas no están sometidas a regulación...”.

Que el Artículo 14 de la Ley 689 de 2001 adiciona un Artículo nuevo a la Ley 142 de 1994, en el cual se señala que el sistema de información que desarrolle la Superintendencia de Servicios Públicos será único para cada uno de los servicios públicos, actividades inherentes y actividades complementarias de que tratan las Leyes 142 y 143 de 1994, y tendrá, entre otros, como propósitos: servir de base a la Superintendencia de Servicios Públicos en el cumplimiento de sus funciones de control, inspección y vigilancia; apoyar las funciones asignadas a las Comisiones de Regulación; facilitar el ejercicio del derecho de los usuarios de obtener información completa, precisa y oportuna, sobre todas las actividades y operaciones directas o indirectas que se realicen para la prestación de los servicios públicos, conforme a lo establecido en el Artículo 9.4 de la Ley 142 de 1994;

Que el literal a) del numeral 74.2 del Artículo 74 de la Ley 142 de 1994, dispone que es función especial de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, promover la competencia entre quienes presten los servicios mencionados o regular

los monopolios en su prestación, cuando la competencia no sea posible y, que para el efecto, puede adoptar reglas de comportamiento diferencial, según sea la posición de las empresas en el mercado;

Que el régimen tarifario aplicable a los servicios públicos domiciliarios, de conformidad con el numeral 86.4 del Artículo 86 ibídem, está compuesto por reglas relativas a procedimientos, metodologías, fórmulas, estructuras, estratos, facturación, opciones, valores y, en general, todos los aspectos que determinan el cobro de las tarifas;

Que el Artículo 87 ibídem señala que "el régimen tarifario estará orientado por los criterios de eficiencia económica, neutralidad, solidaridad, redistribución, suficiencia financiera, simplicidad y transparencia";

Que de conformidad con el Numeral 87.1 del Artículo 87 de la Ley 142 de 1994, las fórmulas tarifarias no pueden trasladar a los usuarios los costos de una gestión ineficiente, ni permitir que las empresas se apropien de las utilidades provenientes de prácticas restrictivas de la competencia.

Que, en consecuencia, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, al desarrollar la metodología tarifaria contenida en la presente Resolución, considera sólo los costos eficientes asociados con la prestación del servicio informados a ella, los cuales se encuentran detallados en el documento de trabajo, base del presente acto.

Que, así mismo, y en atención a lo dispuesto por el Numeral 87.1 del Artículo 87 citado, la Comisión observa con preocupación que los compromisos contractuales en la prestación del servicio de aseo en ciertos municipios podrían estar incluyendo cargos a favor de la respectiva entidad territorial sin contraprestación alguna, lo cual generaría costos no relacionados con la prestación del servicio, que de ninguna forma podrían ser base para el cálculo de costos eficientes.

Que según lo dispuesto por el Artículo 88 de la Ley 142 de 1994, las personas prestadoras de servicios públicos al fijar sus tarifas, se someterán al régimen de regulación, el cual podrá incluir las modalidades de libertad regulada y libertad vigilada, o un régimen de libertad, de acuerdo con las reglas que en dicho Artículo se consagran;

Que de conformidad con el numeral 88.1 del Artículo 88 ibídem, las personas prestadoras deberán ceñirse a las fórmulas que defina periódicamente la respectiva Comisión para fijar sus tarifas de acuerdo con los estudios de costos. La comisión reguladora podrá establecer topes máximos y mínimos tarifarios, de obligatorio cumplimiento por parte de las empresas; e igualmente podrá definir las metodologías para la fijación de tarifas, si conviene aplicar el régimen de libertad regulada o vigilada;

Que el numeral 88.3 del Artículo 88 ibídem dispone que las empresas tendrán libertad para fijar tarifas, cuando exista competencia entre proveedores y que, corresponde a las comisiones de regulación, determinar cuando se dan estas condiciones, con base en los criterios y definiciones de la ley de servicios públicos;



Que el Artículo 92 ibidem señala que en las fórmulas de tarifas las comisiones de regulación garantizarán a los usuarios a lo largo del tiempo, los beneficios de la reducción promedio de costos en las empresas que prestan el servicio; y, al mismo tiempo, darán incentivos a las empresas para ser más eficientes que el promedio, y para apropiarse de los beneficios de la mayor eficiencia;

Que con el mismo propósito, el Artículo mencionado dispone que las comisiones de regulación podrán corregir en las fórmulas los índices de precios aplicables a los costos y gastos de la empresa, con un factor que mida los aumentos de productividad que se esperan en ella, y permitir que la fórmula distribuya entre la empresa y el usuario los beneficios de tales aumentos;

Que de conformidad con el Artículo 125 de la Ley 142 de 1994, durante el período de vigencia de cada fórmula, las empresas podrán actualizar las tarifas que cobran a sus usuarios aplicando las variaciones en los índices de precios que las fórmulas contienen. Las nuevas tarifas se aplicarán a partir del día quince del mes que corresponda, cada vez que se acumule una variación de, por lo menos, un tres por ciento (3%) en alguno de los índices de precios que considera la fórmula;

Que el Artículo 146 ibidem dispone, en cuanto a la medición del consumo y del precio en el contrato, que la empresa y el suscriptor o usuario tienen derecho a que los consumos se midan; a que se empleen para ello los instrumentos de medida que la técnica haya hecho disponibles; y a que el consumo sea el elemento principal del precio que se cobre al suscriptor o usuario;

Que el mismo Artículo dispone que los principios allí consagrados también se aplicarán al servicio de aseo con las adaptaciones que exige la naturaleza del servicio y las reglas que la ley de servicios públicos contiene sobre falla del servicio; entendiéndose que el precio que se exija al usuario dependerá no sólo de los factores de costos que contemplan las fórmulas tarifarias sino en todo caso de la frecuencia con que se preste el servicio y del volumen de residuos que se recojan;

Que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, expidió la Resolución No. 19 de 1996, mediante la cual se establecen los criterios y se adopta la metodología con arreglo a los cuales las entidades prestadoras del servicio público domiciliario de aseo con menos de ocho mil usuarios deben determinar las tarifas de prestación del servicio ordinario, la cual fue incorporada en la Resolución 151 de 2001;

Que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, expidió la Resolución No. 15 de 1997, mediante la cual se establecen los criterios y metodologías para el cálculo de costos y tarifas máximas, con arreglo a las cuales las entidades tarifarias locales deben determinar las tarifas de prestación del servicio ordinario de aseo prestado en capitales de departamento y en municipios con más de 8.000 usuarios, la cual fue incorporada en la Resolución CRA 151 de 2001;

Que el Decreto 1505 de 2003, en su Artículo 1º, el cual adiciona el Artículo 1º del Decreto 1713 de 2002 establece: "**Aprovechamiento en el marco de la gestión**

**Integral de residuos Sólidos.**- Es el proceso; mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos sólidos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos”.

**“Aprovechamiento en el marco del servicio público domiciliario de aseo.**- Es el conjunto de actividades dirigidas a efectuar la recolección, transporte y separación, cuando a ello haya lugar, de residuos sólidos que serán sometidos a procesos de reutilización, reciclaje o incineración con fines de generación de energía, compostaje, lombricultura o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos en el marco de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos”;

Que en Sentencia C-1043 de 2003, la honorable Corte Constitucional consideró *“que en el régimen actual, el barrido y la limpieza de las calles hacen parte de los componentes del servicio público domiciliario de aseo.”*

Que en la referida sentencia consideró además que la Ley 142/94 dispone que *“en el caso del servicio de aseo, las fórmulas para fijar las tarifas tomarán en cuenta, además de los aspectos definidos en el régimen tarifario que establece esa ley, los costos de disposición final de basuras y rellenos sanitarios (art. 64)<sup>79</sup>.”*

Que, por tanto, los costos asociados a la prestación del servicio de barrido deben reflejarse en las fórmulas tarifarias del servicio de aseo;

Que el Consejo de Estado, mediante sentencia del 16 de Noviembre de 2001, con ponencia del doctor Honorable Magistrado Camilo Arciniegas Andrade, dispuso que *“... las actividades de gestión, entre las cuales se encuentran los procesos de facturación, cobro, quejas y reclamos, son servicios inherentes al objeto social de las empresas prestadoras de servicios públicos según lo previsto en diversas disposiciones de la Ley 142, entre otros, los Artículos 14.9 (factura de servicios públicos); 147 (naturaleza y requisitos de las facturas); 148 (requisitos de las facturas); 149 (revisión previa); 150 (de los cobros inoportunos); 151 (las facturas y la democratización de la propiedad de las empresas); 153 (de la oficina de peticiones y recursos); 155 (del pago y de los recursos); y 156 (de las causales y trámite de los recursos).*

*“Lo anterior, porque la actividad de prestación del servicio público de aseo está integrada no solo por la parte operativa, sino también por la administrativa, cuyas áreas de facturación, cobro, atención al cliente, quejas y reclamos realiza la actora en el presente caso, en relación con la prestación del servicio público de aseo (...), el cual a su vez es prestado por personas jurídicas socias de la actora...”*

*“Para la Sala, es entonces evidente, que (...) en su condición de empresa prestadora de servicios públicos en la modalidad establecida en el Artículo 15.2 de la Ley 142 de*

<sup>79</sup> Según lo señalaba el Decreto 2104 de 1983, la noción de la expresión **Basura** comprendía los desperdicios, desechos, cenizas, **elementos de barrido de calles**, residuos industriales, de establecimientos hospitalarios y de plazas de mercado, entre otros. Este decreto fue publicado en el Diario Oficial No. 36.319 del 22 de agosto de 1983.



1994, está sujeta a la inspección, vigilancia y control de la SSPD, motivo por el cual estaba obligada a inscribirse en el Registro respectivo...”;

Que, en consecuencia, quienes presten los servicios de comercialización asumiendo las responsabilidades deberán constituirse como una Empresa de Servicios Públicos Domiciliarios y cumplir con todas las obligaciones que les asigna la ley;

Que el Artículo 126 de la Ley 142 de 1994, estableció que las fórmulas tarifarias tendrán una vigencia de cinco años y que, vencido dicho período, continuarán rigiendo mientras la comisión no fije unas nuevas;

Que el Artículo 2o. de la Constitución Política de Colombia consagra como uno de los fines esenciales del Estado, facilitar la participación de todos en las decisiones que los afectan;

Que el inciso tercero del Artículo 78 ibídem, establece que el Estado garantizará la participación de consumidores y usuarios en el estudio de las disposiciones que les conciernen;

Que en desarrollo de tales previsiones, el Artículo 127 de la Ley 142 de 1994 dispone que “antes de doce meses de la fecha prevista para que termine la vigencia de las fórmulas tarifarias, la comisión deberá poner en conocimiento de las empresas de servicios públicos las bases sobre las cuales efectuará el estudio para determinar las fórmulas del período siguiente...”;

Que con el ánimo de dar cumplimiento a la disposición citada, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, dio inicio a las actuaciones administrativas tendientes a la fijación de las nuevas fórmulas tarifarias;

Que, en efecto, en junio del año 2000 se publicó el documento “Bases del Nuevo Marco Regulatorio para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico”;

Que dichas bases fueron discutidas, entre otros eventos, en Bogotá en mayo de 2001 en la “primera reunión del Comité de Agentes y Terceros” y en Cartagena en Octubre de 2001 en el “Taller internacional construcción participativa – Nueva regulación para los servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo en Colombia”;

Que la Corte Constitucional, mediante Sentencia C-150 de 2003, con Ponencia del honorable Magistrado Manuel José Cepeda Espinosa, definió cuatro criterios guía para la participación ciudadana frente a las comisiones de regulación, a saber: (i) que los ciudadanos reciban la información correspondiente sobre el contenido del proyecto de la futura regulación de manera oportuna; (ii) que puedan presentar propuestas; (iii) que las propuestas que se presenten sean consideradas por la Comisión de Regulación competente en cada caso; y (iv) que la Comisión responda motivadamente las propuestas que se le formulen en relación con la regulación que por su especial trascendencia despierta el interés de los usuarios;

Que el Decreto 2696 de 2004 definió las reglas mínimas para garantizar la divulgación y participación en las actuaciones de las Comisiones de Regulación norma en cuyo

Artículo 15 estableció que los procedimientos de divulgación de que trata su Artículo 11 *"aplicarán a los procesos tarifarios que se inicien con posterioridad al 1° de enero de 2005."*

Que el proceso tarifario objeto de la presente Resolución tuvo inicio en junio de 2000 mediante la publicación de sus bases y discusión posterior a partir de octubre de 2001, según expuesto en considerandos precedentes.

Que, por tanto, las disposiciones del referido Artículo 11 no aplican a la presente Resolución.

Que no obstante lo anterior, mediante Resolución CRA 321 del 29 de marzo de 2005 la Comisión dio inicio al proceso de discusión directa con los usuarios y agentes del sector del proyecto de Resolución *"por el cual se establecen los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo de acuerdo con los diferentes tipos de residuos objeto del servicio, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos ordinarios y se dictan otras disposiciones"*;

Que dentro del proceso de participación ciudadana fueron realizadas 14 consultas públicas de carácter regional, iniciadas en la ciudad de Neiva, el día 15 de abril; posteriormente, se llevaron a cabo las consultas públicas de Medellín, 18 de abril; Manizales, 20 de abril; Barranquilla, 22 de abril; Bogotá, D. C., 25 de abril; Bucaramanga, 28 de abril; San José de Cúcuta, 29 de abril; Popayán, 3 de mayo; Montería, 5 de mayo; Valledupar, 11 de mayo; Guadalajara de Buga, 13 de mayo; Villavicencio, 27 de mayo; Bogotá, D. C., 14 de julio; y San Juan de Pasto, el día 18 de julio de 2005.

