

**VOLUMEN IV**

**CAPITULO 1**

**CURVA DE COSTOS MINIMOS AGREGADOS DE  
ELECTRICIDAD**

## TABLA DE CONTENIDO

1.	CURVAS DE COSTOS MÍNIMOS DE RACIONAMIENTOS AGREGADOS DE ELECTRICIDAD .....	3
1.1.	METODOLOGÍA .....	3
1.2.	INFORMACIÓN .....	3
1.2.1.	Costos individuales de racionamiento.....	3
1.2.2.	Impactos macroeconómicos .....	3
1.2.3.	Participaciones en la demanda .....	4
1.3.	Curvas de carga.....	6
1.4.	RESULTADOS.....	35
1.4.1.	Curvas de costos mínimos de racionamiento de energía eléctrica .....	35
1.4.2.	Curvas de costos de racionamiento de potencia.....	41

## **1. CURVAS DE COSTOS MÍNIMOS DE RACIONAMIENTOS AGREGADOS DE ELECTRICIDAD**

El presente capítulo contiene los resultados de la optimización (minimización) de los costos de racionamiento programado de electricidad de un conjunto de consumidores, los cuales se ven forzados a participar en los cortes sistemáticos que se anuncian con suficiente antelación. El conjunto puede corresponder a consumidores pertenecientes a un mismo o a varios sectores, a una o varias regiones, o al país.

### **1.1. METODOLOGÍA**

La metodología utilizada para la minimización de los costos de racionamiento fue explicada en detalle en el volumen correspondiente a Formulación Conceptual. Consiste en resolver un problema de minimización de los costos totales para el grupo de consumidores sometidos al racionamiento, sujeto a un conjunto de restricciones. Como se mencionó, tales restricciones consideran situaciones físicas como la imposibilidad de dirigir el racionamiento hacia un sector dado independientemente de los demás y situaciones de tipo operativo que comprometan la seguridad y estabilidad del sistema.

En virtud de la no linealidad del problema, se seleccionó la técnica de los Multiplicadores de Lagrange, para lo cual se desarrolló el modelo de optimización cuyo manual se describe en Anexo AE1 al presente Capítulo.

### **1.2. INFORMACIÓN**

#### **1.2.1. Costos individuales de racionamiento**

La información los costos individuales para cada tipo de consumidor (o sector) proviene de del capítulo correspondiente del presente informe.

#### **1.2.2. Impactos macroeconómicos**

Los impactos macroeconómicos de los cortes provienen del capítulo correspondiente.

### **1.2.3. Participaciones en la demanda**

Las participaciones en la demanda de cada uno de los segmentos del mercado se presentan en la Tabla RE1. Las cifras fueron calculadas por la consultoría a partir de cifras provenientes de la UPME, la CREG, la SSPD y el MEM.

**Tabla RE1  
Participaciones de cada segmento de mercado en la demanda nacional de energía eléctrica**

Sector	Segmento	Región						Total general
		Andina Centro	Andina Norte	Andina Sur	Antioquía Chocó	Caribe	Viejo Caldas	
Comercial	Grandes	4.75%	1.11%	3.02%	3.00%	4.05%	0.73%	16.66%
	Pequeños	5.48%	1.38%	2.33%	2.22%	2.55%	0.58%	14.56%
Total Comercial		10.24%	2.49%	5.35%	5.22%	6.60%	1.32%	31.22%
Industrial	Grandes	4.25%	0.99%	2.70%	2.68%	3.62%	0.66%	14.91%
	Pequeños	4.12%	1.37%	1.64%	1.19%	1.35%	1.25%	10.91%
Total Industrial		8.37%	2.36%	4.34%	3.87%	4.97%	1.91%	25.82%
Residencial	Estrato 1	1.01%	0.39%	1.06%	0.92%	2.26%	0.23%	5.86%
	Estrato 2	4.61%	1.65%	2.24%	3.00%	2.80%	0.70%	15.00%
	Estrato 3	4.56%	1.18%	1.91%	2.92%	1.81%	0.69%	13.06%
	Estrato 4	1.66%	0.53%	0.54%	0.77%	0.67%	0.17%	4.34%
	Estrato 5	0.76%	0.10%	0.50%	0.62%	0.40%	0.06%	2.45%
	Estrato 6	0.82%	0.07%	0.21%	0.34%	0.59%	0.07%	2.10%
Total Residencial		13.41%	3.92%	6.45%	8.56%	8.54%	1.93%	42.81%
Transporte		0.00%	0.00%	0.00%	0.15%	0.00%	0.00%	0.15%
Total general		32.02%	8.77%	16.15%	17.80%	20.11%	5.15%	100.00%

Fuentes: UPME, SSPD, ISA y cálculos de los consultores

### **1.3. Curvas de carga**

En seguida se presentan las curvas de carga de los distintos mercados de la electricidad. La información utilizada para su estimación proviene de diversas fuentes, a saber:

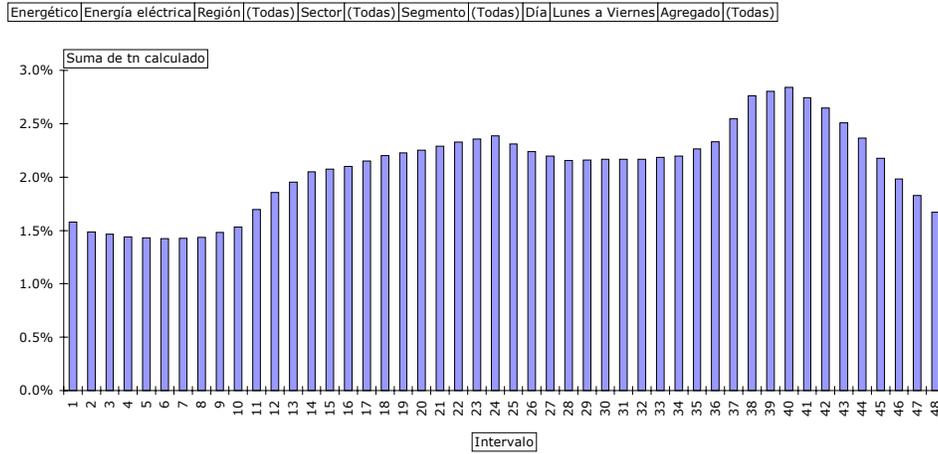
- Los informes anuales de operación de ISA los cuales suministran curvas de carga a nivel del SIN
- Curvas de carga a nivel de subestaciones del STN durante al año 2003.
- Curvas de carga recientes del sistema de la EEPPM, para alimentadores típicos.
- Descripción de la curva de carga del metro de Medellín.
- Información proveniente de las encuestas residenciales, comerciales e industriales.
- Información de los estudios de costos de racionamiento anteriores.
- Experiencia de los consultores.

Las siguientes figuras muestran en el eje de las x los 48 intervalos cronológicos de media hora que conforman cada día típico (laborable, sábado y domingo y festivos), y en el eje de las y la fracción del consumo diario durante el intervalo correspondiente. Las figuras se relacionan a continuación:

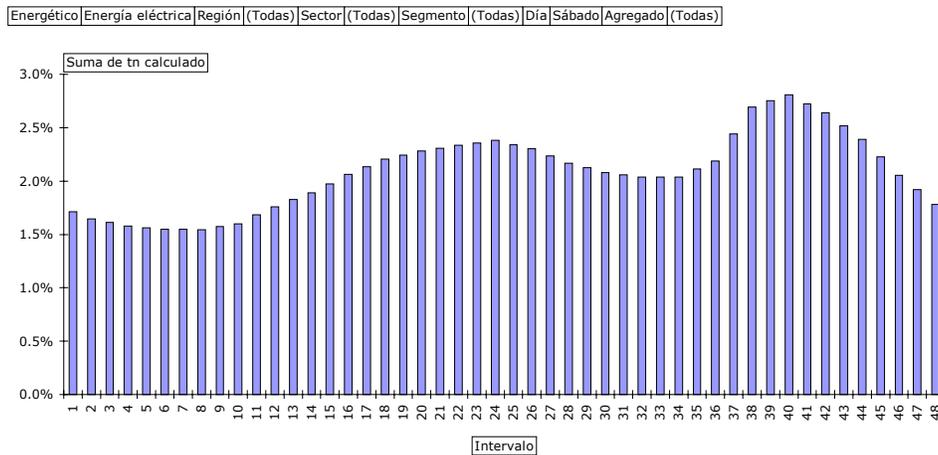
<b>Figura</b>	<b>Mercado</b>
RE1	SIN agregado (todos los sectores, todas las regiones)
RE2	Residencial agregado nacional (todas las regiones)
RE3	Comercial agregado nacional (todas las regiones)
RE4	Industrial agregado nacional (todas las regiones)
RE5	Transporte (metro de Medellín)
RE6	Región Andina Centro (todos los sectores)
RE7	Región Andina Norte (todos los sectores)
RE8	Región Andina Sur (todos los sectores)
RE9	Región Antioquía Chocó (todos los sectores)
RE10	Región Caribe (todos los sectores)
RE11	Región Viejo Caldas (todos los sectores)
RE12	Estrato 1 agregado nacional (todas las regiones)
RE13	Estrato 2 agregado nacional (todas las regiones)
RE14	Estrato 3 agregado nacional (todas las regiones)
RE15	Estrato 4 agregado nacional (todas las regiones)
RE16	Estrato 5 agregado nacional (todas las regiones)
RE17	Estrato 6 agregado nacional (todas las regiones)
RE18	Grandes y pequeños comercios y servicios (todas las regiones)
RE19	Grande y pequeña industria (todas las regiones)

**Figura RE1  
Curvas de carga del Sistema Interconectado Nacional**

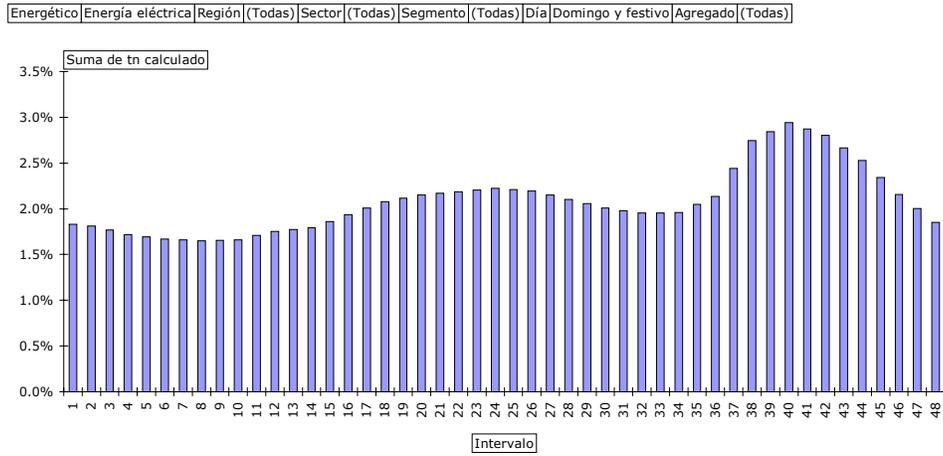
**Día laborable**



**Sábado**

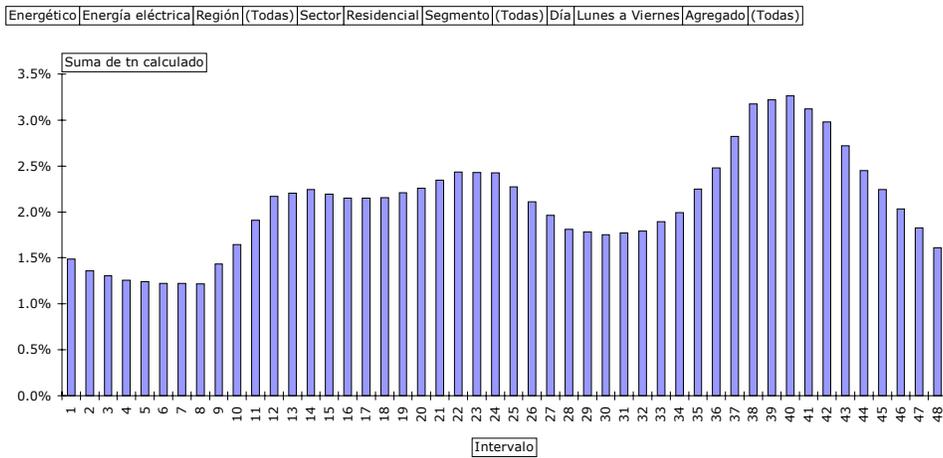


**Domingos y festivos**



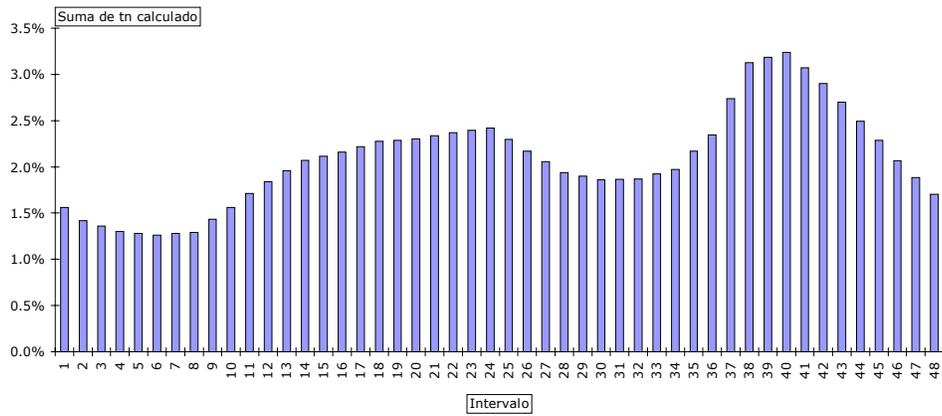
**Figura RE2**  
**Curvas de carga del sector residencial agregado nacional**

**Día laborable**



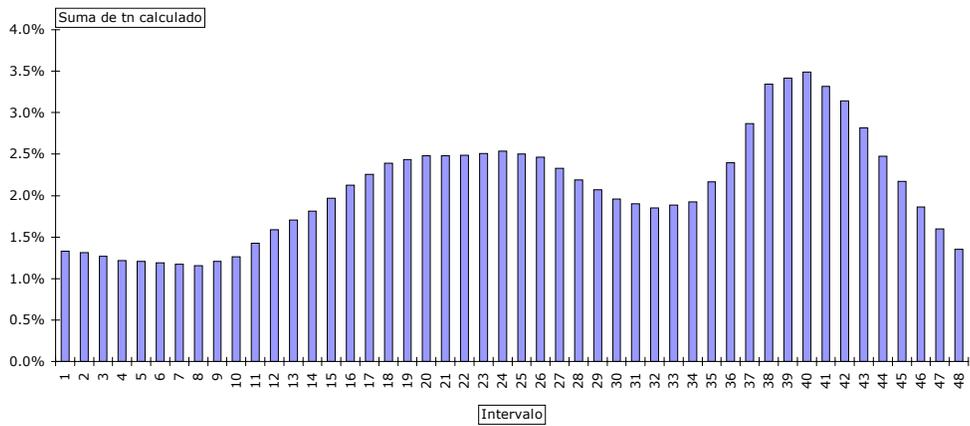
**Sábado**

Energético|Energía eléctrica|Región|(Todas)|Sector|Residencial|Segmento|(Todas)|Día|Sábado|Agregado|(Todas)



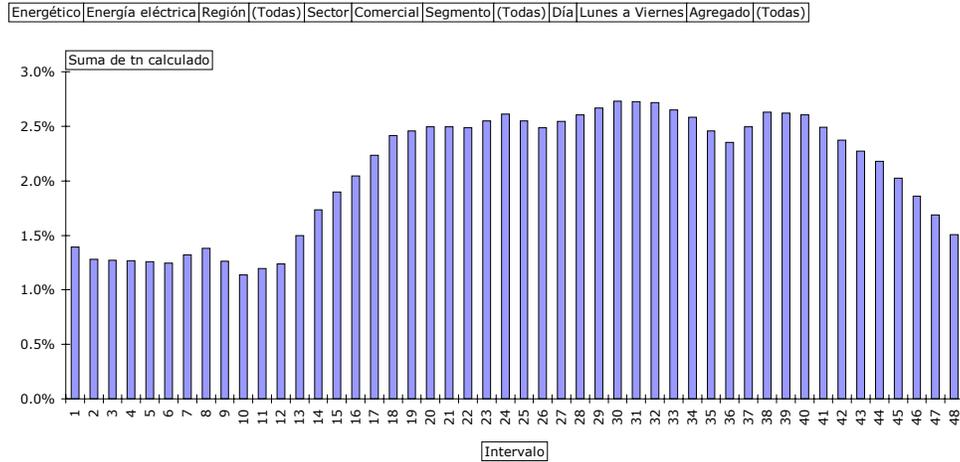
**Domingos y festivos**

Energético|Energía eléctrica|Región|(Todas)|Sector|Residencial|Segmento|(Todas)|Día|Domingo y festivo|Agregado|(Todas)

