

ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN SECTOR GEOGRÁFICO DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA.

FILIPPIN, Celina y RAPALLINI, Alfredo.
C.O.N.I.C.E.T. Comisión Nacional de Energía Atómica.
Spinetto N°785. C.C.152. (6300) Santa Rosa, La Pampa.

INTRODUCCIÓN

El tamaño y complejidad cada vez mayores de las organizaciones humanas están relacionados con la capacidad del hombre para manipular cantidades crecientes de energía. La relación no es sencilla, es de mutua causalidad (Rappaport, 1971), siendo el aumento de la energía asequible la que permite aumentar y diferenciar a las sociedades humanas. El incremento en tamaño y complejidad de las organizaciones requiere todavía más energía para sostenerlo, a tiempo que se requiere desarrollar nuevas técnicas para captar más energía, y así sucesivamente. White (1971), sugiere que la evolución cultural podría medirse en términos del aumento de energía manipulada per cápita y por año. Legisa y Reali, 1989, consideran que, es de suma importancia la previsión o planificación energética analizando cada una de las variables que pueden incidir en la composición del consumo.

Es necesario poner un énfasis creciente en la ecología de los sistemas urbanos porque de ella depende la calidad de vida de la población. Para ello es inevitable estudiar la composición de los flujos urbanos de energía, y el potencial de contaminación de los mismos. La energía eléctrica es hoy la principal fuente no contaminante de energía en pueblos y ciudades y tiene una importancia estratégica analizar su evolución histórica y proyección futura como contribuyente al flujo energético global.

Existen en la provincia de La Pampa pocos estudios detallados que analicen el perfil de su sistema de utilización de energía. En lo que respecta a energía eléctrica, hasta 1978 la provincia generaba su propia energía eléctrica en un parque de 10 máquinas pertenecientes a la Cooperativa Popular de Electricidad Santa Rosa Ltda., pero fue desbordado por su obsolescencia y por la creciente demanda. Su capacidad de generación resultó inferior a los requerimientos de una población en aumento. Esto motivó la necesidad de búsqueda de nuevas alternativas para captar más energía. A partir de 1978 la provincia pasa a formar parte del Sistema Interconectado Nacional mediante la estación de rebaje 500/132 KV en Puelches (Pcia.

de La Pampa), constituyendo la columna vertebral del sistema Energético Pampeano. La Administración Provincial de Energía es quién provee la energía, y la Coopertiva de Santa Rosa quién distribuye la misma a la ciudad de Santa Rosa y a varias localidades cercanas (Toay, Anguil, Uruburu, Lonquimay, Catrilo, Colonia Barón, Mauricio Mayer, Ataliva Roca, Cachirulo, Villa Mirasol y Colonia San José).

Los objetivos de este trabajo son: a) analizar la evolución del sistema de distribución de energía eléctrica en un sector geográfico de la provincia de La Pampa (Ciudad de Santa Rosa y localidades cercanas) dentro de una serie histórica de años que cubre las dos últimas décadas, b) estudiar las variaciones producidas en la composición del consumo y c) inferir el comportamiento futuro del sistema frente a una hipótesis de demanda energética creciente. El propósito final de este trabajo es contribuir a anticipar las consecuencias posibles de una mayor demanda, con vistas a prever los ajustes necesarios.

Las hipótesis que guiaron el desarrollo de este estudio fueron las siguientes:

- a) durante las dos últimas décadas ocurre un aumento muy significativo de la demanda de energía eléctrica en el área de referencia.
- b) la composición de la demanda no se mantiene constante en el tiempo, sino que aparece asociada a factores económicos, demográficos y climáticos.
- c) la demanda presenta variaciones de largo plazo asociadas al crecimiento demográfico y al desarrollo industrial; y variaciones de corto plazo asociados a los cambios estacionales del clima.

MATERIALES Y METODOS.