Que la convocatoria realizada por la Comisión no solo permitió que los habitantes de dichas ciudades participaran en este proceso, sino que convocó, asimismo, a 1.461 ciudadanos de 312 municipios colombianos.

Que como resultado del proceso descrito, fueron consideradas en el seno de la Comisión, al momento de discutir la metodología tarifaria, 189 comunicaciones radicadas, divididas en 9 categorías de argumentos; así como 432 consultas escritas y verbales elevadas por los usuarios en el marco de las consultas públicas.

Que todos los aportes recibidos en el marco de la participación ciudadana fueron conocidos y evaluados por los integrantes de la Comisión.

Que los pronunciamientos y/o respuestas elaboradas por esta Comisión frente a los aportes recibidos en el marco de la participación ciudadana se encuentran contenidos y relacionados en el documento de trabajo, que se hará público el día hábil siguiente al de publicación en el Diario Oficial, de la presente Resolución.

Que en mérito de lo expuesto, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico,



## RESUELVE:

### TÍTULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES

**Artículo 1. Ámbito de aplicación.** La presente Resolución establece el régimen tarifario aplicable a la prestación del servicio público domiciliario de aseo en todo el territorio nacional, salvo las excepciones señaladas en el Parágrafo 1 del Artículo 87 de la Ley 142 de 1994.

**Artículo 2. Regímenes de regulación tarifaria.** El régimen de regulación tarifaria para la prestación del servicio público domiciliario de aseo en suelo urbano será el de libertad regulada. El régimen de regulación para la prestación del servicio público domiciliario de aseo en suelo rural y de expansión urbana será el de libertad vigilada, con excepción del componente de disposición final, el cual corresponderá al de libertad regulada.

**Artículo 3.** En el caso de establecimiento de Áreas de Servicio Exclusivo y en virtud de lo establecido en el Parágrafo 1 del Artículo 87 de la Ley 142 de 1994, se podrán utilizar las fórmulas tarifarias establecidas en la presente Resolución.

**Artículo 4. Área de prestación de servicio.** Corresponde a la zona geográfica debidamente delimitada donde la E.S.P. ofrece y presta el servicio de aseo. Esta deberá consignarse en el contrato de condiciones uniformes. En el evento en que el prestador tenga más de un área de servicio, en el contrato de condiciones uniformes solo deberá constar aquella en la que se encuentra ubicado el suscriptor correspondiente.

**Artículo 5. Centroide.** Para el cálculo del Centroide, el área de prestación de servicio deberá dividirse en áreas de tamaño homogéneo como máximo de un (1) km<sup>2</sup>. Para cada una de estas áreas se establecerá un centroide particular, determinado como el centro de la figura geométrica que se constituye en el área de tamaño homogéneo. Cada uno de estos puntos se ubicará en un plano y se establecerá un promedio de los ejes de las abscisas primero, y de las ordenadas después, ponderando cada punto por el número de suscriptores que se ubican en cada área homogénea. El punto de cruce entre el promedio ponderado por los suscriptores de las abscisas y las ordenadas se determinará como el centroide del área de servicio.

La ubicación del centroide y la distancia con respecto del sitio o sitios de disposición final, para cada una de las áreas de prestación de servicio, deberá ser reportado por el prestador al momento de aplicación de la presente Resolución a través del Sistema Único de Información, SUI. De presentarse una modificación en dicho centroide igualmente deberá reportarla al mencionado Sistema.

**Parágrafo.** Alternativamente al cálculo del centroide, cada prestador, para efectos de lo establecido en la presente Resolución, podrá calcular la distancia a los sitios de disposición final como la diferencia en kilómetros entre el límite del área de prestación

más cercano a cada sitio de disposición final y este último. En este caso deberá informar la distancia al sitio de disposición final al Sistema Único de Información –SUI.

## TÍTULO II

### METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO

**Artículo 6.** La fórmula tarifaria para el cálculo de los costos máximos del servicio de aseo tendrá un costo fijo medio de referencia y un costo variable medio de referencia.

**Artículo 7. Costo Fijo Medio de Referencia –CFMR–.** El costo fijo medio de referencia por suscriptor se calculará a partir de la sumatoria de los costos de comercialización por suscriptor más el costo de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, más el costo de manejo del recaudo fijo así:

$$CFMR = CBL * (K / NB) + CCS + CMR_f$$

Donde:

**CFMR** Costo fijo medio de referencia máximo por reconocer en la tarifa en el área de servicio (\$/suscriptor).

**CBL** Costo de barrido y limpieza (\$/kilómetro).

**K** Sumatoria de todos los kilómetros de cuneta barridos por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio para el año base, en un periodo de un mes, según las frecuencias definidas para el municipio. (Kilómetros).

**NB** Número total de suscriptores atendidos por los prestadores, en el suelo urbano del municipio, para el año base (suscriptor).

**CCS** Costo de comercialización por factura cobrada al suscriptor (\$/suscriptor).

**CMR<sub>f</sub>** Costo de manejo del recaudo fijo (\$/suscriptor).

**Parágrafo 1.** Los kilómetros de cuneta, cuyo barrido deberá garantizar cada prestador del servicio de recolección y transporte, serán proporcionales al número de suscriptores atendidos por cada uno de ellos.

**Parágrafo 2.** Las frecuencias de barrido serán dos (2) para municipios de primera categoría y especial y una (1) para las otras categorías, de conformidad con la clasificación contenida en la Ley 617 de 2000 o la que la modifique, adicione o sustituya. El establecimiento de mayores o menores frecuencias para la totalidad del área urbana del municipio o partes específicas de la misma, deberá ser solicitada por la autoridad municipal o distrital competente, de acuerdo con lo



establecido en el respectivo Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos –PGIRS–, y serán consideradas para la determinación del parámetro K a que hace referencia el presente Artículo.

**Artículo 8. Costo Variable Medio de Referencia –CVMR–.** El costo variable medio de referencia se calculará a partir de la sumatoria del costo de recolección y transporte más el costo de transporte por tramo excedente más el costo de tratamiento y disposición final, más un costo por manejo del recaudo variable así:

$$CVMR = CRT + CTE_p + CDT_p + CMR_v$$

Donde:

*CVMR* Costo variable medio de referencia máximo por reconocer en la tarifa en el área de servicio (\$/tonelada).

*CRT* Costo de recolección y transporte (\$/tonelada).

*CTE<sub>p</sub>* Costo de transporte por tramo excedente, calculado como el promedio del tramo excedente ponderado por las toneladas provenientes del área de servicio (\$/tonelada).

*CDT<sub>p</sub>* Costo de disposición final promedio calculado, cuando hay más de un sitio de disposición final, como el promedio de los costos (CDT) de estos, ponderado por las toneladas del área de servicio que se disponen en cada uno (\$/tonelada).

*CMR<sub>v</sub>* Costo de Manejo de Recaudo Variable (\$/tonelada)

## CAPÍTULO I

### COMPONENTES PARA EL CÁLCULO DEL COSTO FIJO MEDIO DE REFERENCIA, CFMR

**Artículo 9. Costo de Comercialización por Factura Cobrada al Suscriptor –CCS–.** El costo de comercialización por suscriptor será, como máximo, de \$668 (pesos de junio de 2004) mes.

El costo de comercialización por suscriptor podrá ajustarse a través de la siguiente fórmula cuando la facturación de una parte o la totalidad de los suscriptores de aseo no se realice conjuntamente con el servicio de acueducto:

$$CCS_{AJ} = CCS * \left( 2 - \frac{N_{FC}}{N} \right)$$

Donde:

$CCS_{AJ}$ : Costo de comercialización ajustado.

$N_{FC}$ : Número de suscriptores del prestador de aseo en su área de prestación de servicio con posibilidad de facturación conjunta, o efectivamente facturados, con personas prestadoras del servicio de acueducto en el suelo urbano, para el año base.

$N$ : Número de suscriptores del prestador del servicio de aseo en su área de servicio, para el año base.

*Parágrafo.*— La relación entre  $N_{FC}$  y  $N$  se encontrará siempre acotada en el intervalo  $[0,1]$

**Artículo 10. Costo de Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas - CBL .** El Costo de Barrido y Limpieza de vías y áreas públicas será, como máximo, de \$13.565 (pesos de junio de 2004) por kilómetro de cuneta barrido.

*Parágrafo.* El costo al que se hace referencia en el presente Artículo incluye el barrido y limpieza de vías y áreas públicas en general, pero como unidad de medida se utilizan los kilómetros de cuneta.

**Artículo 11. Costo de manejo de recaudo fijo  $-CMR_F-$ .** El Costo de manejo de recaudo fijo será, como máximo, el equivalente a lo siguiente (\$/suscriptor-mes):

$$CMR_F = [CCS + CBL * (K / NB)] * 0,075$$

Donde: 0,075 corresponde al factor por manejo de recaudo (adimensional).

## CAPÍTULO II

### COMPONENTES PARA EL CÁLCULO DEL COSTO VARIABLE MEDIO DE REFERENCIA

**Artículo 12. Costo de Recolección y Transporte  $-CRT-$ .** El costo de recolección y transporte de la fórmula general será, como máximo, de \$49.472 (pesos de junio de 2004) por tonelada recogida y transportada hasta una distancia máxima de 20 kilómetros en la ruta más corta, desde el Centroides del área de servicio en dirección al sitio de disposición final, o hasta el sitio de disposición final, más el costo de peajes.

$$CRT = 49.472 + \frac{VP_{CRT}}{8.5}$$

Donde:

$VP_{CRT}$ : Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de dos ejes ubicados a una distancia menor de 20 kilómetros a partir del centroide del

área de prestación de servicio, y que se encuentren en la ruta hasta el sitio de disposición final. (Pesos)

**Parágrafo 1.** El CRT máximo, para áreas de prestación que, en todo o en parte, estén situadas a menos de 10 kilómetros de las costas marítimas del litoral Atlántico, incluida la isla de San Andrés o del litoral Pacífico, se puede ajustar por un factor de 2,53%, para tener en cuenta el efecto de la salinidad en el deterioro de los equipos. En consecuencia, para estos municipios el CRT es:

$$CRT_{\text{COSTAS}} = \$50.724 + (VP_{\text{CRT}} / 8,5) \text{ (\$ de junio de 2004)}$$

**Parágrafo 2.**— El número de frecuencias para este componente corresponderá a aquella que optimice el costo de recolección y transporte del prestador, en relación con la cantidad de residuos generados en el área de prestación de servicio, sin que en ningún caso pueda ser inferior a dos (2) frecuencias semanales.

**Artículo 13. CRT para mercados aislados.** Las personas prestadoras podrán solicitar a la CRA que se les declare como mercado aislado con el fin de aplicar el siguiente factor incremental en su CRT máximo:

$$CRT_{\text{aislados}} = \text{MIN} (63.280, 96.581 - 162 * TM) + (VP_{\text{CRT}} / 7)$$

Donde:

$CRT_{\text{aislados}}$ : Costo de Recolección y Transporte para mercados aislados (\$/tonelada)

$\text{MIN} ( )$  Función que exige escoger el valor mínimo de los valores separados por la coma.

$TM$ : Tamaño del mercado aislado en recolección y transporte (tonelada-mes)

La declaración de mercado aislado podrá darse siempre y cuando se demuestre ante la CRA, como mínimo, lo siguiente:

- Existencia de un tamaño de mercado menor a 290 toneladas mensuales.
- Imposibilidad de agrupamiento con mercados colindantes, debidamente sustentado con estudios técnicos y económicos.

**Parágrafo 1.** En el caso en que se cumplan las condiciones establecidas en el Parágrafo 1 del Artículo 12 de la presente Resolución, el CRT máximo para mercados aislados podrá ser ajustado por un factor de 2,53%, para tener en cuenta el efecto de la salinidad en el deterioro de los equipos.

**Parágrafo 2.** Para efectos de lo contemplado en el presente Artículo no será necesario surtir los trámites de modificación de costos a los que se refiere la Resolución 271 de 2003, o la que la modifique, sustituya o adicione.

**Artículo 14. Costo de Transporte por Tramo Excedente –CTE–.** El  $CTE_p$  de la fórmula general se calculará conforme a la fórmula siguiente:

$$CTE_p = \frac{\sum_{k=1}^n CTE_k * Tn_k}{\sum_{k=1}^n Tn_k}$$

Donde:

$CTE_p$ : Costo de transporte por tramo excedente, calculado como el promedio del tramo excedente ponderado por las toneladas provenientes del área de servicio (\$/tonelada).

$CTE_k$ : Costo máximo para reconocer por tonelada en el tramo excedente k del prestador (\$/tonelada)

$Tn_k$ : Toneladas transportadas en el tramo excedente k por el prestador (Toneladas) en el periodo de producción de residuos.

$$CTE_k = CT * MAX(0, d_k - 20) + \frac{VP_{TE}}{34}$$

Donde:

CT Costo de transporte (\$/tonelada-kilómetro)

$d_k$  Distancia en kilómetros de vía pavimentada en la ruta más corta desde el centroide del área de servicio hasta el sitio de Disposición Final, según lo establecido en el Artículo 18 de la presente Resolución. Cada kilómetro de vía despavimentada equivaldrá a uno coma veinticinco (1,25) kilómetros de vía pavimentada.

MAX ( ) Función que exige escoger el valor máximo de los valores separados por la coma.

$VP_{TE}$ : Suma de los valores unitarios de los peajes para un vehículo de cinco ejes, ubicados a una distancia mayor de 20 kilómetros a partir del centroide del área de prestación de servicio, y que se encuentren en la ruta hasta el sitio de disposición final. (Pesos)

El CT corresponderá a:

Año 2007	CT = 665
Año 2008	CT = MIN (665; 406.46*e <sup>Y</sup> )
Año 2009	CT = MIN (665; 148.62*e <sup>Z</sup> )



Donde:

$$Y = \frac{5.024,73}{Ton_{TE}^{0,92} * d_k}$$

$$Z = \frac{375,4}{Ton_{TE}^{0,376} * d_k}$$

$Ton_{TE}$ : Toneladas mensuales del mercado de tramo excedente. Este mercado se entiende como el total de toneladas que se reciben en cada sitio de disposición final excluyendo las que no se transportan por tramo excedente.

