

Simulación de sistemas alternativos de precios de electricidad en Medellín

Rodney Maddock - Elkin Castaño

Lecturas de Economía. No. 37.

-Introducción, 49. -I. La teoría general de precios públicos y la escogencia de un patrón apropiado, 50. -II. Estimaciones y el cálculo de la variación compensada, 51. -III. El impacto del primer sistema alternativo de precios sugerido por Empresas Públicas de Medellín, 54. -IV. El impacto del segundo sistema alternativo considerado por EPM, 59. -V. El impacto de un sistema alternativo propuesto por el Centro de Investigaciones Económicas -CIE-, 62. -Conclusiones, 65. -Referencias, 66.

Introducción

En todos los países, pero especialmente en un país en desarrollo como Colombia, existe la necesidad de usar los recursos en la forma más eficiente posible. Desde los cambios tan abruptos de los precios mundiales de la energía en la década pasada, se ha subrayado la importancia de una buena planeación tanto a nivel de cobros como de determinación del sistema tarifario. Pero, en la práctica, existen muchas

dificultades para establecer un sistema de precios eficiente. La primera de ellas es la de comprender los elementos de la oferta y la demanda de energía. La primera parte de este estudio está basada en la estimación de las demandas de electricidad en Medellín (Maddock y Castaño, 1989) la cual se basa en una muestra de más de 1500 hogares. Dicha muestra recoge el consumo de electricidad y algunas características demográficas, económicas, entre otras, para cada hogar encuestado. Con esta base

de datos fue posible estimar la función de demanda de cada hogar. Estos resultados se muestran en la sección II. Conociendo la función de demanda se pudo calcular el impacto de un cambio en el sistema tarifario sobre el consumo de electricidad de cada usuario. Los resultados de estos experimentos son reportados en las secciones IV, V y VI de este artículo. La sección siguiente trata brevemente de la teoría general de precios públicos y de la escogencia del sistema patrón.

I. La teoría general de precios públicos y la escogencia de un patrón apropiado

Recientemente ha surgido un fuerte debate sobre el sistema nacional de tarifas. En el fondo el problema surge de que a pesar de que las represas y otras fuentes de energía eléctrica se encuentran interconectadas a la red nacional, ellas están situadas en algunos municipios o departamentos. ¿Debería, entonces, la electricidad tener precios más bajos en esos lugares que en las demás partes del país?

Desde el punto de vista de la eficiencia económica no hay discusión. Es obvio que debe existir un solo precio (suponiendo costos de transmisión iguales) que se aplicaría a todas las ventas de electricidad en Colombia. Ese precio es el costo marginal de producción.

Ahora bien, existe la dificultad para decidir a quien pertenecen los excedentes generados cuando la electricidad producida a bajo costo (por razones de acceso a sitios favorables para la construcción de represas) es vendida al costo marginal a todo el país. No está claro que los lugares adecuados para la construcción de represas sean recursos que tengan como dueño a un particular, a un municipio, a un departamento o aún a la nación. El derecho a los excedentes depende de la respuesta a este rompecabezas.

Insistimos en que es claro que debe existir un precio nacional para la electricidad. Solamente en esa forma se asegura el buen uso de este recurso energético. Aún los que defienden la tesis de que los derechos a los exceden-

tes son de un municipio o departamento deberían reconocerlo puesto que así garantizarían un superávit que se usaría en otros fines.

De todas maneras, cualquier desviación del sistema de precio marginal único conduce a una pérdida económica. Es posible justificar esta pérdida en dos casos:

(i) Si los costos fijos de producción son tan grandes que la empresa perdiera dinero al ofrecer el servicio, podemos introducir un sistema de precios *Ramsey* de forma tal que se cubran, o

(ii) Si hay personas que pierden el acceso al servicio por falta de recursos lo que es socialmente inapropiado.

