

Modelo generalizado de predicción de consumos de gas natural a mediano y corto plazo

PRIMERA PARTE

En el presente trabajo se presentan las características básicas de un modelo desarrollado en la Gerencia de Distribución del ENARGAS, para realizar predicciones del comportamiento del consumo ininterrumpible del gas natural a mediano plazo (1 a 5 años). Este modelo es una extensión y generalización del modelo de predicción del consumo de gas a corto plazo (1 a 5 días), desarrollado previamente, que viene usándose exitosamente para predecir los consumos ininterrumpibles diarios en las principales ciudades de la República. En su versión original (corto plazo), el modelo fue exitosamente probado en el Gran Buenos Aires y en las principales ciudades del país. El mismo tiene la capacidad de predecir los consumos ininterrumpibles con hasta 5 días de

anticipación, con incertezas del orden del 10%. También se discute la extensión del modelo original al mediano plazo.

En la segunda parte de este trabajo (ver próxima edición) se presentará un procedimiento novedoso que permite obtener las distribuciones de consumos diarios a partir de los datos de consumo mensuales. Este procedimiento permite obtener los consumos máximos y factores de carga de las distintas componentes del consumo de gas a partir de los datos de facturación mensuales y obtener los parámetros del modelo propuesto.

Con esta versión del modelo es posible estimar los consumos máximos, factores de carga y capacidades contratadas óptimas discriminadas por región y categoría de usuario para una región dada.

Por S. Gil, J. Deferrari y L. Duperrón
Gerencia de Distribución de ENARGAS

I.- Introducción

La estimación de consumos futuros de gas natural, es un ejercicio indispensable de realizar para todos los sectores económicos y gubernamentales relacionados con la industria de gas natural. En particular, estimar los máximos consumos esperables y su probabilidad de ocurrencia es de gran utilidad para asegurar el correcto abastecimiento de gas a una ciudad o región determinada. Asimismo, es importante caracterizar estos posibles escenarios de consumo para determinar los volúmenes óptimos de capacidad de gas a contratar por parte de los distribuidores y transportistas de gas natural.

En este trabajo se presentan las características básicas de un modelo de predicción de consumo útil para realizar predicciones en el de la componente ininterrumpible del consumo a mediano plazo (1 a 5 años). El modelo de predicción de consumo es una generalización de un modelo originalmente desarrollado para predecir el consumo ininterrumpible a corto plazo^{1,2} (1 a 5 días).

También en este trabajo se presenta un método novedoso para relacionar las distribuciones de consumos mensuales con las correspondientes distribuciones diarias. A partir de esta conexión, es posible obtener los parámetros del modelo y estimar los factores de carga (FC) asociados a distintos

tipos o categoría de usuarios (residenciales, industriales, GNC, etc) usando los datos de consumos mensuales obtenidos de las facturaciones. Los factores de carga son parámetros muy importantes que determinan los costos de transporte ya que el costo de la infraestructura de transporte depende de las capacidades máximas que la misma puede soportar. De hecho el costo de transporte o tarifa, P_i , de cada categoría de usuario, i , se calcula por una expresión de la forma³:

$$P_i = P_0 + \frac{A}{FC_i} ; \quad i = \text{residencial, GNC, etc}$$

Donde P_0 es el costo del gas en el lugar de producción y A es una constante características de los costos de transporte del sistema. De este modo se ve que la determinación de los parámetros FC_i juegan un papel crucial en la industria del gas natural.

II.- Hábitos de consumo y variación del número de usuarios

Para nuestro estudio es importante conocer las características básicas del consumo en la Argentina que determinan la compo-

nente no interrumpible (usuarios residenciales, comerciales, GNC, etc.). Si bien todos nuestros estudios están basados en datos de la República Argentina, es posible que muchas de las características básicas sean válidas para otros lugares.

