

PRONOS: SISTEMA EXPERTO PARA PRONOSTICO DE LA DEMANDA

M.Sc. Raúl Vilcahuamán S. Ing. Iván Medina C. e Ing. Antonio Trelles V.

IANSA

Av. Calmell del Solar 319 Huancayo Perú

Email: iansa@terra.com.pe

Tel: (+51 64) 891032 Movil: (+51 64) 685541

RESUMEN

Cuando se esta planificando un sistema eléctrico de potencia ya sea en transmisión o distribución, el ingeniero de potencia debe saber cuanto de potencia espera servir, y donde y cuando la potencia debe ser entregada. Tal información es provista por la pronostico de carga que incluye la localización(donde) de cada elemento, la magnitud(cuanto) y las características temporales(cuando).

En esta investigación se propone un modelo de pronostico de demanda en base a un sistema mixto, es decir utiliza un sistema experto(basado en el conocimiento) y un método propuesto por el EPRI.

Dada esta necesidad se desarrollo el software denominado PRONOS el cual consta de tres módulos principales:

- La metodología propuesta permite el pronostico de carga en los puntos de compra de las empresas eléctricas, el pronostico brinda como respuesta el pronostico de carga para cualquier día en el futuro(Lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado, domingo) con un perfil horario.
- El segundo modulo de PRONOS permite una caracterización de carga el cual es importante para realizar una adecuada gestión de la demanda, DMS Demand Management System y EMS Energy Management System.
- El tercer modulo permite realizar consultas respecto a valores históricos registrados, factor de carga, factor de simultaneidad, factor de coincidencia, Dmax, Dmin, etc.

La metodología presentada permite gestionar gran volumen de datos y generar reportes para su utilización en flujos de potencia, planificación y programas de expansión óptima y cálculo de los costos marginales de sistema eléctricos de potencia.

I. INTRODUCCIÓN

La industria eléctrica en su continua búsqueda por mejorar su eficiencia en el suministro de energía eléctrica y dado el actual sistema competitivo(desregulados) esta investigando nuevas tecnologías que la puedan asistir y brindar resultados adecuados.

Esta tendencia general ha llevado a que varias tecnologías de la inteligencia artificial(IA) como sistemas expertos, redes neuronales artificiales, lógica difusa y algoritmos genéticos sean aplicadas al menos como prototipos en la industria eléctrica [1, 3].

II. OPORTUNIDADES DE IA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIAS

Las herramientas de IA están siendo utilizadas para resolver diversos problemas en sistemas eléctricos de potencia(SEP) cuando existe una adecuada correspondencia entre las características del problema y la herramienta de IA., como por ejemplo en el comportamiento no lineal de varios componentes o del sistema integro.

2.1 Sistemas Expertos

Los sistemas expertos tienen características especiales que los diferencian de los programas convencionales de software. Se distinguen como componentes principales de un sistema experto la base de conocimiento, la maquina de deducción, y el interface humano computador.

Tabla II.1 Correspondencia entre un sistema experto y programas de software.

| Sistemas Expertos | Programas de Software |
|-----------------------|----------------------------------|
| Base de conocimiento | Programa |
| Maquina de deducción | Interprete |
| Shell/tool del SE | Lenguaje de programación |
| Ing. del conocimiento | Ing. de software / programadores |



Figura 2.1 Transferencia de conocimiento del experto humano al sistema experto.

Una base de reglas sería una agrupación de reglas del tipo:

- Regla 1** : IF A THEN B CERTAINTY 80%
- Regla 2** : IF B AND C THEN D CERTAINTY 45%
- Regla N** : IF D OR E THEN F CERTAINTY 70%

Una base de hechos sería un grupo de evidencias con certezas asociadas

Un **razonamiento** sería aplicar una base de reglas a una base de hechos de tal forma de obtener nuevas conclusiones.

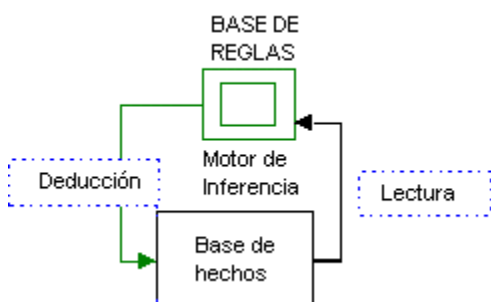


Figura 2.2 El razonamiento ejecuta el motor de inferencia

Existen dos formas de motores de inferencia: **Forward Chaining** y **Backward Chaining**

Con los conceptos antes citados [1, 4, 7, 9, 10] y utilizando la experiencia de un ingeniero de potencia se puede construir una adecuada base de conocimiento.

