

UN MÉTODO DE ESTIMACIÓN A CORTO PLAZO DE DEMANDA ELÉCTRICA AUN EN CONDICIONES INESTABLES

Percy Ariel Garrido Zúñiga

Empresa de Transmisión Eléctrica. ETESA, S.A.

RESUMEN

En situaciones de inestabilidad, es complicado hacer pronósticos, pues los repentinos cambios en las variables de las cuales depende el objeto a estimar lo apartan de lo que consideraríamos como su comportamiento normal. Para el análisis de variables que desde cierta distancia muestran un comportamiento inestable, debe utilizarse un método capaz de circunscribir la inestabilidad observada, de tal forma que se evidencie un comportamiento estable subyacente. Observando el comportamiento de la demanda eléctrica, desde un punto de vista adecuado, puede notarse que se mantiene un perfil que varía muy levemente en el tiempo. Aunque el perfil de la demanda eléctrica es casi constante, la intensidad o magnitud de la demanda es un rasgo que varía repentinamente.

PALABRAS CLAVES

Mínimos cuadrados, primer grado, extrapolación, regresión polinomial, demanda eléctrica, factor de carga, curva de consumo.

INTRODUCCIÓN

El pronóstico de demanda eléctrica es una cuestión que siempre tras de sí conlleva repercusiones importantes. Una leve desviación de un 5% en un pequeño sistema integrado como el de Panamá, puede significar 1 millón de dólares no considerados o en caso contrario, sobrevalorados en un mes. También el pronóstico de demanda puede llevar tras de sí, decisiones de tipo booleanas, las cuales para algunos de

los integrantes del sistema significarían diferencias de 100% en sus ganancias.

No podemos basar decisiones en pronósticos que se apoyan solamente en un pequeño grupo de situaciones puntuales de la historia, pero tampoco es acertado considerar que tales situaciones puntuales podrían ser sucesos aleatorios.

En casi la totalidad de los casos, un cambio súbito de las condiciones no es causado por el azar, lo que se demuestra cuando su ocurrencia se ve reflejada en los datos futuros.

Se puede decir que el conjunto de los cambios climáticos aparentemente aleatorios es en realidad el reflejo de las condiciones meteorológicas por las que está atravesando el objeto analizado. De lo anterior, se deduce que para llegar a un buen pronóstico del comportamiento de la demanda, sobre la cual las condiciones climáticas influyen grandemente, no se debe desestimar ninguno de los cambios climáticos registrados.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Demanda eléctrica: Un Todo Orgánico

Con la finalidad de explicar el comportamiento de un objeto estudiado, no siempre resulta correcto intentar descomponerlo en las variables que lo determinan. Cuando la incertidumbre de las variables que determinan el objeto de estudio llega a niveles críticos, los resultados obtenidos se tornan cada vez más inconsistentes (ejemplo: estimaciones de volumen de precipitación con muchos días de antelación).

Cuando la precisión difumina más el objeto de estudio, es el momento de cambiar de estrategia y pensar en totalidad. Al suponer el objeto como un organismo, se puede considerar que su propia conducta es lo que define su comportamiento futuro. Analizando la conducta del organismo, se busca distinguir patrones que sustenten su comportamiento futuro.

Periodo Semana

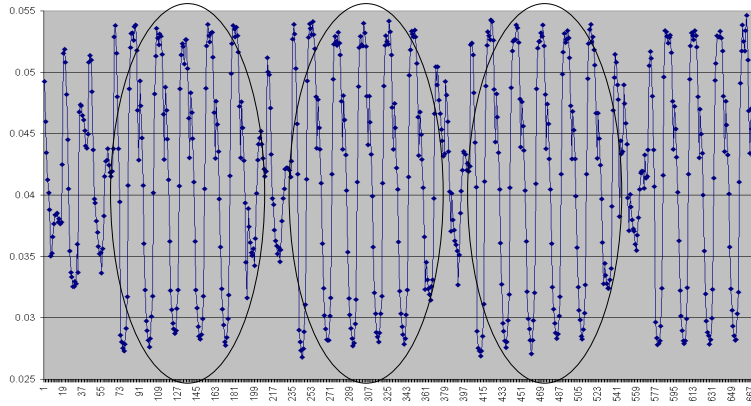


Fig. 1. Gráfico de 4 Semanas Demanda, en el cual se distingue el ciclo

Observando el comportamiento diario de la demanda eléctrica, fácilmente se puede ver que la misma tiene un comportamiento prácticamente cíclico de periodo semanal. Este periodo semanal, sugiere a la semana como unidad mínima de pronóstico y constituye uno de los primeros patrones distinguibles en la conducta de la demanda eléctrica.