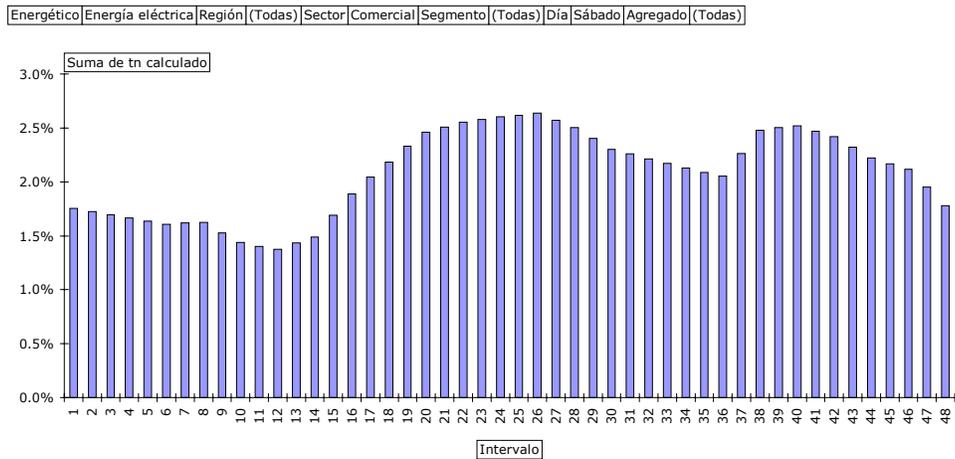


**Figura RE3  
Curvas de carga del sector comercial agregado nacional**

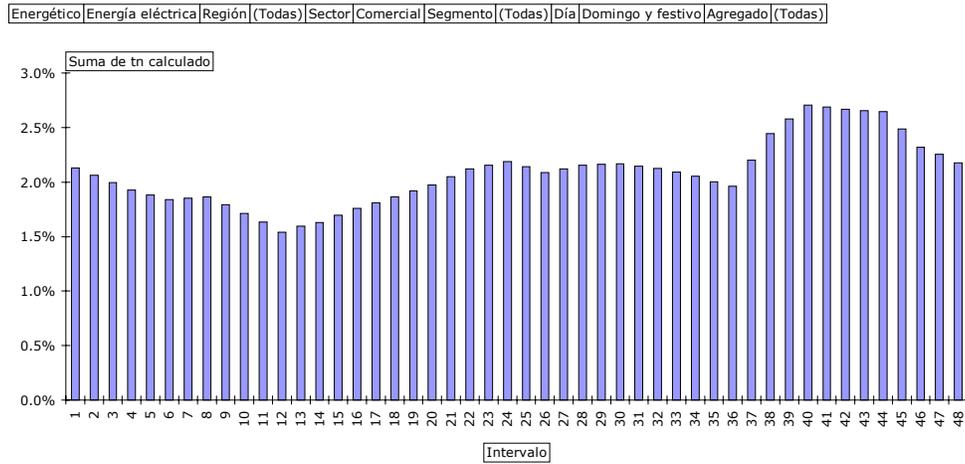
**Día laborable**



**Sábado**

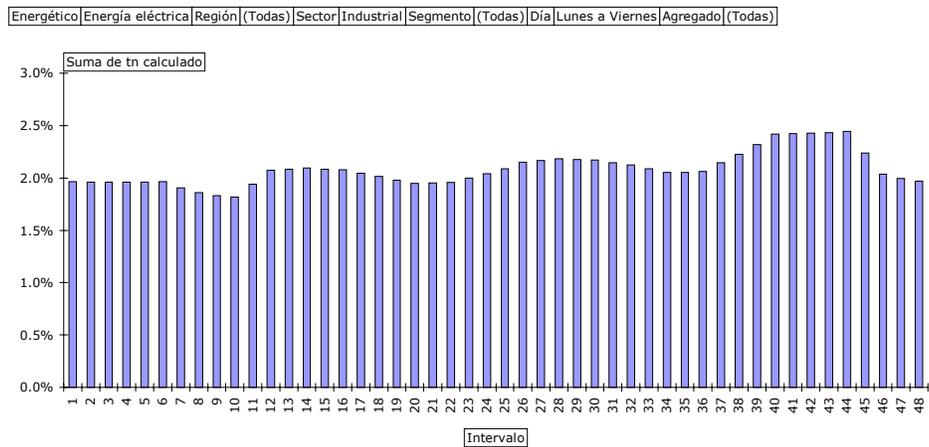


**Domingos y festivos**



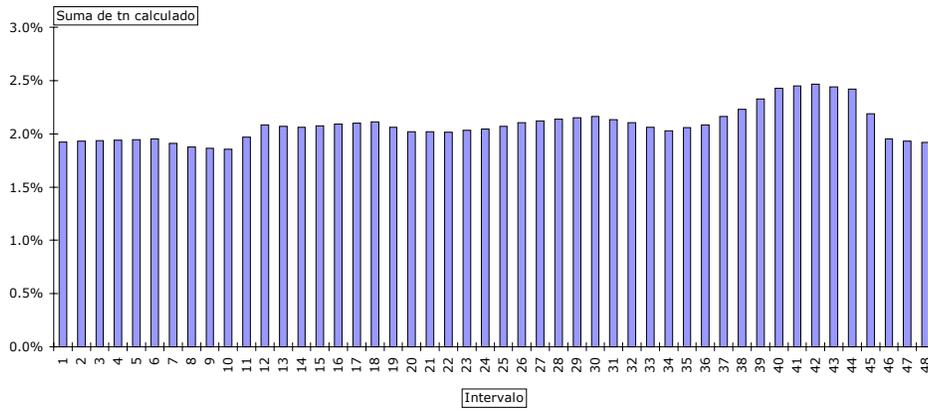
**Figura RE4**  
**Curvas de carga del sector industrial agregado nacional**

**Día laborable**



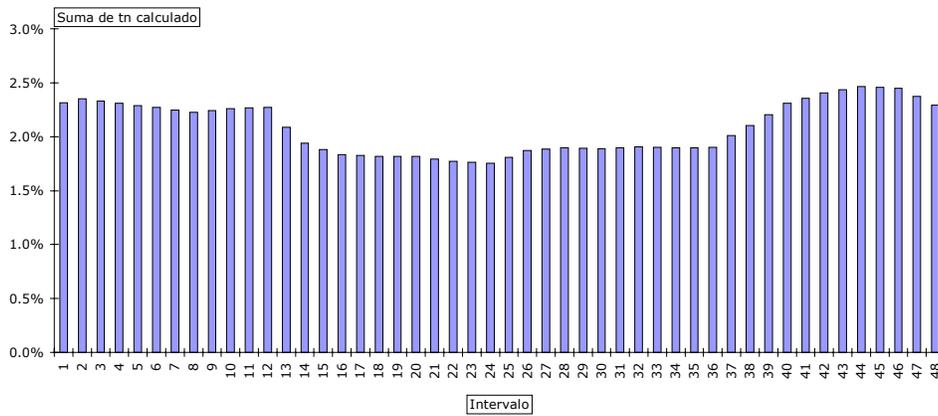
**Sábado**

Energético | Energía eléctrica | Región | (Todas) | Sector | Industrial | Segmento | (Todas) | Día | Sábado | Agregado | (Todas)



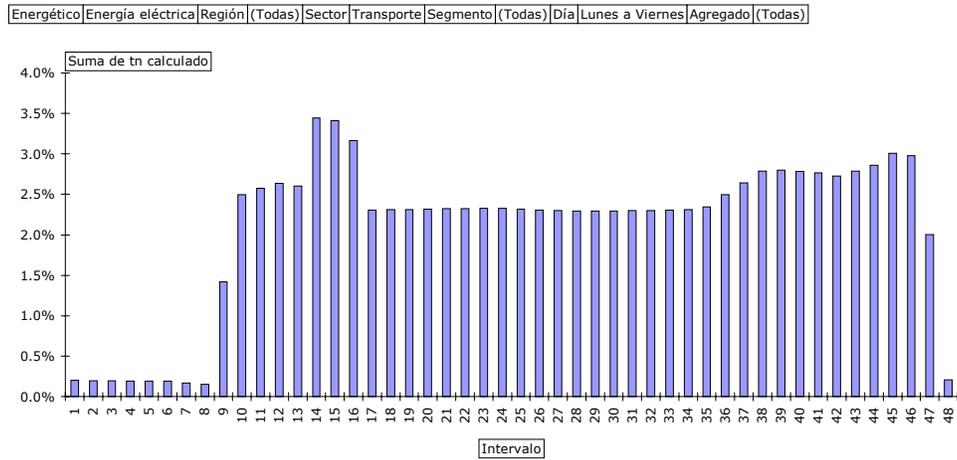
**Domingos y festivos**

Energético | Energía eléctrica | Región | (Todas) | Sector | Industrial | Segmento | (Todas) | Día | Domingo y festivo | Agregado | (Todas)