III. ESTADO DEL ARTE

Se investigó por modelos de pronóstico de demanda, y de los cuales destacan:

- a) **Métodos tradicionales:** como por ejemplo método de las tendencias, regresión múltiple [2,3].
- b) **Métodos de simulación:** Simulación de crecimiento de la demanda, uso de tierra, causa y efecto, modelos cuantitativos de la interacción del uso de tierras, modelos espaciales de pequeñas áreas [2,3,4].

- c) **Métodos de IA,** se sabe de diversas investigaciones, entre las que se destaca el trabajo de García et al [5] el cual utiliza una red neuronal para la pronóstico de demanda basado en una clasificación por días típicos.

IV. PRONOSTICO DE LA DEMANDA

Cuando se está planificando un sistema eléctrico de potencia ya sea en transmisión o distribución, el ingeniero de potencia debe saber cuánta potencia espera servir, donde y cuando la potencia debe ser entregada. Tal información es provista por el pronóstico de la demanda que incluye la localización(donde) de cada elemento, la magnitud(cuanto) y las características temporales(cuando).

El crecimiento de la demanda es esperado en diversos lugares en donde la carga ya existe, es decir que los consumos se verán incrementados. También se experimentarán crecimientos en varias áreas donde no existe demanda de energía eléctrica y en menor proporción también se producirá que la carga pico disminuirá en el tiempo particularmente debido a acciones que tome la distribuidora y procedimientos de Demand Side Management DSM [2, 4, 5].

Un adecuado pronóstico de demanda de carga requiere de bastante información debe ser tomada en cuenta.



Figura 4.1 Factores que afectan el pronóstico de la demanda

4.1 Comportamiento del crecimiento de carga

Publicaciones especializadas en pronóstico de demanda como la del EPRI [9] mencionan que el pico de demanda y energía se realiza solo por dos causas:

4.1.1 Adición de nuevos usuarios

La carga se incrementa siempre y cuando nuevos usuarios comiencen a comprar más electricidad a la compañía eléctrica. Nuevas construcciones, incremento de población, migración. Como consecuencia se incrementará el pico de carga y las ventas de energía anual.

4.1.2 Nuevos usos de la electricidad

Los usuarios ya existentes podrían agregar nuevos equipos (quizás reemplazar equipos en base a gas por equipos que funcionen a electricidad) o reemplazar sus equipos existentes con maquinaria más moderna que requiera más potencia. Cada usuario que incremente el consumo de electricidad, modificará el pico de carga y las ventas de energía aumentarán considerablemente.

Análogamente la disminución de la demanda de energía eléctrica será debido a las dos razones antes mencionadas.

4.2 Métodos de análisis

4.2.1 Curva de Gompertz

Basado en la curva "S", aplicable a pequeñas áreas y para proyecciones hasta los 5 años, en la cual se distinguen los siguientes periodos:

- Periodo Estacionario:** En el cual la carga no crece
- Periodo Rampa:** En el cual ocurre un rápido crecimiento debido a incorporación de cargas importantes significativamente.
- Periodo Saturado:** Cuando el área de análisis está totalmente desarrollada, la carga puede crecer lentamente [2,4].

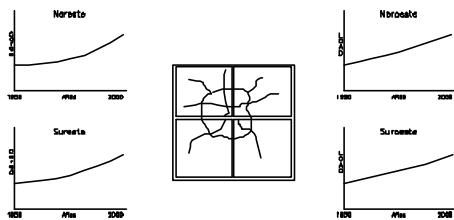


Figura 4.2 División del área en cuatro cuadrantes y gráfica de pico anual de carga, las curvas están suavizadas y muestran el crecimiento de la carga.

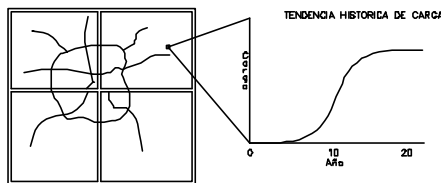


Figura 4.3 Característica de crecimiento de una pequeña área

4.2.2 Modelo Polinomial curve-fitting [2]

Basado en la extrapolación de las cargas históricas. Se requieren un soporte computacional fuerte a fin de manejar un amplio espectro de datos,

El EPRI recomienda que el polinomio sea de tercer orden y que la base de datos histórica contenga datos de hasta 6 años.