Para el presente trabajo se utilizó información de distinto origen:

- a) datos de producción, compra y consumo de energía eléctrica extraídos de las Memorias y Balances Anuales de la Cooperativa Popular de Electricidad Santa Rosa Ltda., para el período 1969/1991.
- b) datos climáticos de las Estadísticas del Servicio Meteorológico Nacional (Serie 1940/1980) y Boletines Climáticos Informativos de la Estación Experimental de Anguil del INTA (La Pampa).
- c) información poblacional de los Censos Nacionales 1970, 1980, y cifras provisionales del Censo 1991.

La información fue analizada dentro de las series de tiempo disponibles con el fin de estudiar tendencias. El grado de asociación entre variables fue estimado mediante modelos lineales de regresión simple. Se utilizó un sistema gráfico de áreas para analizar la composición relativa de los consumos de energía eléctrica. Se empleó para los análisis y gráficos el programa QPRO, Borland (1990).

RESULTADOS Y DISCUSION.

El sistema de distribución de energía eléctrica en el área geográfica analizada experimentó, en el período 1970-1990, variaciones significativas tanto en términos cuantitativos como cualitativos. A partir del año 1978 se invierten los valores de generación y compra de energía eléctrica, mostrando el balance del período 1977/78, que el 87 % de la energía consumida fue generada localmente comprándose solo el 13 % de energía eléctrica. Mientras que en el período 1983/84 la situación se invierte, se produce localmente el 0.01 % y se compra el 99.99 % de la energía consumida.

Variaciones cuantitativas.

El consumo total de energía eléctrica sufrió cambios muy significativos durante los últimos 20 años. Tal como se aprecia en la Figura 1, se produjo un aumento de la demanda de índole exponencial, duplicándose el consumo cada 10 años. Es así que los 20 millones de kwh que se consumían a comienzo de la década de 1970, se multiplicaron por cinco a comienzos de la década de 1990. En igual período, el número de habitantes del área se duplicó, lo que permite inferir rápidamente que el mayor consumo no estuvo asociado únicamente al crecimiento demográfico vegetativo, sino a otros factores que es necesario analizar con mayor detalle. En ese mismo período, el consumo de un combustible líquido de difusión amplia como el querosén se redujo en un 50%, lo que permite suponer, en principio que existió un proceso de sustitución de fuentes energéticas. Por no disponerse de datos confiables de consumo de fuentes alternativas de energía, no podrá valorarse en este trabajo la contribución relativa de las mismas. Esta es una limitación que es importante señalar por cuanto ella impide estimar factores de sustitución de las fuentes energéticas. La aparición del gas natural hacia finales de la década de 1980 deja abierta una incógnita acerca de la participación de este fluido en el flujo energético global de los asentamientos urbanos analizados.

Variaciones cualitativas.

La composición del consumo de energía eléctrica puede contribuir a explicar la fracción más importante de la variancia producida en el consumo eléctrico total del período analizado. En la Figura 2 se aprecia que los mayores incrementos de consumo coinciden con incrementos importantes de los sectores residencial e industrial. En el Cuadro 1 se puede apreciar qué porcentaje de la variancia total es explicada por cada uno de los sectores que, sumados, componen el consumo total. Se puede apreciar allí que los coeficientes más elevados de regresión en la regresión simple corresponden a los sectores residencial e industrial.

La estabilización y posterior caída de consumo de fluido eléctrico que se aprecia a partir de 1989 coincide con la expansión de la red de gas natural ocurrida en esos mismos años. Se produjo, pues, una sustitución parcial relativamente pequeña de una fuente de energía por otra.

Estos resultados sugieren que el espectacular incremento de energía eléctrica en la década analizada se explicaría por : 1) un crecimiento poblacional que derivó en un mayor número de usuarios residenciales, sin aumentar el consumo unitario por usuario residencial, y 2) una creciente utilización de energía eléctrica por parte de los usuarios industriales que, contra lo previsto, no crecieron en número. La Figura 3 presenta un detalle del consumo medio mensual por usuario para cada uno de los sectores analizados. En consecuencia, el sector residencial aumentó su consumo por crecimiento vegetativo pero no por aumento unitario, en tanto el sector industrial, a la inversa, incrementó el consumo por aumento unitario sin producirse un aumento vegetativo en la cantidad de usuarios. Las causas de este comportamiento requieren de un estudio más detallado que escapa a los alcances de este trabajo. Sin embargo, es conveniente puntualizar que la expansión del sector residencial produce inconvenientes de tipo técnico debido a una notable concentración de consumo en las llamadas horas-pico, manteniendo el resto del tiempo un bajo nivel de demanda. En cambio, el sector industrial provoca una distribución más equilibrada de las cargas a través del día.