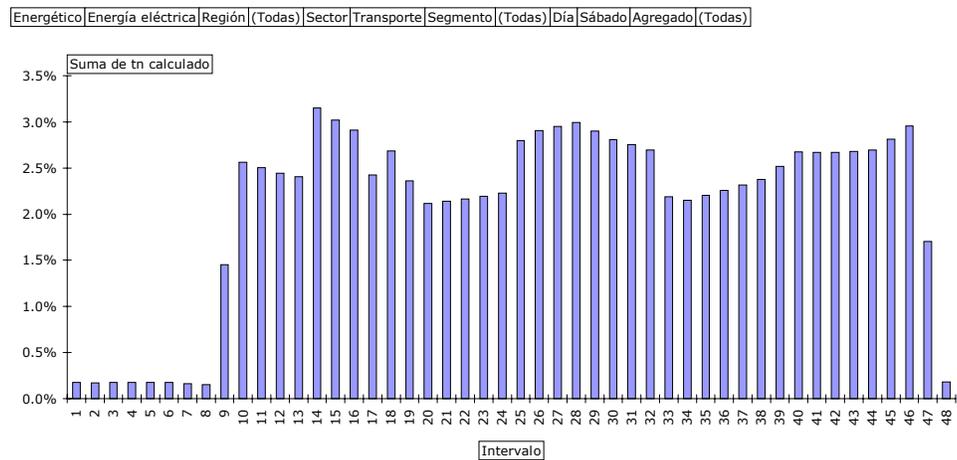


**Figura RE5**  
Curvas de carga del sector transporte (metro de Medellín) agregado nacional

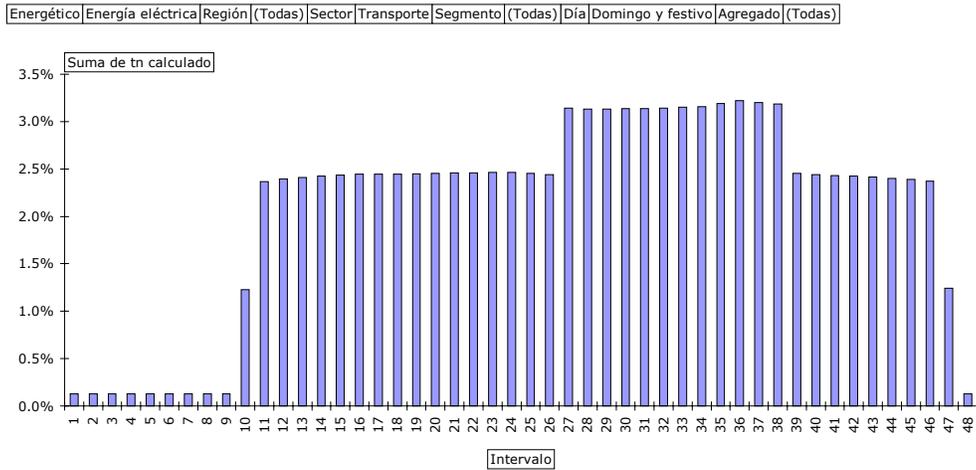
**Día laborable**



**Sábado**

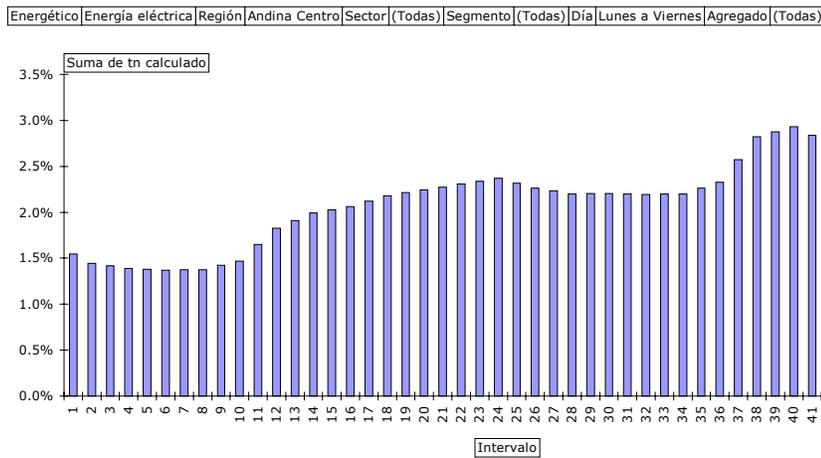


**Domingos y festivos**

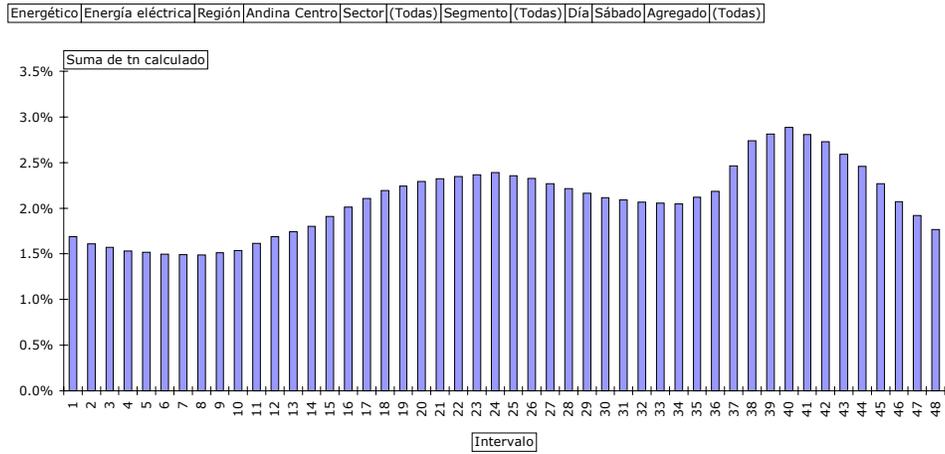


**Figura RE6  
Curvas de carga de la región Andina Centro**

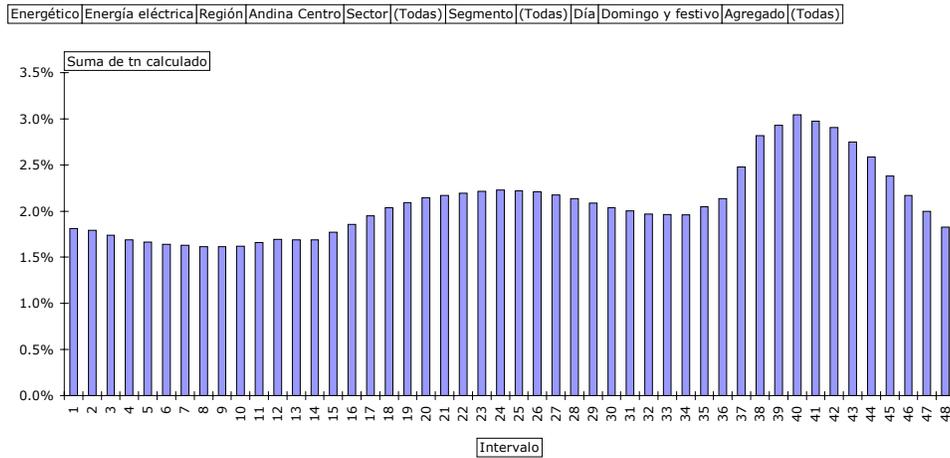
**Día laborable**



**Sábado**

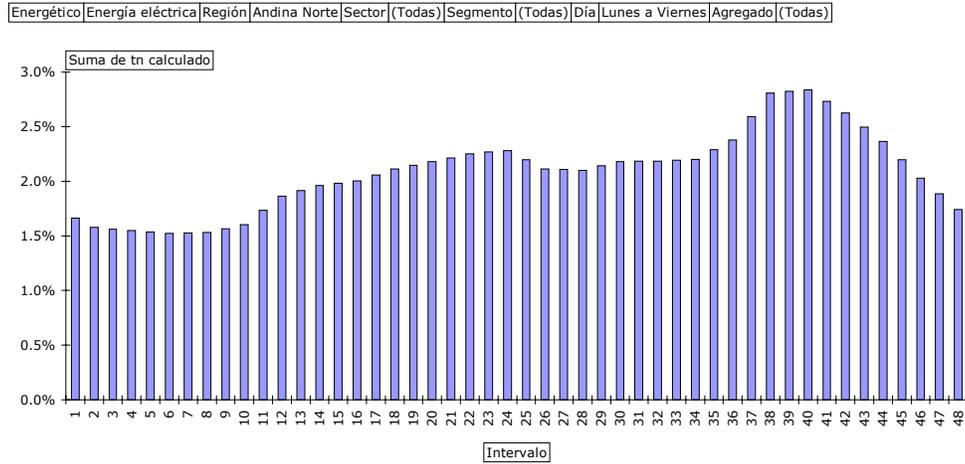


**Domingos y festivos**

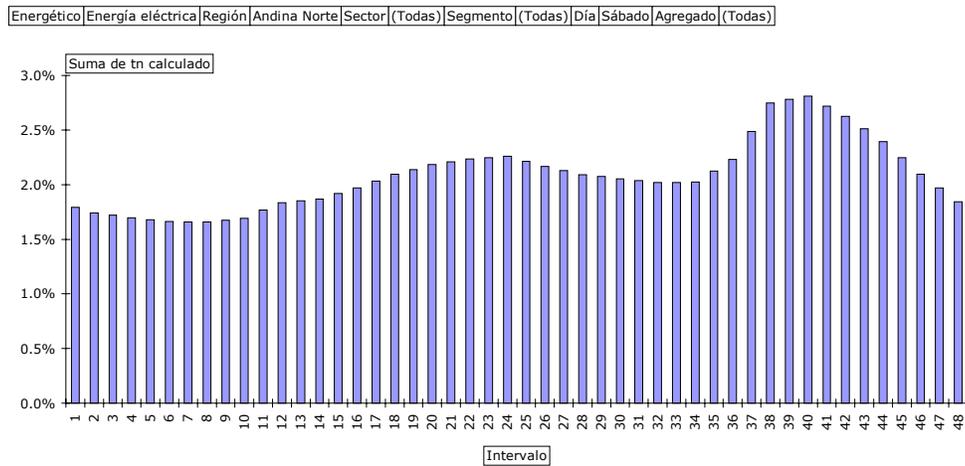


**Figura RE7  
Curvas de carga de la región Andina Norte**

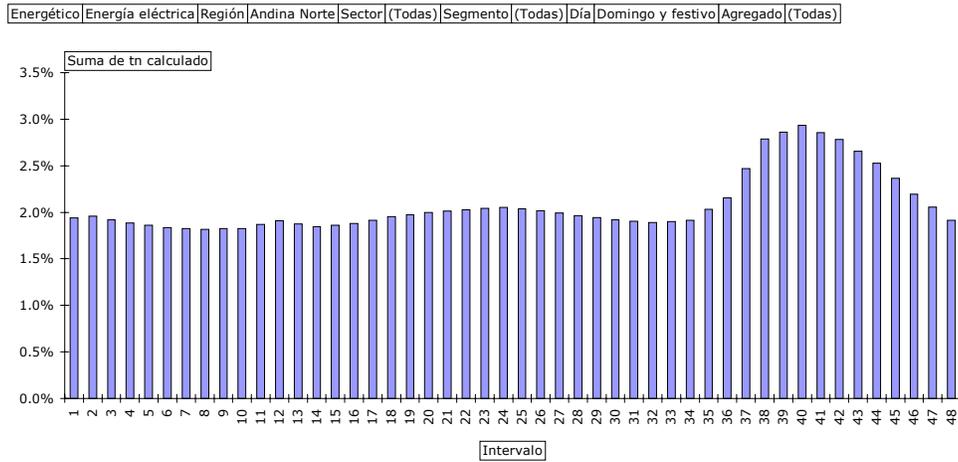
**Día laborable**



**Sábado**

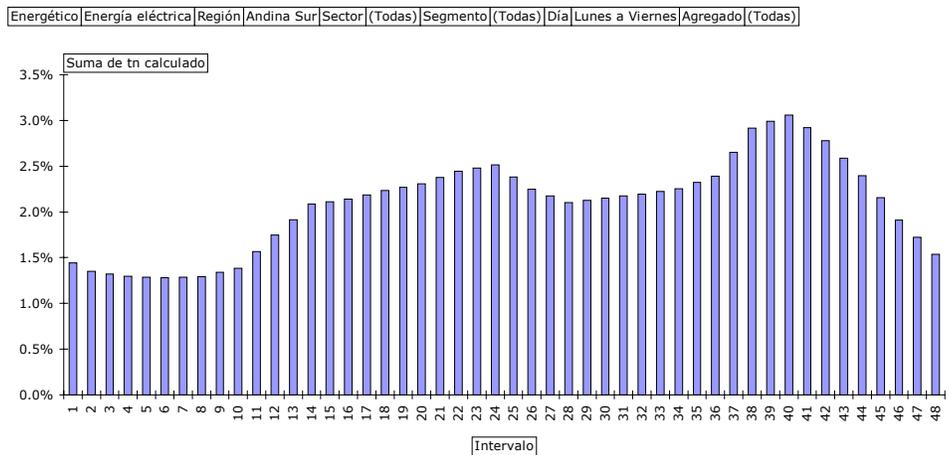


**Domingos y festivos**



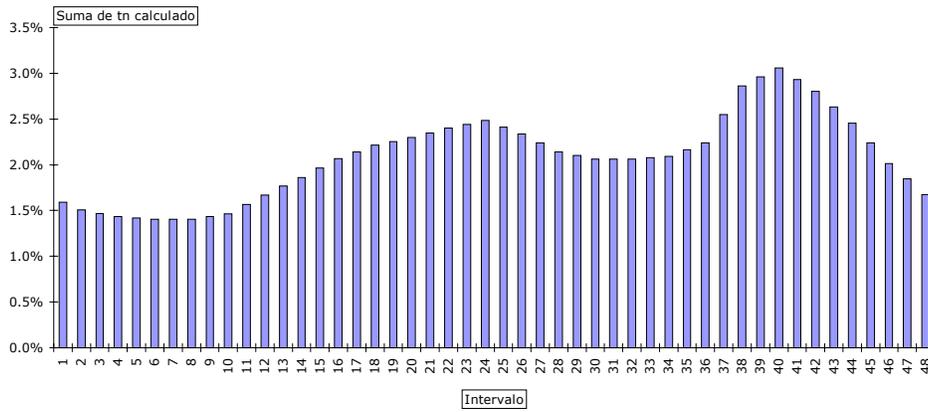
**Figura RE8  
Curvas de carga de la región Andina Sur**

**Día laborable**



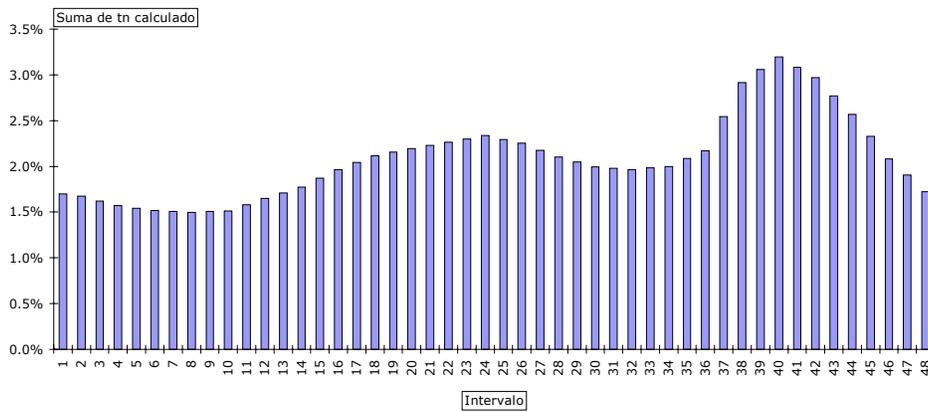
**Sábado**

Energético | Energía eléctrica | Región | Andina Sur | Sector | (Todas) | Segmento | (Todas) | Día | Sábado | Agregado | (Todas)



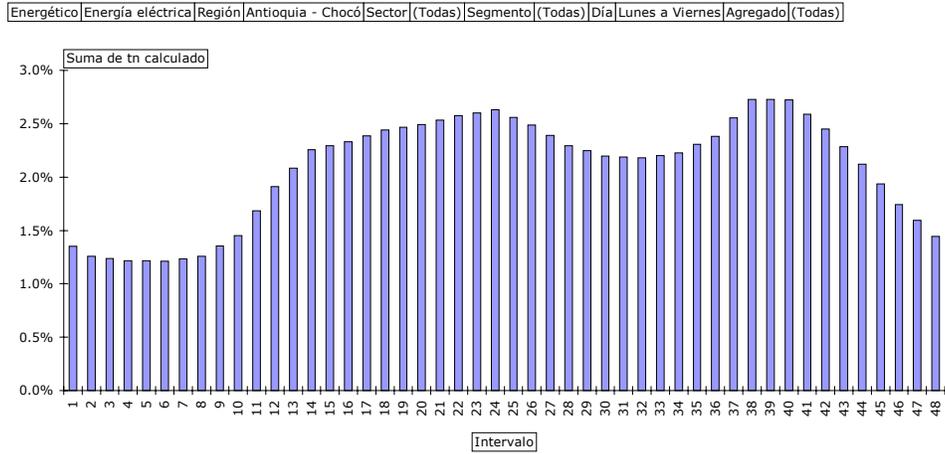
**Domingos y festivos**

Energético | Energía eléctrica | Región | Andina Sur | Sector | (Todas) | Segmento | (Todas) | Día | Domingo y festivo | Agregado | (Todas)