La variable toneladas del mercado de tramo excedente ( $Ton_{TE}$ ) tomará el valor de 13.200 toneladas-mes. Las personas prestadoras podrán solicitar a la Comisión la declaración de las toneladas del mercado de tramo excedente para lo cual se tendrá en cuenta la siguiente información:

- Ubicación de los sitios de disposición final.
- Número de toneladas de cada área de servicio dispuestas en los sitios de disposición final.
- Áreas de servicio que disponen en los sitios de disposición final.
- Distancia entre el centroide de las áreas de servicio y los sitios de disposición final.

Parágrafo. Se entenderá como periodo de producción de residuos el promedio de los últimos cuatro meses.

**Artículo 15. Costo de Tratamiento y Disposición Final –CDT–.** El  $CDT_p$  de la fórmula general, para rellenos sanitarios, se calculará con la siguiente fórmula:

$$CDT_p = \frac{\sum_j (CDT_j * Ton_j)}{\sum_j Ton_j}$$

Donde,

$CDT_p$  Costo de disposición final promedio calculado, cuando hay más de un sitio de disposición final, como el promedio de los costos (CDT) de estos, ponderado por las toneladas del área de servicio que se disponen en cada uno (\$/tonelada).

$Ton_j$  Toneladas del área de servicio, dispuestas en el sitio de disposición final j (toneladas) en el periodo de producción de residuos.

$CDT_j$  Costo máximo para reconocer, por tonelada en el sitio de disposición final j (pesos de junio de 2004) (\$/tonelada).

$j = 1, 2, \dots, J_{DF}$  sitios de disposición final.

$$CDT_j = \text{Min}[(11.910 + 104.519.468 / TA_j), 50.890]$$

Donde:

$TA_j$  Promedio de toneladas-mes ajustado por regionalización, del sitio de disposición final  $j$ , que se calcula como sigue:

$$TA_j = \text{Max}(F_{\text{merc}} * T_j, \text{Trecep}_j);$$

Cuando el sitio de disposición final atiende más de un distrito o municipio, en que el municipio donde está ubicado el sitio de disposición final es el receptor.

$$TA_j = T_j; \text{ Cuando el sitio de disposición final atiende sólo un distrito o municipio.}$$

Donde:

$T_j$  Promedio de toneladas-mes recibidas en el sitio de disposición final  $j$ .

$F_{\text{merc}}$  Mínima fracción de mercado atendido por el sitio de disposición final que se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_{\text{merc}} = 1,277 - 0,039 * \ln(T_j); \quad \text{para } T_j > 1.155$$

$$F_{\text{merc}} = 1; \quad \text{para } T_j \leq 1.155$$

Donde:

$\ln ( )$  Función cuyo resultado es el logaritmo natural del valor indicado entre paréntesis.

Trecep Promedio de toneladas-mes dispuestas por los prestadores del municipio donde está ubicado el sitio de disposición final.

$\text{min} ( )$  Función que exige escoger el menor de los dos valores separados por la coma.

La persona prestadora del servicio de disposición final deberá constituir y mantener una provisión, que garantice la disponibilidad permanente de las sumas acumuladas durante el periodo de operación del relleno sanitario, para garantizar el adecuado desarrollo de las actividades de cierre, clausura y posclausura, de acuerdo con la siguiente tabla, y acorde con lo establecido en el Artículo 19 del decreto 838 de 2005 expedido por el MAVDT, o el que lo modifique, sustituya o adicione.

TONELADAS MES	PORCENTAJE DEL CDT
ENTRE 0 Y 3.000	20
ENTRE 3.001 Y 18.000	15
ENTRE 18.001 Y 30.000	13
MÁS DE 30.000	10



**Parágrafo 1.** Para efectos de la incorporación de mayores costos del proyecto derivados de exigencias contenidas en la licencia ambiental del respectivo relleno sanitario, se podrá incrementar el CDT como máximo en un 3% sobre el techo. Dicho incremento deberá ser solicitado, de manera previa a su aplicación, ante la CRA, adjuntando los soportes correspondientes, para lo cual no será necesario dar aplicación a lo establecido en la Resolución CRA 271 de 2003 o la que la modifique, sustituye y adicione.

**Parágrafo 2.** Para los rellenos sanitarios en los que se dispongan menos de 2.400 toneladas mensuales y que por disposición de la autoridad ambiental competente la altura del relleno sanitario no pueda superar los nueve (9) metros, el costo de disposición final podrá ser incrementado hasta en un 10%.

**Parágrafo 3.** Los rellenos sanitarios, para efectos de recepción de residuos, no podrán tener restricciones horarias, salvo el día domingo, en el cual la restricción no será superior a catorce (14) horas.

**Parágrafo 4.** Todo sitio de disposición final deberá reportar periódicamente al Sistema Único de Información -SUI- y tener disponible en un lugar visible su capacidad de disposición con el fin de ilustrar con información suficiente a los prestadores de los servicios de recolección y transporte.

**Artículo 16.** *Determinación del promedio de toneladas mes recibidas en el sitio de disposición final - T<sub>j</sub> y de las dispuestas por el municipio receptor - Trecep. El T<sub>j</sub> y el Trecep a los que se hace referencia en el Artículo 15 tendrán una vigencia de seis meses y se calcularán de la siguiente forma:*

- a) Para los periodos de facturación entre febrero y julio, con base en las toneladas promedio dispuestas mensualmente de julio a diciembre del año inmediatamente anterior. Para los periodos de facturación entre agosto y enero con base en las toneladas promedio dispuestas mensualmente de enero a junio del mismo año.
- b) Cuando la serie histórica de que dispone sea de término inferior a seis meses, el promedio se determinará con los datos disponibles y con datos proyectados para el término faltante para completar un periodo de seis meses.
- c) Cuando se incorporen o reduzcan municipios y/o áreas de prestación a un sitio de disposición final, se ajustará el promedio establecido en el literal a), estimando los cambios en las cantidades por disponer hasta tanto se complete dicho período histórico.

**Artículo 17. Aprovechamiento.** Como incentivo a las actividades de aprovechamiento, estas se considerarán, para efectos de tarifa, como una actividad de disposición final, cuyo costo máximo será igual al valor que genera indiferencia en el costo de disposición final al suscriptor, ajustado por las diferencias generadas por concepto de tramo excedente, así:

$$CDT_A = 11.910 + (CTE_k - CTE_A) (\$/tonelada)$$

Donde:

$CDT_A$ : Costo máximo para reconocer por tonelada recibida en el sitio de aprovechamiento (\$/tonelada).

$CTE_k$ : Costo máximo para reconocer por tonelada transportada en el tramo excedente hasta el sitio de disposición final (\$/tonelada).

$CTE_A$ : Costo máximo para reconocer por tonelada transportada en el tramo excedente hasta el sitio de aprovechamiento (\$/tonelada).

**Parágrafo.** Se reconocerá como CDT máximo el establecido en este Artículo para otras tecnologías diferentes de relleno sanitario, cuando estas cumplan con las autorizaciones que prevea la normatividad ambiental vigente.

**Artículo 18. Criterio de minimización de costos para la combinación de costos de tramo excedente y de disposición final.** Cuando exista más de un sitio de disposición final disponible el costo máximo por reconocer para las componentes de transporte por tramo excedente y disposición final corresponderá a aquella combinación de alternativas que minimice la sumatoria del costo del tramo excedente y el costo de tratamiento y disposición final.

De modo que:

$$\min (CTEp_{Alt} + CDTp_{Alt})$$

Donde:

Min: Mínimo valor resultante de todas las alternativas Alt.

Alt: Alternativas de sitios de disposición.

Sujeto a la capacidad diaria de disposición final de cada uno de los sitios de disposición final.

Para la evaluación de las alternativas que deben ser consideradas para la minimización, se tendrán en cuenta como mínimo los sitios de disposición final ubicados hasta una distancia de recorrido vial entre el centroide y el sitio de disposición final de acuerdo con la siguiente tabla.

Toneladas mes del área de servicio	Kilómetros		
	Año 2007	Año 2008	Año 2009
< 10.000	77	113	150
< 20.000	36	45	81
> 20.000	28	33	48



**Artículo 19. Costo de Manejo de Recaudo Variable - $CMR_V$ -.** El costo de manejo de recaudo variable será, como máximo, el equivalente a lo siguiente:

$$CMR_V = [CRT + CTE_p + CDT_p] * 0,075$$

### TÍTULO III DE LA ACTUALIZACIÓN DE COSTOS

**Artículo 20. Actualización de Costos.** Los costos resultantes de lo establecido en la presente Resolución se actualizarán ajustando el costo resultante de cada componente, de conformidad con la siguiente fórmula:

$$CM_{c,t} = CM_{c,t-1} * (1 + P_{c,t} - x_{c,t})$$

Donde:

$CM_{c,t}$  Costo para la componente  $c$  en el período  $t$ .

$P_{c,t}$  Índice de actualización de costos para la componente  $c$  en el período  $t$ .

$x_c$  Incremento en productividad esperada para la componente  $c$  en el período  $t$ .

$c = 1, 2, \dots, c$  (componentes del servicio).

$t = 0, 1, 2, \dots, n$  (periodos)

**Artículo 21. Actualización de Precios.** Para ajustar los índices de precios se utilizarán las siguientes fórmulas:

a) El ajuste para el componente de barrido y limpieza se hará de acuerdo con el incremento del salario mínimo anual adoptado por el Gobierno Nacional.

$$P_{ByL} t = \left( \frac{SMLV_t - SMLV_{t-1}}{SMLV_{t-1}} \right)$$

$SMLV_t$ : Salario mínimo legal vigente adoptado por el Gobierno Nacional en el año  $t$ .

b) El componente de recolección y transporte se actualizará en un 89% de acuerdo con la evolución del IPC, y en un 11% de acuerdo con la evolución del rubro de *Combustible Fuel Oil y Diesel Oil ACPM (ICFO)* que hace parte del IPP calculado por el Banco de la República; de modo que el resultado sea igual al que expresa la siguiente fórmula:

$$P_{RyT} t = \left( \frac{IPCC_t - IPCC_{t-1}}{IPCC_{t-1}} \right)$$

$$IPCC_t = IPC_t^{0,89} * ICFO_t^{0,11}$$

IPCC: Índice combinado de precios al consumidor y combustible, en el periodo t, donde "t" es el mes en el cual se realiza la actualización y "t-1" corresponde al mes en el que se hizo la última actualización de acuerdo con el Artículo 125 de la Ley 142 de 1994.

- c) El componente de transporte excedente se actualizará de la misma forma que el de recolección y transporte.

$$P_{TE} t = \left( \frac{IPCC_t - IPCC_{t-1}}{IPCC_{t-1}} \right)$$

$$IPCC_t = IPC_t^{0,89} * ICFO_t^{0,11}$$

El año base (=100) de los índices IPC e ICFO será junio de 2004, de modo que se contemple lo siguiente:

$$IPC_t / IPC_{jun04} * ICFO_t / ICFO_{jun04}$$

- d) El componente de Disposición final, y los incentivos reconocidos al aprovechamiento, se actualizarán de acuerdo con la evolución del índice del grupo de obras de explanación (IOExp), que hace parte del Índice de Costos de Construcción Pesada (ICCP) elaborado por el DANE.

$$P_{DF} t = \left( \frac{IOExp_t - IOExp_{t-1}}{IOExp_{t-1}} \right)$$

- e) IOExp: Índice del grupo de obras de explanación (IOExp), que hace parte del Índice de Costos de Construcción Pesada (ICCP) elaborado por el DANE. En el periodo t, donde "t" es el mes en el cual se realiza la actualización y "t-1" corresponde al mes en el que se hizo la última actualización de acuerdo con el Artículo 125 de la Ley 142 de 1994.

- f) El componente de comercialización y manejo del recaudo se actualizará de acuerdo con el IPC.

$$P_{FyR} t = \left( \frac{IPC_t - IPC_{t-1}}{IPC_{t-1}} \right)$$

En caso de que alguno de los índices contemplados deje de estar disponible, la CRA determinará la forma de hacer las respectivas actualizaciones.



Para la primera vez que se aplique la fórmula se hará un ajuste, de forma que los valores expresados en la presente Resolución, que son precios del 30 de junio de 2004, se expresen a precios del momento de aplicación.

**Parágrafo.** El periodo de estimación de los índices establecidos para la actualización será mensual. Su aplicación para cada uno de los componentes se sujetará a lo establecido por el Artículo 125 de la Ley 142 de 1994.

**Artículo 22. Ajustes Esperados por Productividad.** El factor de ajuste por productividad  $x_{j,t}$  tendrá los siguientes valores:

$$x_1 \text{ Barrido y Limpieza} = 0,0025 \text{ (0,25\% por año).}$$

$$x_2 \text{ Recolección y Transporte} = 0,005 \text{ (0,5\% por año).}$$

$$x_3 \text{ Disposición Final} = 0,005 \text{ (0,5\% por año).}$$

$$x_4 \text{ Costo de comercialización por suscriptor} = 0,005 \text{ (0,5\% por año).}$$

$$x_5 \text{ Costo del manejo de recaudo} = 0,1374 \text{ (13,74\% por año).}$$

El factor de productividad se aplicará en la facturación que corresponda al primer periodo de consumo de cada año, a partir de 2007.

El factor de productividad de  $x_5$  se extenderá hasta el año 2010.