El clima como fuente de variación.

El clima es una fuente de variación relevante, ya que las demandas más elevadas se concentran en las épocas más frías del año (mayo, junio, julio, agosto y septiembre). Existe una importante dispersión ocasionada por la variabilidad entre años, razón por la que se

trabajó con valores promedios mensuales para el período 1980/1991. Del análisis de regresión lineal simple entre consumo de energía eléctrica vs. factores climáticos se desprende que el 49% de la variación del consumo de energía se explica por la variación de la temperatura y el 43% por la variación de la heliofanía efectiva (Cuadro 2). Esto sugiere que la variación del consumo está más asociado al problema térmico que al problema de horas de sol efectiva.

Existe claramente una relación inversa entre la temperatura media del área en estudio y el consumo de energía eléctrica. Es, sin embargo necesario formular un interrogante respecto al efecto de la variabilidad climática sobre los dos principales sectores que explican la mayor fracción de variancia en el consumo total: el residencial y el industrial (Figura 4). El Cuadro 3 muestra los valores obtenidos en el análisis de regresión lineal simple entre energía total consumida y energía consumida por sector residencial e industrial vs. temperatura media. Es el consumo del sector residencial el que en mayor proporción sería afectado por la variación de la temperatura media.

Con el fin de detectar el grado de asociación entre Carga Máxima registrada en el período 1980/1991 y factores climáticos, se realizó un análisis de regresión lineal simple. El Cuadro 4 muestra los valores obtenidos, donde se perciben coeficientes más elevados entre la carga máxima registrada y temperatura que entre consumo y heliofanía efectiva. Esto sugiere que el día energéticamente crítico está más asociado al problema térmico que al problema de horas de luz solar efectiva. No obstante, para la estación otoño-invierno, el 58.9% de días de máximo consumo de electricidad se registra en días con heliofanía efectiva igual a cero.

CONCLUSIONES.

Desde un punto de vista ecológico-urbano, es importante que la electricidad, por su naturaleza no contaminante, tenga una participación creciente en la composición del flujo energético global. Para que ese crecimiento sea efectivo, es necesario que el sistema se encuentre libre de estrangulamientos de provisión en épocas con picos de demanda.

El colapso del sistema en periodos de máxima carga enciende una señal de peligro ante cualquier intento de extender la red eléctrica a un mayor número de usuarios, o de estimular una tasa mayor de consumo individual por usuario. Es inmediato que la provisión de este tipo de problemas requiere ante todo, de una cuidadosa planificación previa.

Frente a una hipótesis de ampliación de la demanda, es evidente que las soluciones técnicas deben pasar por un análisis previo del perfil de consumo de la red urbana, tanto en sus aspectos cuantitativos como cualitativos. No puede enfocarse de igual manera el problema de una ciudad que crece en términos demográficos, al de otra que se expande en su estructura industrial.

El área de la ciudad de Santa Rosa y sus localidades vecinas, caracterizado por un fuerte y persistente crecimiento del sector residencial, plantea problemas técnicos distintos al de otra área urbana que haya crecido más en consumo industrial que residencial. El sector residencial impone una presión de demanda caracterizada por la presencia de picos muy notables de consumo que se concentran en pocas horas del día, y que adquieren perfiles críticos en los períodos anuales de menor temperatura. Las previsiones técnicas deben ser aquí mucho mayores, máxime si se consolida en el tiempo la tasa actual de crecimiento demográfico del área de referencia. Es necesario concurrir ya a la previsión técnica de situaciones comprometidas que limiten el uso de una fuente energética beneficiosa y deseable para la ecología de una urbe en rápida expansión.