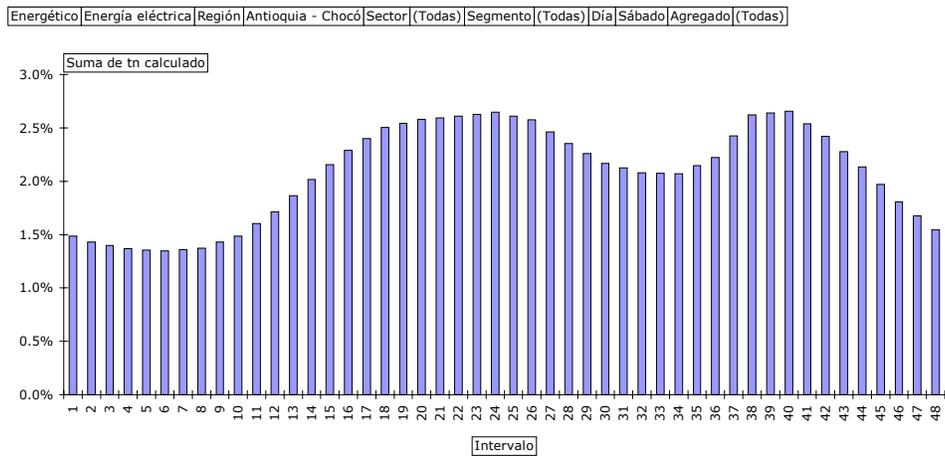


**Figura RE9  
Curvas de carga de la región Antioquía Chocó**

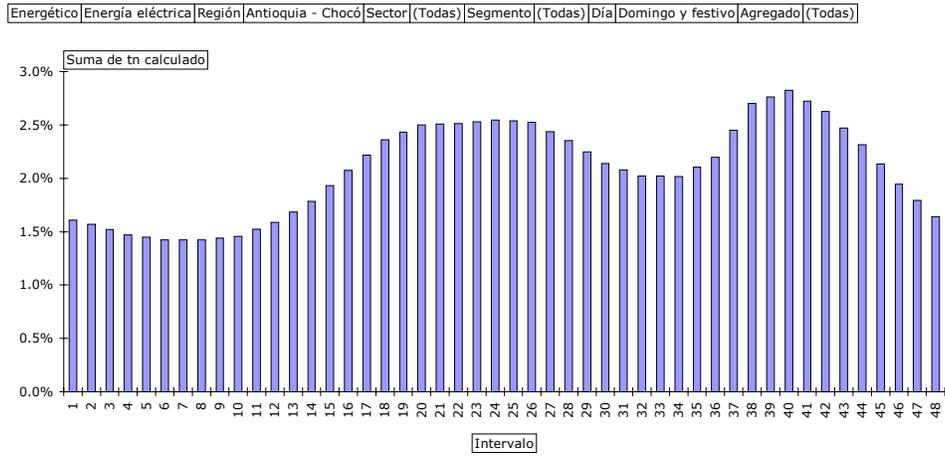
**Día laborable**



**Sábado**

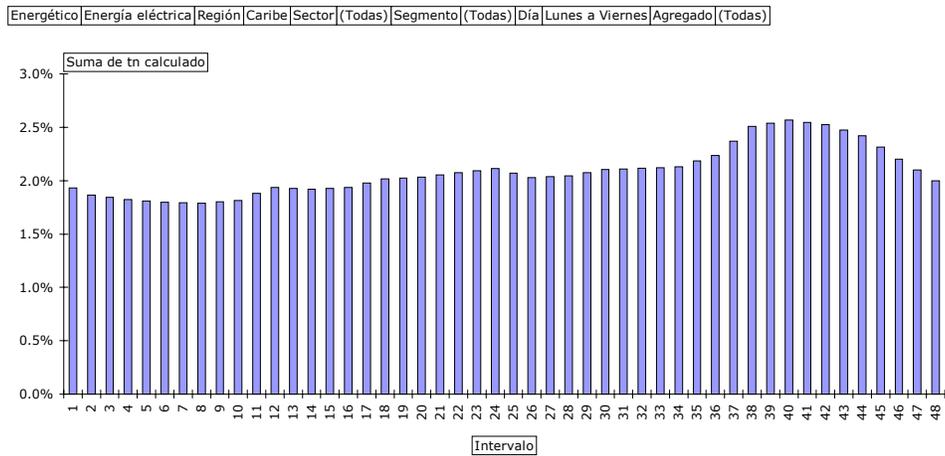


**Domingos y festivos**

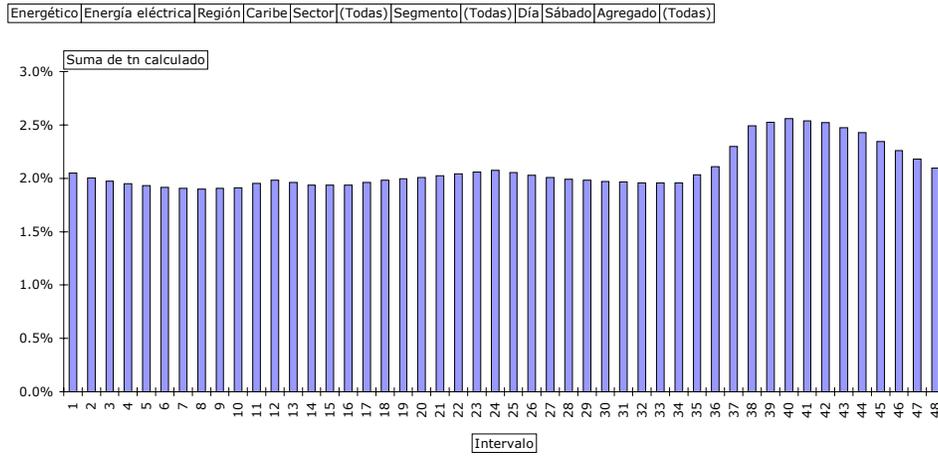


**Figura RE10  
Curvas de carga de la región Caribe**

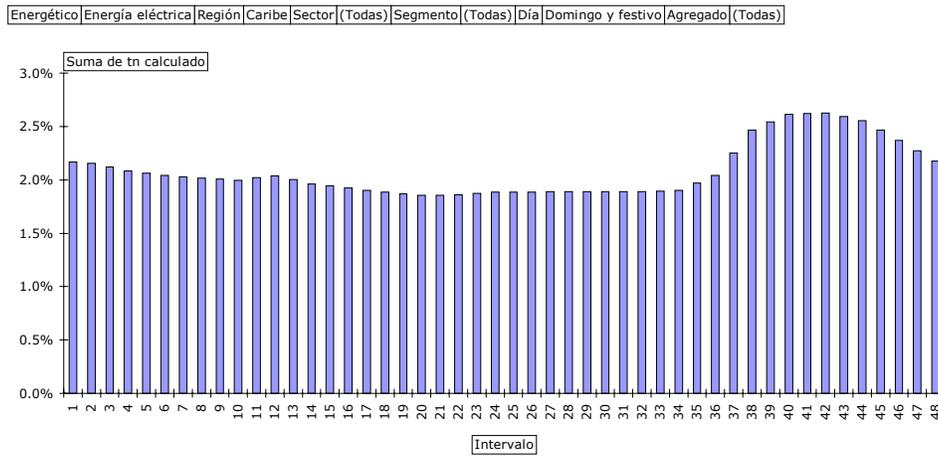
**Día laborable**



**Sábado**

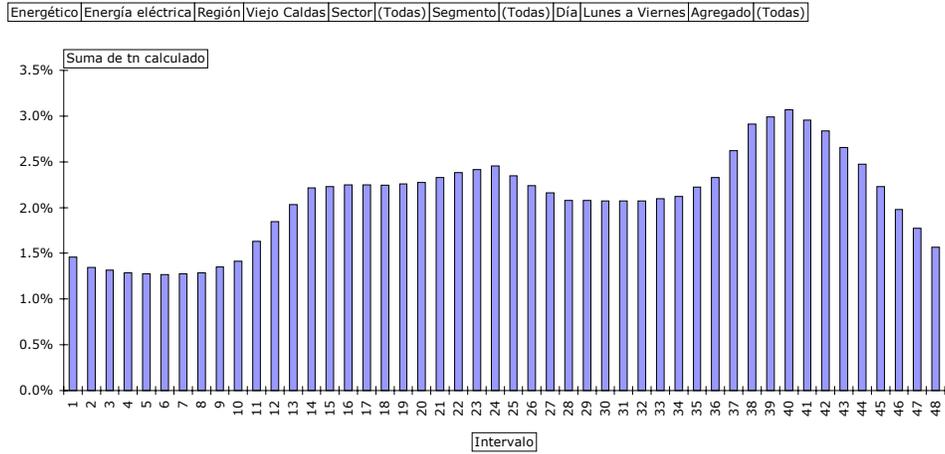


**Domingos y festivos**

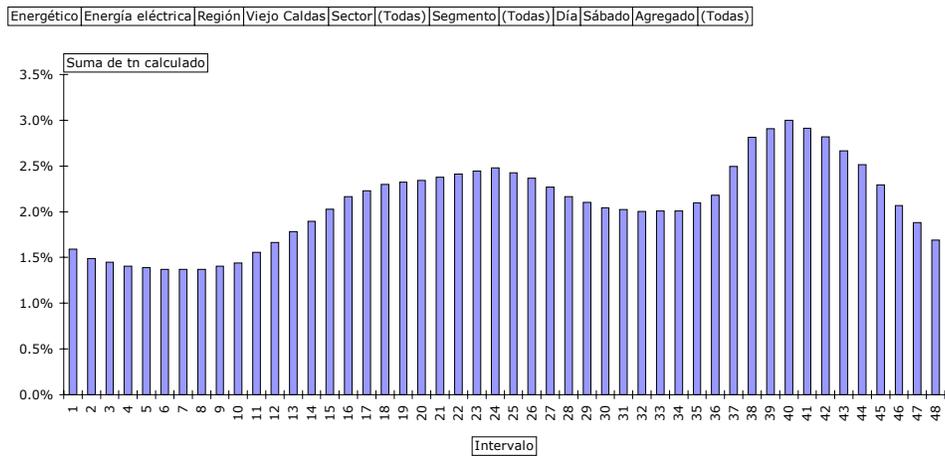


**Figura RE11  
Curvas de carga de la región Viejo Caldas**

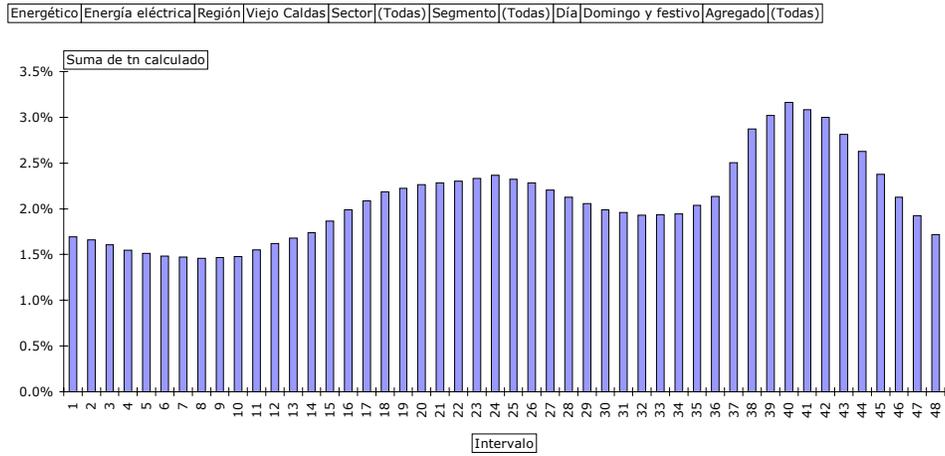
**Día laborable**



**Sábado**

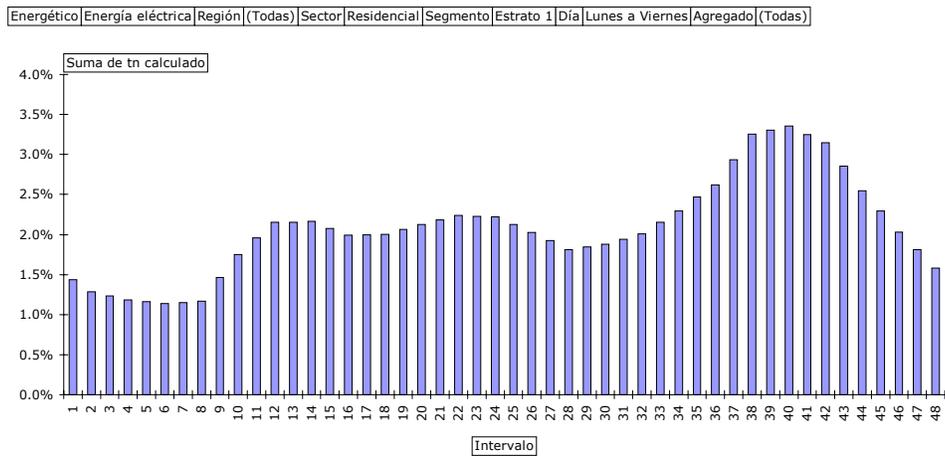


**Domingos y festivos**



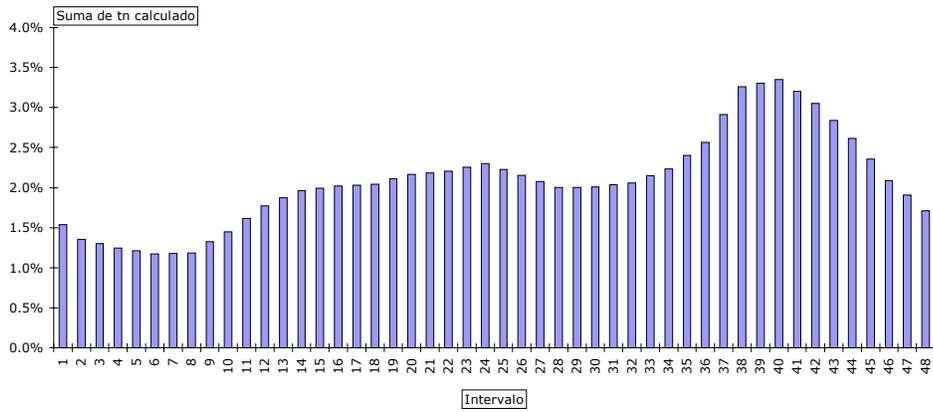
**Figura RE12  
Curvas de carga del Estrato 1 residencial nacional**

**Día laborable**



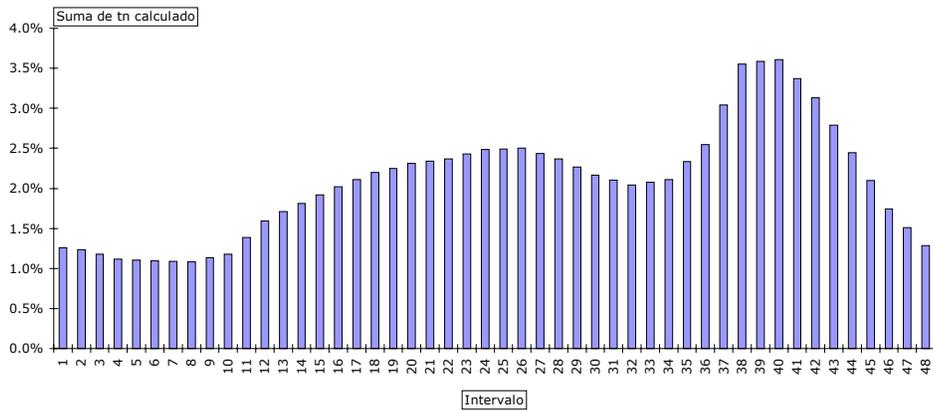
**Sábado**

Energético | Energía eléctrica | Región | (Todas) | Sector | Residencial | Segmento | Estrato 1 | Día | Sábado | Agregado | (Todas)



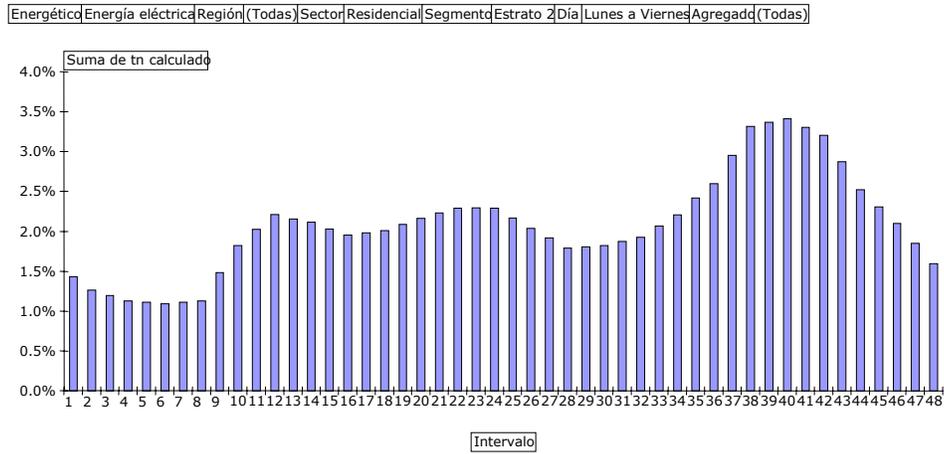
**Domingos y festivos**

Energético | Energía eléctrica | Región | (Todas) | Sector | Residencial | Segmento | Estrato 1 | Día | Domingo y festivo | Agregado | (Todas)

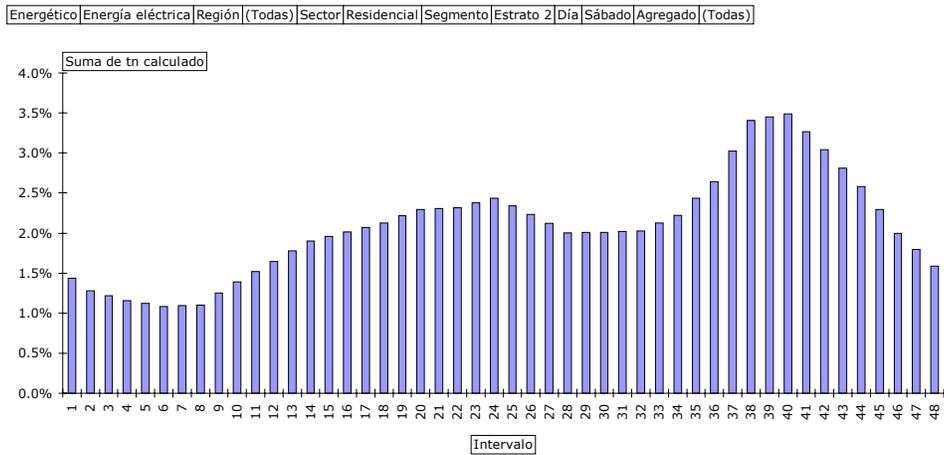


**Figura RE13  
Curvas de carga del Estrato 2 residencial nacional**

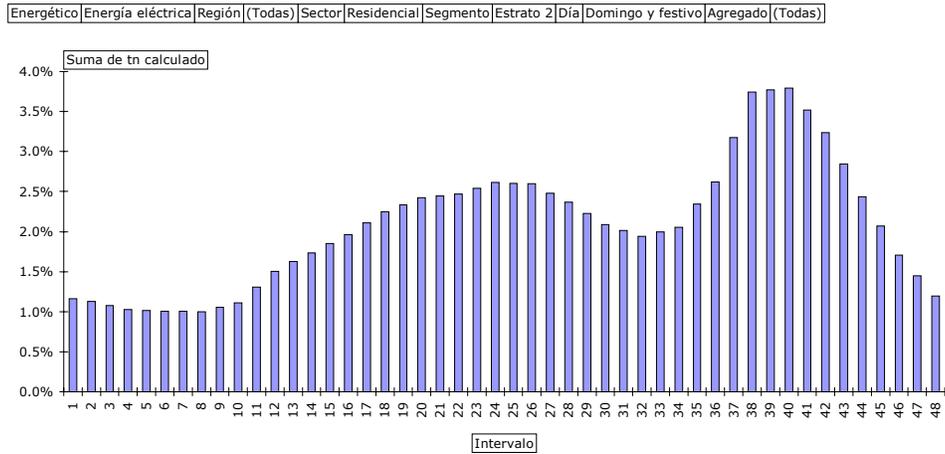
**Día laborable**



**Sábado**

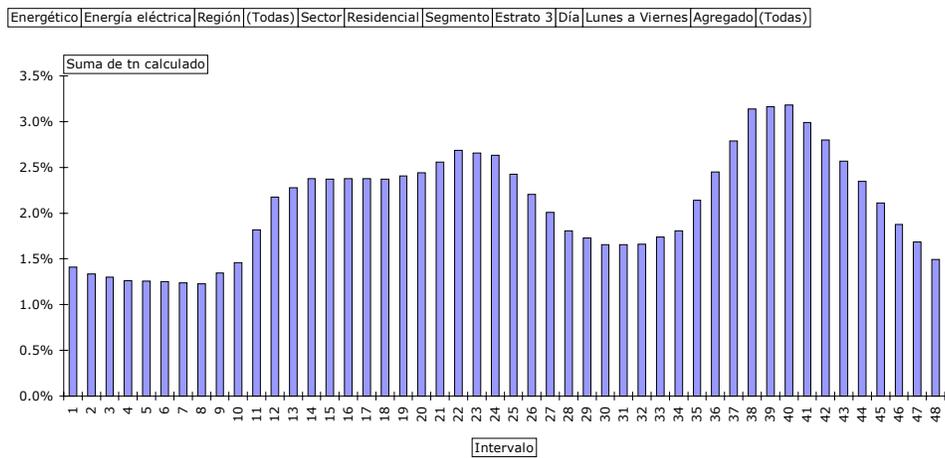


**Domingos y festivos**



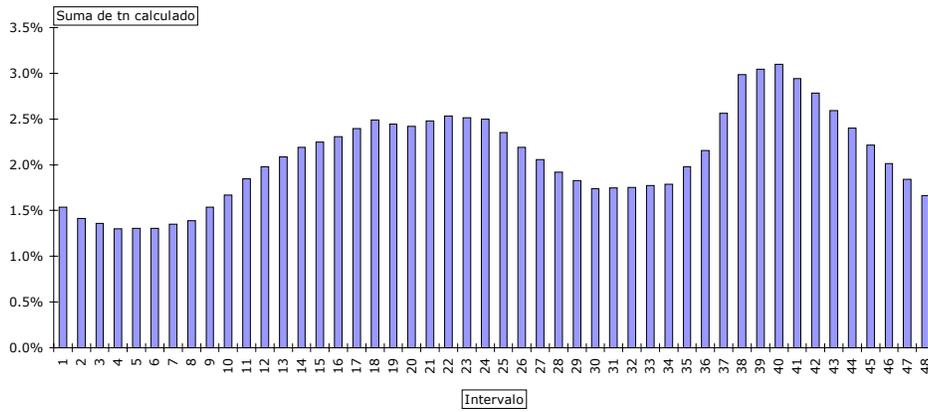
**Figura RE14**  
**Curva de carga del Estrato 3 residencial nacional**

**Día laborable**



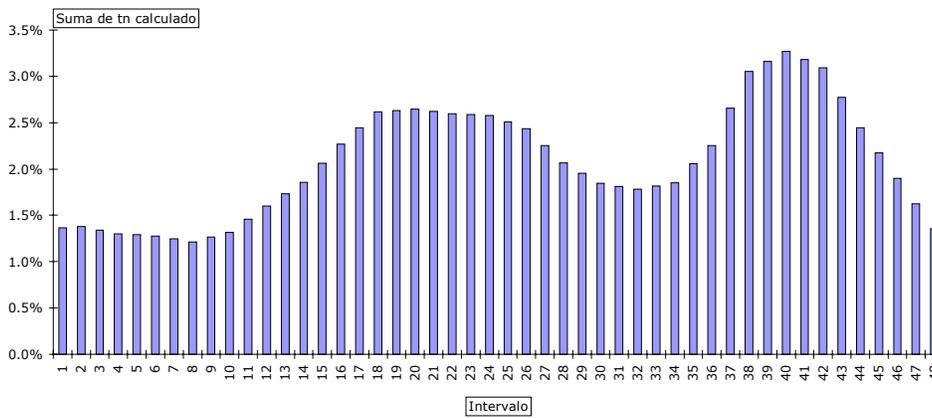
**Sábado**

Energético | Energía eléctrica | Región | (Todas) | Sector | Residencial | Segmento | Estrato 3 | Día | Sábado | Agregado | (Todas)



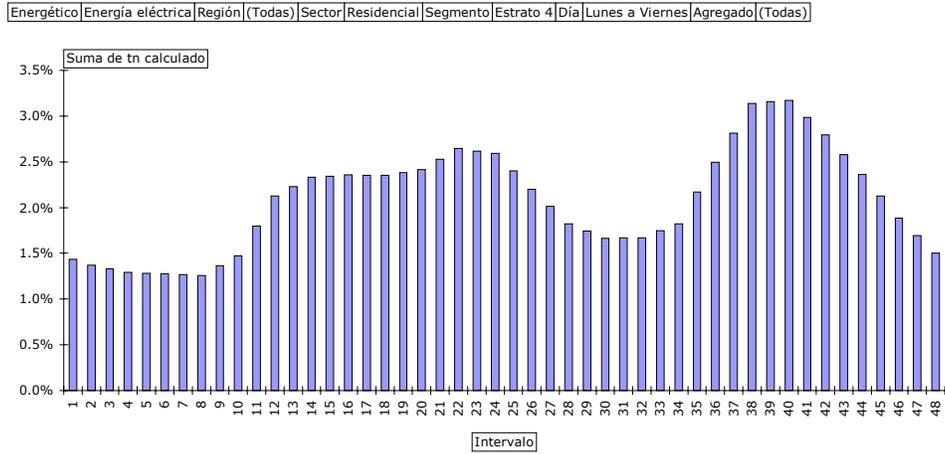
**Domingos y festivos**

Energético | Energía eléctrica | Región | (Todas) | Sector | Residencial | Segmento | Estrato 3 | Día | Domingo y festivo | Agregado | (Todas)