El análisis de la variación del consumo anual por tipo de usuario, muestra que en la Argentina el consumo promedio por usuario se mantuvo prácticamente constante por los últimos 7 años, con una ligera tendencia a disminuir (-1.5% aproximadamente para la componente residencial en el GBA). La figura 1 ilustra esta situación para el caso de la distribuidora MetroGas. Resultados similares se obtienen para otras distribuidoras de la Argentina. En este período la variación promedio del precio del gas fue del orden del 1% anual. A partir del análisis de los datos de consumos residenciales (R) y Servicios Generales Pequeños (SG-P), figura 1, podemos afirmar que la variación del consumo por usuario es susceptible de ser modelada por una expresión lineal de la forma:

$$Q_{usr}^{(i)}(t) = Q_{usr-\theta}^{(i)} \cdot \left(1 + f_{usr}^{(i)} \cdot (t - t_\theta) \right)$$

donde $Q_{usr}^{(i)}(t)$ representa el consumo por usuario de la componente i (=Residencial, SG-P, etc.) al tiempo $Q_{usr-\theta}^{(i)}$ el valor del consumo por usuario a tiempo t_θ tomado como referencia y $f_{usr}^{(i)}$ es el parámetro que determina el incremento de esta componente del consumo. Lo más relevante de la expresión (1) es que puede ser modelada a partir de los datos de consumo anuales.

La figura 2 muestra la variación anual del número de usuarios residenciales, para la distribuidora MetroGas. Resulta claro que la variación en el número de usuarios muestra un comportamiento lineal muy típico.

Este análisis permite afirmar que el comportamiento y hábitos de consumo de los usuarios residenciales y SG-P no varió significativamente en los últimos 7 años en la Argentina pero en todos los casos es posible proyectar estas tendencias usando un modelo lineal como el descrito por (1). La variación del número de usuarios residenciales, SG-P y totales ininterrumpibles (incluyendo GNC) ha tenido asimismo una variación constante y sostenida durante los últimos 7 años. A partir de los datos anuales de número de usuarios para cada categoría (i) es posible modelar la variación anual de los usuarios por la función:

$$N^{(i)}(t) = N_0^{(i)} \cdot (1 + f_N^{(i)} \cdot (t - t_0)) \quad (2)$$

donde $N^{(i)}(t)$ representa el número de usuarios tipo (i) para el año indicado por t. $N_0^{(i)}$ es el número de usuario del tipo i para el año tomado como referencia t_0 . $t - t_0$ es el número de años transcurridos entre el año de referencia (t_0) y el año de interés (t). $f_N^{(i)}$ es el factor de crecimiento anual en el número de usuarios, de la categoría en cuestión (i). Este último factor se determina a partir de los datos reales y puede ser usado para realizar proyecciones para años en un futuro cercano, esto es $\Delta t \leq 6$ años.

Desde luego los parámetros y $f_N^{(i)}$ y f_{SG-P} son diferentes para cada ciudad o región en consideración.

La variación del consumo anual total para cada región o ciudad (y por lo tanto también para cada distribuidora) y para cada categoría de usuario (i), puede obtenerse multiplicando (1) y (2), el resultado es:

$$Q_{\text{anual}}^{(i)}(t) = Q_{\text{anual}}^{(i)} \cdot (1 + f_Q^{(i)} \cdot \Delta t) \quad (3)$$

donde $Q_{\text{anual}}^{(i)} = Q_{\text{anual}}^{(i)} \cdot N_0^{(i)}$ y $f_Q^{(i)} = f_{SG-P} + f_N^{(i)}$. $Q_{\text{anual}}^{(i)}(t)$ representa el consumo anual del tipo (i) para el año indicado por t_0 es el consumo anual del tipo i para el año tomado como