Perfil de demanda

Se puede demostrar que para el caso de la demanda eléctrica de un sistema específico, el factor de carga para cada tipo de día es casi constante.

El factor de carga es la relación entre la demanda máxima del periodo y la demanda promedio del mismo periodo.

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Demanda}_{\text{MÁXIMA}}}{\frac{\sum_{H=1}^{H=24} \text{Demanda}_H}{24}}$$

Si se extrapola esta suposición para cada hora, se obtiene un perfil del comportamiento de la demanda:

$$\text{Relación : Demanda}_H - V_s - \text{Demanda Diaria} = \frac{\text{Demanda}_H}{\frac{\sum_{H=1}^{H=24} \text{Demanda}_H}{24}}$$

$$\text{Demanda}_H = [\text{Relación : Demanda}_H - V_s - \text{Demanda Diaria}] \times \frac{\sum_{H=1}^{H=24} \text{Demanda}_H}{24}$$

Considerando que generalmente la demanda máxima tiende a suceder siempre a la misma hora, se puede esperar que la extrapolación de la suposición inicial sobre el factor de carga también fuera cierta, es decir, se puede suponer que cada tipo de día tendiera a comportarse con un mismo perfil de demanda.

Superponiendo un grupo de curvas de perfil de demanda del mismo tipo de días, es notable que las mismas tienden a una curva promedio típica.

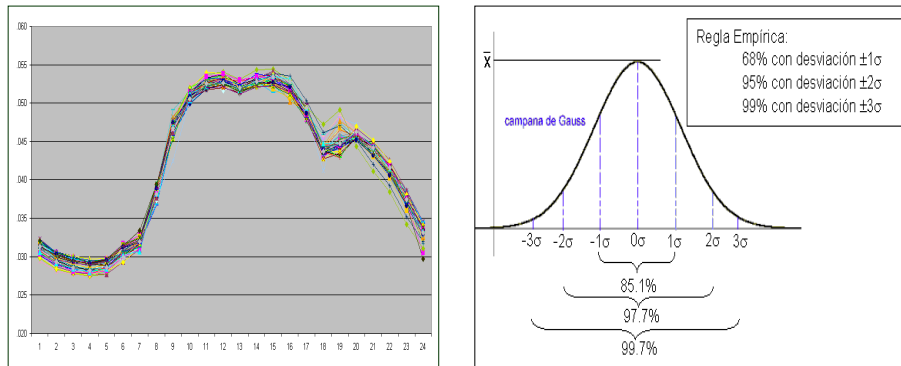


Fig. 2. Superposición de perfiles de demanda de una muestra conformado por días del mismo tipo.

El resultado observado gráficamente de la superposición de curvas de perfil de demanda es demostrable apoyándose en la llamada “Regla Empírica de la Distribución Normal”. Si se utilizan datos de la demanda eléctrica de Panamá para calcular la desviación horaria para una muestra de un año, y se promedia luego para obtener la desviación promedio diaria con respecto al perfil de demanda, se obtiene que para un mismo tipo de día el 85.1% de los días se mantienen por debajo de una desviación $\pm 1\sigma$ (σ =desviación estándar), 97.7% de los días se mantienen por debajo de una desviación $\pm 2\sigma$ y el 99.7% de los días se mantienen por debajo de una desviación $\pm 3\sigma$. Los resultados obtenidos demuestran que el perfil de demanda tiene un comportamiento Normal, por lo cual pudiéramos considerarlo prácticamente constante a lo largo del año. En resumen, la importancia del factor de carga o relación demanda máxima versus demanda total diaria, no hace más que respaldar otro de los patrones de conducta de la demanda eléctrica: *Perfil de Demanda*.

