

**DEMANDA
DE
ENERGIA ELECTRICA
EN
EL SALVADOR**

Escribe:

LUIS RENE CACERES



Las actividades de planificación de un sistema de potencia dependen de la estimación de la futura demanda de electricidad. Esto hace necesario investigar mediante métodos que permitan predecir la demanda con un alto grado de certeza. En los últimos años el uso del computador digital ha intensificado la investigación y ha conducido necesariamente a la aplicación, por varias compañías, de nuevas y superiores técnicas como las nombradas simulación, métodos de regresión, de insumo-producto y modelos econométricos (véase notas 1, 2 3 y 4).

Usando el método de los Mínimos Cuadrados, hemos tratado de formular un modelo econométrico para la demanda de energía eléctrica en El Salvador. Nuestra suposición es que ésta es una demanda derivada y depende de la población y del nivel de actividad económica. Así nuestros datos son los valores anuales de producción de energía, población y producto interno bruto del país durante el período 1958-1968, tomados de las publicaciones de las Naciones Unidas. La validez del modelo estriba en la lógica y significado probabilístico de las ecuaciones que lo describen. Los cálculos fueron efectuados en un computador "Univac 1108".

Los resultados son los siguientes:

HIPOTESIS	MODELO	COEFICIENTE DE CORRELACION.
1	$D = 9.954 \text{ PIB} + 0.11 \text{ N} + 2.71$	0.9991
2	$D = 0.8214 \text{ PIB} + 1.68$	0.9888
3	$D = 8.26 \frac{\text{PIB}}{\text{N}} + 0.141 \text{ N} + 1.80$	0.9977
4	$D = 0.000582 \frac{\text{PIB}}{\text{N}} + 2.45$	0.9381

En donde:

D = Producción anual de energía eléctrica en millones KW — HR

N = Población en millones de habitantes

PIB = Producto interno bruto en millones de colones

Cuando estas variables aparecen divididas por N significan cantidades per cápita.

Los exponentes de las variables independientes son las elasticidades de la función demanda. Ellos significan, en la hipótesis 1 por ejemplo, que un crecimiento anual de 1% del PIB o de la población, da lugar respectivamente a un aumento anual de 0.11% o 2.71% en la demanda de electricidad. Las elasticidades con respecto a N son significantes en un nivel de confianza de 99.5% y las relacionadas con PIB y $\frac{PIB}{N}$ son significantes en

78%. También se efectuaron pruebas de autocorrelación y de homoelasticidad con resultados satisfactorios. Los coeficientes de correlación son bastante altos, lo que indica que el crecimiento de la población y del producto explican una gran parte de la variabilidad en la demanda de electricidad.

Es nuestra opinión que la población solamente representa la tendencia secular de crecimiento y no tiene de por sí, por razones obvias, una influencia decisiva en la demanda de electricidad. También debe recordarse que estos modelos no son de carácter exacto sino probabilísticos y hay que tomar en cuenta la presencia de errores aleatorios y de muestra. Con todo, en diferentes grados, nuestros modelos parecen tener un valor predictivo razonable.

En el cuadro 1 podemos comparar los valores actuales de la producción anual de energía en el período 1958-1968 con los valores calculados con el modelo 1 al substituir en éste los valores actuales del PIB y de la población. Las proyecciones a partir de 1968 están basadas en el supuesto de que el producto y la población crecerán con tasas anuales de 7% y 3.65% respectivamente.

Cuadro I. Proyecciones de la producción. (Millones de KW-HR)

AÑO	CALCULADA CON EL MODELO 1.	PRODUCCION ACTUAL
1958	215	213
1959	232	235
1960	250	256
1961	276	273
1962	307	300
1963	342	340
1964	377	379
1965	421	418
1966	469	477
1967	518	517
1968	576	575
1969	641	
1970	715	
1971	795	
1972	881	
1973	985	
1974	1098	
1975	1214	
1976	1352	
1977	1508	
1978	1673	
1979	1875	
1980	2064	

Si pasamos nuestra atención al modelo 2 podemos observar que la demanda de electricidad en El Salvador es bastante elástica con respecto al producto, tal que un aumento del PIB en 1% ocasiona un incremento en la demanda en 1.68%. Esta alta elasticidad es típica de los países en vías de desarrollo, cuyo crecimiento económico depende primordialmente de la formación de capital; mientras que en las naciones de economías avanzadas, en donde el sector servicios constituye un considerable porcentaje del producto, la demanda de energía con respecto al PIB es de carácter inelástico, como se puede apreciar en el cuadro II.