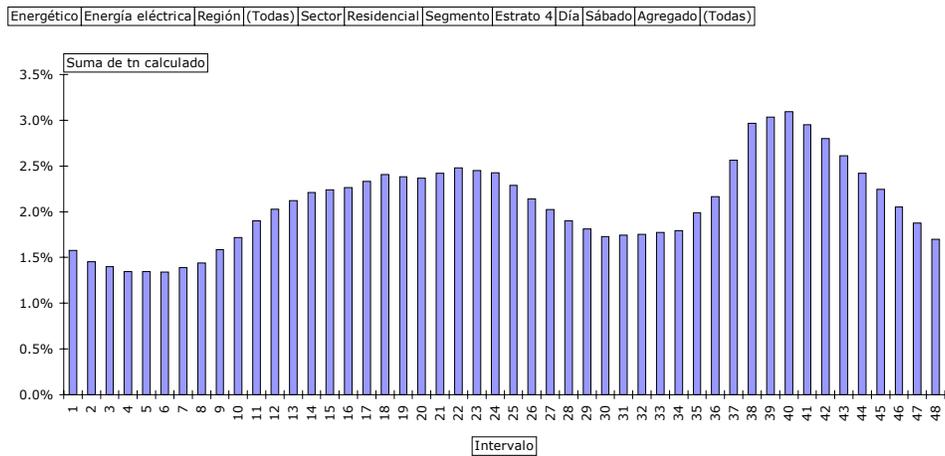


**Figura RE15  
Curvas de carga del Estrato 4 residencial nacional**

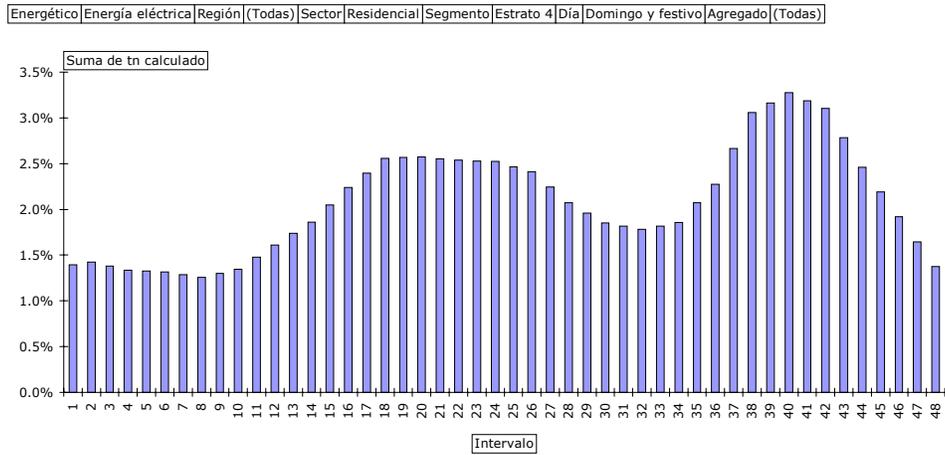
**Día laborable**



**Sábado**

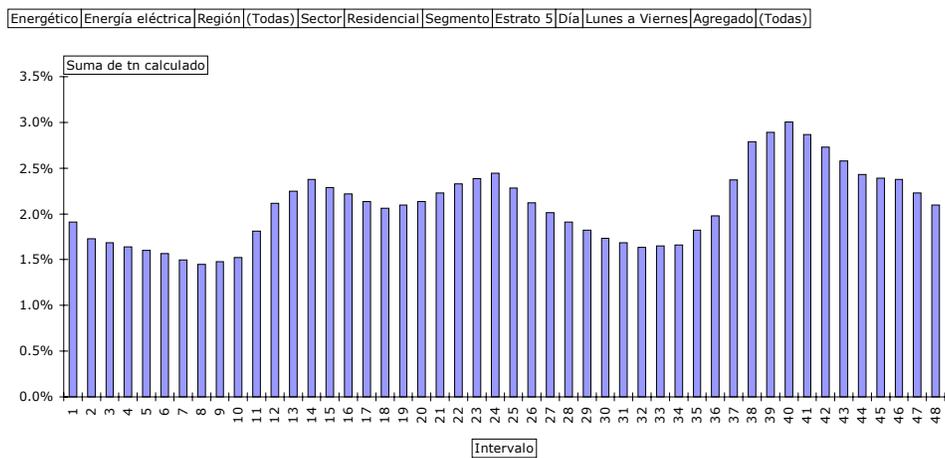


**Domingos y festivos**

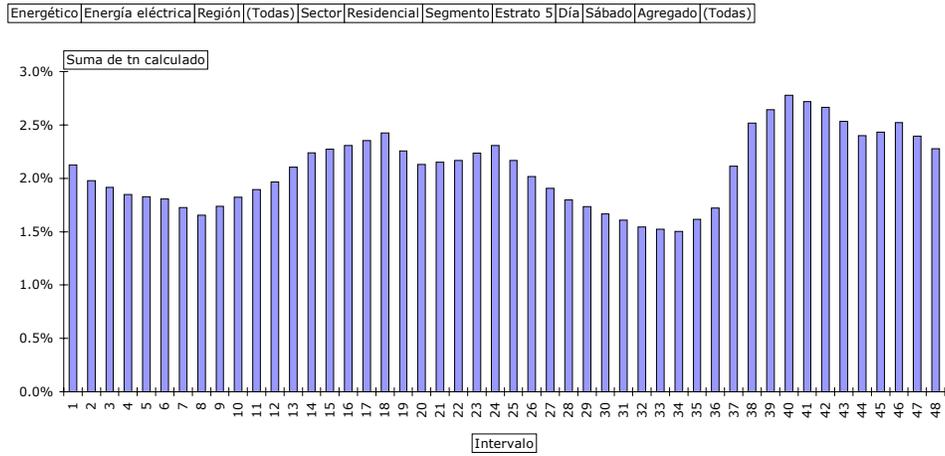


**Figura RE16**  
**Curvas de carga del Estrato 5 residencial nacional**

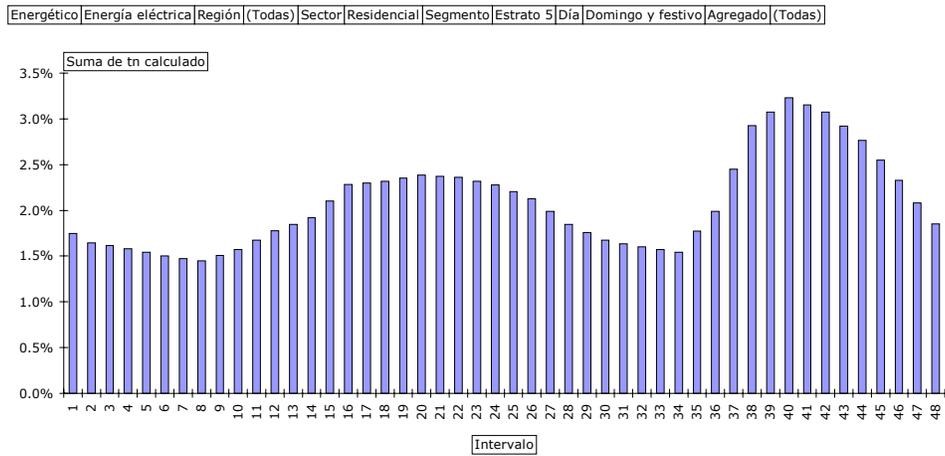
**Día laborable**



**Sábado**

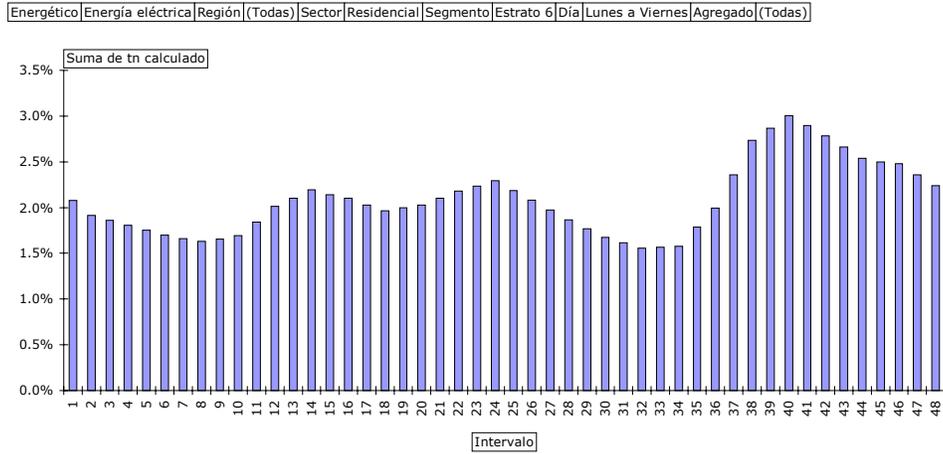


**Domingos y festivos**

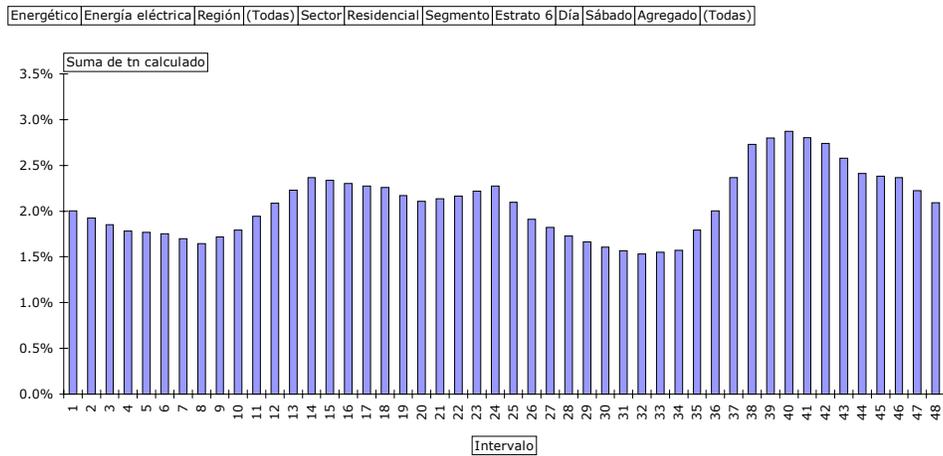


**Figura RE17  
Curvas de carga del Estrato 6 residencial nacional**

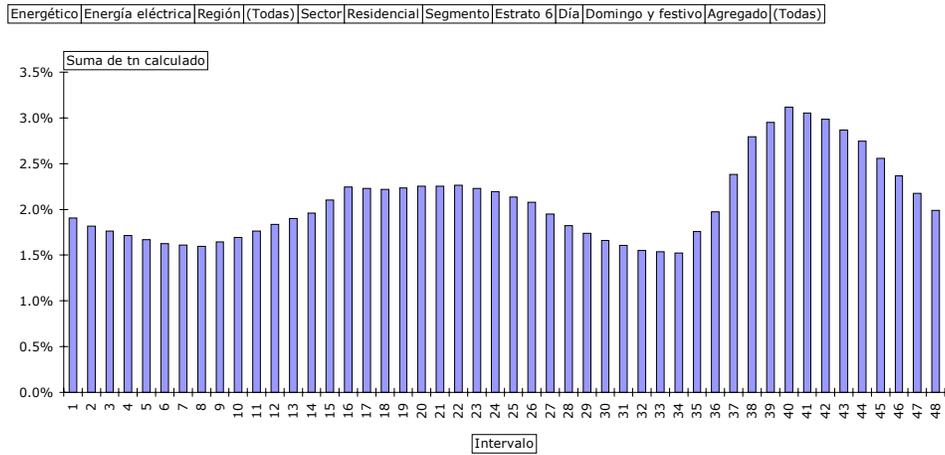
**Día laborable**



**Sábado**



**Domingos y festivos**



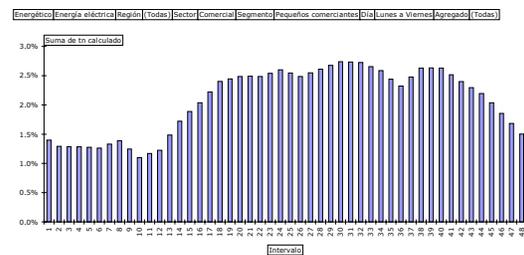
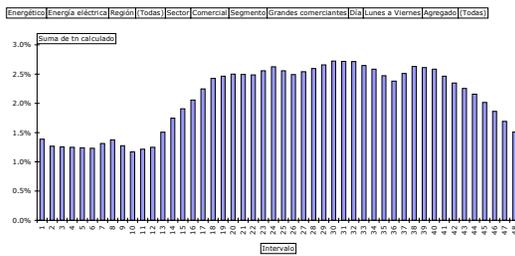
**Figura RE18  
Curvas de carga del sector comercial (todas las regiones)**

**Grandes**

**Pequeños**

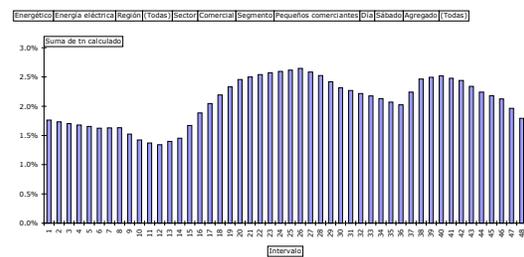
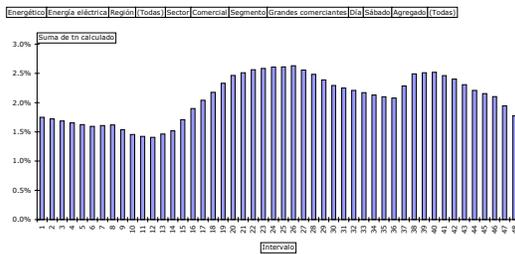
**Día laborable**

**Día laborable**



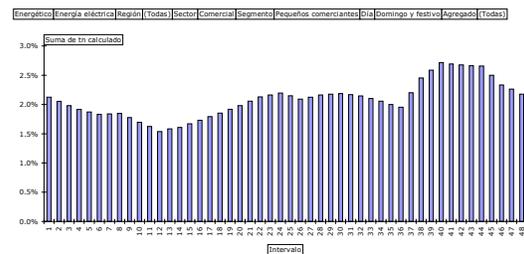
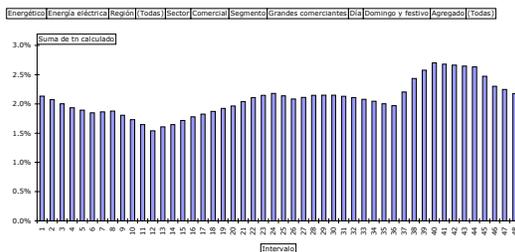
**Sábado**

**Sábado**



**Domingos y festivos**

**Domingos y festivos**



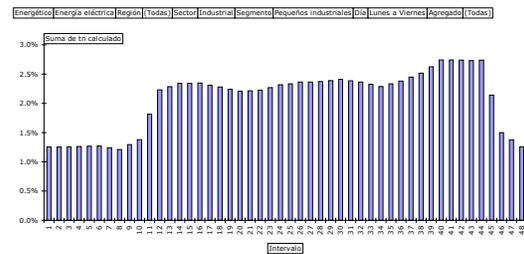
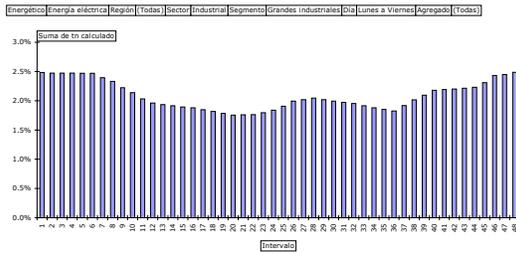
**Figura RE19  
Curvas de carga del sector industrial (todas las regiones)**

**Grandes**

**Pequeños**

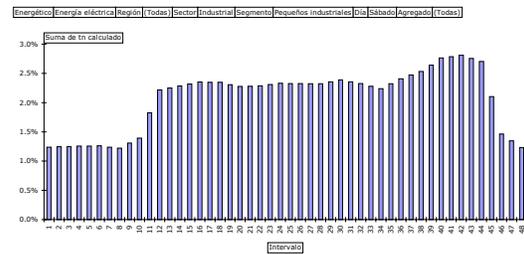
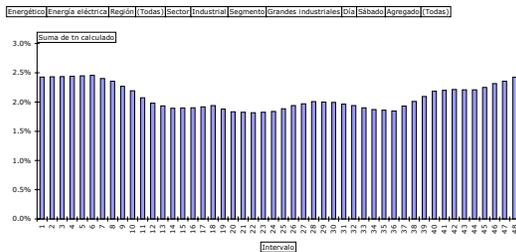
**Día laborable**

**Día laborable**



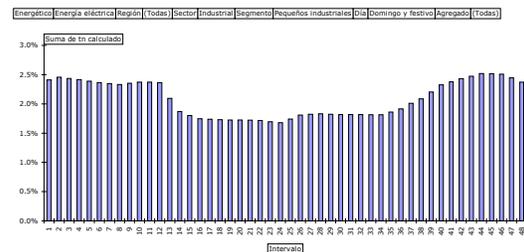
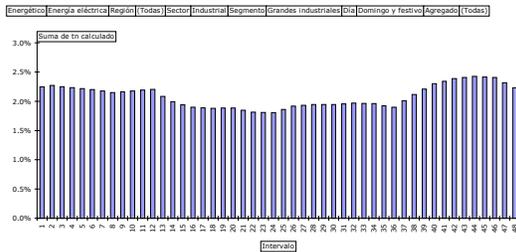
**Sábado**

**Sábado**



**Domingos y festivos**

**Domingos y festivos**



## **1.4. RESULTADOS**

Las curvas resultantes de costos óptimos (mínimos) de racionamiento se presentan a continuación.

### **1.4.1. Curvas de costos mínimos de racionamiento de energía eléctrica**

La Tabla RE2 y Figura RE20 presentan los costos de racionamiento para el mercado interconectado nacional, para los siguientes tres casos analizados:

- Caso 1: Racionamientos sin considerar restricciones para aplicarlo, el cual, como se mencionó, proporciona un valor mínimo (piso) para los costos reales.
- Caso 2: Racionamientos de igual porcentaje de la demanda en cada segmento y sector, el cual corresponde a una cota máxima para los costos reales.
- Caso 3: Racionamientos teniendo en cuenta las restricciones físicas y operativas para aplicarlos, el cual debe considerarse como el que corresponde a la situación real.

Es importante mencionar que estos costos no tienen en cuenta los impactos macroeconómicos de los mismos. Tales impacto se incorporan más adelante.