En general el método curve-fitting se aplica a fin de extrapolar cargas por dos razones. Primero la carga punta es el valor más importante para la planificación debido a que la carga punta es la que tiene el impacto más fuerte en los requerimientos del sistema. Segundo la carga punta anual para las compañías eléctricas es fácil de obtener debido a que mantienen lecturas de las mismas.

Existe una amplia variedad de polinomios que pueden utilizarse para el método curve-fit, pero especialistas en la materia [2,9] recomiendan:

$$L_n(t) = a_n t^3 + b_n t^2 + c_n t + d_n \dots \text{(Ecuación 1)}$$

$L_n(t)$ = carga estimada para la subestación n en el tiempo t

a_n, b_n, c_n, d_n son los coeficientes para un polinomio de la subestación n.

Los coeficientes a_n, b_n, c_n, d_n que mejor representan al polinomio se obtienen de la siguiente ecuación matricial:

$$C_n = [P^T P]^{-1} \cdot P^T L_n \dots \text{(Ecuación 2)}$$

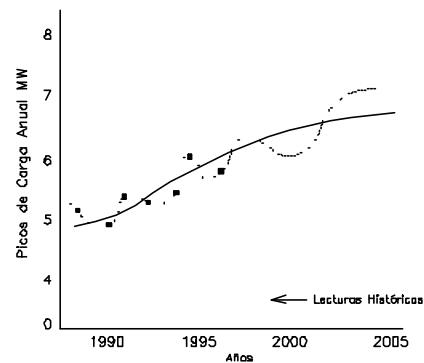


Figura 4.4 La habilidad de curve-fitting es de pasar cerca de los datos históricos pero no garantiza que otra curva de mayor orden será más precisa. Una ecuación de mayor orden (líneas punteadas) calza bien dentro de los datos históricos pero para pronóstico de carga brinda pobres resultados.

V. METODOLOGÍA PROPUESTA

Se propone un método mixto que involucra:

- Curve fitting, que permite el pronóstico grueso de la demanda.
- Sistema experto, que realiza el ajuste fino del pronóstico.

5.1 Sistema experto.

La base de conocimiento del sistema experto puede ir creciendo de acuerdo a la cantidad de información que se cuente para cada nodo en particular. Se propone el siguiente diagrama de Ishicawa:

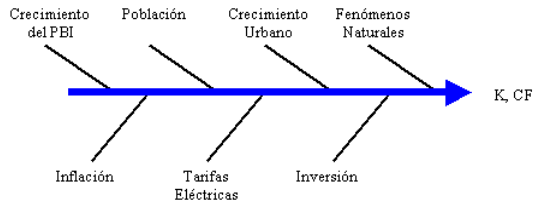


Figura 5.1 Diagrama de Ishicawa para el sistema experto.

La base de conocimiento considera reglas para cargas especiales como son minas, refinерías, fenómeno del niño, etc.

VI. CASO EJEMPLO

Se procede a una simulación con PRONOS y se obtiene:

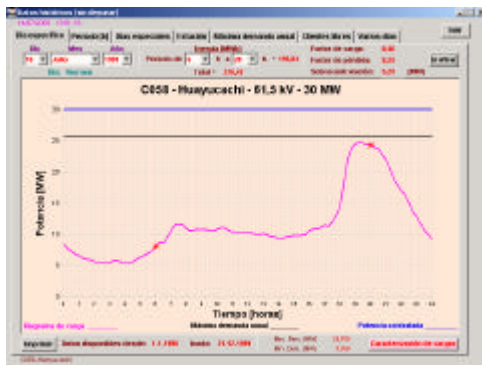


Figura 6.1 Histórico: Día específico por periodo

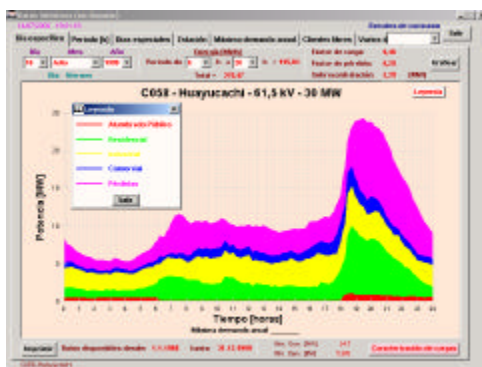


Figura 6.2 Caracterización de carga



Figura 6.3 Estructura de consumo

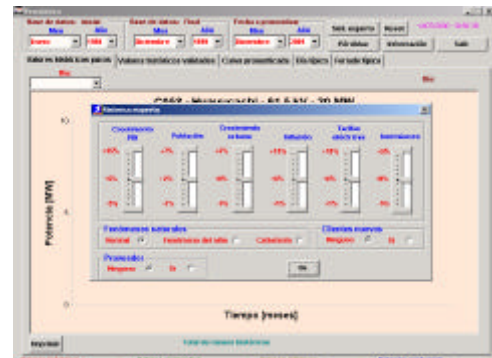


Figura 6.4 Sistema experto para el pronóstico

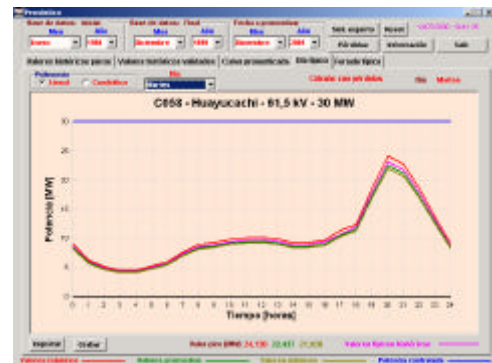


Figura 6.5 Pronóstico para un día martes de diciembre del 2001

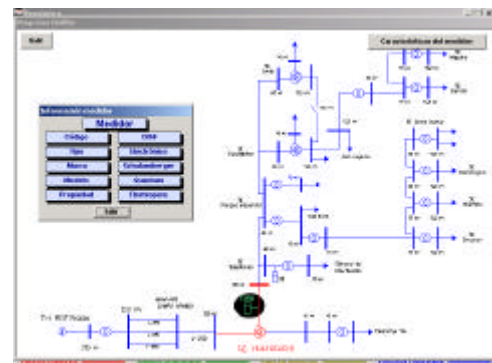


Figura 6.5 Diagrama unifilar del punto de compra y datos del medidor

Estos son solo algunos de los reportes que genera el programa. Las cargas pronosticadas pueden ser utilizadas para simulación de flujos de potencia, planificación, modelos de expansión óptima y cálculo de los costos marginales del sistema interconectado.

VII. CONCLUSIONES

El sistema propuesto es una alternativa a los métodos clásicos de pronóstico de demanda, debido a que utiliza los conocimientos de los ingenieros expertos en crecimiento de la demanda.

La base de conocimiento puede hacerse tan sofisticada como desee el analista de sistemas de potencia.

Se destaca la utilización de un sistema híbrido debido a que el pronóstico de carga se realiza en base al método de curve fitting y un sistema experto el cual cuenta con una adecuada base de conocimientos.

La herramienta esta en condiciones de gestionar grandes volúmenes de información de demanda (energía y potencia activa, energía y potencia reactiva, tanto inductiva como capacitiva) Permite realizar consultas y elaborar los reportes en medio magnético como impreso.

La versión profesional esta desarrollada en SQL 7.0 y el interface en Power Builder.

VIII. REFERENCIAS

- [1] De la Rosa i Esteva, Josep, **Sistemas Expertos a Temps Real**, Publicación de Universitat de Girona, España (1999)
- [2] Lee H, **Power Distribution Planning Reference Book**, Marcel Dekker, Inc. (1998)
- [3] Dabbaaghchi I, Cristie Richard, et al , **AI Application Areas in Power Systems**, IEEE Expert, January February (1997)
- [4] Lee H. , **Spatial Electric Load Forecasting**, Marcel Dekker, Inc. (1996)
- [5] García, A et al, **A Neural System for Short-Term Load Forecasting Based on Day-Type Classification**, Proc. ISAP94, pp. 353-360 (1994)
- [6] Kong Maynard, **Inteligencia Artificial**, Pontificia Universidad Católica del Perú (1993)
- [7] Hu David, **C/C++ for Expert Systems**, Mis Press (1991)
- [8] **MATLAB The Language of Technical Computing. Language Reference Manual. Version 5.1** The MathWorks (1998)
- [9] Electric Power Research Institute, **Research into Load Forecasting and Distribution Planning**, EPRI Report EL-1198, EPRI, Palo Alto, CA,(1979)
- [10] Thayer H. y Yourdon E. **Software Engineering Project Management**. IEEE Computer Society (2000)