## TÍTULO IV

### METODOLOGÍAS TARIFARIAS PARA LOS COMPONENTES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO ANTES DE CONTRIBUCIONES Y SUBSIDIOS

**Artículo 23. Metodología tarifaria.** La metodología tarifaria que se adopta de acuerdo a lo dispuesto en la presente Resolución es de precio techo, lo cual implica que las personas prestadoras podrán, en cualquier momento y con observancia de las disposiciones relativas a competencia e información a los suscriptores, cobrar hasta el límite que constituye su precio techo calculado con base en lo establecido en la presente Resolución.

**Artículo 24. Tarifa para el Componente de Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas.** Para efectos de calcular el valor de la tarifa del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$TBL_i = k_i * CBL_i + (K / NB) * \overline{CBL}$$

Donde:

$TBL_i$ , Tarifa para el suscriptor  $i$  por el componente de barrido y limpieza de vías y áreas públicas (\$/suscriptor).

- K Sumatoria de todos los kilómetros de cuneta barridos por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio para el año base, en un periodo de un mes, según las frecuencias definidas para el municipio (km).
- NB *Número total de suscriptores atendidos por los prestadores, en el suelo urbano del municipio, para el año base (suscriptores).*
- CBL<sub>i</sub> *Costo de barrido y limpieza de vías y áreas públicas, por kilómetro de cuneta barrido, adoptado por el prestador del servicio (\$/kilómetro).*
- ki *Kilómetros de cuneta, adicionales a los establecidos en el Parágrafo 2º del Artículo 7º de la presente Resolución, que se le barren al suscriptor o grupo de suscriptores i-ésimo, que ha(n) solicitado una frecuencia mayor, multiplicados por la frecuencia por semana y por 4,3452 semanas por mes; ki = 0 si el suscriptor no ha solicitado que se le barra más de una vez por semana. El prestador podrá aceptar o no la solicitud de frecuencia adicional. (kilómetros)*

CBL : *CBL promedio para barrido y limpieza de vías y áreas públicas. En los eventos en que exista más de un prestador de barrido en el mismo municipio, se calcula de conformidad con lo establecido en el Artículo 32 de la presente Resolución. En los demás eventos es equivalente al CBL<sub>i</sub> previsto en el presente Artículo. (\$/kilómetro)*

**Artículo 25. Tarifa para el Componente de Recolección y Transporte.** Para efectos de determinar el valor de la tarifa del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$TRT_i = [CRT * TD_i + \overline{CRT}_b (Q_b / NB)]$$

Donde:

- TRT<sub>i</sub> *Tarifa para el Suscriptor i por el componente de recolección y transporte. (\$/suscriptor)*
- TD<sub>i</sub> *Toneladas-mes presentadas para recolección por el suscriptor i (Toneladas/suscriptor), de acuerdo con la metodología que para el efecto establezca la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico –CRA-*
- Q<sub>b</sub> *Toneladas recogidas de barrido y limpieza por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio, en el periodo de producción de residuos. (Toneladas)*
- NB *Número total de suscriptores atendidos por los prestadores en el suelo urbano del municipio, para el año base. (Suscriptor)*
- CRT *Costo de recolección y transporte, por tonelada recogida adoptado por el prestador del servicio. (\$/tonelada)*



$\overline{CRT}_b$  CRT promedio para barrido. En los eventos en que exista más de un prestador de barrido en el mismo municipio, se calcula de conformidad con lo establecido en el Artículo 33 de la presente Resolución. En los demás eventos es equivalente al CRT previsto en el Capítulo II de la presente Resolución. (\$/tonelada)

**Parágrafo 1.** Las toneladas recogidas de barrido y limpieza se deberán calcular como la suma de las toneladas de barrido recogidas en rutas de recolección domiciliaria más las toneladas recogidas en rutas exclusivas de recolección de barrido:

**Parágrafo 2.** Para las rutas de recolección domiciliaria, las empresas deberán implementar sistemas y métodos que permitan la fácil cuantificación de las cantidades recogidas y transportadas provenientes de la actividad de barrido y limpieza. Las personas prestadoras podrán utilizar bolsas estándar que permitan estimar el peso de los residuos recogidos provenientes de la actividad de barrido y limpieza.

**Parágrafo 3.** En aquellos eventos en que exista más de un prestador de servicio de barrido de vías y áreas públicas en el mismo municipio, deberán aplicarse las reglas previstas para el efecto en el Título VII de la presente Resolución.

**Artículo 26. Tarifa para el Componente por Transporte Excedente.** Para efectos de calcular el valor de la tarifa del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$TTE_i = [CTE_p * TD_i + \overline{CTE}_b (Q_b / NB)]$$

Donde:

$TTE_i$  Tarifa para el suscriptor  $i$  por el componente de transporte excedente. (\$/suscriptor)

$TD_i$  Toneladas-mes presentadas para recolección por el suscriptor  $i$  (Toneladas/suscriptor), de acuerdo con la metodología que para el efecto establezca la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico -CRA-.

$Q_b$  Toneladas recogidas de barrido y limpieza por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio, en el periodo de producción de residuos. (Toneladas)

$NB$  Número total de suscriptores atendidos por los prestadores en el suelo urbano del municipio, para el año base. (Suscriptor)

$CTE_p$  Costo promedio de transporte excedente adoptado por el prestador del servicio, por tonelada recogida (\$/tonelada).

$\overline{CTE}_b$  CTE promedio para barrido. En los eventos en que exista más de un prestador de barrido en el mismo municipio, se calcula de conformidad con lo establecido en el Artículo 34 de la presente Resolución. En los demás eventos

es equivalente al  $CTE_p$  previsto en el Capítulo II de la presente Resolución.  
(\$/tonelada)

**Parágrafo.** En aquellos eventos en que exista más de un prestador de servicio de barrido y limpieza de vías y áreas públicas en el mismo municipio, deberán aplicarse las reglas previstas para el efecto en el Título VII de la presente Resolución.

**Artículo 27. Tarifa para el Componente de Tratamiento y Disposición Final.** Para efectos de calcular el valor de la tarifa del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$TDT_i = [CDT_p * TD_i + (\overline{CDT}_b * Q_b / NB)]$$

Donde:

$TDT_i$  Tarifa para el suscriptor  $i$  por el componente de disposición final.  
(\$/suscriptor)

$TD_i$  Toneladas-mes presentadas para recolección por el suscriptor  $i$  (toneladas/suscriptor), de acuerdo con la metodología que para el efecto establezca la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico – CRA–.

$Q_b$  Toneladas recogidas de barrido y limpieza por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio, en el periodo de producción de residuos. (Toneladas)

$NB$  Número total de suscriptores atendidos por los prestadores en el suelo urbano del municipio, para el año base. (Suscriptor)

$CDT_p$  Costo promedio de disposición final, por tonelada recogida para el operador.  
(\$/tonelada)

$\overline{CDT}_b$   $CDT$  promedio de barrido para el prestador  $i$ . En los eventos en que exista más de un prestador en el mismo municipio, se calcula de conformidad con lo establecido en el Artículo 35 de la presente Resolución. En los demás eventos es equivalente al  $CDT_p$  previsto en el Capítulo II de la presente Resolución.  
(\$/tonelada)

**Parágrafo.** En aquellos eventos en que exista más de un prestador de servicio de barrido y limpieza de vías y áreas públicas en el mismo municipio, deberán aplicarse las reglas previstas para el efecto en el Título VII de la presente Resolución.

**Artículo 28. Tarifa para el Componente de Comercialización y Manejo del Recaudo.** Para efectos de calcular el valor de la tarifa del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$TFR_i = [CCS + TMR_f + TMR_v]$$



Donde:

$TFR_i$  Tarifa para el suscriptor  $i$  por el componente de comercialización y manejo del recaudo. (\$/suscriptor)

$CCS$  Costo de comercialización adoptado por el prestador del servicio, por factura cobrada al suscriptor. (\$/suscriptor)

$TMR_f$  Tarifa de Manejo de Recaudo Fijo. (\$/suscriptor)

$TMR_v$  Tarifa de Manejo de Recaudo Variable. (\$/suscriptor)

Donde:

$$TMR_f = (CCS + TBL_i) * 0,075$$

$$TMR_v = (TRT_i + TTE_i + TDT_i) * 0,075$$

## TÍTULO V

### METODOLOGÍAS TARIFARIAS PARA LOS COMPONENTES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO DESPUÉS DE CONTRIBUCIONES Y SUBSIDIOS

**Artículo 29.** Para efectos de calcular las tarifas de cada uno de los componentes después de subsidios y contribuciones se aplicará un factor  $f_i$ .

Tarifa con subsidios y contribuciones:

$$T_i = (TFR + TBL + TRT + TTE + TDF) * (1 + f_i)$$

Donde:

$f_i$  = factor de subsidio, con signo negativo o de contribución con signo positivo, aplicado al suscriptor del estrato  $i$ .

$i$  = 1... 9 estratos o categorías de uso (1... 6 estrato residencial, 7 pequeños productores no residenciales, 8 grandes productores no residenciales, 9 oficial y especial)

**Parágrafo.** El factor de contribución y el factor de subsidio se calcularán de acuerdo con lo establecido en la normatividad vigente y en los contratos suscritos con los fondos de Solidaridad y Redistribución de Ingresos.

## TÍTULO VI

### GRANDES PRODUCTORES

**Artículo 30. Grandes productores.** Los grandes productores a los que se refiere el Artículo 1 del Decreto 1713 de 2002, o el que lo modifique, sustituya o adicione, serán

clasificados en dos categorías. La primera categoría será para aquellos suscriptores no residenciales que generan y presentan, para la recolección, residuos en un volumen superior o igual a un metro cúbico ( $1 \text{ m}^3/\text{mes}$ ) y menor a seis metros cúbicos mensuales ( $6 \text{ m}^3/\text{mes}$ ), o entre cero coma veinticinco toneladas métricas por mes (0,25 Toneladas/mes) y una y media toneladas métricas por mes (1,5 Toneladas/mes). La segunda categoría corresponderá a aquellos suscriptores no residenciales que produzcan seis metros cúbicos mensuales ( $6 \text{ m}^3/\text{mes}$ ) o más, o con un peso igual o superior a una y media toneladas métricas por mes (1,5 Toneladas/mes).

Todos los grandes productores que generen un volumen superior o igual a seis metros cúbicos mensuales ( $6 \text{ m}^3/\text{mes}$ ) podrán pactar libremente las tarifas correspondientes a la Recolección y Transporte de residuos domiciliarios por debajo de la tarifa techo establecida por la CRA. Los acuerdos con los prestadores incluirán la medición de los residuos objeto del servicio. Las tarifas correspondientes a Tramo Excedente y a Disposición Final podrán ser libremente pactadas por estos suscriptores cuando, en cada caso, la CRA establezca que efectivamente hay condiciones de competencia entre oferentes, situación que será periódicamente evaluada por la misma CRA.

Todos los grandes suscriptores definidos en el presente Artículo deberán ser aforados de acuerdo con la metodología señalada por la CRA.

**Parágrafo.** Los multiusuarios que generan y presentan, para la recolección, residuos en un volumen superior o igual a seis metros cúbicos mensuales ( $6 \text{ m}^3/\text{mes}$ ) o con un peso igual o superior a una y media toneladas métricas por mes (1,5 Toneladas/mes) podrán pactar libremente las tarifas correspondientes a la Recolección y Transporte de residuos domiciliarios por debajo de la tarifa techo establecida por la CRA.

## TÍTULO VII

### **REGLAS ESPECIALES Y METODOLOGÍA PARA CALCULAR LAS TARIFAS MÁXIMAS POR COMPONENTE DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO EN LOS CASOS EN QUE EXISTA MÁS DE UN ÁREA DE PRESTACIÓN DE SERVICIO EN UN MISMO MUNICIPIO**

**Artículo 31. Responsabilidad de la prestación del barrido y limpieza de áreas públicas.** El área de barrido y limpieza de vías y áreas públicas que corresponde a cada prestador puede o no coincidir con el área geográfica de prestación del servicio de recolección y transporte, en los eventos en que exista más de un prestador en el mismo municipio. En tal caso, la responsabilidad por la prestación del barrido y limpieza de la totalidad de las vías y áreas públicas corresponde conjuntamente a todos los prestadores de dicho servicio, quienes podrán acordar los mecanismos a que haya lugar para garantizar la efectiva prestación del servicio en toda el área urbana del respectivo municipio.

En tal sentido, deberán delimitar claramente las vías y áreas públicas del suelo urbano cuyo barrido y limpieza son responsabilidad de cada uno de los prestadores, así como las frecuencias correspondientes, señalar el responsable de la recolección



y transporte de dichos residuos, y la forma de distribuir los costos correspondientes entre prestadores.

**Parágrafo.** En todo caso se entenderá que, frente al suscriptor, el responsable de la prestación del servicio de barrido y limpieza será su prestador de recolección y transporte.