Basados en la segunda justificación, en este artículo analizamos el impacto redistributivo de diferentes sistemas tarifarios que se desvían del patrón de un precio único.

En las secciones IV, V y VI vamos a considerar tres sistemas distintos de precios que tratan de abrir las posibilidades de consumo a las personas de bajos

recursos en Medellín. En todos los casos el sistema patrón que se usa para contrastar tales sistemas es el de precio único y sin cargos fijos, es decir el patrón representa un sistema en el cual todos pagan el costo marginal de la electricidad. Este precio es de 9.14 pesos por kilovatio hora, el cual es el precio al que Empresas Públicas de Medellín -EPM-, vendió electricidad a la red nacional en el período en que se realizó la encuesta. Dicho precio es el precio de oportunidad del consumo de energía eléctrica en Medellín: si no la hubieran consumido habría estado disponible para la venta a la red.

Este sistema sirve como un patrón muy puro dado que implica que todos pagan precisamente el costo marginal sin ninguna distorsión. No hay ningún subsidio implícito a los consumidores.

II. Estimaciones y el cálculo de la variación compensada

En Maddock y Castaño (1989) se encuentra una descripción de

la estimación de las curvas de demanda empleadas en este artículo. Los resultados básicos se dan en la tabla 1.

El método que nos permite medir el impacto de un sistema alternativo en el bienestar de cada consumidor fue desarrollado por Vartia (1983). Este procedimiento nos deja mover a lo largo de la curva de indiferencia

implícita en la función de demanda. La gráfica 1 ilustra dicho movimiento.

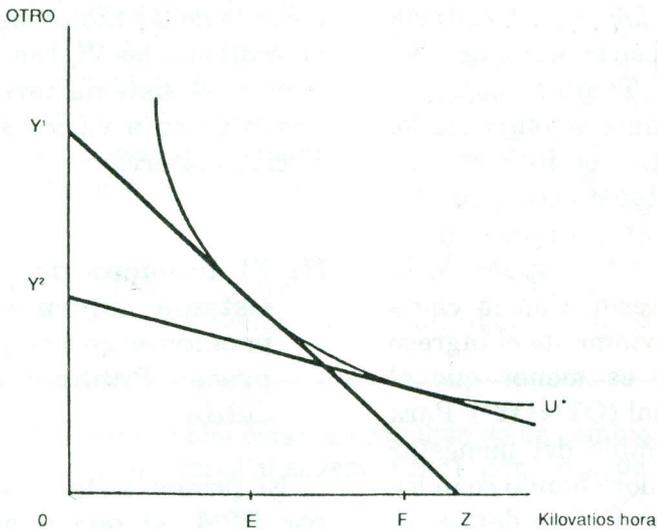
Existen dos bienes, electricidad, representado en el eje horizontal y "otro", dado en el eje vertical. Suponiendo que el precio de "otro" es uno, el eje vertical sirve para representar simultáneamente el ingreso y a "otro". Dado un ingreso OY^1 y

Tabla 1. Parámetros estimados para las funciones de demanda

Estratos	N	Constant	Z_1	Z_2	P	YY	R^2
1-2	277	5.707 (0.13)	0.0030 (0.0014)	0.0053 (0.0041)	-0.0433 (0.0425)	0.1249 (0.0249)	0.21
3-4	546	6.492 (0.07)	0.0051 (0.0006)	-0.0032 (0.0043)	-0.0929 (0.0171)	0.0297 (0.0020)	0.20
5-6	185	6.970 (0.111)	0.0005 (0.0001)	0.0056 (0.0014)	-0.1272 (0.0283)	0.0223 (0.0038)	0.19

Nota: N es el número de observaciones para cada par de estratos. Los números entre paréntesis son los errores estándar asintóticos. Z_1 es la primera componente principal y Z_2 es la segunda. R_2 es calculado directamente.