Continúa en página 26

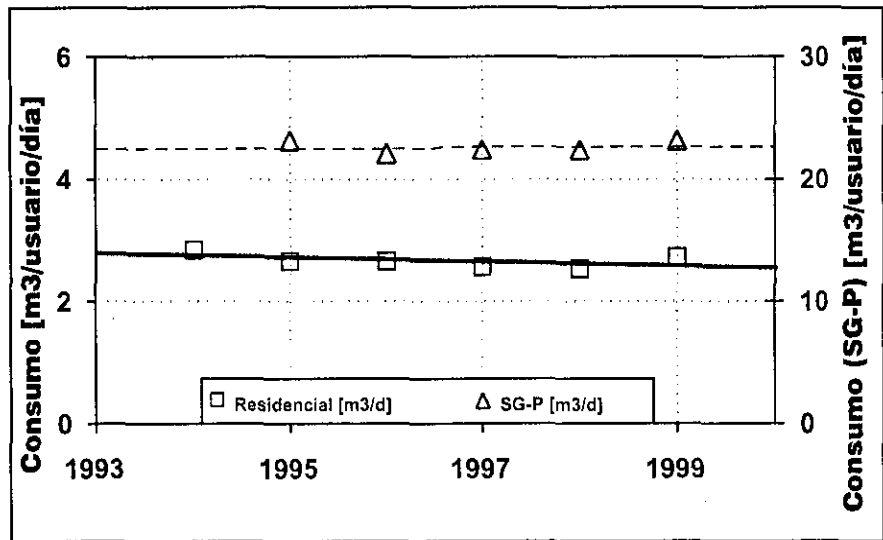


Figura 1: Consumo de gas por usuarios residenciales (R) y servicios generales pequeños (SG-P) a lo largo de los últimos 7 años para la distribuidora MetroGas que abastece a la Capital Federal y la zona sur del Gran Buenos Aires. Los volúmenes corresponden al consumo medio diario. Se observa que el consumo por usuario es prácticamente constante, con una variación que puede ser descrita por la expresión (1). Las líneas son ajustes a los datos.

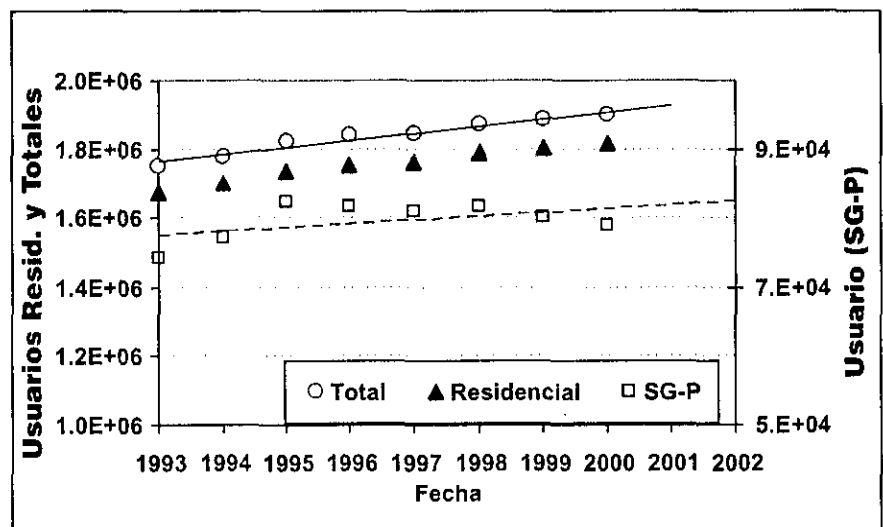


Figura 2: Variación del número de usuarios residenciales y totales en función del tiempo, para la distribuidora MetroGas que abastece parte de la ciudad de Buenos Aires y la zona sur del GBA. Las líneas son ajustes a los datos.

SEWERIN
Fugas LeL

MICHELL
Instruments

Punto de rocío de hidrocarburos y agua

AM AUTOMAT
MEDICION

MEDICIONES EN GAS

Dr. Bielsa 175 (ex Marlotte) - C1427AZA - Buenos Aires, Argentina • www.automat.com.ar
Tel.: (54-11) 4555-0055 - Fax: (54-11) 4555-0444 • E-mail: automat@infovia.com.ar

testo

Temperatura,
humedad
Emisiones gaseosas

CONTROLTRON
Caudal de gas y líquidos

referencia 10. Estas expresiones permiten realizar proyecciones robustas de consumos a futuro.

III.- Modelo de predicción de consumos

Corto Plazo

Para una ciudad dada, es posible desarrollar modelos de consumos basados en las temperaturas diarias, día de la semana, etc. En particular para las principales ciudades de la Argentina fue posible desarrollar un modelo de consumo de gas a corto plazo (1 a 5 días)^(1,2). El mismo es capaz de predecir los consumos diarios con incertidumbres del orden del 10% para las principales ciudades de Argentina^(1,2). En la referencia 1 se discuten los detalles de dichos modelos. Sin embargo las características básicas del mismo se basa en el uso del concepto de *temperatura efectiva*, T_{ef} , que es el promedio pesado entre la temperatura media de cada día y el promedio de las temperaturas medias de n -días anteriores (*moving average*), usualmente $n=4$ o 5. Más específicamente definimos:

$$T_{ef} = w \langle T \rangle + (1-w) \langle T_{-n} \rangle \quad (4)$$

donde w es un factor de paso entre 0 y 1 que se determina a partir de los datos de consumo y las temperaturas⁽¹⁾. $\langle T \rangle$ representa la temperatura media (valor medio de la temperatura máxima y mínima del día en cuestión), $\langle T_{-n} \rangle$ es el promedio de las temperaturas de los n - días anteriores al día en cuestión. De este modo la temperatura efectiva automáticamente incorpora el efecto de histéresis o retardo que se manifiesta en el comportamiento típico de los usuarios de gas. Más específicamente, este parámetro permite incluir en los modelos de consumo el hecho de que los usuarios de gas no encienden la calefacción inmediatamente después que la temperatura desciende, sino una vez que la misma se mantuvo baja por algunos días. Similarmente los calefactores no se apagan inmediatamente apenas sube la temperatura sino una vez que dicho aumento persistió por unos días⁽¹⁾. Usando la temperatura efectiva, es posible parametrizar el consumo ininterrumpible ($Q^{(inint)}$) diario como:

$$Q^{(inint)}(T_{ef}) = Q_0^{(inint)} \left\{ 1 + f \cdot \tanh \left(\frac{T_{ef} - T_0}{\Delta T} \right) \right\} \quad (5)$$

En esta expresión, los parámetros $Q_0^{(inint)}(T_0) = Q_0^{(inint)}$ dependen de la ciudad en estudio y sus valores se determinan a partir del análisis de los datos observados de uno o más años. En

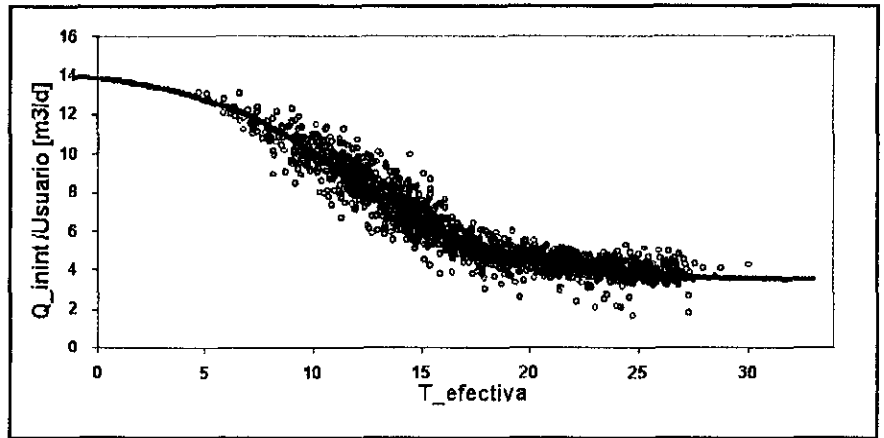


Figura 3: Variación del consumo ininterrumpible diario por usuario en la zona de GBA abastecida por MetroGas, en función de la temperatura efectiva para los días hábiles de los años 1996 al 2000. Los círculos representan los datos reales de consumos. La curva continua corresponde a la predicción del modelo, ec.(5).

la Figura 3 se presentan los datos de consumo ininterrumpible por usuario y por día para la zona del Gran Buenos Aires abastecida por MetroGas, junto con la parametrización (5).

La variación del consumo en el tiempo es tomada en cuenta en este modelo a través de la variación en el tiempo del parámetro $Q_0^{(inint)}$, a saber:

$$Q_0^{(inint)}(t) = Q_0^{(inint)} \cdot \left(1 + f_q^{(inint)} \cdot (t - t_0) \right) \quad (6)$$

El parámetro $f_q^{(inint)}$ es el que se obtiene del ajuste de los datos usando las expresiones equivalentes a (1),(2) y (3) para la componente ininterrumpible.

En la Figura 4 se presentan los datos observados (reales) de los caudales de consumo diario ininterrumpible (Q_{di}) en función del tiempo, para los meses de otoño-invierno del período estudiado para la zona del GBA abastecida por Gas Natural Ban. En esta figura se presentan con una línea continua los valores teóricos de Q_{di} obtenidos

con nuestro modelo. En todos los casos estudiados se observa un acuerdo muy bueno entre el modelo y los datos observados. Un análisis sistemático de todo el período estudiado, indica que el modelo sigue los datos observados en el 90% de los días con desviaciones menores que el 10%. Este grado de acuerdo es similar o mejor que otros modelos desarrollados para este fin. Además, una característica importante del presente modelo es que hace uso sólo parcialmente los pronósticos de $\langle T \rangle$, ya que la temperatura efectiva también incluye la temperatura de días anteriores, sobre los que no se tiene incerteza. Por último, para tener en cuenta la disminución de consumo que ocurre durante los fines de semanas y días feriados, usamos un factor de peso que corrige el consumo en aproximadamente un 15% los domingos y feriados y un 10% los días sábados. Estos parámetros se ajustan en cada ciudad a partir del estudio de los datos observados.