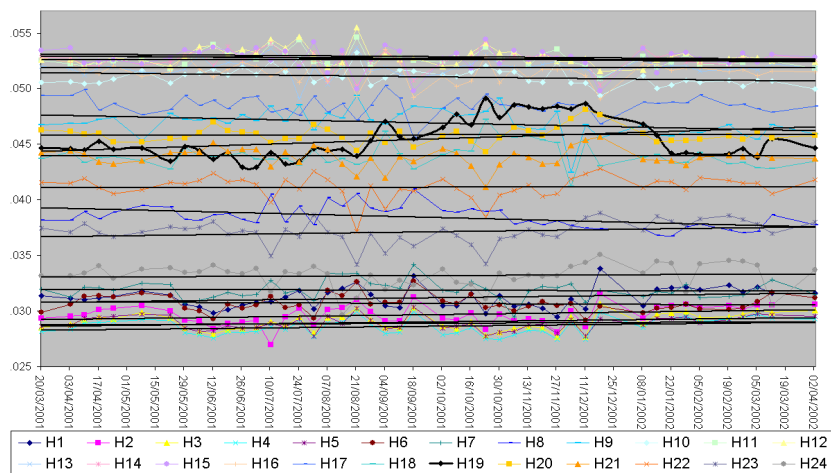


Fig. 3. Comportamiento Cronológico del Perfil de Demanda

Observando el perfil de demanda del mismo grupo de días analizado previamente, pero ordenado ahora en forma cronológica, es notable que aunque varía muy levemente, en ciertos casos la variación debe obedecer a una causa propia de ese periodo.

En conclusión, se puede señalar que para un mismo tipo de día el comportamiento de *la demanda eléctrica tiende a un perfil de demanda de periodo semanal que varía muy lentamente.*

Expresando el comportamiento previo

Si se observa el comportamiento semanal de la demanda total, desde una escala en donde sean apreciables los cambios significativos, se notará que aunque haya variaciones significativas, éstas no se pueden considerar aleatorias, pues, con frecuencia, el comportamiento previo demostrado sustenta los resultados de cada subsiguiente semana.

Resulta natural observar variaciones graduales de la demanda total semanal, ya que casi la totalidad de los factores que inciden importantemente en su comportamiento también se manifiestan gradualmente. Parámetros como los cambios de estación, depresiones económicas o proximidad de festividades importantes, son situaciones que conforme sea mayor su manifestación, mayor será su influencia en la demanda.

Aunque el propósito del método en cuestión es predecir la demanda, la premisa que siempre se debe cumplir es que aún cuando el pronóstico falle el objetivo, el margen de error siempre debe ser pequeño.

Gracias al horizonte de nuestro pronóstico, la clave para mantenerse cerca del objetivo, aún cuando este esté atravesando situaciones que alteran su comportamiento, está en apoyarse en el hecho de que debido al tamaño del objeto en contraposición con lo pequeño del horizonte en el cual es estudiado, el grupo de posibilidades se reduce porque el objeto puede variar su situación subsiguiente muy levemente con respecto a su estado previo.

Considerando que la demanda del periodo subsiguiente está muy relacionada con su comportamiento reciente, se puede concluir que expresando el comportamiento de unos pocos datos previos y luego utilizando esta expresión para extrapolar al periodo subsiguiente se obtendría un buen pronóstico de su comportamiento futuro.

Utilizando regresión polinomial con mínimos cuadrados podemos encontrar expresiones que definen el comportamiento previo del

Asegurando una buena muestra

Naturalmente, para hacer un buen pronóstico debemos valernos de un grupo de datos históricos del objeto pronosticado. Aunque observando el perfil de comportamiento de la demanda notamos el periodo semana, lo cual sugería a la semana como unidad mínima de pronóstico, no resulta práctico utilizar este concepto directamente, pues realmente la semana es la composición de varios días que pueden ser de diferentes tipos.

Si se intenta pronosticar la demanda semanal como un solo objeto, tendríamos que valernos de data histórica poblada por el mismo tipo de semana a pronosticar. Así pues, si una semana contiene un día feriado con especial comportamiento, la data histórica debe estar compuesta por semanas pasadas que contengan el mismo día feriado de especial comportamiento, no sólo eso, sino que este día debiera haber caído el mismo día de semana que caerá en la semana pronosticada. Hacer este filtrado nos surtiría con una data histórica demasiado alejada en el tiempo del periodo por pronosticar, lo cual reduciría drásticamente la calidad a los resultados obtenidos.