Gráfico 1 Movimiento a lo largo de una curva de indiferencia para calcular el ingreso necesario para mantener el nivel de utilidad.



conociendo el precio de la electricidad, p^1 , podemos escribir la restricción presupuestal de un consumidor, $Y'Z$. Considerando la curva de indiferencia U^* el usuario consumiría OE kilovatios hora de electricidad. La información de que el consumo es OE cuando el precio es p^1 se encuentra implícita en la función de demanda que ha sido estimada, la que también tiene implícitas todas las combinaciones de precio e ingreso. Desa-

fortunadamente esta función de demanda no sirve para el análisis de bienestar puesto que no es una función que puede compensar el ingreso implícito ante cualquier cambio en el precio. De acuerdo con Hicks (1946) la función de demanda compensada es la base apropiada para el análisis de bienestar.

Lo interesante del algoritmo de Vartia es que nos permite inferir la función de demanda

compensada a partir de la función de demanda común. En efecto, nos deja movernos en la curva de indiferencia U^* para calcular el consumo, OF , que resultaría de una caída en el precio de electricidad a p^2 . También podemos calcular el ingreso compensado, OY^2 , es decir, el ingreso que tendría que tener el consumidor para disfrutar del mismo nivel de utilidad, U^* , después de la caída del precio. Con la caída indicada, obviamente el ingreso compensado es menor que el ingreso inicial ($OY^2 < OY^1$). Para medir el cambio del bienestar del consumidor cuando caen los precios de p^1 a p^2 se define un índice llamado variación compensada dado por $VC = OY^1 - OY^2$.

Si VC es grande y positivo, entonces, con la caída del precio el consumidor ha aumentado su bienestar sustancialmente. En algunas de las tablas siguientes presentamos las VC cuando cambiamos el sistema tarifario de precio único a varios sistemas discriminatorios.

III. El impacto del primer sistema alternativo de precios sugerido por Empresas Públicas de Medellín

El primer sistema sugerido por EPM, al que llamaremos EPM1, para su evaluación se presenta en la tabla 2. En este

Tabla 2 Primer sistema alternativo de precios, EPM1, en pesos de junio de 1986.

Estrato	Cargo fijo	Kilovatios hora				
		0-<200	200-<400	400-<800	800-<1600	>1600
1	28.72	1.75	5.83	10.49	11.65	14.56
2	74.86	1.75	5.83	10.49	11.65	14.56
3	196.72	1.75	5.83	10.49	11.65	14.56
4	412.60	1.75	5.83	10.49	11.65	14.56
5	846.09	1.75	5.83	10.49	11.65	14.56
6	1323.10	1.75	5.83	10.49	11.65	14.56

sistema todos los consumidores reciben sus primeros 400 kilovatios hora a un precio muy por debajo del costo marginal de 9.14 pesos y hay un salto grande de precio a partir de los 400 kilovatios hora. Estas características van a tener un efecto considerable en el impacto del sistema sobre el bienestar de los consumidores.

Los resultados básicos obtenidos de la comparación del

sistema EPM1 con el sistema patrón se presentan en la tabla 3. Todas las cifras se encuentran en pesos de junio de 1986.

La interpretación de las tablas es sencilla. Por ejemplo, una persona pobre con ingreso en el rango más bajo, necesitaría un aumento en su ingreso (promedio) de 2704 pesos mensuales en el sistema de precios marginales para disfrutar el mismo grado de utilidad que tendría con el sis-

Tabla 3 Cambios en bienestar que resultan de un cambio del sistema de precios marginal al sistema EPM1, por rango de ingreso

Categoría de ingreso Miles de \$	Número de observaciones	VC mediana pesos	VC promedio pesos	Desviación estándar pesos
0-<=16	34	2613	2704	217
16-<=20	81	2870	2876	134
20-<=30	142	3042	3049	176
30-<=40	145	3184	3070	367
40-<=50	111	2959	2853	572
50-<=60	103	2613	2389	706
60-<=90	148	2302	2072	699
90-<=120	81	1598	1607	661
120-<=150	35	982	1057	628
150-<=200	30	163	298	521
200-<=300	48	-494	-420	246
300-<=400	25	-1022	-1015	389
400-<=500	15	-1660	-1869	655
más de 500	10	-4905	-4869	400

tema no lineal, EPM1, presentado en la tabla 2.