Tabla RE2  
Costos de racionamiento de energía eléctrica (\$/kWh). Mercado agregado nacional. No incluye efectos macroeconómicos

Nivel de racionamiento	Caso 1	Caso 2	Caso 3
1.00%	159.86	797.68	260.79
2.00%	180.39	814.74	291.17
3.00%	188.63	829.17	305.25
4.00%	194.05	841.60	317.64
5.00%	198.56	852.58	333.22
6.00%	201.73	862.64	356.63
7.00%	204.13	872.26	381.26
8.00%	205.93	881.85	399.27
9.00%	207.70	891.81	403.08
10.00%	209.44	902.48	424.82
11.00%	213.42	914.15	450.79
12.00%	217.14	927.11	476.72
13.00%	220.02	941.57	521.80
14.00%	223.36	957.75	555.39
15.00%	226.39	975.80	590.75
16.00%	228.63	995.87	631.72
17.00%	232.09	1,018.08	669.89
18.00%	235.37	1,042.50	709.20
19.00%	238.48	1,069.20	763.18
20.00%	242.17	1,098.22	787.67
21.00%	247.24	1,129.58	822.71
22.00%	252.30	1,163.29	862.92
23.00%	258.59	1,199.32	907.94
24.00%	265.64	1,237.65	949.71
25.00%	274.10	1,278.23	997.70
26.00%	283.54	1,321.01	1,063.92
27.00%	292.35	1,365.90	1,121.27
28.00%	301.64	1,412.84	1,169.40
29.00%	311.14	1,461.73	1,222.88
30.00%	321.57	1,512.47	1,293.70
31.00%	332.11	1,564.97	1,342.05
32.00%	343.26	1,619.11	1,395.24
33.00%	355.05	1,674.77	1,453.53
34.00%	367.63	1,731.85	1,509.30
35.00%	380.34	1,790.22	1,562.89
36.00%	393.42	1,849.76	1,624.20
37.00%	406.35	1,910.35	1,682.50
38.00%	418.55	1,971.88	1,746.39
39.00%	431.25	2,034.21	1,808.54
40.00%	445.10	2,097.24	1,867.47

Precios de diciembre de 2003

Los costos no tienen en cuenta efectos macroeconómicos

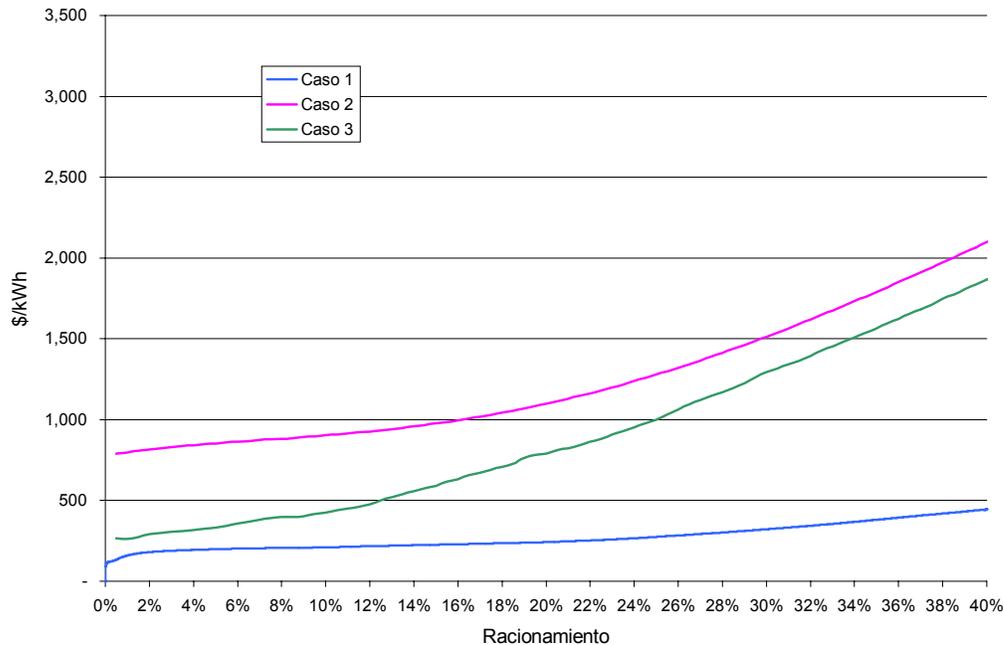
Caso 1: Costos sin tener en cuenta restricciones

Caso 2: Costos de racionamientos en porcentajes iguales

Caso 3: Costos teniendo en cuenta restricciones

Figura RE20

Costos de racionamiento de energía eléctrica  
Nacional



Precios de diciembre de 2003

No tienen en cuenta efectos macroeconómicos

Caso 1: Costos sin tener en cuenta restricciones

Caso 2: Costos de racionamientos en porcentajes iguales

Caso 3: Costos teniendo en cuenta restricciones

La Tabla RE3 presenta los costos promedios de racionar en cada rango indicado. Por ejemplo, racionar entre el 1.5% y el 5.0% cuesta a los usuarios comprometidos en el corte en promedio 315.73 \$/kWh.

Tabla RE3

Costos de racionamiento de energía eléctrica (\$/kWh). Mercado agregado nacional.  
Costos promedios por rangos. No incluye efectos macroeconómicos

Rango de racionamiento	Caso 3
0.0% a 1.5%	266.72
1.5% a 5.0%	315.73
5.0% a 10.0%	392.74
10.0% a 20.0%	627.93
20.0% a 40.0%	1,367.89
40.0% a 80.0%	3,280.80
80.0% a 100.0%	5,085.79

Precios de diciembre de 2003

Al considerar los efectos macroeconómicos estimados en el presente estudio, resultan los costos promedios que se presentan en la Tabla RE4 y Figura RE21. Nótese que se han adicionado a los resultados del Caso 3, en razón de éste es el que corresponde a la realidad.

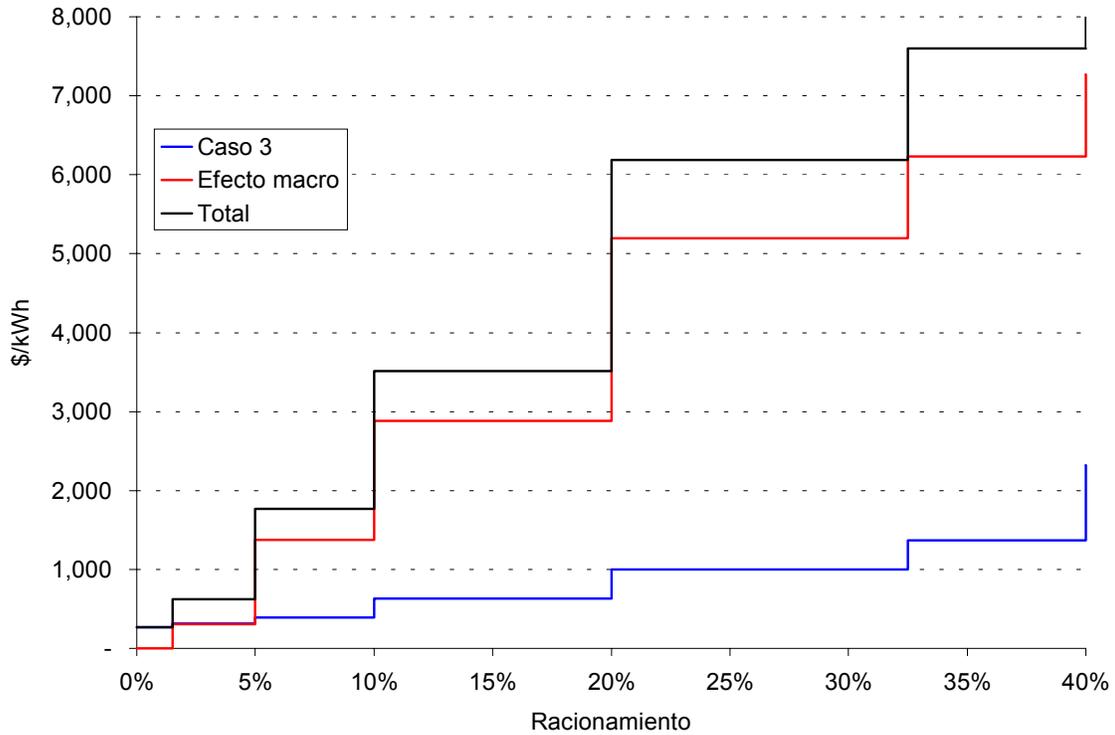
Tabla RE4

Costos de racionamiento de energía eléctrica (\$/kWh). Mercado agregado nacional.  
Costos promedios por rangos. Incluye efectos macroeconómicos

De	Rango	A	Caso 3	Efecto macroeconomico	Total
0.0%		1.5%	266.72	1.52	268.24
1.5%		5.0%	315.73	305.24	620.97
5.0%		10.0%	392.74	1,373.57	1,766.31
10.0%		20.0%	627.93	2,884.50	3,512.42
20.0%		32.5%	997.91	5,192.09	6,190.00
32.5%		40.0%	1,367.89	6,230.51	7,598.40
40.0%		60.0%	2,324.34	7,268.93	9,593.27
60.0%		80.0%	3,280.80	8,722.72	12,003.52
80.0%		100.0%	5,085.79	10,176.50	15,262.29

Precios de diciembre de 2003

Figura RE21  
Costos de racionamiento de energía eléctrica (\$/kWh). Mercado agregado nacional.  
Costos promedios por rangos. Incluye efectos macroeconómicos



Precios de diciembre de 2003

El Anexo RE2 presentan resultados de interés por regiones.

**1.4.2. Curvas de costos de racionamiento de potencia**

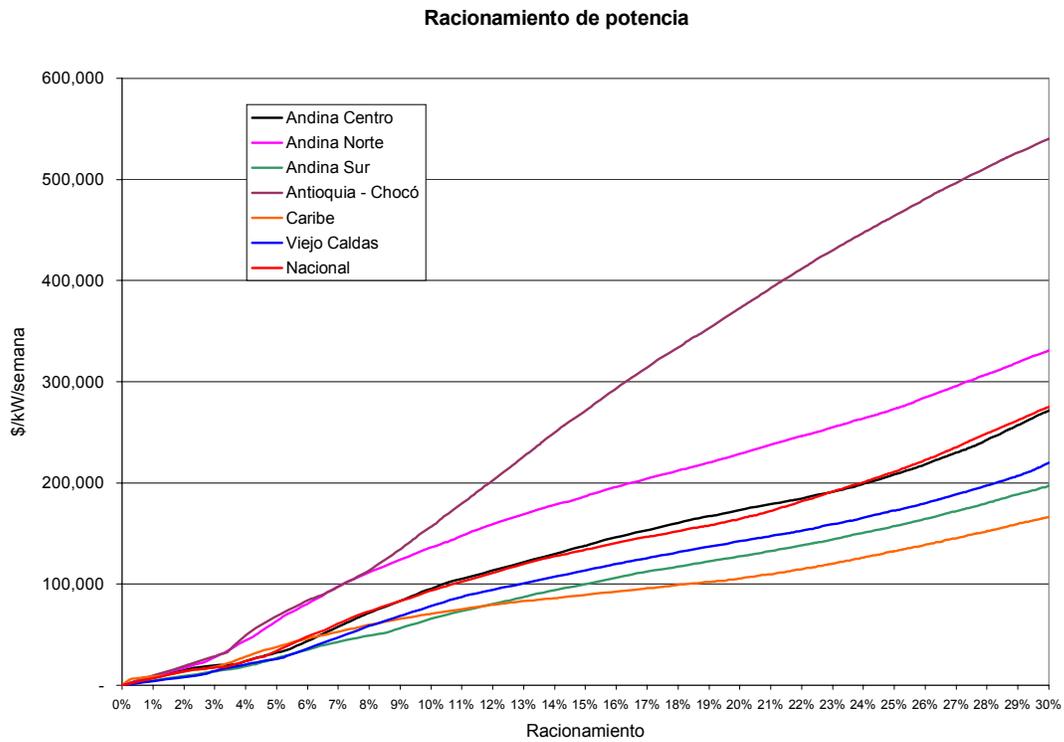
La Tabla RE5 presenta los costos de racionamiento de potencia resultantes, para cada región y para el total nacional, calculados de acuerdo con la metodología consignada en el capítulo de Formulación Conceptual. Por su parte, la Figura RE22 presenta los costos de racionamiento de potencia para porcentajes crecientes del racionamiento de la demanda de potencia.

Figura RE5  
Costos de racionamiento de potencia (\$/kW/semana). Por región y para el mercado nacional agregado. Costos promedios para rango

Rango de racionamiento	Andina Centro	Andina Norte	Andina Sur	Antioquia Chocó	Caribe	Viejo Caldas	Nacional
1.5%					8,386		
2.5%	17,347	21,194		20,258	14,464		15,316
5.0%	24,031	45,283	19,791	38,806	23,431	17,608	25,165
7.5%	52,550	86,396	42,690	93,798	44,540	32,333	56,414
10.0%	84,948	129,965	53,088	131,182	64,248	61,537	85,757
15.0%	127,903	166,774	82,934	207,827	83,317	85,948	123,325
20.0%	157,745	212,471	119,325	325,085	100,980	122,601	156,993
30.0%	225,938	288,110	170,831	454,428	135,401	185,762	220,487

Precios de diciembre de 2003

**Figura RE22**  
Costos promedios de racionamiento de potencia (\$/kW/semana). Por región y para el mercado nacional agregado



## **ANEXO RE1**

# **MANUAL DE USUARIO DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN**

## **BASE DE DATOS COSTOS DE RACIONAMIENTO MANUAL DEL USUARIO**

## MANUAL DE USUARIO DEL MODELO DE OPTIMIZACIÓN

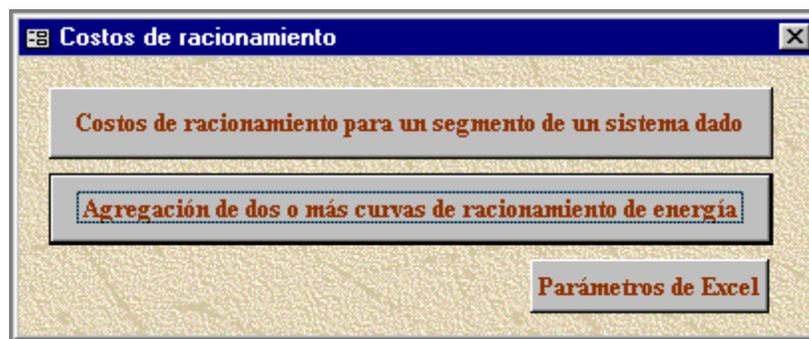
### GENERALIDADES

La base de datos Costos de racionamiento.mdb está desarrollada en Microsoft Access<sup>®</sup> 2000. Para su correcto funcionamiento debe ser ubicada en la misma carpeta que los archivos Costos de racionamiento.xls y Curvas.xls, a los cuales envía y de los cuales obtiene información.

Esta base de datos almacena la información referente a las curvas individuales de racionamiento y realiza los procedimientos de agregación de las mismas, tanto para energía (Casos 1, 2 y 3) como para potencia.

### Utilización de la Base de Datos

El formulario inicial de la base de datos Costos de racionamiento permite ingresar a los dos principales módulos del programa: Costos de racionamiento para un segmento de un sistema dado y Agregación de dos o más curvas de racionamiento de energía.



El formulario Parámetros de Excel se utiliza para que el usuario registre en él la ruta en donde se encuentra ubicado el archivo Atpvbaen.xla, dentro de su equipo de cómputo (Esta ruta suele ser “C:\Archivos de programa\Microsoft Office\Office\Macros\Análisis, pero puede cambiar según el sistema operativo y la versión de Office que se tenga instalado). Este archivo es utilizado por el programa, para el cálculo de las regresiones.

### Costos de racionamiento para un segmento de un sistema dado

Este módulo del programa permite al usuario consultar y modificar la información básica de las curvas individuales de costos de racionamiento y generar, a partir de esta información, los costos promedios y marginales que se utilizarán más adelante para la agregación de dos o más curvas.

	Intervalo	tn	K(tn)	n	Tn	CPE(Tn)	CME(Tn)
Energetico...	Energía eléctrica	1	0.0150	217.6567	2	0.0140	217.6567
	Gas natural	2	0.0146	217.6567	5	0.0302	217.6567
Región...	Andina Centro	3	0.0150	217.6567	8	0.0463	217.6567
	Andina Norte	4	0.0153	217.6567	10	0.0591	217.6567
	Andina Sur	5	0.0149	217.6567	13	0.0750	217.6567
	Antioquia - Chocó	6	0.0145	217.6567	18	0.0963	217.6567
	Caribe	7	0.0146	217.6567	19	0.1060	217.6567
	Viejo Caldas	8	0.0146	217.6567	23	0.1237	217.6567
	Sector...	9	0.0106	217.6567	27	0.1389	217.6567
Sector...	Comercial	10	0.0062	217.6567	28	0.1430	217.6567
	Industrial	11	0.0084	217.6567	32	0.1546	217.6567
	Residencial	12	0.0101	217.6567	35	0.1654	217.6567
	Transporte	13	0.0126	217.6567	37	0.1764	217.6567
	Segmento...	14	0.0145	217.6567	41	0.1920	217.6567
Segmento...	Grandes comerciantes	15	0.0157	217.6567	45	0.2077	217.6567
	Pequeños comerciantes	16	0.0168	217.6567	46	0.2189	217.6567
		17	0.0189	217.6567	50	0.2384	217.6567
		18	0.0211	217.6567	54	0.2609	217.6567
Dia tipico...	Lunes a Viernes	19	0.0222	353.9659	127	0.8778	262.8417
	Sábado	20	0.0232	353.9659	131	0.9028	265.3648
	Domingo y festivo	21	0.0237	353.9659	133	0.9222	267.2258
		22	0.0242	353.9659	137	0.9494	269.7140
		23	0.0242	353.9659	141	0.9763	272.0341
		24	0.0242	353.9659	143	0.9965	273.6993

Los valores Intervalo, tn y K(tn) se presentan en un color diferente ya que son los únicos que pueden ser modificados por el usuario. Los valores n, Tn, CPE(Tn) y CME(Tn) son generados por el programa mediante el botón Calcular. Es importante tener en cuenta que este cálculo no es automático, es decir, si se modifican los datos, se deben volver a calcular los costos promedios (CPE(Tn)) y marginales (CME(Tn)) nuevamente.

El botón Gráfico presenta los costos promedios y marginales de la curva individual seleccionada.