Para evitar utilizar datos históricos de poca validez, resulta mejor descomponer la semana para utilizar unidades menores, ya no semanas sino días. Estimando los días por separado, se procura contar con una base histórica de datos que sea lo más reciente posible.

METODOLOGÍA

Pronóstico de demanda diaria

La subpoblación utilizada para el pronóstico debe estar compuesta por los datos históricos de los días más recientes del mismo tipo que el día estimado.

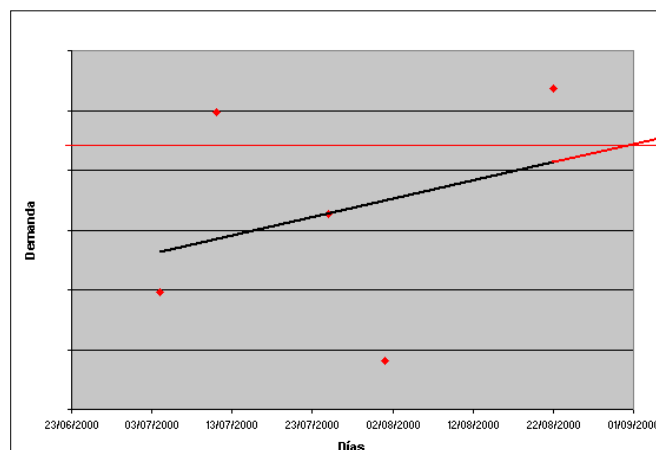


Fig. 4. Representación Gráfica de Método de Estimación

El comportamiento reciente de la demanda queda expresado utilizando regresión polinomial con mínimos cuadrados de primer grado, en donde la variable independiente es la fecha y la dependiente es la demanda total del día.

$$Demanda_{DIA_i} = a_0 + a_1 \times Fecha_{DIA_i}$$

Extrapolando o evaluando para la fecha a estimar la ecuación lineal que expresa el comportamiento reciente de la demanda, se obtiene la demanda total estimada del día en cuestión.

Parámetro de sintonización: Número de muestra para cálculo de demanda total

La cantidad de datos históricos necesarios para expresar el comportamiento reciente de la demanda es un valor que depende de la variabilidad del comportamiento de la demanda total diaria.

La cantidad de datos históricos considerados debe ser lo suficientemente pequeña para no incluir datos que no guardan relación con la actualidad y lo suficientemente grande para poder expresar el verdadero comportamiento. En resumen, el número de muestras para el cálculo de demanda total es el punto crítico en donde la *desviación* entre la demanda real y pronosticada es menor.

La variabilidad del comportamiento de la demanda es una propiedad del sistema y por ende debe ser tratado como un parámetro de sintonización.

Pronostico de demanda semanal

Estimando los días por separado se introduce la desventaja de que, debido a lo pequeño de la muestra utilizada, una alteración “aparentemente anormal” en alguno de los datos usados provoca una importante repercusión en los resultados. Si se consideran algunos datos como de comportamiento “anormal”, y de no tomárseles en cuenta, se cae en el error de despreciar una manifestación de una situación evidente solamente desde otro punto de vista y que en general ciertamente se verá reflejada en el comportamiento futuro que se intenta estimar.

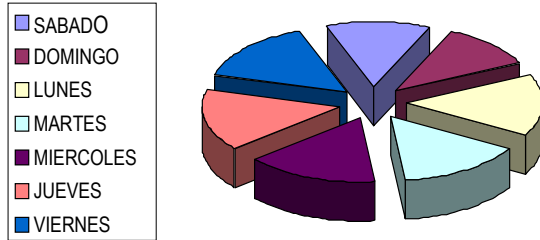


Fig. 5. Semana: Conjunto de 7 días

Manteniendo en la base histórica de datos los días que pudieran ser la manifestación de una situación subyacente, el conjunto de los días estimados contendrá el reflejo de esta situación por la cual se está atravesando, pero ciertamente el efecto estimado estará distribuido erróneamente.

En los resultados obtenidos de este pronóstico de días separadamente, en algunos casos situaciones puntuales han influido demasiado los resultados y, paradójicamente en otros casos, situaciones que son la manifestación de la situación por la cual atraviesa la demanda, no han sido consideradas.