Claramente podemos observar como el sistema de precios marginales desfavorece a los pobres y ayuda a los ricos. Por tanto este sistema de precios marginales puede ser rechazado por sus efectos negativos sobre la distribución del ingreso. En lo que resta de esta sección nos dedicaremos al análisis de EPM1 desde el punto de vista de la redistribución del ingreso.

De la tabla anterior observamos que las "ganancias" aumentan hasta el cuarto rango de

ingreso y luego empiezan a disminuir. Por tanto los más beneficiados son los que se encuentran en dicho rango. Las personas más pobres no compran lo suficiente para ser más favorecidas. Solamente los cuatro rangos de ingresos más altos pierden con el cambio. Sin embargo la mayoría de la población gana y obviamente el subsidio al consumo es muy alto.

También podemos analizar el impacto sobre la redistribución por estratos y los resultados se encuentran en la tabla 4. Ella proporciona una interpretación semejante a la anterior. En efecto,

Tabla 4 Cambios de bienestar debido a un cambio del sistema de precios marginal al sistema EPM1, por estratos.

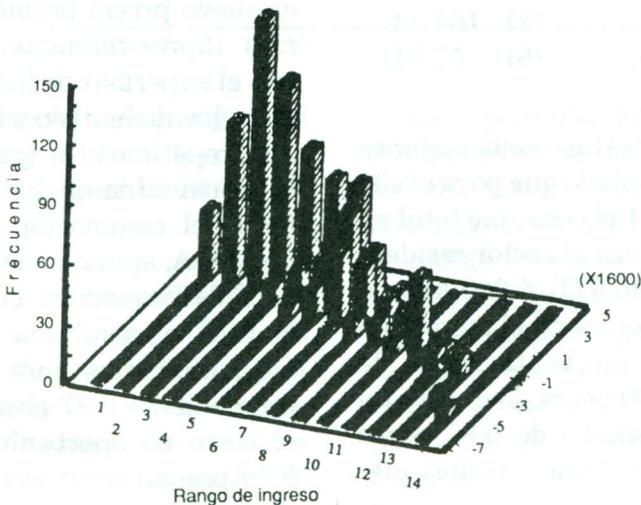
Estrato	Número de observaciones	VC mediana pesos	VC promedio pesos	Desviación estándar pesos	Máximo pesos	Mínimo pesos
1	94	2913	2919	331	3773	1152
2	183	3003	2890	684	3733	406
3	310	2983	2805	509	3272	769
4	236	2302	2132	697	3057	32
5	100	537	843	988	1892	-4361
6	85	-688	-1260	1460	506	-5563

vemos que los tres estratos más bajos obtienen ganancias casi iguales medidas por sus promedios, pero que el mayor beneficio se da en el estrato más bajo: el mínimo absoluto aumenta su utilidad en más de 1000 pesos. Por otro lado, en el estrato más alto, a pesar de que en promedio pierden, hay personas que ganan con el cambio.

En resumen, ningún consumidor en los estratos uno a cuatro pierde con el sistema alternativo EPM1, e inclusive hay quienes

ganan en el estrato 6. Además los que consumen menos en los estratos más bajos son muy beneficiados por este sistema. Claramente EPM1 es muy redistributivo. El grado de redistribución implícito en EPM1 es importante y la gráfica 2 presenta los resultados anteriores en forma distinta. El eje "X" representa el nivel de ingreso por rangos, en el eje "Y" está la variación compensada en miles de pesos, y la frecuencia de cada categoría de ingreso se localiza en el eje vertical.