Cuadro II. Coeficientes de elasticidad de la demanda de energía con respecto al Producto interno bruto.⁵

PAIS	COEFICIENTE DE ELASTICIDAD
El Salvador	1.68
Costa Rica	1.25
Venezuela	1.61
México	1.13
Chile	1.53
EE. UU.	0.81
Canadá	1.13
Alemania	0.76
Bélgica	0.62
Francia	1.00
Promedio Latino Americano	1.55
Promedio Mundial	1.06

El alto coeficiente de elasticidad de la demanda de electricidad con respecto al PIB en El Salvador se debe a la creciente contribución del sector industrial a la economía del país. En efecto, según estadísticas de las Naciones Unidas⁶ la tasa media anual de crecimiento del consumo industrial de energía eléctrica durante el período 1958-1968 fue de 15.6%; la más alta en Latino América. En cambio, la tasa de crecimiento en el sector doméstico fue solamente 1.6%, por mucho la más baja en Latino América. Este es un claro ejemplo del dualismo socio-económico que existe en los países subdesarrollados. Se debe tomar nota que durante el mismo período las tasas de crecimiento en el resto de Centro América fueron 11.4% y 7.4% respectivamente.

La debilidad de la demanda en el sector doméstico del país se vuelve evidente al observar la razón KW-HR/PIB. Este cociente es un indicador de la penetración de la energía eléctrica en la vida social y económica de un país; mide, podríamos decir, cuantos KW-HR se compran por unidad de PIB. Algunos estudios,⁶ han sugerido que este coeficiente está correlacionado positivamente con los grados de urbanización y de distribución del ingreso del país; otros⁷ señalan que también es un indicador de la moderación en el uso de la energía eléctrica. El cuadro III muestra esta razón para varios países (Valores de 1968).

Cuadro III.

Razón KW-HR/PIB en KW-HR
por peso centroamericano

PAIS	KW-HR/PIB.
El Salvador	0.63
Guatemala	0.37
Honduras	0.47
Nicaragua	0.68
Costa Rica	1.10
Haití	0.32
Bolivia	0.85
Uruguay	1.15
Chile	1.25
Ecuador	0.69
Argentina	1.20
Venezuela	1.19
México	0.86
EE. UU.	1.72
Canadá	1.91
Promedio de Latino América	1.04

En 1967 el PIB y el consumo de electricidad por cápita en El Salvador fueron 280 pesos centroamericanos y 166 KW-HR respectivamente. Un estudio reciente de las Naciones Unidas⁶ ha encontrado que la correlación entre estas variables en los países latino americanos es dada por la línea $\log Y = 1.286 \log X - 0.86$ en donde Y es el PIB per capita y X es el consumo de electricidad per cápita. De acuerdo a esta regresión el consumo per cápita de electricidad en El Salvador en 1967 debiera haber sido 191 KW-HR. Esto indica que el consumo de electricidad en el país está 15% por debajo de lo que le corresponde por su ingreso per cápita de acuerdo al promedio o tendencia latinoamericana.⁷ Esto puede ser debido a las altas tarifas de servicio, la insuficiente promoción, la inadecuada confiabilidad, etc.

Basados en los hechos que hemos señalado y considerando la capacidad económica de las mayorías populares, creemos que es necesario establecer una política de precios y de confiabilidad que permitan un mayor consumo de la energía eléctrica en todos los estratos económicos y sociales del país. En especial hay que tener presente que la deforestación está alcanzando proporciones alarmantes en El Salvador, y es conveniente ofrecer la energía eléctrica como un sustituto a la completa extinción de nuestra ya escasa riqueza vegetal.

Estudios efectuados en EE.UU. hacen ver que una reducción en el precio de la electricidad no trae consigo necesariamente una reducción en las ganancias de la compañía de oferta. Al contrario, estas ganancias tienden a aumentar. Fisher⁸ encontró que en la industria química una rebaja de 1% en el precio de la electricidad ocasiona un aumento en consumo de 2.59%. En las industrias textil y metálica los correspondientes aumentos son 1.62% y 1.29%. Estudios más recientes⁹ indican que en el campo de la calefacción residencial la reducción del precio en 1% puede producir un aumento de consumo de 5%. También se ha encontrado que estas elasticidades son más altas en las regiones de bajo ingreso. Así la Tennessee Valley Authority, una empresa federal que cubre parte del Sur rural de EE.UU., encontró un dramático aumento en la demanda residencial de electricidad después de reducir el precio. Esta reducción de precios fue un factor clave en el subsecuente surgir de industrias pesadas en la región.