Sólo el conjunto de los 7 días encierra el reflejo de la situación por la cual está atravesando la demanda, por lo tanto, sólo la suma de los 7 días pronosticados es un resultado provechoso.

$$Demanda\ Semanal = \sum_{i=1}^{i=7} Demanda_{DIA\ i}$$

Utilización del perfil de comportamiento de demanda para distribuir la demanda semanal estimada a nivel horario

Para poder considerar las leves variaciones que sufre el perfil de comportamiento de demanda, es necesario pronosticar la relación Demanda Horaria versus Demanda Diaria para cada una de las 24 horas de los 7 días que componen la semana pronosticada.

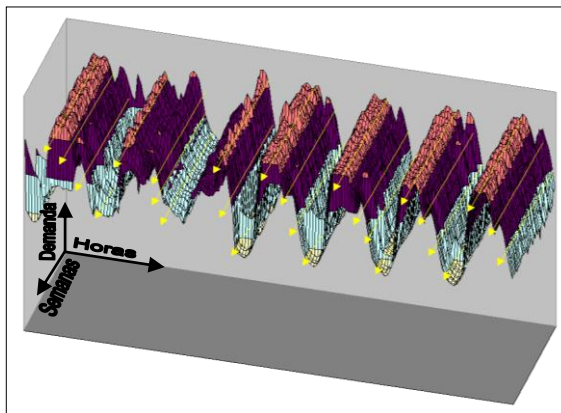
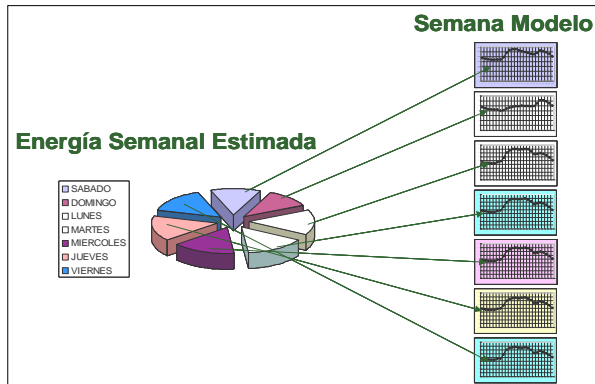


Fig. 6. Múltiples Pronósticos Independientes, resultan en una estimación semanal.

Obtenida la demanda de cada uno de los días que componen la semana estimada y respetando en esta ocasión la proporción “Demanda Horaria versus Demanda Diaria”, pronosticada para cada correspondiente “Día Modelo”, se obtiene la demanda horaria para cada una de las 168 horas de la semana pronosticada, lo que finalmente constituiría el resultado de nuestro pronóstico.



$$\text{Demanda}_{\text{DIA}_i \text{H}_j} = [\text{Relación : Demanda}_{\text{H}_j} - \text{Vs} - \text{Demanda Diaria}_{\text{DIA}_i}] \times \text{Demanda Pronósticada}_{\text{DIA}_i}$$

Parámetro de sintonización: Número de muestra para cálculo de perfil de comportamiento

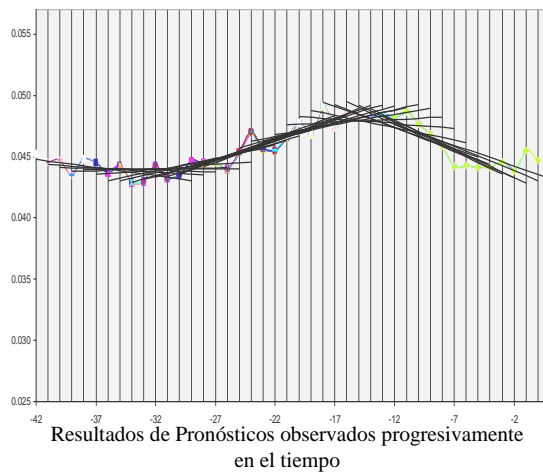
La cantidad de datos históricos necesarios para expresar el perfil del comportamiento de la demanda es un valor que depende de su variabilidad.

La cantidad de datos históricos considerados debe ser lo suficientemente grande para solamente notar variaciones en el pronóstico cuando las alteraciones en datos históricos sostenidamente evidencien que esto obedece a una causa propia de ese periodo. Típicamente el número de muestras para el cálculo de perfil de comportamiento debe ser significativamente mayor que el número de muestras para el cálculo de demanda total.

En resumen, el número de muestras para el cálculo de perfil de comportamiento es el punto crítico en donde la *desviación absoluta* entre la demanda real y pronosticada es menor.