Gráfico 2 Distribución de frecuencias del ingresos y de la VC para EPM1



Como vimos, este esquema de precios no lineal es muy redistributivo; pero, ¿cuánto cuesta a EPM ofrecer este sistema tarifario? Sabemos que esta entidad puede vender sus kilovatios de electricidad a la red nacional a razón de 9.14 pesos por kilovatio hora. Como los resultados anteriores se basan en una encuesta, debemos ponderar las observaciones para calcular el impacto de esta alternativa sobre el consumo de todos los usuarios de electricidad en Medellín. Las ponderaciones por estrato (entre paréntesis) están dadas a continuación:

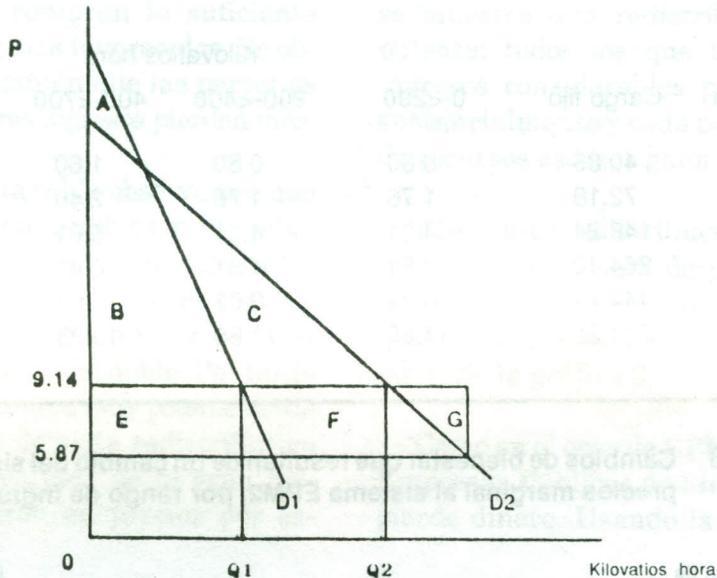
- | | |
|-------------|-------------|
| (1) 56.89, | (2) 366.74, |
| (3) 263.93, | (4) 164.44, |
| (5) 282.70, | (6) 57.01, |

Usando estas ponderaciones hemos calculado que para el sistema EPM1 el consumo total en Medellín para el sector residencial sería de 87'514.200 kilovatios hora por mes y el ingreso de EPM por su venta sería de 514.004.000 pesos, lo que da un precio promedio de 5.87 pesos por kilovatio hora. Desafortuna-

damente el costo de oportunidad de este sistema es de 799'879.780 pesos, lo que significa que la política de vender electricidad barata por medio del sistema EPM1 cuesta a la empresa cada mes alrededor de 285'875.780 pesos. En esta forma la redistribución del ingreso resulta cara.

La gráfica 3 permite comprender mejor los resultados anteriores. Con el precio de 9.14 pesos por kilovatio hora y la curva de demanda agregada al nivel del mercado D1Y, el excedente del consumidor es A+B. El efecto del sistema de precios EPM1 es cambiar la curva de demanda agregada, por ejemplo, a D2. Con el nuevo precio promedio podemos (aproximadamente) decir que el superávit de los consumidores ha aumentado a B+C+E+F. Así, repetimos, la ganancia de los consumidores que ha resultado del cambio de precios es C+E+F-A, aproximadamente. La pérdida económica de EPM es E+F+G, el resultado de vender OQ2 kilovatios hora al precio promedio de 5.87 pesos cuando el costo de oportunidad es de 9.14 pesos.

Gráfico 3 Una aproximación al análisis del bienestar



IV. El impacto del segundo sistema alternativo considerado por EPM

Un segundo sistema de precio, que llamaremos EPM2, se presenta en la tabla 5. A diferencia de EPM1, este sistema cobra una tarifa distinta en cada rango de kilovatios hora de consumo y es más cara para las personas con ingresos mayores.