Continúa en página 28

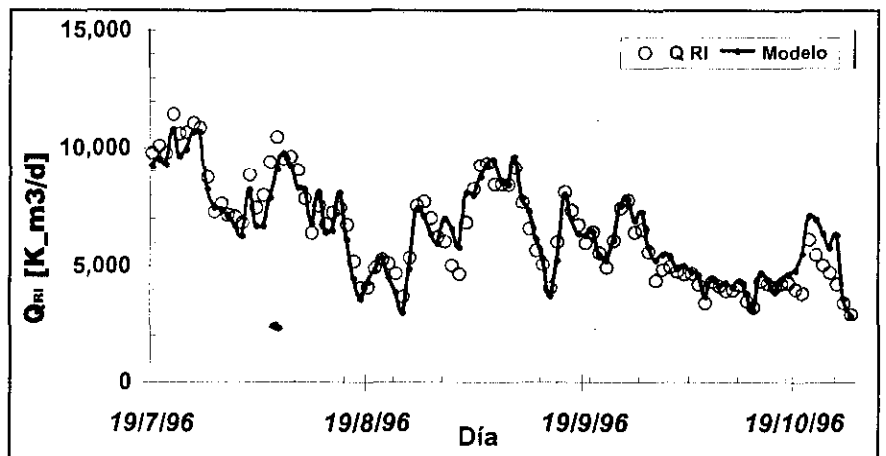


Figura 5: Comparación de los consumos ininterrumpibles observados (círculos abiertos) para la zona del GBA abastecida por Gas Natural BAN con los valores predichos por el modelo (curva continua) para el intervalo de tiempo comprendido entre el 19/7/1996 y el 20/10/1996. Las grillas verticales (líneas claras de trazos) corresponden a los días domingo.