La variabilidad del perfil de comportamiento de la demanda es una propiedad del sistema y por ende debe ser tratado como un parámetro de sintonización.

Observando los resultados progresivamente obtenidos podemos notar que, si se hizo una buena elección para el número de muestra para el cálculo del perfil de comportamiento, las extrapolaciones de las rectas que expresan la relación demanda horaria versus demanda diaria de los datos previos se mantienen cerca del objetivo.



Estimación semanal, el punto de equilibrio

Reduciendo desviaciones utilizando los días ocurridos

Debido a que la mínima unidad de análisis es el día, una ventaja natural que presenta el método expuesto consiste en que conforme avanza la semana, cada día transcurrido puede ser utilizado para procurar datos más recientes y su consideración influye positivamente en todos los días pronosticados.

Una ventaja adicional del método presentado es que debido a que se obtiene con buen grado de certeza la demanda total para la semana completa pronosticada, conforme transcurre la misma, si al monto de demanda semanal pronosticado se le resta la demanda de los días transcurridos, entonces en teoría, con mayor grado de certeza se determina la demanda de los días restantes de la semana inicialmente pronosticada.

Simbiosis

Métodos determinísticos, los cuales se basan en la descomposición del objeto analizado, resultan satisfactorios en escenarios donde solamente los elementos en los que se descompuso el objeto son preponderantes y además donde las estimaciones independientes de cada uno de los elementos en los cuales se descompuso el objeto son fiables.

Ejemplo, en un horizonte de muy corto plazo, en donde las estimaciones de condiciones climáticas son aceptablemente confiables

y, casualmente, en donde el resto de los elementos que desvían el comportamiento normal de la demanda pueden considerarse como invariables, es en donde métodos tales como redes neuronales pueden ser aplicados con éxito. La posible ventaja de utilizar métodos determinísticos, en este muy corto plazo, es natural; pues debido a la propia filosofía de descomposición del objeto estudiado, en este escenario, se aprovechan más elementos de casi segura ocurrencia.

Otra de las adaptaciones que el método acepta, consiste en la simbiosis con métodos alternos que pudieran demostrar un mejor desempeño para plazos menores a la semana. Restando la demanda total de los días pronosticados por métodos alternos menos la demanda semanal pronosticada, se obtiene la demanda requerida para el resto de los días y así por deducción se aprovechan las posibles ventajas de métodos alternos utilizados.

CONCLUSIÓN

El método presentado procura contar con una base de datos fidedigna para producir mejores resultados en lo que se refiere al pronóstico de la demanda semanal. Por otro lado, apoyándose en el comportamiento normal demostrado por los datos históricos de la demanda, procura evitar estimaciones en donde situaciones puntales produzcan influencias desproporcionadas.

Debido al sólido apoyo que utiliza el método en el comportamiento modelo de la demanda tanto a nivel diario como horario, el perfil del comportamiento de los resultados obtenidos siempre obedece al perfil demostrado por los datos históricos.

Actualmente el método aquí desarrollado está siendo utilizado con comprobado éxito y aceptación en el Centro Nacional de Despacho (CND) de la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA) para el Mercado Mayorista de Energía Eléctrica en Panamá.

ABSTRACT

In unstable situations, is complicated to make forecast because the sudden changes in the variables which the analyzed object depends, separate it from which we would consider like the normal behavior. For the analysis of variables that from certain distance show as unstable behavior, the used method must circumscribe the observed

instability as an underlying stable behavior. Looking the behavior of the electrical load, from an suitable point of view, we can see that it maintains a profile that varies very slightly in the time. Although the profile of the electrical load is almost constant, the intensity or magnitude of the demand is a characteristic that varies suddenly.

REFERENCIAS

Ekeland. 1988. "El cálculo, lo imprevisto", Breviarios FCE, México.

Guante, W. D. 1980. "Bioestadística". Editorial Limusa. México.

Kosko, B. 1995. Pensamiento borroso: La nueva ciencia de la lógica borrosa, Barcelona, Grijalbo / Mondadori.

Sharpa, S. C. & Canale, R. P. 1998. "Métodos Numéricos para Ingenieros con Aplicaciones en Computadoras Personales". Editorial McGraw-Hill. México.

Recibido mayo del 2002, aceptado agosto del 2002.