**Artículo 32. Costo de Barrido y Limpieza de vías y áreas públicas promedio para el prestador  $i$  ( $CBL_i$ ).** Para efectos de calcular el costo del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\overline{CBL} = \frac{\sum CBL_j}{NP_{BL}}$$

Donde:

$CBL_j$ : Costo de barrido y limpieza de vías y áreas públicas adoptado por el prestador  $j$ . (\$/kilómetro)

$NP_{BL}$ : Número de prestadores de barrido y limpieza en el suelo urbano municipal (Adimensional)

**Artículo 33. Costo de Recolección y Transporte promedio de barrido para el prestador  $i$  ( $CRT_b$ ).** Para efectos de calcular el costo del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\overline{CRT}_b = \frac{\sum CRT_j * T_{Bj}}{Q_b}$$

Donde:

$Q_b$  Toneladas recogidas de barrido y limpieza por todos los prestadores que operan en el suelo urbano del municipio, en el periodo de producción de residuos. (Toneladas)

$CRT_j$  Costo de recolección y transporte, por tonelada recogida adoptado por el prestador  $j$ . (\$/tonelada)

$T_{Bj}$  Toneladas de barrido transportadas por el prestador  $j$  en el área de servicio en el periodo de producción de residuos. (Toneladas)

**Artículo 34. Costo de Transporte Excedente promedio de barrido para el prestador  $i$  ( $CTE_b$ ).** Para efectos de calcular el costo del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\overline{CTE}_b = \frac{\sum_j CTE_j * T_{BTE_j}}{\sum_j T_{BTE_j}}$$

Donde:

$CTE_j$ ; Costo de transporte excedente para el prestador j. (\$/tonelada)

$T_{BTEj}$  Toneladas de barrido transportadas por tramo excedente por el prestador i desde el área de servicio al sitio de disposición final en el periodo de producción de residuos. (Tonelada)

**Artículo 35. Costo de Disposición final promedio de barrido para el prestador j ( $\overline{CDT}_b$ )**  
 Para efectos de calcular el costo del presente componente, se aplicará la siguiente fórmula:

$$\overline{CDT}_b = \frac{\sum_j CDT_j * T_{BDj}}{\sum_j T_{BDj}}$$

Donde:

$CDT_j$  Costo de disposición final en el sitio de disposición final j (pesos de junio de 2004) (\$/tonelada).

$T_{BDj}$  Toneladas de barrido dispuestas por el prestador i en el periodo de producción de residuos. (Toneladas)

## TÍTULO VIII OTRAS DISPOSICIONES

**Artículo 36. Descuento por recolección efectuada sin servicio puerta a puerta.** Cuando existe imposibilidad técnica de la entrada de recolectores y la recolección que se realice a los suscriptores residenciales o a los pequeños productores se realice sin prestarles el servicio puerta a puerta, los suscriptores tendrán un descuento del diez por ciento (10%) en la tarifa máxima correspondiente al componente de Recolección y Transporte (CRT).

**Artículo 37. Inmuebles desocupados.** Los inmuebles que acrediten estar desocupados tendrán como tarifa techo la sumatoria de los costos asociados a comercialización, manejo del recaudo fijo y barrido y limpieza establecidos en la presente Resolución, considerando una cantidad correspondiente de toneladas dispuestas para recolección igual a cero ( $TDi = 0$ ).

**Parágrafo.** Para ser objeto de la aplicación de la tarifa definida en el presente artículo, será necesario acreditar ante la persona prestadora la desocupación del inmueble, para lo cual el solicitante deberá presentar al prestador uno (1) de los siguientes documentos:

- (i) Factura del último periodo del servicio de acueducto, en la que se pueda establecer que no se presentó consumo de agua potable.



- (ii) Factura del último período del servicio de energía, en la que conste un consumo inferior o igual a cincuenta (50) kilowats/ hora-mes.
- (iii) Acta de la inspección ocular al inmueble por parte de la persona prestadora del servicio de aseo, en la que conste la desocupación del predio.
- (iv) Carta de aceptación de la persona prestadora del servicio de acueducto de la solicitud de suspensión del servicio por mutuo acuerdo.

La persona prestadora del servicio de aseo, una vez acreditado por el usuario la desocupación del inmueble conforme a lo previsto anteriormente, deberá tomar todas las medidas necesarias para que el usuario cancele únicamente el valor correspondiente a la tarifa del inmueble desocupado, de conformidad con la fórmula de cálculo que se fija en la presente resolución.

La acreditación de la desocupación del inmueble tendrá una vigencia de tres (3) meses, al cabo de los cuales deberá presentarse nuevamente la documentación respectiva ante la persona prestadora del servicio de aseo.

La persona prestadora del servicio ordinario de aseo podrá dar aplicación, de oficio, a la tarifa definida en el presente artículo.

**Artículo 38. Productores marginales.** Siempre que no ofrezcan servicios a terceros, los productores marginales están obligados a pagar solamente por los componentes del servicio público de aseo que no realicen por sí mismos.

**Artículo 39. Separación en la fuente.** Como incentivo a la separación en la fuente, el cálculo de las tarifas podrá incluir un valor inferior al techo para aquellos suscriptores que hagan tal separación, tal como lo señale el Contrato de Condiciones Uniformes.

**Artículo 40. Remisión de información y plazos.** Las personas prestadoras del servicio público de aseo, deberán aplicar la metodología objeto de la presente Resolución, una vez cuenten con la información suficiente para el cálculo de los TDi al que se hace referencia en el Título IV de la presente Resolución y, en todo caso, a más tardar seis (6) meses después de la publicación de la misma y remitir los soportes correspondientes a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. En todo caso, toda la información necesaria para el cálculo de los costos y tarifas a los que se hace referencia en la presente Resolución deberá ser reportada al Sistema Único de Información -SUI-.

**Artículo 41.** Para efectos de los cambios en los costos máximos de disposición final y tramo excedente, como resultado de la aplicación de la presente Resolución, no se deberá cumplir el requisito de información de los Artículos 5.1.2.1. y 5.1.2.2. de la Resolución CRA 151 de 2001.

**Artículo 42. Vigencia y Derogatorias.** La presente Resolución entrará en vigencia a partir del tercer mes de su publicación en el Diario Oficial y deroga las disposiciones que le sean contrarias, especialmente las definiciones Botadero, Costo Medio de

Operación, Mantenimiento y Administración del Componente de Barrido y Limpieza (CMB), Enterramiento, Producción Media Mensual por Usuario – PPU, Recolección y Transporte de Residuos Sólidos, Servicio Estándar (aseo), Servicio Integral de Aseo, Tarifa Media Ponderada Cobrada (Aseo), Tarifa Media Ponderada Máxima (Aseo), Tiempo Medio de Viaje no Productivo (ho) contenidas en el Artículo 1 de la Resolución CRA 271 de 2003 el cual modifica el Artículo 1.2.1.1. de la Resolución CRA 151 de 2001; las Secciones 4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4, 4.2.5, 4.2.6, 4.2.7, 4.2.8, 4.2.9, 4.2.10, 4.3.1 y 4.3.2 del Título IV de la Resolución CRA 151 de 2001, los Artículos 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18 y 22 de la Resolución CRA 233 de 2002 y el Artículo 12 de la Resolución CRA 236 de 2002.

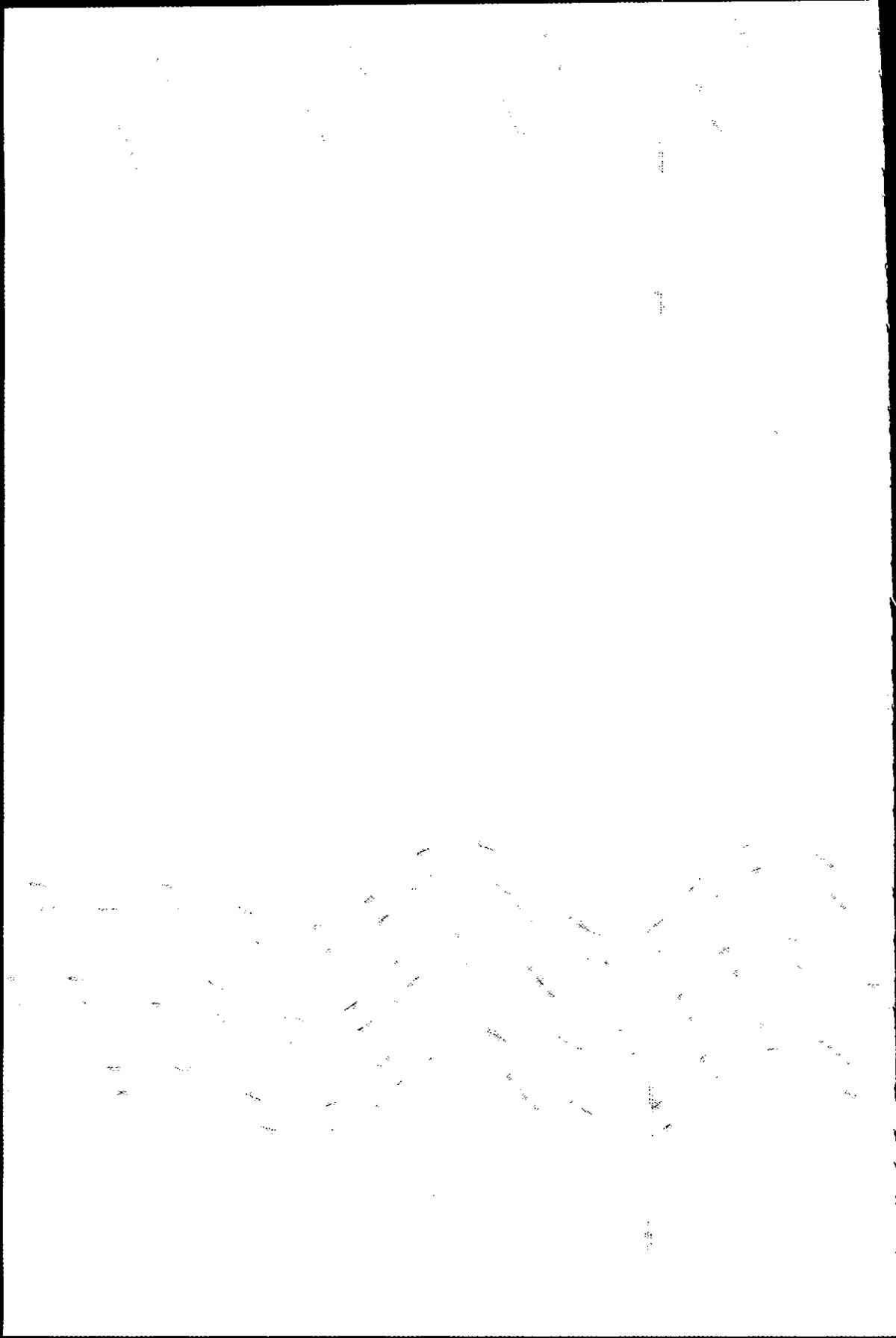
**Artículo 43. Periodo de Transición.** Sin perjuicio de lo establecido en el Artículo precedente, los prestadores del servicio público de aseo podrán continuar aplicando por un término máximo de nueve (9) meses contados a partir de la entrada en vigencia de la presente Resolución, la metodología establecida en el Título IV de la Resolución CRA 151 de 2001 y en la Resolución CRA 233 de 2002.

Dada en Bogotá a los 20 días del mes de diciembre de 2005.

PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

**LEYLA ROJAS MOLANO**  
Presidenta

**MAURICIO MILLÁN DREWS**  
Director Ejecutivo



**COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO  
BÁSICO**

**RESOLUCIÓN CRA No. 352 DE 2005**

**(diciembre 20)**

**“Por la cual se definen los parámetros para la estimación del consumo en el marco de la prestación del servicio público domiciliario de aseo y se dictan otras disposiciones”**

En ejercicio de sus facultades legales y en especial de las que le confiere la Ley 142 de 1994, el Decreto 1905 del 26 de septiembre de 2000, y

**CONSIDERANDO:**

Que el Artículo 365 de la Constitución Política dispone que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y que es su deber asegurar la prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional;

Que el Artículo 370 Superior prevé que corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer, por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten;

Que el Artículo 68 de la Ley 142 de 1994 establece que el señalamiento de tales políticas se podrá delegar en las Comisiones de Regulación;

Que el Presidente de la República, mediante Decreto 1524 de 1994, delegó en las Comisiones de Regulación la función de señalar políticas generales de administración y control de eficiencia en los servicios públicos domiciliarios;

Que el Artículo 2 de la Ley 142 de 1994 dispone que el Estado intervendrá en los servicios públicos en el marco de lo dispuesto en los Artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución Política, entre otras razones, para asegurar su prestación eficiente;



Que el Artículo 3 de la Ley 142 de 1994 señala que constituyen instrumentos para la intervención estatal en los servicios públicos, todas las atribuciones y funciones asignadas a las entidades, autoridades y organismos de que trata dicha ley, especialmente las relativas, entre otras, a la regulación de la prestación de los servicios públicos, teniendo en cuenta las características de cada región; la fijación de metas de eficiencia, cobertura y calidad, evaluación de las mismas, y la definición del régimen tarifario;

Que el numeral 9.1 del Artículo 9 de la Ley 142 de 1994 establece como derecho de los usuarios de los servicios públicos, entre otros, el de obtener de las empresas la medición de sus consumos reales mediante instrumentos tecnológicos apropiados, dentro de plazos y términos que para los efectos fije la comisión reguladora, con atención a la capacidad técnica y financiera de las empresas o a las categorías de los municipios establecida por la ley;

Que de conformidad con el Artículo 73 ibídem "Las comisiones de regulación tienen la función de regular los monopolios en la prestación de los servicios públicos, cuando la competencia no sea, de hecho, posible; y, en los demás casos, la de promover la competencia entre quienes presten servicios públicos, para que las operaciones de los monopolistas o de los competidores sean económicamente eficientes, no impliquen abuso de la posición dominante y produzcan servicios de calidad. Para ello, tendrán las siguientes funciones y facultades especiales: (...)

"73.12.- Determinar para cada bien o servicio público las unidades de medida y de tiempo que deben utilizarse al definir el consumo...".

Que, a su turno, el inciso final del Artículo 73 ibídem dispone que "...las comisiones tendrán facultad selectiva de pedir información, amplia, exacta, veraz y oportuna a quienes prestan los servicios públicos a los que se refiere esta ley, inclusive si sus tarifas no están sometidas a regulación...".