### Agregación de dos o más curvas de racionamiento de energía.

Para agregar dos o más curvas de racionamiento de energía/potencia, el usuario debe indicar primero al programa cuáles son las curvas individuales que desea agregar. Es preferible iniciar borrando todos los segmentos seleccionados (Mediante el botón Borrar todos los segmentos). A continuación puede seleccionar el energético, la región, el sector y el segmento de cada curva a agregar o puede, mediante las casillas de verificación correspondientes, seleccionar todas las regiones, sectores y/o segmentos. Una vez hecha la selección, debe hacer clic en el botón Agregar segmento. Verifique que en la lista de segmentos seleccionados estén todos los elementos deseados. Puede eliminar un elemento específico mediante el botón Eliminar segmento seleccionado.



Para obtener la curva agregada de los segmentos seleccionados, el usuario debe hacer clic sobre el botón correspondiente al caso de racionamiento de energía/volumen o de potencia/capacidad que desea ejecutar. El programa ejecuta el procesamiento y muestra los resultados en forma de tablas de datos que pueden ser seleccionadas, copiadas y pegadas en Excel para su análisis detallado.

Es importante tener en cuenta que la generación de estos datos puede tomar mucho tiempo (varias horas, incluso) según la cantidad de curvas individuales a agregar y el hardware del equipo de cómputo en el que se ejecute el programa. Dado lo lento que puede llegar a ser el proceso, se incluye la etiqueta iteración para que el usuario visualice el avance del mismo.

### Desarrollo Caso 1: Racionamiento de energía sin restricciones

Las curvas de racionamiento que se van a agregar se encuentran en la tabla **Temp\_Grupos**. En esta tabla, cada curva está identificada por el valor en los campos:

**CODIGO\_ENERGÉTICO** (Texto 2)  
**CODIGO\_REGION** (Texto 2)  
**CODIGO\_SEGMENTO** (Texto 2)

### Calcular participación

El primer paso consiste en calcular la participación nacional y la participación agregada, este procedimiento lo realiza la subrutina **CalcularParticipacion()**. Para ello se toman los valores de la tabla **PARTICIPACIÓN** y se llevan a la tabla **Temp\_Grupos** realizando la siguiente operación:

Temp\_Grupos.Participacion\_Nal = Participación. Participación  
**PARTICIPACION** tiene un valor para cada segmento de cada región.

$$Temp\_Grupos.Participacion\_Nal = \frac{Temp\_Grupos.Participacion\_Nal}{\sum_{curvas\_seleccionadas} Temp\_Grupos.Participacion\_Nal}$$

### Iniciar campos auxiliares

Se modifica la tabla **Temp\_Grupos** de la siguiente manera:

Temp\_Grupos.CONFORMA\_GRUPO = False  
Temp\_Grupos.TN\_Maximo = 0  
Temp\_Grupos.CPE\_Maximo = 0  
Temp\_Grupos.N\_Orden = 1

### Corregir CME(n=1)

Se seleccionan uno a uno los registros (curvas) de la tabla **Temp\_Grupos** y toda su información relacionada se copia de la tabla **VALOR\_INDIVIDUAL** a una tabla temporal **Temp\_Grupo Previo**, ajustando el valor CME(TN) del primer registro, es decir el n=1.

Una vez corregido el CME<sub>1</sub>, se lleva toda la información a la tabla **Temp\_Grupos Procesar**.

### Agregación de dos o más curvas de racionamiento de energía sin restricciones

A continuación se realiza el procedimiento para el cálculo de energía sin restricciones, cuyo resultado va a la tabla **Temp\_Grupos Resultado**.

En la variable i se almacena el número de curvas a agrupar, en seguida se busca el menor CME(Tn) de las curvas consideradas y se calcula el TN, el CPE y el CME agregado. Finalmente se calcula el CME para n = 1.

### Desarrollo Caso 2: Racionamientos de energía iguales

#### Calcular regresión

La información de la tabla **VALOR\_INDIVIDUAL** para cada curva considerada, se lleva a la tabla temporal **Temp\_Grupo Previo**, donde se calculan y almacenan adicionalmente las siguientes variables:

$$\begin{array}{lcl} X & = & Tn \\ X^2 & = & Tn^2 \\ X^3 & = & Tn^3 \end{array}$$

$$\begin{aligned} X^4 &= Tn^4 \\ X^5 &= Tn^5 \\ X^6 &= Tn^6 \\ Y &= CPE(Tn) \end{aligned}$$

Las nuevas variables se exportan a un archivo temporal Ms-Excel en la ruta **c:\RegCtoRacionamiento.XLS**, y sobre este archivo se ejecuta una regresión polinómica de grado 6. Los coeficientes de la ecuación polinómica y el coeficiente de determinación ajustado  $R^2$  se graban en la tabla **Temp\_Grupo Previo**.

Para ejecutar la regresión se requiere ingresar dentro del código la ruta del archivo ATPVBAEN.XLA, concretamente se deben revisar las siguientes líneas:

```
ChDir "C:\Program Files\Microsoft Office\Office\Macros\Analisis"  
xl.Workbooks.Open(FileName:= _  
    "C:\Program Files\Microsoft Office\Office\Macros\Analisis\ATPVBAEN.XLA"). _  
    RunAutoMacros Which:=xlAutoOpen
```

### **Llevar a la tabla Temp\_GruposProcesarCaso2 el resultado para cada curva**

Con los coeficientes calculados en el punto anterior, se realiza el cálculo de la ecuación para porcentajes de racionamiento (Tn) en intervalos de 0.5 % y el resultado (CPE) se lleva a la tabla **Temp\_GruposProcesarCaso2**. Adicionalmente se calcula el CME, ajustando el valor para  $n = 1$ .

### **Agregación de dos o más curvas de racionamiento de energía, con racionamientos iguales**

Con los datos de todas las curvas, generados en el punto anterior, se realiza el cálculo del CPE y el CME agregado y ésta información se almacena en la tabla **Temp\_GruposResultadoCaso2**.

### Desarrollo Caso 3: Racionamientos de energía con restricciones

#### Curvas de restricción

**Curva No.**

NS

B

B-A

k

A

Iteración:

Leer datos de archivo Ms-Excel "curvas.xls"

Borrar

IdGrupo	NS	B	B-A	k	A
1	70	1.01	1.5	2	-0.49
2	70	1.01	1.5487E	2	-0.53875
3	70	1.01	1.5975	2	-0.5875000000000001
4	70	1.01	1.6462E	2	-0.6362500000000001
5	70	1.01	1.695	2	-0.6850000000000001
6	70	1.01	1.7437E	2	-0.7337500000000001
7	70	1.01	1.7925	2	-0.7825000000000002
8	70	1.01	1.8412E	2	-0.8312500000000002
9	70	1.01	1.89	2	-0.8800000000000002
10	70	1.01	1.9387E	2	-0.9287500000000003

Nueva curva... **Caso 3: Racionamientos de energía/volumen con restricciones**

El primer paso para la resolución de éste caso es solicitar al usuario los parámetros de las curvas de ajuste, por medio del formulario **Caso3\_Parámetros**. Los datos quedan grabados en la tabla **Param Curvas**.

#### Calcular regresión

La información de la tabla **VALOR\_INDIVIDUAL** para cada curva considerada, se lleva a la tabla temporal **Temp\_Grupo Previo**, donde se calculan y almacenan adicionalmente las siguientes variables:

$$\begin{aligned}
 X &= T_n \\
 X^2 &= T_n^2 \\
 X^3 &= T_n^3 \\
 X^4 &= T_n^4 \\
 X^5 &= T_n^5 \\
 X^6 &= T_n^6 \\
 Y &= CPE(T_n)
 \end{aligned}$$

Las nuevas variables se exportan a un archivo temporal Ms-Excel en la ruta **c:\RegCtoRacionamiento.XLS**, y sobre este archivo se ejecuta una regresión polinómica de grado 6. Los coeficientes de la ecuación polinómica y el coeficiente de determinación ajustado  $R^2$  se graban en la tabla **Temp\_Grupo Previo**.

Para ejecutar la regresión se requiere ingresar dentro del código la ruta del archivo ATPVBAEN.XLA, concretamente se deben revisar las siguientes líneas:

```
ChDir "C:\Program Files\Microsoft Office\Office\Macros\Análisis"  
xl.Workbooks.Open(Filename:= _  
    "C:\Program Files\Microsoft Office\Office\Macros\Análisis\ATPVBAEN.XLA"). _  
    RunAutoMacros Which:=xlAutoOpen
```

### Llevar a la tabla **Temp\_GruposProcesarCaso2** el resultado para cada curva

Con los coeficientes calculados en el punto anterior, se realiza el cálculo de la ecuación para porcentajes de racionamiento ( $T_n$ ) en intervalos de 0.5 % y el resultado (CPE) se lleva a la tabla **Temp\_GruposProcesarCaso2**. Adicionalmente se calcula el CME, ajustando el valor para  $n = 1$ .

### Agregación de dos o más curvas de racionamiento de energía, con racionamientos iguales

#### Cálculo de $A^*$

Con los parámetros recibidos, se calcula el valor de cada curva para cada uno de los racionamientos considerados (intervalos de 0.5 %).

$$A^* = B - (A^* e^{-k \cdot T_n}), \text{ } T_n \text{ es el porcentaje de racionamiento.}$$

Estos valores se graban en la tabla **Temp\_Caso3Curvas**, en el campo **a**.

#### Factor de corrección **fc**

Con los datos de  $A^*$  se calcula el factor de corrección **fc**, y se graba en la tabla **Temp\_Caso3Resultado**.

#### Cálculo de $A'$

Una vez calculado el factor de corrección se ajusta el valor de  $A^*$  en una nueva variable llamada  $A'$ . Los valores se graban en la tabla **Temp\_Caso3Curvas**, en el campo **aprima**.

#### Cálculo de $r^*$

Con los valores del CME de cada curva, en la tabla **Temp\_GruposProcesarCaso2**, se determina el orden de las curva (mayor a menor), para el cálculo de los  $r^*$ . Los valores se graban en la tabla **Temp\_Caso3Curvas**, en el campo **asterisco**.

### Cálculo de CPE y CME

Con los  $r^*$ , los CPE y la participación de cada curva, se calculan los CPE y CME agregados y se almacenan en la tabla **Temp\_Caso3Resultado**.

### Desarrollo Caso 4: Racionamiento de potencia

La información original (costo de racionamiento para un sector de un sistema dado) se encuentra en la tabla **VALOR\_INDIVIDUAL**, cuyos campos son:

**CODIGO\_ENERGÉTICO** (Texto 2)  
**CODIGO\_REGION** (Texto 2)  
**CODIGO\_SEGMENTO** (Texto 2)  
**CODIGO\_DIA** (Texto 2)  
**CODIGO\_INTERVALO** (Entero)  
**tn** (Doble)  
**K(tn)** (Doble)

Las curvas de racionamiento que se van a agregar se encuentran en la tabla **Temp\_Grupos**. En esta tabla, cada curva está identificada por el valor en los campos:

**CODIGO\_ENERGÉTICO** (Texto 2)  
**CODIGO\_REGION** (Texto 2)  
**CODIGO\_SEGMENTO** (Texto 2)

### Calcular participación

El primer paso consiste en calcular la participación nacional y la participación agregada, este procedimiento lo realiza la subrutina **Calcular Participacion()**. Para ello se toman los valores de la tabla **PARTICIPACIÓN** y se llevan a la tabla **Temp\_Grupos** realizando la siguiente operación:

$Temp\_Grupos.Participacion\_Nal = Participacion.Participacion$

**PARTICIPACION** tiene un valor para cada segmento de cada región.

### Costo de racionamiento de potencia para cada segmento

Para cada segmento en la tabla **Temp\_Grupos**, se sigue el siguiente algoritmo:

Se seleccionan los registros de la tabla **VALOR\_INDIVIDUAL** que pertenezcan a dicho grupo y se copian en la tabla **Temp\_Grupos Procesar**. Si el registro corresponde a un dato de días tipo D2 o D3 (sábados, domingo o festivos) el registro se copia una vez, si el registro corresponde a un día tipo D1 (lunes a viernes) se copia cinco (5) veces.

Los datos del segmento se ordenan descendientemente por el valor de  $tn$ , se busca el valor máximo de  $tn$  ( $maxt$ ) y se calcula  $U = tn/maxt$  y  $Tn = 1 - U$ .

Se calcula CPP (Costo promedio de potencia) y CMP (Costo marginal de potencia), con las siguientes fórmulas:

$$CPP(T_n) = \frac{(CPP(T_n) * T_{n-1}) + ((T_n - T_{n-1}) * d * \sum_{T_m} k(T_n))}{T_n}$$

T<sub>m</sub> : Todos los registros hasta el T<sub>n</sub> actual

$$CMP(T_n) = T_n * \frac{CPP(T_n) - CPP(T_{n-1})}{T_n - T_{n-1}} + CPP(T_n)$$

Una vez finalizado el cálculo para todos los registros, se llevan a la tabla **Grupos Resultado CasoP**, donde queda almacenado el resultado de todos los segmentos.

## **ANEXO RE2**

# **COSTOS DE RACIONAMIENTO DE ENERGÍA ELECTRICA POR REGIONES**

Región	Andina Centro	\$/kWh		
Costo de racionamiento	Caso			
Racionamiento	Caso 1	Caso 2	Caso 3	
0.00%				
1.00%	199.96	552.77	397.46	
2.00%	202.49	574.68	442.07	
3.00%	203.33	593.50	462.40	
4.00%	203.76	609.92	474.04	
5.00%	206.16	624.57	487.39	
6.00%	207.99	638.02	504.67	
7.00%	209.34	650.80	523.89	
8.00%	210.41	663.38	538.10	
9.00%	211.22	676.19	551.37	
10.00%	213.57	689.63	570.36	
11.00%	217.71	704.05	622.13	
12.00%	221.00	719.74	638.54	
13.00%	223.65	736.98	656.36	
14.00%	226.04	756.01	675.84	
15.00%	228.21	777.03	697.18	
16.00%	229.80	800.22	720.58	
17.00%	230.86	825.70	746.19	
18.00%	234.08	853.61	794.09	
19.00%	236.80	884.02	841.86	
20.00%	239.22	917.00	864.36	
21.00%	241.70	952.60	896.11	
22.00%	243.99	990.82	931.19	
23.00%	246.19	1,031.68	970.31	
24.00%	248.02	1,075.15	1,022.87	
25.00%	249.84	1,121.21	1,066.39	
26.00%	252.67	1,169.80	1,112.67	
27.00%	256.45	1,220.86	1,161.64	
28.00%	260.00	1,274.31	1,221.50	
29.00%	266.41	1,330.08	1,274.93	
30.00%	275.07	1,388.06	1,334.54	
31.00%	286.75	1,448.16	1,392.26	
32.00%	300.05	1,510.26	1,449.17	
33.00%	316.88	1,574.24	1,511.11	
34.00%	334.65	1,639.98	1,574.98	
35.00%	356.06	1,707.37	1,642.92	
36.00%	379.22	1,776.25	1,709.69	
37.00%	408.89	1,846.52	1,777.99	
38.00%	434.72	1,918.03	1,847.71	
39.00%	463.71	1,990.65	1,918.69	
40.00%	488.98	2,064.25	1,990.82	

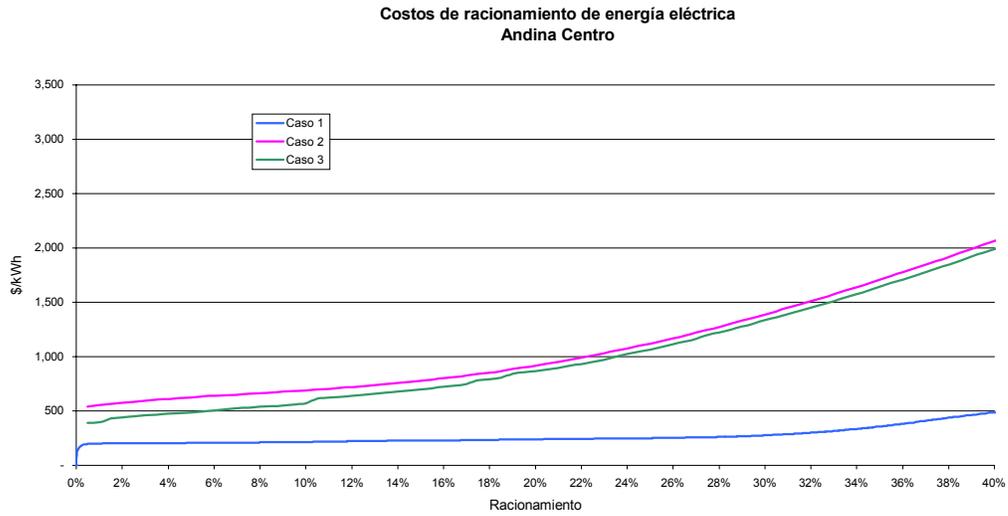
Precios de diciembre de 2003

Los costos no tienen en cuenta efectos macroeconómicos

Caso 1: Costos sin tener en cuenta restricciones

Caso 2: Costos de racionamientos en porcentajes iguales

Caso 3: Costos teniendo en cuenta restricciones



Región	Andina Norte	\$/kWh		
Costo de racionamiento	Caso			
Racionamiento	Caso 1	Caso 2	Caso 3	
0.00%				
1.00%	182.19	900.08	595.84	
2.00%	195.26	919.63	635.51	
3.00%	200.00	937.00	665.10	
4.00%	202.43	952.74	685.87	
5.00%	203.90	967.34	696.34	
6.00%	204.83	981.26	715.42	
7.00%	205.94	994.90	737.76	
8.00%	207.44	1,008.62	760.43	
9.00%	208.64	1,022.76	780.86	
10.00%	209.65	1,037.59	799.57	
11.00%	210.46	1,053.36	826.81	
12.00%	212.24	1,070.30	848.23	
13.00%	216.35	1,088.60	872.26	
14.00%	221.93	1,108.41	895.59	
15.00%	226.72	1,129.87	920.41	
16.00%	230.62	1,153.07	946.86	
17.00%	234.18	1,178.11	975.02	
18.00%	237.60	1,205.04	1,004.99	
19.00%	240.01	1,233.90	1,036.81	
20.00%	243.10	1,264.72	1,070.52	
21.00%	246.39	1,297.50	1,129.36	
22.00%	250.09	1,332.23	1,157.77	
23.00%	254.36	1,368.89	1,235.20	
24.00%	259.56	1,407.44	1,272.51	
25.00%	264.92	1,447.83	1,311.91	
26.00%	270.13	1,490.02	1,353.34	
27.00%	274.87	1,533.93	1,396.74	
28.00%	280.33	1,579.49	1,442.01	
29.00%	287.40	1,626.62	1,489.09	
30.00%	296.29	1,675.25	1,541.34	
31.00%	306.85	1,725.29	1,591.46	
32.00%	315.81	1,776.65	1,643.08	
33.00%	324.77	1,829.24	1,718.05	
34.00%	333.28	1,882.97	1,771.31	
35.00%	341.82	1,937.75	1,825.79	
36.00%	352.89	1,993.49	1,881.40	
37.00%	361.46	2,050.12	1,938.04	
38.00%	372.70	2,107.53	1,995.61	
39.00%	381.68	2,165.65	2,069.11	
40.00%	392.36	2,224.41	2,127.27	