Los resultados básicos de la comparación de EPM2 con el sistema patrón se encuentra en la tabla 6, en esta todas las cifras se hallan en pesos de junio de 1986 y, en general nos dan la misma impresión que la tabla 3. Con este sistema se presenta un efecto redistributivo muy poderoso y efectivo, donde los estratos de menores ingresos ganan y los ricos pierden. De esta ma-

Tabla 5 Sistema alternativo EPM2, en pesos de junio de 1986

Estrato	Cargo fijo	Kilovatios hora			
		0-<200	200-<400	400-<700	>700
1	40.86	0.80	0.80	1.60	11.65
2	72.18	1.76	1.76	2.40	11.65
3	148.24	4.01	4.01	5.61	11.65
4	264.42	4.81	4.81	6.41	11.65
5	444.71	8.01	8.01	11.65	14.57
6	801.28	11.65	11.65	13.23	14.57

Tabla 6 Cambios de bienestar que resultan de un cambio del sistema de precios marginal al sistema EPM2, por rango de ingreso

Categoría de ingreso Miles de \$	Número de observaciones	VC mediana pesos	VC promedio pesos	Desviación estándar pesos
0-<=16	34	4670	4579	750
16-<=20	81	5301	5102	909
20-<=30	142	5450	5079	1244
30-<=40	145	3801	4556	1395
40-<=50	111	3704	4226	1546
50-<=60	103	3507	3519	1832
60-<=90	148	3158	3335	2011
90-<=120	81	3164	2586	1874
120-<=150	35	3186	1608	2351
150-<=200	30	-1401	-1179	3205
200-<=300	48	-3873	-3396	1715
300-<=400	25	-6307	-5515	1526
400-<=500	15	-8018	-7828	818
más de 500	10	-12102	11905	1456

nera, el máximo beneficio ocurre en el tercer rango de ingreso, puesto que de nuevo los más pobres no compran lo suficiente para ser más favorecidos. Se observa también que las personas de mayores ingresos pierden más.

En esta tabla observamos que el sistema produce una redistribución más fuerte. Ahora los pobres reciben el ochenta por ciento más que antes y los ricos pierden más del doble. Por tanto este sistema es muy potente desde el punto de vista redistributivo como resultado de la gran discriminación en precios por es-

trato. La tabla 7 nos permite analizar el impacto de la redistribución por estrato. De nuevo se muestra una redistribución potente: todos los que tengan ingresos considerables pierden sustancialmente y cada persona de recursos escasos gana.

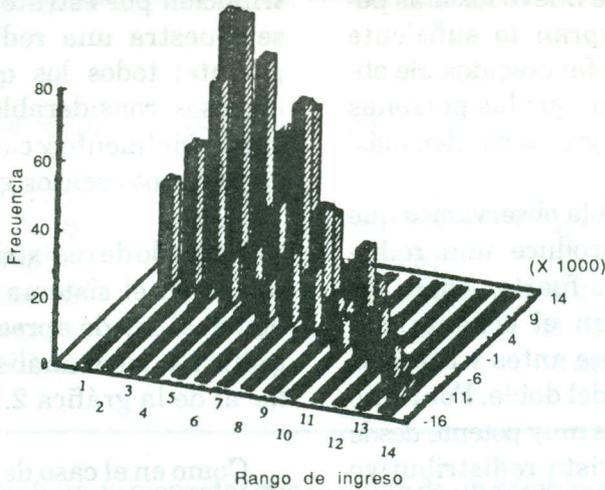
El grado de redistribución implícito en el sistema de precios no lineal puede apreciarse en la gráfica 4, cuyo análisis es similar al de la gráfica 2.