Que el Artículo 146 ibídem dispone, en cuanto a la medición del consumo y del precio en el contrato, que la empresa y el suscriptor o usuario tienen derecho a que los consumos se midan; a que se empleen para ello los instrumentos de medida que la técnica haya hecho disponibles, y a que el consumo sea el elemento principal del precio que se cobre al suscriptor o usuario;

Que el mismo artículo dispone que los principios allí consagrados también se aplicarán al servicio de aseo con las adaptaciones que exige la naturaleza del servicio y las reglas que la ley de servicios públicos contiene sobre falla del servicio; entendiéndose que el precio que se exija al usuario dependerá no solo de los factores de costos que contemplan las fórmulas tarifarias sino en todo caso de la frecuencia con que se preste el servicio y del volumen de residuos que se recojan;

Que la citada disposición prevé que "en cuanto a los servicios de saneamiento básico y aquellos en que por razones de tipo técnico de seguridad o de interés social, no

exista medición individual, la comisión de regulación respectiva definirá los parámetros adecuados para estimar el consumo”;

Que en desarrollo de los estudios adelantados por esta Comisión de Regulación respecto del servicio público domiciliario de aseo, se hicieron estimaciones sobre la producción de residuos sólidos de los suscriptores del servicio;

Que el Artículo 14 de la Ley 689 de 2001 adiciona un Artículo nuevo a la Ley 142 de 1994, en el cual se señala que el sistema de información que desarrolle la Superintendencia de Servicios Públicos será único para cada uno de los servicios públicos, actividades inherentes y actividades complementarias de que tratan las Leyes 142 y 143 de 1994, y tendrá, entre otros, como propósitos: servir de base a la Superintendencia de Servicios Públicos en el cumplimiento de sus funciones de control, inspección y vigilancia; apoyar las funciones asignadas a las Comisiones de Regulación; facilitar el ejercicio del derecho de los usuarios de obtener información completa, precisa y oportuna, sobre todas las actividades y operaciones directas o indirectas que se realicen para la prestación de los servicios públicos, conforme a lo establecido en el artículo 9.4 de la Ley 142 de 1994;

Que de conformidad con lo anterior se hace necesario definir los parámetros y fórmulas, para la estimación del consumo en el marco de la prestación del servicio público domiciliario de aseo;

Que mediante Resolución CRA 322 del 29 de marzo de 2005, la Comisión dio inicio al proceso de discusión directa con los usuarios y agentes del sector del Proyecto de Resolución “Por la cual se definen los parámetros, procedimientos y fases de implementación, para estimar el consumo de los usuarios del servicio de aseo de residuos ordinarios y se dictan otras disposiciones”;

Que en mérito de lo expuesto, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico,

### **RESUELVE:**

**Artículo 1. Ámbito de aplicación.** La presente Resolución se aplica a los prestadores del servicio público domiciliario de aseo en todo el territorio nacional.

**Artículo 2. Objeto.** La presente Resolución tiene por objeto determinar los parámetros para la estimación del consumo en el marco de la prestación del servicio público domiciliario de aseo.

**Artículo 3. Cálculo de la cantidad de residuos sólidos presentados para recolección por suscriptor.** El cálculo de las toneladas por periodo de facturación presentada para recolección por el suscriptor  $i$ ,  $TD_i$ , se hará con base en el Factor de Ponderación por Suscriptor (FPS) para suscriptores residenciales y no residenciales y con base en los aforos permanentes realizados, utilizando las siguientes fórmulas que dependen de la

cantidad de residuos sólidos recogidos, de acuerdo con el procedimiento señalado en la presente Resolución.

La fórmula para el cálculo de las toneladas imputables al suscriptor  $i$ , en el área de prestación de servicio de cada prestador será la siguiente:

a) Si no tiene aforo individual:

$$TD_i = \frac{(Q - Qb - \sum_i AP_i) * FPS * Fu_i}{\sum_{U=1}^8 ((N_U - N_{AU}) * FPS * Fu_U) + \sum_i A_{iU}}$$

b) Si el suscriptor ha solicitado que lo aforen, y se cuenta con un aforo ordinario o extraordinario:

$$TD_i = \frac{(Q - Qb - \sum_i AP_i) * A_i}{\sum_{U=1}^8 ((N_U - N_{AU}) * FPS * Fu_U) + \sum_i A_{iU}}$$

c) Si, por iniciativa de la empresa o del suscriptor, se cuenta con un aforo permanente:

$$TD_i = AP_i$$

La sumatoria de las alternativas a), b) y c), es igual a  $(Q - Q_b)$

Donde:

- $TD_i$  Toneladas presentadas para recolección por el suscriptor  $i$  en cada periodo de producción de residuos. (Ton/suscriptor).
- $Q$  Promedio mensual de la cantidad de residuos ordinarios recogidos en el área de prestación del servicio, en el periodo de producción de residuos (Ton/mes).
- $Qb$  Promedio mensual de la cantidad de residuos de barrido recogidos en el área de prestación del servicio, en el periodo de producción de residuos (Ton/mes).
- $AP_i$  Promedio de las toneladas de residuos con aforo permanente del suscriptor  $i$  correspondiente al periodo de producción de residuos.
- $A_i$  Aforo, ordinario o extraordinario, del suscriptor  $i$ .
- $N_u$  Número promedio de suscriptores del tipo  $u$  en el periodo de producción de residuos.

- $N_{Au}$  Número promedio de suscriptores del tipo  $u$  con aforo en el periodo de producción de residuos.
- $Fu_i$  Factor de producción para el suscriptor  $i$ .
- $Fu_u$  Factor de producción para el tipo de suscriptor  $u$ .
- $A_{iu}$  Aforo, ordinario o extraordinario, del suscriptor  $i$  del tipo  $u$ .
- $i$  1, 2, ...,  $N$  suscriptores.
- $u$  1, 2, ..., 8 tipos de suscriptores.

**Parágrafo 1.** Para el caso de quienes se acojan a la opción tarifaria de multiusuarios, el  $TD_i$  se calculará utilizando el aforo ponderado por suscriptor del multiusuario, como el factor  $A_i$ .

**Parágrafo 2.** La realización de los aforos se hará de acuerdo con la metodología señalada por la CRA.

**Parágrafo 3.** Para el cálculo de la cantidad de residuos presentados para recolección por suscriptor, se entenderá como periodo de producción de residuos el promedio de los últimos cuatro meses. En el caso de prestadores del servicio público domiciliario de aseo que inicien actividades con posterioridad a la entrada en vigencia de la presente Resolución, podrán utilizar periodos inferiores hasta acumular la información correspondiente al periodo señalado.

**Parágrafo 4.** La determinación de las toneladas de residuos ordinarios recogidos en el área de prestación de servicio, en el periodo de producción de residuos, se hará con base en los pesajes realizados en los sitios de disposición final o intermedios, sin que en ningún caso pueda darse una doble contabilización de estas últimas.

**Artículo 4.** Cálculo del factor de ponderación por suscriptor (FPS). El parámetro FPS se calculará como:

$$FPS = \frac{Q - Q_b - Q_A}{N - N_A}$$

Donde,

$Q$  y  $Q_b$  según la definición del Artículo anterior:

$Q_A$  Promedio mensual de la cantidad de residuos domiciliarios aforados recogidos en el área de prestación de servicio, en el periodo de producción de residuos (Ton/mes).

$N$  Número promedio de suscriptores en el área de prestación del servicio en el periodo de producción de residuos.



$N_A$  Número promedio de suscriptores aforados en el área de prestación de servicio en el periodo de producción de residuos.

**Parágrafo.** Para el cálculo de la cantidad de residuos presentados para recolección por suscriptor, en el periodo de producción de residuos, se utilizará el promedio de los últimos cuatro meses.

**Artículo 5. Factores de producción ( $F_u$ ).** Los factores de producción  $F_u$  para cada tipo de suscriptor serán:

$$F_1 = 0,95$$

$$F_2 = 0,95$$

$$F_3 = 0,95$$

$$F_4 = 1,00$$

$$F_5 = 1,09$$

$$F_6 = 1,54$$

$$F_7 = 3,12$$

$$F_8 = 9.37$$

$$F_9 = 0$$

Donde los factores de producción  $F_1$  a  $F_6$  corresponden respectivamente a los estratos 1 a 6 de suscriptores residenciales; el factor  $F_7$  se refiere a los pequeños productores no residenciales;  $F_8$  se refiere a los grandes productores no residenciales que producen entre 1 y 6 m<sup>3</sup>;  $F_9$  es el factor para inmuebles o lotes desocupados.

**Parágrafo.** La entidad tarifaria local podrá establecer factores de producción diferentes a los señalados en el presente Artículo, previa aprobación por parte de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, para lo cual deberá presentar los estudios y soportes pertinentes.

**Artículo 6. Remisión de información y Plazos.** La presente Resolución deberá ser aplicada por el prestador del servicio de aseo una vez cuente con la información suficiente para el cálculo de los TDi, a que hace referencia el Artículo 4 de la presente Resolución, y a más tardar doce (12) meses después de su publicación en el Diario Oficial. Las personas prestadoras del servicio público de aseo deberán remitir los soportes correspondientes a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. En todo caso, toda la información necesaria para el cálculo de los costos y tarifas a los que se hace referencia en la presente Resolución deberá ser reportada al Sistema Único de Información -SUI.

**Artículo 7. Vigencia** La presente Resolución rige a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial y, en tal sentido, sus disposiciones son aplicables a los contratos que se celebren a partir de tal momento.

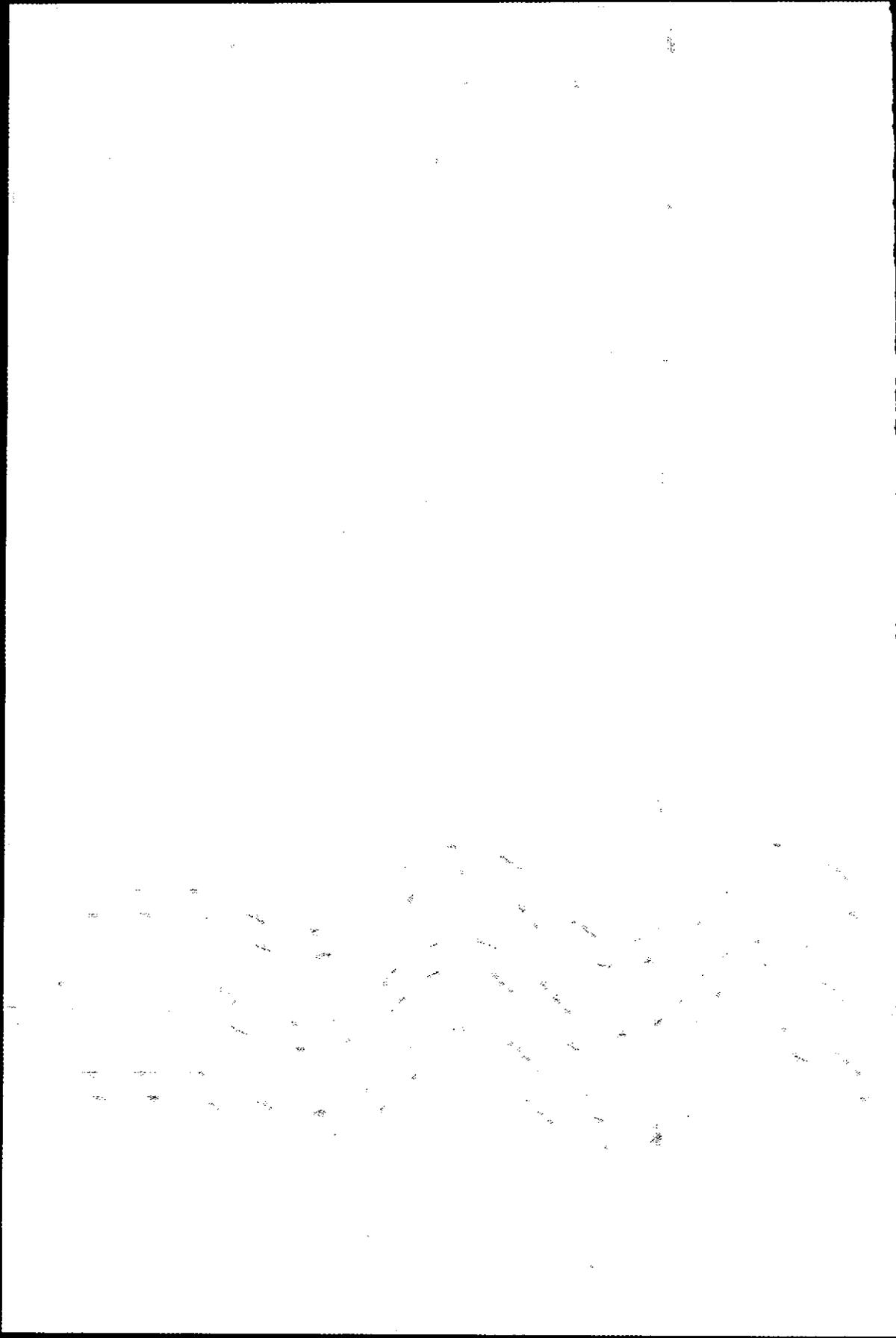
**Artículo 8. Derogatorias.** La presente Resolución deroga los Artículos 7, 8, 9, 10, 14, 15, 16, 17, 18 y 22 de la Resolución CRA 233 de 2002, el Artículo 12 de la Resolución 236 de 2002, y las demás disposiciones que le sean contrarias.

Dada en Bogotá, a los 20 días del mes de diciembre de 2005.

**PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE**

**LEYLA ROJAS MOLANO**  
Presidenta

**MAURICIO MILLÁN DREWS**  
Director Ejecutivo



## COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

### **RESOLUCIÓN CRA No. 405 DE 2006**

**(Diciembre 22)**

**“Por la cual se adiciona la Resolución CRA 352 de 2005 y se establecen otras disposiciones”.**

En ejercicio de sus facultades legales, en especial de las conferidas por la Ley 142 de 1994, los Decretos 1524 de 1994 y 1905 de 2000, y

#### **CONSIDERANDO:**

Que el Artículo 365 de la Constitución Política dispone que los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado y que es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional;

Que el Artículo 370 del Ordenamiento Constitucional, prevé que corresponde al Presidente de la República señalar, con sujeción a la ley, las políticas generales de administración y control de eficiencia de los servicios públicos domiciliarios y ejercer por medio de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, el control, la inspección y vigilancia de las entidades que los presten;

Que el Artículo 68 de la Ley 142 de 1994 establece que el señalamiento de esas políticas, se podrá delegar en las Comisiones de Regulación.

Que en virtud de lo anterior, el Presidente de la República mediante Decreto 1524 de 1994, delegó las funciones presidenciales de señalar políticas generales de administración y control de eficiencia en los servicios públicos domiciliarios, en las Comisiones de Regulación.

Que el Artículo 2 de la Ley 142 de 1994 señala que el Estado intervendrá en los servicios públicos, en el marco de lo dispuesto en los Artículos 334, 336, y 365 a 370 de la Constitución Política para, entre otros, establecer un régimen tarifario proporcional para los sectores de bajos ingresos de acuerdo con los preceptos de equidad y solidaridad.



Que el Artículo 3 ibídem, preceptúa que constituyen instrumentos para la intervención estatal en los servicios públicos, todas las atribuciones y funciones asignadas a las entidades, autoridades y organismos de que trata esta ley, especialmente las relativas, entre otras, a la gestión y obtención de recursos para la prestación de servicios.

Que el Artículo 11 ibídem, dispone que para cumplir con la función social de la propiedad, pública o privada, las entidades que presten servicios públicos tienen, entre otras, la obligación de asegurar que el servicio se preste en forma continua y eficiente, y sin abuso de la posición dominante;

Que el numeral 9.1 del Artículo 9 de la Ley 142 de 1994 establece como derecho de los usuarios de los servicios públicos, entre otros, el de obtener de las empresas la medición de sus consumos reales mediante instrumentos tecnológicos apropiados, dentro de plazos y términos que para los efectos fije la comisión reguladora, con atención a la capacidad técnica y financiera de las empresas o a las categorías de los municipios establecida por la ley;

Que de conformidad con el Artículo 73 ibídem "Las comisiones de regulación tienen la función de regular los monopolios en la prestación de los servicios públicos, cuando la competencia no sea, de hecho, posible; y, en los demás casos, la de promover la competencia entre quienes presten servicios públicos, para que las operaciones de los monopolistas o de los competidores sean económicamente eficientes, no impliquen abuso de la posición dominante, y produzcan servicios de calidad. Para ello, tendrán las siguientes funciones y facultades especiales: (...) "73.12.- Determinar para cada bien o servicio público las unidades de medida y de tiempo que deben utilizarse al definir el consumo...".

Que a su turno, el inciso final del Artículo 73 ibídem dispone que "...las comisiones, tendrán facultad selectiva de pedir información, amplia, exacta, veraz y oportuna a quienes prestan los servicios públicos a los que se refiere esta ley, inclusive si sus tarifas no están sometidas a regulación...".

Que el Artículo 87 ibídem, preceptúa que el régimen tarifario estará orientado por los criterios de eficiencia económica, neutralidad, solidaridad, redistribución, suficiencia financiera, simplicidad y transparencia y establece que por solidaridad y redistribución se entiende que al poner en práctica el régimen tarifario se adoptarán medidas para asignar recursos a "fondos de solidaridad y redistribución", para que los usuarios de los estratos altos y los usuarios comerciales e industriales, ayuden a los usuarios de estratos bajos a pagar las tarifas de los servicios que cubran sus necesidades básicas.

Que el Artículo 146 ibídem dispone, en cuanto a la medición del consumo y del precio en el contrato, que la empresa y el suscriptor o usuario tienen derecho a que los consumos se midan; a que se empleen para ello los instrumentos de medida que la técnica haya hecho disponibles; y a que el consumo sea el elemento principal del precio que se cobre al suscriptor o usuario;

Que el mismo artículo dispone que los principios allí consagrados también se aplicarán al servicio de aseo con las adaptaciones que exige la naturaleza del servicio y las reglas

que la ley de servicios públicos contiene sobre falla del servicio; entendiéndose que el precio que se exija al usuario dependerá no sólo de los factores de costos que contemplan las formulas tarifarias sino en todo caso de la frecuencia con que se preste el servicio y del volumen de residuos que se recojan;

Que la citada disposición, prevé que "en cuanto a los servicios de saneamiento básico y aquellos en que por razones de tipo técnico de seguridad o de interés social, no exista medición individual, la comisión de regulación respectiva definirá los parámetros adecuados para estimar el consumo";

Que en desarrollo de los estudios adelantados por esta Comisión de Regulación respecto del servicio público de aseo, se hicieron estimaciones sobre la producción de residuos sólidos de los suscriptores del servicio;

Que el Artículo 14 de la Ley 689 de 2001 adiciona un artículo nuevo a la Ley 142 de 1994, en el cual se señala que el sistema de información que desarrolle la Superintendencia de Servicios Públicos será único para cada uno de los servicios públicos, actividades inherentes y actividades complementarias de que tratan las Leyes 142 y 143 de 1994, y tendrá, entre otros, como propósitos: servir de base a la Superintendencia de Servicios Públicos en el cumplimiento de sus funciones de control, inspección y vigilancia; apoyar las funciones asignadas a las Comisiones de Regulación; facilitar el ejercicio del derecho de los usuarios de obtener información completa, precisa y oportuna, sobre todas las actividades y operaciones directas o indirectas que se realicen para la prestación de los servicios públicos, conforme a lo establecido en el artículo 9.4 de la Ley 142 de 1994;

Que de conformidad con lo anterior, se hace necesario definir los parámetros y fórmulas, para la estimación del consumo en el marco de la prestación del servicio público de aseo cuando no exista medición de los residuos a través de pesaje;

Que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA, expidió la Resolución CRA 351 de 2005 "Por la cual se establecen los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo y la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos ordinarios y se dictan otras disposiciones".

Que la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA, expidió la Resolución CRA 352 de 2005 "Por la cual se definen los parámetros para la estimación del consumo en el marco de la prestación del servicio público domiciliario de aseo y se dictan otras disposiciones".

Que sin perjuicio de la normatividad aplicable, existen sitios de disposición final que no cuentan con báscula de pesaje por lo que es necesario señalar las disposiciones conducentes a la estimación del TDi que será implementado en el marco de las Resoluciones CRA 351 y 352 de 2005.

Que en mérito de lo expuesto, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico,



## RESUELVE:

**Artículo 1.** Adiciónese el siguiente artículo a la Resolución CRA 352 de 2005:

**Artículo 3A. Estimación de la cantidad de residuos sólidos cuando no se cuenta con alternativa de pesaje.** Sin perjuicio de las investigaciones a las que haya lugar por el incumplimiento de la normatividad vigente, cuando al 15 de diciembre de 2006 no se cuente con báscula de pesaje en el sitio de disposición final o intermedio, o cualquier otra alternativa de pesaje, y sólo hasta el momento en que la misma se encuentre disponible, el TDi se calculará de la siguiente forma:

a) Cuando los residuos sólidos se dispongan en sitios de disposición final o intermedios que reciban residuos provenientes de la producción de 5.000 usuarios o menos, se utilizará como TDi una producción por usuario máximo de 40 Kg/suscriptor-mes para el estrato 4.

Para los suscriptores de los demás estratos, el prestador aplicará los factores de producción a que hace referencia el Artículo 5 de la Resolución CRA 352 de 2005.

b) Cuando los residuos sólidos se dispongan en sitios de disposición final o intermedios que reciban residuos provenientes de la producción de más de 5.000 usuarios, se utilizará como TDi una producción por usuario máximo de 30 Kg/suscriptor-mes para el estrato 4.

Para los suscriptores de los demás estratos, el prestador aplicará los factores de producción a que hace referencia el Artículo 5 de la Resolución CRA 352 de 2005.

**Parágrafo.** En cualquiera de los casos previstos en el presente artículo, el prestador de recolección y transporte podrá calcular la cantidad de residuos presentada para recolección por suscriptor i (TDi), mediante un estudio basado en aforos que incluyan pesaje, el cual deberá ser aprobado por parte de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. En la aprobación, la Comisión establecerá las condiciones de actualización del TDi.

Hasta tanto se de la aprobación del cálculo del TDi por parte de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, el prestador deberá aplicar la alternativa que corresponda de acuerdo con lo establecido en los literales a) o b) del presente artículo.

**Artículo 2.** Adiciónese al artículo 3 de la Resolución CRA 352 de 2005 el siguiente parágrafo:

**Parágrafo 5.** Cuando el prestador de recolección y transporte no tenga acceso a báscula de pesaje en el sitio de disposición final o intermedio, podrá acordar con el prestador de la actividad de disposición final un lugar externo donde se realice el pesaje y las condiciones en las cuales se realizará el mismo. El costo de este pesaje será asumido por el prestador de disposición final o intermedio.

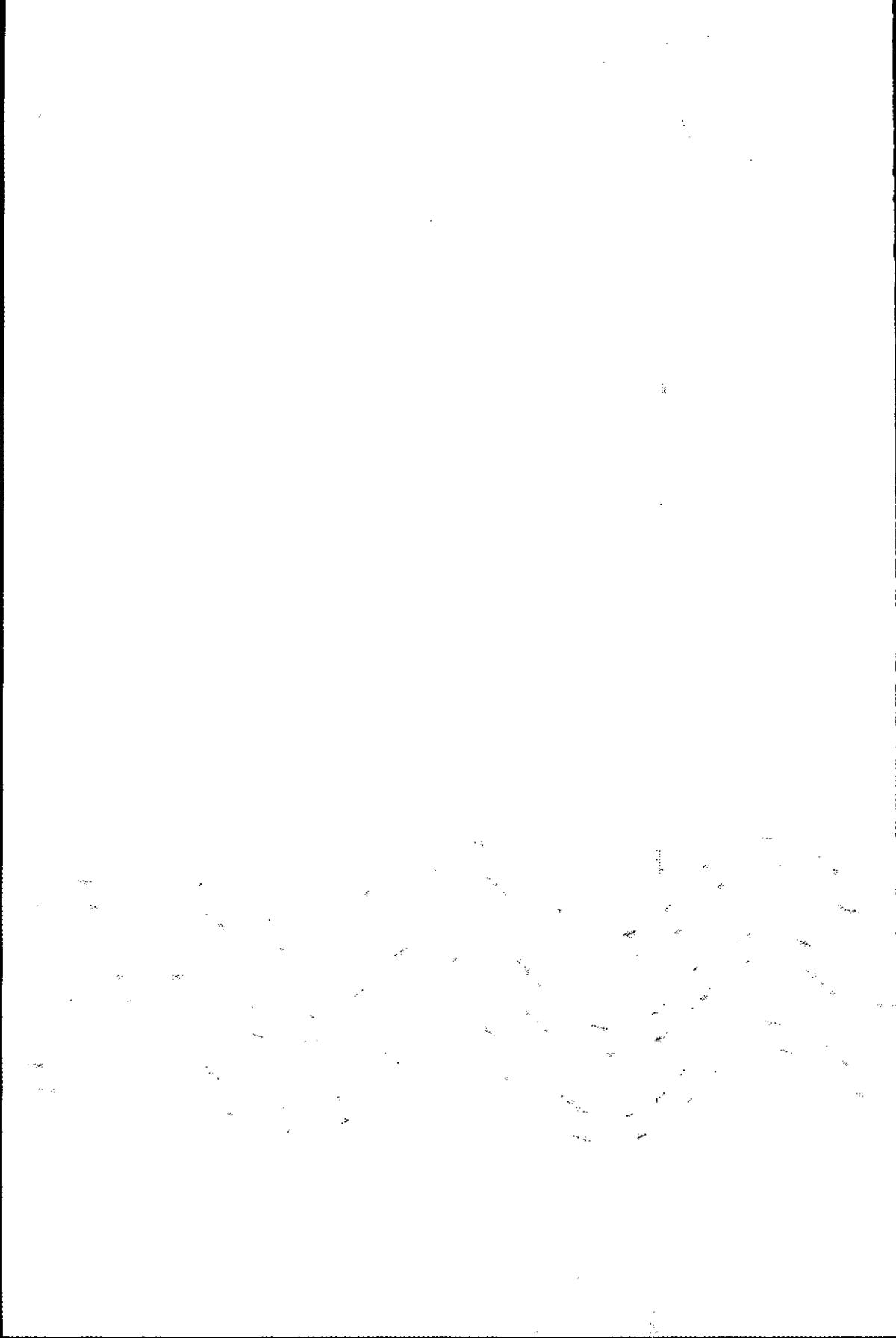
**Artículo 3. Vigencia.** La presente resolución rige a partir de su publicación en el Diario Oficial.

**PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá, D.C. a los 22 días del mes de diciembre de 2006.

LEYLA ROJAS MOLANO  
Presidenta

JOSÉ FRANCISCO MANJARRÉS IGLESIAS  
Director Ejecutivo



## COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO

### **RESOLUCIÓN CRA No. 417 DE 2007 (Febrero 22)**

**“Por la cual se modifica el parágrafo del artículo 5° de la Resolución 352 de 2005”**

En ejercicio de sus facultades legales y en especial de las que le confiere el Artículo 73 de la Ley 142 de 1994, el Decreto 1905 del 26 de septiembre de 2000, y

#### **CONSIDERANDO:**

Que el Artículo 146 de la Ley 142 de 1994 dispone, en cuanto a la medición del consumo y del precio en el contrato, que la empresa y el suscriptor o usuario tienen derecho a que los consumos se midan; a que se empleen para ello los instrumentos de medida que la técnica haya hecho disponibles; y a que el consumo sea el elemento principal del precio que se cobre al suscriptor o usuario y que, en tal virtud, se hace necesario modificar el parágrafo del artículo 5° de la Resolución CRA 352 de 2005, de manera que se pueda determinar el consumo real de residuos sólidos de los usuarios pequeños y medianos productores.