Otro ejemplo digno de mención es el de la American Electric Power. Esta es una compañía privada que sirve varios estados del Este y Medio Oeste de EE. UU. Su tarifa de precios es la más baja de todas las compañías privadas en este país, un promedio de \$0.0108 por KW-HR. En consecuencia, el consumo de electricidad en la región ha crecido en una tasa mayor que el promedio nacional. Y no obstante que el ingreso por capita de la región es substancialmente menor al del resto del país, el consumo por capita de electricidad es casi el doble que el promedio nacional. Además, la situación financiera de la compañía es una de las más sanas y fuertes en EE.UU.¹⁰

Investigaciones sobre el costo de la confiabilidad de servicio en Suecia¹¹, indican que los costos de una interrupción al abonado son el equivalente de 0.50 colones por KW interrumpido y 1 colón por KW-HR interrumpido. Los costos de una interrupción para la compañía de oferta son 5 y 10 colones respectivamente. Estas figuras han sido adoptadas en EE. UU. por varias compañías para justificar las inversiones necesarias para mejorar la calidad de servicio. Estos son campos que merecen atención y estudio en El Salvador.

En efecto, en varios pueblos de la República los radios, televisores, y otros utensilios eléctricos no funcionan adecuadamente y se deterioran rápidamente debido al bajo voltaje. Esto, junto a la gran frecuencia de apagones y la alta tarifa de precios, actúan como obstáculos para que los abonados consuman más electricidad y para que otros se suscriban al servicio. Quién ha vivido en uno de estos pueblos, como nosotros, allá en la sierra Tecapa, puede recordar expresiones hogareñas como "Apaga la luz que cuesta pisto" y "Anda a comprar las candelas que ya va a llover".

En nuestros modelos hemos usado como datos valores anuales de energía producida en KW-HR y no demanda pico en KW, porque hay evidencia que la primera es menos errática en el transcurso del tiempo. Pero la conversión a KW pico es posible. Si tomamos un factor de carga de 0.50 y un factor de reserva de 15% resulta un relación $KW/6W-HR=0.26$. Entonces encontramos que durante la década 1971-1980 el incremento necesario de capacidad instalada será aproximadamente 350.000 KW. Esta figura se vuelve más notoria si recordamos que, de acuerdo a las Naciones Unidas, el costo promedio en Latino América es 450 pesos centroamericanos por KW de capacidad generadora, incluyendo costos de líneas de distribución y de transmisión. Quiere decir que, durante la presente década, la inversión necesaria para mantener una oferta adecuada de electricidad será alrededor de 400 millones de colones.

Estas erogaciones significan una gran carga en la balanza de pagos y en la deuda externa del país. Para mitigarlas y para combatir la dependencia y alienación tecnológica que padecemos en El Salvador, es importante que compañías, personal y materiales salvadoreños tomen parte importante en estos trabajos. Y dada la incertidumbre en el mundo de las finanzas internacionales, convendría explorar otros medios de financiamiento, incluso el intercambio de café por plantas eléctricas. También es necesario establecer un plan de expansión óptimo, que al tomar en cuenta la fecha de instalación, rendimiento y economías de escala de las unidades de generación, logre minimizar el valor presente de las futuras erogaciones.

N O T A S :

1. **J.M. Latham, D.A. Nordman.** "Probability Approach to Electric Utility Load Forecasting". IEEE transactions P.A. and S. Febrero, 1968.
2. **D.N. Repts.** "Monte Carlo Simulation of Residential Transformer Loads". IEEE Transactions on P.A. and S. Febrero, 1968.
3. **A.J. Wood.** "Forecasting with an Input-Output Model". IEEE transactions on P.A. and S. Junio, 1968.
4. **D.N. Repts.** "An econometric Model for Electric Utility Forecasting". American Power Conference, 1962.
5. **J. Darmstadter.** "Energy and the Economy". Energy International. Agosto, 1970.
6. **United Nations.** "Economic Bulletin for Latin America". Vol. XV, N° 2, 1970.
7. **Electrical World.** Vol 174 N° 1. Julio 6, 1970.
8. **F.M. Fisher.** "The Demand of Electricity in the United States". North Holland Publishing Co. 1960.
9. **D. Gujarati.** "Demand for Electricity and Natural Gas". Public Utilities Fortnightly. Enero 30, 1969.
10. **P. Sporn.** "Technology, Engineering and Economics". Colonial Press, 1969.
11. **B. Mattsson.** "Economy versus Service Reliability in Sweden". IEEE Spectrum, Vol. 3 pag. 90. Mayo, 1966.