BIBLIOGRAFIA.

- Boletines Agrometeorológicos de la Estación Experimental de Anguil de INTA, Período 1980/1991. Anguil (La Pampa).
- Legisa, J. y Reali, O., Febrero-Marzo 89, Energía, El Azar y La Necesidad. Ciencia Hoy 1(2): 47-55.
- Memorias y Balances de la Cooperativa Popular de Electricidad Sta.Rosa, Ltda. Período 1980/1991. Santa Rosa (La Pampa).
- Rappaport, R. 1971. Flujo de Energía en una Sociedad Agrícola. In La Energía, W.H. Freeman & Company Editores, San Francisco. pp. 146-173.
- White, L. 1971. In Flujo de Energía en una Sociedad Agrícola. In La Energía, W.H. Freeman & Company Editores, San Francisco. pp. 146-173.

Cuadro 1: Analisis de regresion lineal simple entre Consumo Total de Energia Electrica vs. Consumo por Sectores para el periodo 1980/1991.

Variable Dependiente	Variable Independiente: Consumo por Sectores (Kwh)	coef. de correlacion r	coef. de determinacion r ²	coef. de regresion b	nivel de probabilidad p
Consumo Total de Energia Electrica (Kwh)	Residencial	0.549	0.901	0.440	0.01
	Rural	0.555	0.913	0.013	0.01
	Comercial	0.517	0.841	0.083	0.01
	Industrial	0.520	0.845	0.350	0.01
	Alumbrado Oficial	0.682	0.465	0.027	0.01
		0.942	0.888	0.071	0.01

Cuadro 2: Analisis de regresion lineal simple entre Consumo de Energia Electrica vs. Factores Climaticos para el periodo 1980/1991.

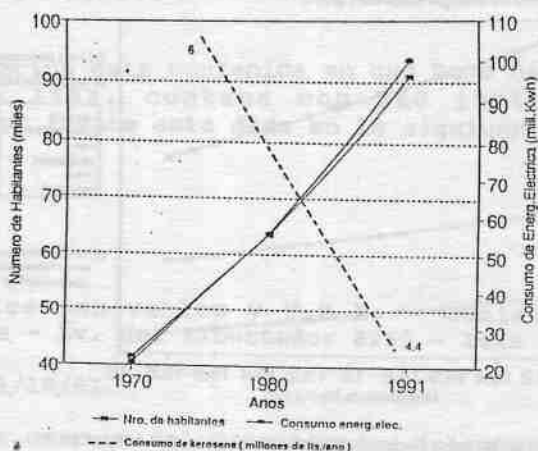
Variable Dependiente	Variables Independientes	coef. de correlacion r	coef. de determinacion r ²	coef. de regresion b	nivel de probabilidad p
Consumo de Energia (Kwh)	horas sol (hs)	-0.653	0.427	-255632	0.02
	temp. minima (°C)	-0.690	0.483	-100899	0.01
	temp. maxima (°C)	-0.699	0.489	-92848	0.01
	temp. media (°C)	-0.698	0.488	-96998	0.01

Cuadro 3: Analisis de regresion lineal simple entre Consumo Total de Energia Electrica Total, Residencial e Industrial vs. Temperatura Media.

Variable Dependiente (Kwh)	Variable Independiente: Temperatura Media (°C)			
	coef. de correlacion r	coef. de determinacion r ²	coef. de regresion b	nivel de probabilidad p
Consumo de Energia:				
Total	0.523	0.274	-23237160	0.01
Residencial	0.503	0.253	-10339763	0.01
Industrial	0.469	0.220	-7929801	0.01