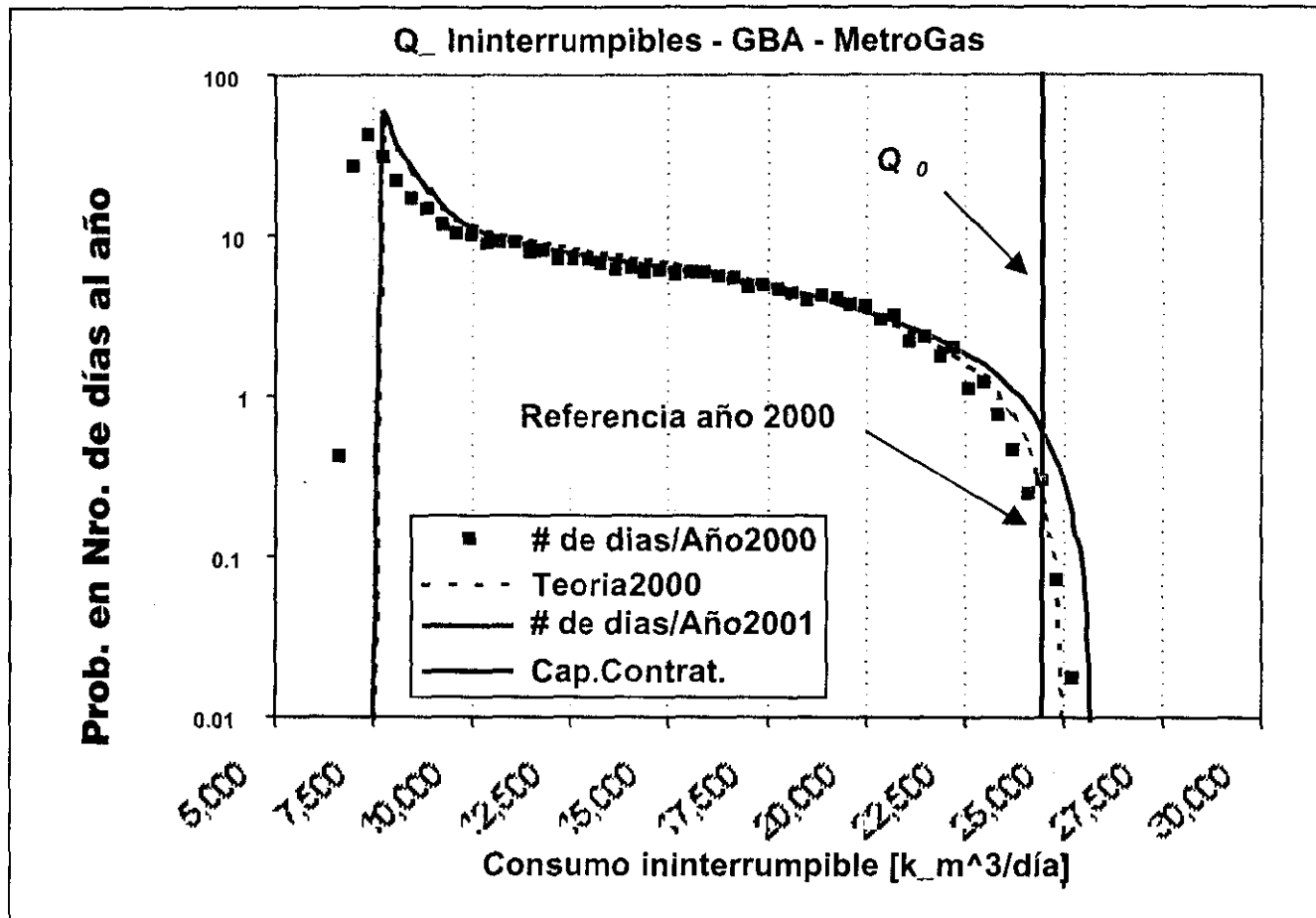


Figura 5: Probabilidad de consumo ininterrumpible para la zona del GBA abastecida por MetroGas. En este gráfico la probabilidad se expresa como el número de días al año en que se espera que el consumo tenga el valor expresado en la ordenada. Los datos y la línea de trazo se refieren al año

2000. La línea gruesa continua es la proyección para el año 2001. Calculando el área de la curva, a la izquierda de una dada ordenada Q_0 (Caudal diario) obtenemos una estimación número de días en el que el consumo supera el valor Q_0 .

■ Viene de página 26

Mediano Plazo

El modelo de corto plazo que acabamos de describir, permite predecir los consumos basándose en dos conjuntos de datos: parámetros del modelo que varían en el tiempo suavemente de modo predecibles y los escenarios térmicos pronosticados. De este modo la limitación mayor para extender el modelo a más largo plazo proviene de la gran incerteza que implica realizar pronósticos térmicos a más largo plazo. Sin embargo, para la industria de gas natural, el tipo de predicción que se requiere a mediano plazo, 1 a 5 años, no es necesariamente conocer el consumo en un día determinado de un año del futuro, sino la probabilidad de ocurrencia de un dado valor de consumo y en particular tener la capacidad de predecir los consumos máximos. De este modo, si conocemos las probabilidades de ocurrencia de los distintos escenarios térmicos de

un futuro cercano, donde tenemos fundadas razones de suponer que las tendencias descritas por las ecuaciones (1), (2) y (4) son aplicables, es posible usar el modelo descrito antes para calcular los correspondientes consumos de gas natural.

Usando la base de datos de las temperaturas ocurridas en los últimos años (preferentemente en los últimos 30 a 40 años), es posible determinar la probabilidad de ocurrencia de un dado escenario de temperatura. La hipótesis fundamental que hacemos es que los escenarios térmicos ocurridos en el pasado pueden volver a ocurrir con igual probabilidad que en el pasado. En otras palabras, suponemos que las posibles variaciones globales de temperaturas son pequeñas durante los períodos que se consideran en nuestros estudios. Por lo general, dichas predicciones pronostican variaciones menores a 1 °C por siglo.

De este modo, usando la probabilidad de ocurrencia de un dado escenario térmico y el número de usuarios calculados para un

año futuro y sus pautas de consumo, empleando el modelo de consumo, podemos predecir la probabilidad de ocurrencia de los consumos para el año de interés a mediano plazo.