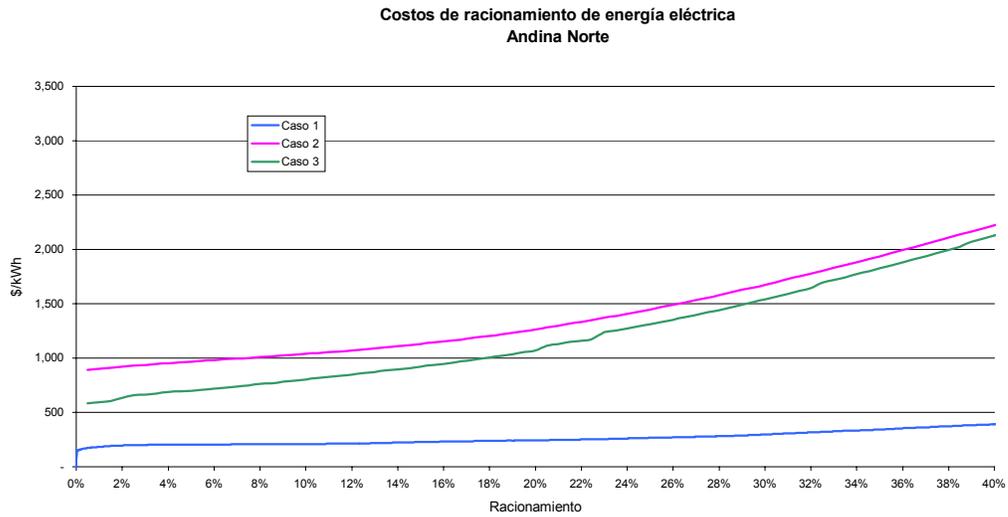
Precios de diciembre de 2003

Los costos no tienen en cuenta efectos macroeconómicos

Caso 1: Costos sin tener en cuenta restricciones

Caso 2: Costos de racionamientos en porcentajes iguales

Caso 3: Costos teniendo en cuenta restricciones



Región	Andina Sur	\$/kWh		
Costo de racionamiento	Caso			
Racionamiento	Caso 1	Caso 2	Caso 3	
0.00%				
1.00%	168.13	541.08	406.26	
2.00%	186.32	543.25	412.81	
3.00%	194.96	546.39	417.81	
4.00%	199.59	550.67	424.52	
5.00%	202.55	556.24	429.72	
6.00%	205.01	563.23	439.26	
7.00%	206.89	571.74	449.53	
8.00%	208.51	581.89	498.68	
9.00%	209.55	593.75	505.56	
10.00%	210.46	607.40	518.14	
11.00%	211.24	622.89	534.65	
12.00%	211.83	640.26	550.04	
13.00%	212.33	659.55	567.55	
14.00%	212.78	680.77	586.76	
15.00%	213.17	703.95	607.71	
16.00%	213.49	729.07	630.47	
17.00%	213.92	756.12	655.06	
18.00%	216.75	785.10	681.51	
19.00%	223.32	815.98	709.81	
20.00%	233.75	848.71	735.42	
21.00%	245.95	883.27	787.10	
22.00%	256.58	919.61	834.61	
23.00%	268.74	957.68	869.91	
24.00%	277.37	997.43	906.27	
25.00%	287.79	1,038.78	945.53	
26.00%	297.32	1,081.69	985.09	
27.00%	307.65	1,126.08	1,026.35	
28.00%	316.79	1,171.88	1,079.50	
29.00%	325.16	1,219.03	1,123.21	
30.00%	334.78	1,267.45	1,168.42	
31.00%	343.38	1,317.05	1,215.06	
32.00%	353.86	1,367.78	1,265.98	
33.00%	366.47	1,419.54	1,314.94	
34.00%	379.77	1,472.27	1,367.65	
35.00%	392.59	1,525.88	1,418.54	
36.00%	404.11	1,580.31	1,470.48	
37.00%	415.92	1,635.46	1,523.37	
38.00%	428.75	1,691.28	1,577.15	
39.00%	439.78	1,747.68	1,631.73	
40.00%	450.65	1,804.60	1,687.05	

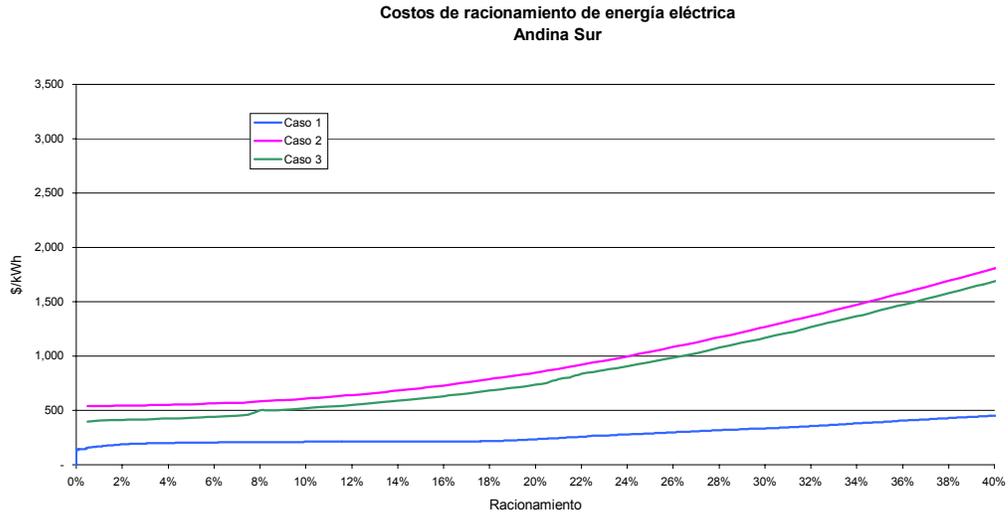
Precios de diciembre de 2003

Los costos no tienen en cuenta efectos macroeconómicos

Caso 1: Costos sin tener en cuenta restricciones

Caso 2: Costos de racionamientos en porcentajes iguales

Caso 3: Costos teniendo en cuenta restricciones



Región	Antioquía - Chocó	\$/kWh		
Costo de racionamiento	Caso			
Racionamiento	Caso 1	Caso 2	Caso 3	
0.00%				
1.00%	121.80	1,487.76	986.62	
2.00%	126.77	1,496.05	994.94	
3.00%	149.12	1,503.21	996.49	
4.00%	165.96	1,509.87	1,028.87	
5.00%	176.68	1,516.61	1,061.04	
6.00%	184.74	1,523.94	1,072.37	
7.00%	190.35	1,532.34	1,092.88	
8.00%	194.58	1,542.20	1,114.06	
9.00%	197.75	1,553.88	1,139.57	
10.00%	200.24	1,567.70	1,164.43	
11.00%	202.36	1,583.92	1,191.35	
12.00%	204.26	1,602.76	1,220.56	
13.00%	207.22	1,624.41	1,249.93	
14.00%	210.00	1,649.01	1,293.73	
15.00%	210.17	1,676.68	1,340.29	
16.00%	217.38	1,707.49	1,380.91	
17.00%	224.96	1,741.49	1,429.44	
18.00%	231.95	1,778.71	1,476.05	
19.00%	238.69	1,819.15	1,533.01	
20.00%	244.99	1,862.77	1,585.38	
21.00%	253.41	1,909.53	1,640.70	
22.00%	260.39	1,959.37	1,704.88	
23.00%	266.79	2,012.19	1,770.90	
24.00%	273.08	2,067.89	1,833.82	
25.00%	280.33	2,126.38	1,899.22	
26.00%	287.62	2,187.51	2,044.94	
27.00%	295.82	2,251.16	2,110.66	
28.00%	302.80	2,317.17	2,178.59	
29.00%	309.89	2,385.41	2,248.60	
30.00%	315.94	2,455.70	2,415.10	
31.00%	323.02	2,527.90	2,483.32	
32.00%	330.87	2,601.83	2,553.44	
33.00%	335.74	2,677.34	2,625.32	
34.00%	342.66	2,754.25	2,698.80	
35.00%	348.34	2,832.41	2,773.74	
36.00%	354.53	2,911.64	2,849.98	
37.00%	361.77	2,991.80	2,927.38	
38.00%	368.94	3,072.72	3,005.78	
39.00%	376.55	3,154.25	3,073.60	
40.00%	384.39	3,236.26	3,153.14	

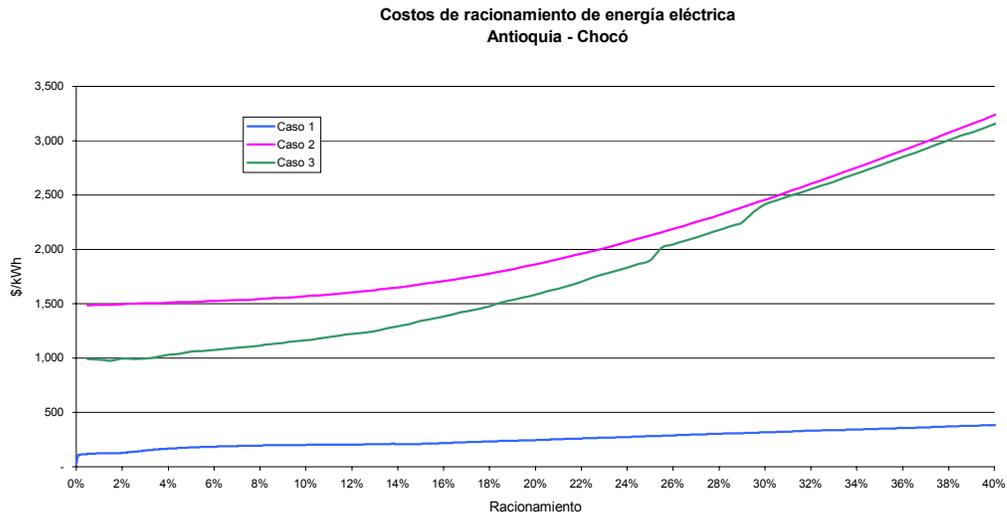
Precios de diciembre de 2003

Los costos no tienen en cuenta efectos macroeconómicos

Caso 1: Costos sin tener en cuenta restricciones

Caso 2: Costos de racionamientos en porcentajes iguales

Caso 3: Costos teniendo en cuenta restricciones



Región	Caribe	\$/kWh		
Costo de racionamiento	Caso			
Racionamiento	Caso 1	Caso 2	Caso 3	
0.00%				
1.00%	197.41	638.42	481.09	
2.00%	197.41	653.21	509.90	
3.00%	213.88	665.36	521.97	
4.00%	227.40	675.27	535.44	
5.00%	235.65	683.35	546.34	
6.00%	240.91	689.94	554.89	
7.00%	244.85	695.38	565.09	
8.00%	247.79	699.97	568.34	
9.00%	250.14	704.00	575.85	
10.00%	251.79	707.69	581.85	
11.00%	253.42	711.30	590.77	
12.00%	254.59	715.00	598.14	
13.00%	255.66	718.99	605.43	
14.00%	256.56	723.43	613.08	
15.00%	258.17	728.46	621.23	
16.00%	262.54	734.19	629.99	
17.00%	268.40	740.74	668.01	
18.00%	274.59	748.19	677.20	
19.00%	284.13	756.61	687.28	
20.00%	296.76	766.06	695.39	
21.00%	309.55	776.59	730.37	
22.00%	325.29	788.23	743.92	
23.00%	340.96	800.99	757.35	
24.00%	358.82	814.89	773.44	
25.00%	378.32	829.93	789.20	
26.00%	394.22	846.10	807.14	
27.00%	413.74	863.37	826.51	
28.00%	430.45	881.73	845.35	
29.00%	444.99	901.14	880.25	
30.00%	459.59	921.56	900.23	
31.00%	473.92	942.95	920.66	
32.00%	486.77	965.26	942.59	
33.00%	499.06	988.45	967.62	
34.00%	511.95	1,012.45	990.98	
35.00%	527.92	1,037.20	1,022.45	
36.00%	541.48	1,062.65	1,046.92	
37.00%	555.06	1,088.73	1,072.06	
38.00%	568.23	1,115.39	1,097.83	
39.00%	579.06	1,142.55	1,124.16	
40.00%	590.35	1,170.15	1,150.98	

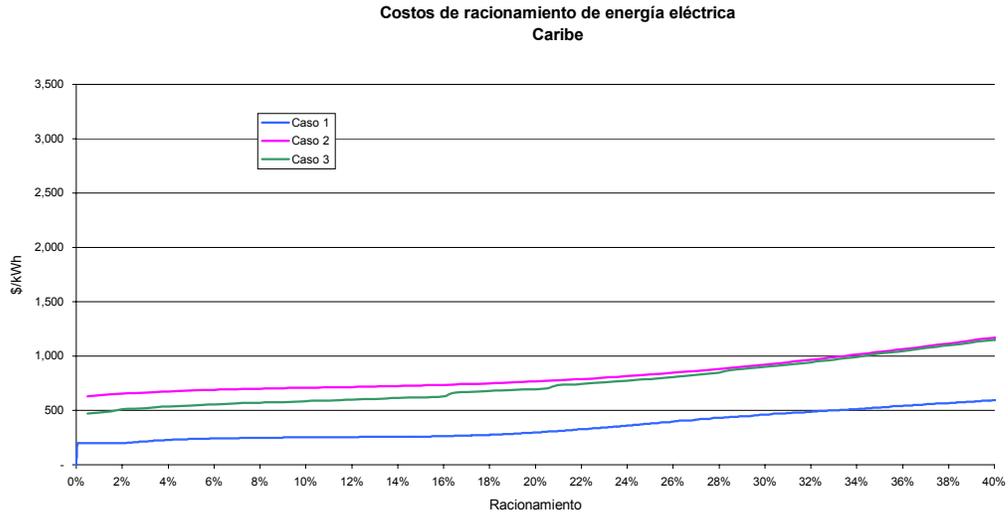
Precios de diciembre de 2003

Los costos no tienen en cuenta efectos macroeconómicos

Caso 1: Costos sin tener en cuenta restricciones

Caso 2: Costos de racionamientos en porcentajes iguales

Caso 3: Costos teniendo en cuenta restricciones



Región	Viejo Caldas	\$/kWh		
Costo de racionamiento	Caso			
Racionamiento	Caso 1	Caso 2	Caso 3	
0.00%				
1.00%	153.59	1,187.23	760.44	
2.00%	164.16	1,255.86	888.75	
3.00%	178.04	1,307.48	941.27	
4.00%	184.36	1,344.63	979.19	
5.00%	187.47	1,369.66	994.86	
6.00%	189.92	1,384.71	1,017.67	
7.00%	191.69	1,391.78	1,011.86	
8.00%	192.95	1,392.66	1,013.20	
9.00%	193.91	1,388.99	1,024.58	
10.00%	195.31	1,382.28	1,041.91	
11.00%	199.57	1,373.84	1,044.23	
12.00%	207.96	1,364.90	1,044.51	
13.00%	215.31	1,356.51	1,046.35	
14.00%	221.51	1,349.60	1,049.45	
15.00%	226.94	1,345.02	1,054.47	
16.00%	232.47	1,343.46	1,062.10	
17.00%	236.47	1,345.53	1,072.95	
18.00%	240.32	1,351.74	1,087.50	
19.00%	243.77	1,362.50	1,106.18	
20.00%	249.43	1,378.13	1,110.04	
21.00%	260.05	1,398.89	1,123.32	
22.00%	273.64	1,424.95	1,161.17	
23.00%	289.77	1,456.40	1,201.15	
24.00%	310.14	1,493.30	1,252.48	
25.00%	327.43	1,535.62	1,314.22	
26.00%	341.96	1,583.28	1,431.74	
27.00%	356.95	1,636.18	1,488.55	
28.00%	372.48	1,694.15	1,561.96	
29.00%	387.91	1,757.00	1,626.76	
30.00%	401.92	1,824.47	1,696.04	
31.00%	413.95	1,896.33	1,769.57	
32.00%	423.28	1,972.26	1,899.46	
33.00%	436.57	2,051.97	1,976.36	
34.00%	446.96	2,135.13	2,056.73	
35.00%	461.42	2,221.40	2,140.26	
36.00%	472.98	2,310.42	2,226.65	
37.00%	486.30	2,401.84	2,315.56	
38.00%	499.84	2,495.29	2,406.64	
39.00%	511.73	2,590.41	2,526.45	
40.00%	523.92	2,686.85	2,619.49	

Precios de diciembre de 2003

Los costos no tienen en cuenta efectos macroeconómicos

Caso 1: Costos sin tener en cuenta restricciones

Caso 2: Costos de racionamientos en porcentajes iguales

Caso 3: Costos teniendo en cuenta restricciones