Que el mismo artículo dispone que los principios allí consagrados también se aplicarán al servicio de aseo con las adaptaciones que exige la naturaleza del servicio y las reglas que la ley de servicios públicos contiene sobre falla del servicio; entendiéndose que el precio que se exija al usuario dependerá no solo de los factores de costos que contemplan las fórmulas tarifarias, sino en todo caso de la frecuencia con que se preste el servicio y del volumen de residuos que se recojan.

Que la citada disposición prevé que “en cuanto a los servicios de saneamiento básico y aquellos en que por razones de tipo técnico de seguridad o de interés social, no exista medición individual, la comisión de regulación respectiva definirá los parámetros adecuados para estimar el consumo”.

Que en desarrollo de los estudios adelantados por esta Comisión de Regulación respecto del servicio público domiciliario de aseo, se hicieron estimaciones sobre la producción de residuos sólidos de los suscriptores del servicio.



Que la Resolución 352 de 2005 señala en el Parágrafo del Artículo 5º: "La entidad tarifaria local podrá establecer factores de producción diferentes a los señalados en el presente Artículo, previa aprobación por parte de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, para lo cual deberá presentar los estudios y soportes pertinentes".

Que no todos los pequeños productores y grandes productores con una producción entre 1 m<sup>3</sup> y 6 m<sup>3</sup> tienen necesariamente la misma producción promedio. Esto como consecuencia, entre otras razones, de la diferencia de sus actividades.

Que es posible realizar categorizaciones de pequeños productores y grandes productores con una producción entre 1 m<sup>3</sup> y 6 m<sup>3</sup>, en las cuales los factores de producción pueden ser incluso inferiores a los establecidos en la Resolución 352 de 2005.

Que la señal regulatoria establecida en la Resolución CRA 352 de 2005 pretende que el cobro del servicio se haga con base en una estimación de la producción real de residuos sólidos de los usuarios, de modo que se hace necesario incentivar a las personas prestadoras del servicio de aseo a que adelanten las categorizaciones de los pequeños y grandes productores, con el fin de que el factor de cobro sea más ajustado a la producción de dichos usuarios.

Que en virtud de lo anterior, las personas prestadoras podrán adelantar las categorizaciones correspondientes de acuerdo con la producción de residuos sólidos a fin de establecer los factores de producción para cada una, sin que para ello requieran la aprobación previa por parte de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, CRA, no sin antes informar y remitir los soportes de tal categorización.

Que de conformidad con el Artículo 9 del Decreto 2696 de 2004, las Comisiones harán público en su página web, con antelación no inferior a treinta (30) días a la fecha de su expedición, todos los proyectos de resoluciones de carácter general que pretendan adoptar, excepto los relativos a fórmulas tarifarias, en cuyo caso se seguirá el procedimiento previsto en los artículos 124 a 127 de la Ley 142 de 1994, reglamentado en el Artículo 11 del precitado decreto.

Que de acuerdo con lo dispuesto en el parágrafo del Artículo 9 del Decreto 2696 de 2004, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico podrá definir y hacer públicos los criterios, así como los casos en los cuales las disposiciones contenidas en el artículo en comento no serán aplicables a resoluciones de carácter general.

Que atendiendo lo anterior, en Sesión Ordinaria de Comisión No. 118 del 14 de marzo de 2006, se decidió que los procedimientos contenidos en el Artículo 9 del Decreto 2696 de 2004 no serán aplicables a la expedición de las resoluciones por medio de las cuales se complementa un acto administrativo preexistente.

Que en ese sentido, se expidió la Circular CRA 03 del 14 de marzo de 2006, informándoles a las personas prestadoras y usuarios del servicio público de acueducto, alcantarillado

y saneamiento básico y actividades complementarias, la decisión adoptada por los miembros de la Comisión;

Que de conformidad con lo anterior, se hace necesario modificar la Resolución 352 de 2005;

### RESUELVE:

Artículo 1o. Modifícase el párrafo del Artículo 5 de la Resolución CRA 352 de 2005, el cual quedará así:

“Párrafo. La entidad tarifaria local podrá establecer factores de producción diferentes a los señalados en el presente Artículo, previa aprobación por parte de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, para lo cual deberá presentar los estudios y soportes pertinentes.

“No obstante lo anterior, para el caso de los factores de producción F7 y F8, es decir los correspondientes a Pequeños y Grandes Productores de residuos sólidos, la entidad tarifaria local podrá establecer factores menores siempre y cuando los mismos se asignen a categorías previamente definidas y soportadas por el prestador de acuerdo con la generación de residuos. En este caso no será necesaria la previa aprobación de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA, ni cumplir los requisitos de la Sección 5.1.2. de la Resolución CRA 151 de 2001. Sin embargo, se deberán informar a la CRA y al Sistema Único de Información - SUI las categorías establecidas con sus respectivos factores de producción, así como los soportes de dicha categorización”.

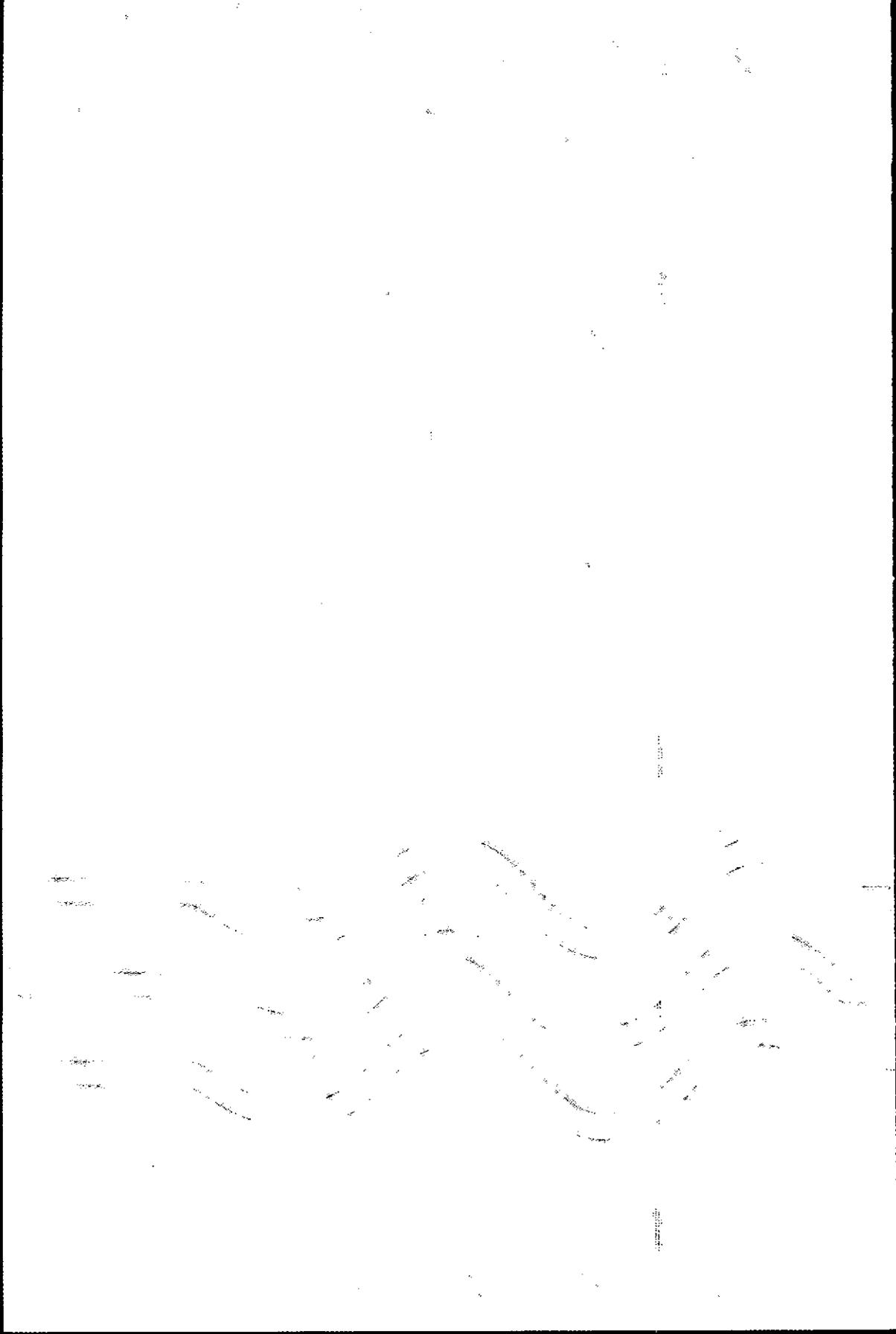
Artículo 2. **Vigencia.** La presente Resolución rige a partir de la fecha de su publicación.

Dada en Bogotá, D. C., a los 22 días del mes de febrero de 2007.

### PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE

LEYLA ROJAS MOLANO  
Presidenta

JOSÉ FRANCISCO MANJARRÉS IGLESIAS  
Director Ejecutivo



**COMISIÓN DE REGULACIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

**RESOLUCIÓN CRA No. 418 DE 2007**  
**(Marzo 20)**

**“Por la cual se aclara el literal f) del artículo 21 de la Resolución CRA 351 de 2005”**

En ejercicio de sus facultades legales y en especial de las que le confiere la Ley 142 de 1994, el Decreto 1905 del 26 de septiembre de 2000, y

**CONSIDERANDO:**

Que la Comisión de Regulación expidió la Resolución CRA 351 de 2005 “Por la cual se establecen los regímenes de regulación tarifaria a los que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo y la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio de aseo de residuos ordinarios y se dictan otras disposiciones”;

Que el Título III de la Resolución CRA 351 de 2005 define las disposiciones para la actualización de los costos del servicio público de aseo, definidos en la misma resolución;

Que el literal f) del Artículo 21 de la Resolución 351 de 2005 establece que “El componente de comercialización y manejo del recaudo se actualizará de acuerdo con el IPC”;

Que el Artículo 11 de la Resolución CRA 351 de 2005 señala que el costo de manejo de recaudo fijo -  $CMR_f$  - se encuentra en función del costo de comercialización por factura cobrada al suscriptor - CCS - y del costo de barrido y limpieza - CBL-;

Que el Artículo 19 de la citada disposición señala que el costo de manejo de recaudo variable -  $CMR_v$  - se encuentra en función del costo de recolección y transporte - CRT -, del costo de transporte por tramo excedente promedio -  $CTE_p$  - y del costo de disposición final promedio -  $CDT_p$ ;



Que por lo anterior las actualizaciones de precios de  $CMR_f$  y el  $CMR_v$  dependen de los componentes de comercialización, barrido y limpieza, recolección y transporte, tramo excedente y disposición final y no podrían tener adicionalmente una actualización independiente, ya que se presentaría una contradicción en lo dispuesto en la Resolución 351 de 2005 que se reflejaría en una paradoja numérica;

Que la aclaración a la cual se ha hecho mención no modifica la parte sustancial de la Resolución CRA 351 de 2005, ni altera sus fundamentaciones, ni introduce razones o motivaciones distintas de las expresadas en dicho acto administrativo, en especial en lo relacionado con el factor de productividad "x5" mencionado en el Artículo 22 de la mencionada Resolución;

Que en este sentido, es necesario aclarar el literal f) del Artículo 21 de la Resolución CRA 351 de 2005, para una correcta aplicación de la citada disposición, excluyendo de la actualización con el IPC al componente de manejo del recaudo;

Que la jurisprudencia y la doctrina en general, son unánimes en afirmar el derecho que le asiste a la Administración de aclarar sus propios actos administrativos, dado que los errores aritméticos y materiales de los actos administrativos no son fuente de derecho<sup>80</sup>;

Que los aspectos no aclarados de la Resolución CRA 351 de 2005 permanecen inalterados en su sentido literal y contenido normativo, incluyendo los dos incisos finales del literal f) y el parágrafo del mencionado artículo;

Que con fundamento en lo anterior, y dado el carácter de acto administrativo general de la Resolución CRA No. 351 de 2005, es procedente realizar las aclaraciones que permitan su adecuada aplicación;

Que en mérito de lo expuesto, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico

### RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. Aclarar el literal f del Artículo 21 de la Resolución CRA 351 de 2005, en el entendido que dicho literal al señalar el componente de comercialización y manejo del recaudo, se refiere al costo de comercialización por factura cobrada al suscriptor; así:

"f) El costo de comercialización por factura cobrada al suscriptor se actualizará de acuerdo con el IPC".

$$P_{CCSt} = \left( \frac{IPC_t - IPC_{t-1}}{IPC_{t-1}} \right)$$

<sup>80</sup> Meseguer Yebra, Joaquín. *La rectificación de los errores materiales, de hecho y aritméticos en los actos administrativos*. Barcelona: Bosch, 2001.

ARTÍCULO SEGUNDO. La presente Resolución rige a partir de la fecha de su publicación en el Diario Oficial y aclara en lo pertinente la Resolución CRA 351 de 2005.

**PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE**

Dada en Bogotá, D. C. a los 20 días del mes de marzo de 2007.

LEYLA ROJAS MOLANO  
Presidenta

JOSÉ FRANCISCO MANJARRÉS IGLESIAS  
Director Ejecutivo