Con estas suposiciones, es posible construir curvas de probabilidades de consumos como las indicadas en la figura 5. A partir de ellas es posible estimar los valores óptimos para las capacidades contratadas para una ciudad dada. También estas distribuciones de probabilidad de consumo permiten estimar el valor de los factores de carga para la componente del consumo que se está tratando. Más específicamente, si $\langle Q \rangle$ representa el valor medio de la distribución de consumo (Fig. 5) y Q_{max} es el valor máximo de la distribución de consumo. El Factor de carga (FC) viene dado por:

$$FC = \frac{\langle Q \rangle}{Q_{max}} \quad (7)$$

donde $\langle Q \rangle$ es el valor medio de la componente de consumo en estudio y Q_{max} re-

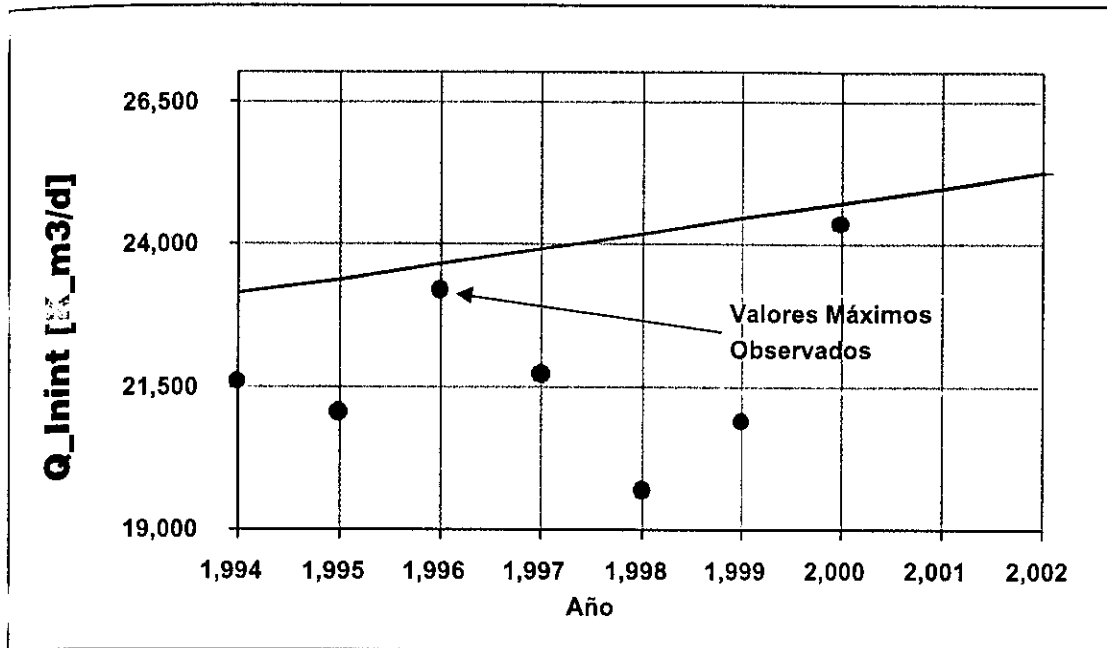


Figura 6: Estimación de las capacidades contratadas en distintos años para la Distribuidora MetroGas. Estas estimaciones se realizaron bajo la hipótesis de que el consumo ininterrompible no supere a dicha capacidad más de 1 día cada 20 años en promedio.

presenta el valor máximo de esa misma componente de consumo.

Finalmente, a partir de nuestro estudio es posible estimar las capacidades contratadas óptimas para abastecer una región o ciudad

dadas. En particular en la Figura 6 se presentan los resultados de dichos cálculos para los casos de MetroGas, usando el modelo de mediano plazo, bajo la suposición de que dichas capacidades no sean superadas

por la componente ininterrompibles en más de un día en 20 años.

■ Continúa en página 30

Folha do GNV Unica e potente... como o Brasil

Mais um gigante investe no mercado do gás veicular

A camião posto conv...

Para assinaturas e vendas:

Av. Nossa Senhora de Copacabana 542 / 1205
 CEP 22.022-970 - RJ - Tel.: (021) 2255-0830
 Cel.: 9206-8885 • E-mail: folhadognv@geored.com

the **GVR**

The Gas Vehicles Report
 Un magazine mundial para el mundo del GNC

En inglés, y con una tirada masiva no sólo en los países del Viejo Continente, sino también en los grandes mercados del Cercano y Lejano Oriente y Africa.