Como en el caso de EPM1, las Empresas Públicas de Medellín pierde dinero. Usando la meto-

Tabla 7 Cambios en bienestar que resultan de un cambio del sistema de precios marginal al sistema EPM2

Estrato	Número de observaciones	VC mediana	VC promedia	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
1	94	6140	6186	735	8896	5052
2	183	5854	6019	1130	10764	4290
3	310	3688	3813	378	5459	3412
4	236	3063	3147	326	4153	2731
5	100	-329	-972	1593	587	-9583
6	85	-4785	-6018	2692	-3140	-14268

Gráfico 4 Distribución de frecuencias del ingreso y de la VC para EPM2



dología anterior hemos calculado que con el sistema EPM2 el consumo total de electricidad del sector residencial de Medellín es aproximadamente de 97'000.000 de kilovatios hora al mes y el ingreso de EPM por su venta sería de 543'313.000 pesos, lo que genera un precio promedio de 5.60 pesos por kilovatios hora. El costo de oportunidad de este sistema sería de 886.580.000 pesos. La política de vender electricidad usando el sistema tarifario EPM2 le cuesta cada mes a EPM 344 millones de pesos.

V. El impacto de un sistema alternativo propuesto por el Centro de Investigaciones Económicas -CIE-

La lógica del sistema alternativo presentado en la tabla 8, que llamaremos CIE, es sencilla. Se trata de cobrar a todos los usuarios el precio marginal de la electricidad excepto la cantidad que consideramos necesaria para usos básicos de la gente con pocos recursos económicos. A diferencia del sistema patrón, complementamos el sistema alternati-

Tabla 8 Sistema de precios CIE, a precios de junio de 1986

Estrato	Cargo fijo	Kilovatios hora				
		0-<200	200-<400	400-<800	800-<1600	>1600
1	29.9	1.9	3.59	5.98	9.14	9.14
2	74.7	1.9	3.59	5.98	9.14	9.14
3	186.7	1.9	3.59	5.98	9.14	9.14
4	600.0	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14
5	1200.0	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14
6	1800.0	9.14	9.14	9.14	9.14	9.14

vo con cargos fijos que crecen fuertemente entre estratos empleando la lógica de que su efecto es el de un impuesto fijo el cual no genera ninguna distorsión adicional.

Los resultados de la comparación del sistema CIE con el sistema básico se presentan en la tabla 9. Todas las cifras se encuentran en pesos de junio de 1986.

Los resultados de esta tabla son muy interesantes. Como en los sistemas anteriores, los pobres ganan y los ricos pierden. Ahora los primeros aumentan su bienestar sustancialmente, más que en el sistema EPM1,

pero no tanto como en el EPM2; por otro lado, un mayor número de usuarios pierden, un resultado que implica una pérdida menor para la empresa. Un análisis del impacto de la redistribución de este sistema no lineal de precios por estrato nos ayuda a comprender más la situación. La tabla 10 presenta los resultados.

Es importante observar que en el sistema propuesto existen personas en los dos primeros estratos que pierden. Esto es debido a que sus consumos son altos. Pero, para estos estratos, las personas ganan en promedio, y, para el caso del estrato uno, con una desviación estándar

Tabla 9 Cambios de bienestar que resultan de un cambio del sistema de precios marginal al sistema CIE, por rangos de ingreso

Categoría de ingreso Miles de \$	Número de observaciones	VC mediana pesos	VC promedio pesos	Desviación estándar pesos
0-<=16	34	3703	3619	772
16-<=20	81	4042	3950	748
20-<=30	142	4283	4104	952
30-<=40	145	4035	3835	1582
40-<=50	111	4002	3273	1919
50-<=60	103	3825	2037	2440
60-<=90	148	-600	-204	2505
90-<=120	81	-600	-181	1592
120-<=150	35	-600	-557	931
150-<=200	30	-800	-993	444
200-<=300	48	-1600	-1341	389
300-<=400	25	-1600	-1344	380
400-<=500	15	-1600	-1546	206
más de 500	10	-1600	-1520	252