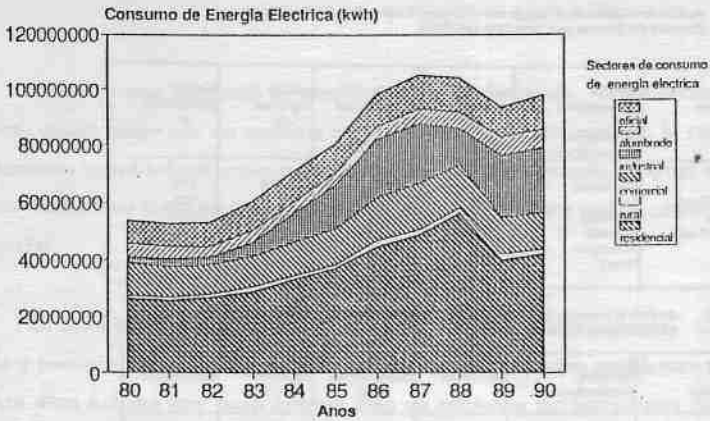
Cuadro 4: Analisis de regresion lineal simple entre Carga Maxima registrada vs. Factores Climaticos para el periodo 1980/1991.

Variable Dependiente	Variables Independientes	coef. de correlacion r	coef. de determinacion r ²	coef. de regresion b	nivel de probabilidad p
Carga Maxima (Kwh)	horas sol (hs)	0.310	0.096	-0.00032412	0.01
	temp. minima (°C)	0.536	0.287	-0.00113673	0.01
	temp. maxima (°C)	0.519	0.269	-0.00132182	0.01
	temp. media (°C)	0.543	0.295	-0.00125612	0.01



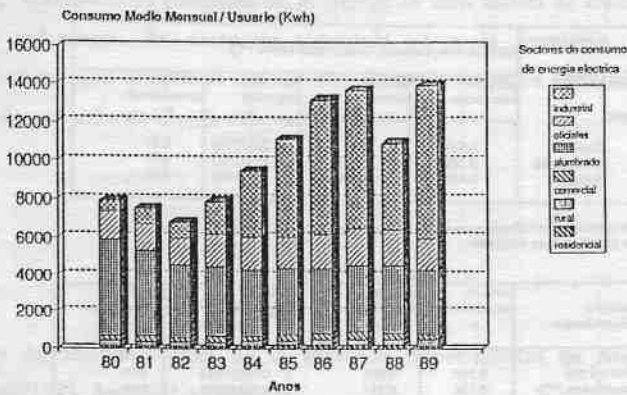
FUENTE: Cooperativa Popular de Electricidad Sta Rosa LTDA; Censo Nacional de Poblacion 1970, 1990 y 1991.

Figura 1: Evolucion del numero de habitantes y del consumo de energia electrica y comportamiento del consumo de kerosene.



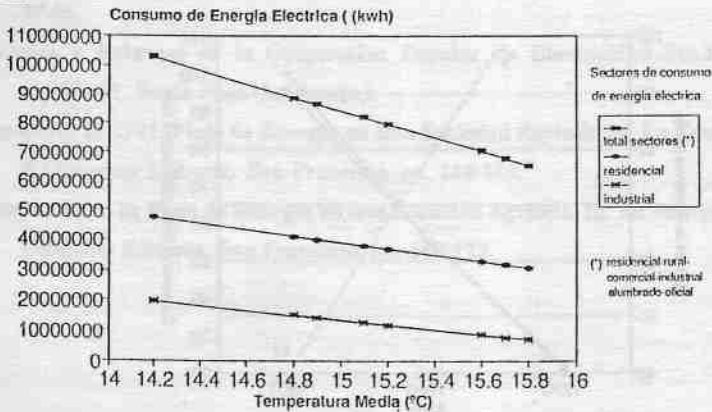
FUENTE: Cooperativa Popular de Electricidad de Santa Rosa LTDA.

Figura 2: Evolucion del Consumo de Energía Eléctrica por Sectores en el área de referencia.



FUENTE: Cooperativa Popular de Electricidad de Santa Rosa LTDA.

Figura 3: Evolucion del Consumo Medio Mensual por Usuario.



FUENTE: Cooperativa Popular de Electricidad de Santa Rosa LTDA - E.E.A. Anguil (INTA)

Figura 4: Correlacion entre consumo de energía eléctrica vs. temperatura media anual para el periodo 1980 -1991.