Desde nuestra sede en Europa, promovimos además todas las publicaciones de esta editorial, guías y exposiciones.

Holland Office Center - Kruisweg 813 - A
 2132 NG Hoofddorp - Nederland
 Tel: +31 20 617 1062
 e-mail: europe@gasgroup.net

Subscriptions: subscription@gasgroup.net

Bibliografía

1. Modelo de Predicción de Consumo de Gas natural en la República Argentina. S.Gil y J. Deferrari. Petrotecnia (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas) XL, N03, Sup. Tecn. 1,1 - Junio(1999).
2. Monitoreo de la Provisión de Gas Natural al Gran Buenos Aires. S.Gil y E. Fusario. Revista Petroquímica, Petróleo Gas & Química - N° 139, p.11.672, dic. 1997.
3. Marco Regulatorio del Gas Ley 24.076 de la Nación Argentina - www.enargas.gov.ar

Los autores

Salvador Gil obtuvo el título de Doctor en Física (Ph.D.) de la Universidad de Washington Seattle - EE.UU. y el de Licenciado en Física de la Universidad de Tucumán, Argentina. Sus intereses profesionales incluyen la investigación en física experimental, la docencia universitaria y la industria del gas. Fue investigador del Laboratorio Tandar de la CNEA y de la Universidad de British Columbia de Canadá y de la Universidad de Washington. En la actualidad es profesor de Física de las universidades de Gral. San Martín y de Buenos Aires. Desde hace 4 años realiza tareas de consultoría para la industria del gas, en particular para el ENARGAS.

Jorge Deferrari obtuvo el título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Tecnológica Nacional. Se ha desempeñado en la ex Gas Del Estado en el área de Grandes Consumidores, monitoreando las restricciones de suministro que debían llevar a cabo aquéllos. En la actualidad es el Gerente de Distribución del ENARGAS y tiene bajo su órbita, entre otras cuestiones, el articular modelos de predicción de consumo para efectuar el seguimiento de la demanda de gas en los sistemas de distribución.

Luis Duperron obtuvo el título de Ingeniero Industrial en la Universidad Buenos Aires. Desempeña su labor en la Gerente de Distribución del ENARGAS.

Gas Natural

ahora más que siempre

El gas natural es un recurso energético, argentino, abundante, limpio, a mano, económico y de exportación. Reúne todas las condiciones para jugar como base e impulso de una reactivación. Es una inteligente respuesta a la crisis de hoy con múltiples aplicaciones no solo tecnológicas sino también políticas y sociales.

Gas&Gas es un instrumento de divulgación de la potencialidad nacional y regional del gas natural y del GLP. **Gas&Gas** es una expresión precisa y efectiva de las empresas comprometidas, los organismos de regulación, miles de trabajadores y millones de usuarios que lo operan y consumen en todo el territorio nacional y crecientemente en la región.

El gas natural, su industria, requiere de una herramienta propia de comunicación ahora más que siempre.

Gas&Gas es:

- Mailing puntual actualizado mes a mes. Nuestra llegada vale por la calidad de cada escritorio e identidad comercial, técnica y política.
- Nuestro mailing de distribución es público y se vuelca con regularidad en la Guía Argentina de Gas Natural y GLP.
- Con oficinas en Brasil, aseguramos una distribución a los principales actores energéticos de la región y Latinoamérica (12 países).
- Disponemos del más completo compendio de estadísticas del sector.
- Presentación electrónica de la información con envíos on-line y por disquete.
- Publicamos en todas las ediciones un suplemento único sobre el Gas Licuado de Petróleo.
- Presentes en todos los eventos nacionales e internacionales donde las industrias y el sector regulador sostienen su labor política y comercial. Somos la única publicación Latinoamericana presente en los encuentros de International Gas Union. Ya disponemos de un stand en IGU Tokio 2003. Asistentes con stand de World Liquid Petroleum Gas Association, en París 2001 y en la Asociación Iberoamericana de Gas Licuado de Petróleo, Bahía 2001; y así lo estaremos en AIGLP, Margarita 2002.
- Procuramos destacar nuestro profesionalismo en la calidad gráfica y de diseño, soporte material equivalente a la jerarquía de los protagonistas que opinan en sus páginas.

El gas natural y el GLP crecen en la matriz energética Argentina y Latinoamericana. La potencia de su voz aumenta junto a sus instrumentos de la comunicación.

Gas&Gas, ahora más que siempre.