Tabla 10 Cambios de bienestar que resultan de un cambio del sistema de precios marginal al sistema CIE, por estrato

Estrato	Número de observaciones	VC mediana	VC promedio	Desviación estándar	Máximo	Mínimo
1	94	1077	1009	312	1246	-465
2	183	1040	694	662	1163	-983
3	310	-452	-474	330	1002	-1344
4	236	-853	-878	339	517	-3857
5	100	-1740	-2832	2971	-1206	-17746
6	85	-4222	-6881	5102	-1858	-20159

de 312 es obvio que casi todos ganan. Por otro lado, nadie en los estratos cinco y seis gana, y el promedio en los estratos cinco y seis es también negativo. Este sistema tiene un grado de redistribución importante el cual es presentado en la gráfica 5.

Ahora bien, ¿cuánto cuesta este sistema a EPM? Para el sistema CIE se estima un consumo total de electricidad de 93 millones de kilovatios hora al mes y un ingreso a EPM de 679 millones de pesos por mes. De ahí que el precio promedio es de

7.3 pesos por kilovatio hora. Esto implica que EPM perdería 174 millones de pesos por mes.

Conclusiones

Cada uno de los sistemas de precios que hemos considerado produce un aumento sustancial en el bienestar de los consumidores de electricidad en Medellín frente a un sistema de precio marginal. Sin embargo, cada sistema también produce una pérdida económica a EPM. La tabla 11 resume los resultados.

Gráfico 5 **Distribución de frecuencias del ingreso y de la VC para CIE**

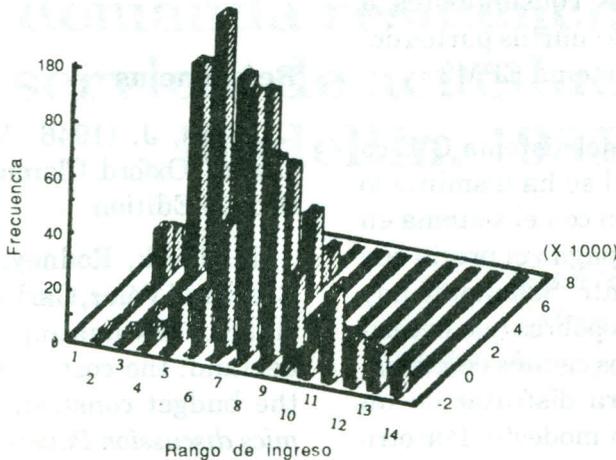


Tabla 11 Resumen de los resultados principales, en millones de pesos

	EPM1	EPM2	CIE
Kilovatios vendidos	88	97	93
Valor económico	800	887	853
Pagos recibidos por EPM	514	543	680
Subsidio implícito	286	344	174
Valor a los consumidores	532	815	605

De esta tabla, obviamente, los consumidores preferirían el sistema EPM2, el cual, desafortunadamente, implica la pérdida económica más grande. Con el sistema CIE la pérdida disminuye a la mitad y el valor del sistema a los consumidores a menos de tres cuartas partes del valor en el sistema EPM2.

La lógica del sistema CIE es fuerte. Con él se ha disminuido la divergencia con el sistema en el cual todos pagan el precio que es más eficiente. Solamente hay subsidio a los pobres que necesitan unos pocos cientos de kilovatios hora para disfrutar de un modo de vida modesto. Por otro lado, hay una progresividad

fuerte en los cargos fijos, con lo que mantenemos un gran efecto redistributivo y al mismo tiempo minimizamos los costos económicos, puesto que los cargos fijos no causan ninguna distorsión adicional en la economía.

Referencias

Hicks, J. (1946) *Value and Capital*. Oxford. Clarendon Press. Second Edition.

Maddock, Rodney; Castaño, Elkin and Vélez, Carlos Eduardo (1988). "Estimating electricity demand: the cost of linearising the budget constraint". *Economics discussion Papers*. La Trobe University.