

Análisis de Situaciones de Riesgo en el Abastecimiento de Gas Natural al Gran Buenos Aires

Salvador Gil[†] y Jorge Deferrari.

Gerencia de Distribución del ENARGAS.

ENARGAS - Ente Nacional Regulador del Gas. Argentina.

Suipacha 636 - 4p. (1008) Cap. Fed. - Argentina.

FAX: (5411) 4348 -0532/0535

Resumen: En el presente estudio se describen las características básicas de un modelo desarrollado en la Gerencia de Distribución del ENARGAS, para predecir el comportamiento del consumo ininterrumpible del gas natural en las principales ciudades de la República Argentina. El modelo aquí descripto es de carácter general y fue exitosamente probado en el Gran Buenos Aires y para las principales ciudades del País. El mismo tiene la capacidad de predecir los consumos ininterrumpibles con dos a tres días de anticipación, con incertezas del orden del 10%. Además posee una gran robustez en la predicción del consumo ya que se basa parcialmente tanto en los pronósticos térmicos como en los escenarios preexistentes. Este modelo incluye entre sus atributos, el crecimiento anual en el número de usuarios. Haciendo uso de este modelo y los datos de temperaturas registradas en el GBA para los últimos 56 años, es posible recrear posibles escenarios de emergencia en el abastecimiento del GBA para los años futuros y evaluar los riesgos potenciales de situaciones de alto consumo por períodos de más de cuatro días. En particular en este trabajo presentamos los resultados de este análisis para el invierno del 2000.

Abstract: In the present work we present the basic characteristics of a model, developed at the Distribution Department of ENARGAS, intended to predict the natural gas consumption of the major cities of Argentina. The model presented herein predicts, within a 10% of uncertainty, the consumption for the main cities of Argentina. The model is very robust, since it depends on preexisting conditions and is only partially dependent upon the temperature forecast. The model includes the increase of consumers with time. Using the present model and the historical records of temperatures for the Greater Buenos Aires for the last 56 years, we have been able to evaluate the probabilities of occurrence of situations of large consumption of gas for more than 4 consecutive days. These events could potentially jeopardize the supply of natural gas to this area. In particular we analyze the case of the winter of the year 2000 in the region of the Greater Buenos Aires.

Introducción: Es de gran importancia para el normal abastecimiento de gas natural poder predecir con unos pocos días de anticipación el consumo, como así también recrear situaciones de potencial riesgo en el abastecimiento de gas. Esto es particularmente cierto para un país como el nuestro, donde los centros de producción y consumo están separados por grandes distancias, lo que hace necesario que los responsables de atender el suministro tengan que poner en práctica una serie de operaciones coordinadas para responder a grandes incrementos de demanda. Según el marco regulatorio vigente (Ley 24076) es responsabilidad de las compañías prestatarias del servicio realizar las previsiones de consumo, de modo de asegurar el buen suministro de los servicios ininterrumpibles (Art. 24). Por otro lado, es importante disponer de una herramienta de evaluación para comprender los factores que determinan el consumo de gas natural en las diversas regiones del país como así también

prever eventos de gran demanda de gas natural en mediano y corto plazo. En este trabajo se describe sucintamente las características básicas del modelo desarrollado en la Gerencia de Distribución del ENARGAS para describir el consumo de gas, una descripción más detallada puede encontrarse en la referencia 1. Este modelo permite predecir con dos a tres días de anticipación y con una incerteza menor del 10% en el 90% de los días del año el consumo ininterrumpible. (o sea las componentes del consumo asociadas a uso residencial (**R**), Industrial (**I**) y de Gas Natural Comprimido (**GNC**)) para las principales ciudades de Argentina. Al valor diario de esta combinación de componentes de consumo (ininterrumpible) la designaremos Q_{RI} . Desde luego los otros tipos de consumos también son importantes, pero dado que responden a pautas diferentes y que en general son planificados y pautados con anticipación, los mismos pueden ser predichos por los contratos establecidos y en algunos casos, como el de las Usinas Eléctricas, al ser de carácter interrumpibles, en general no comprometen seriamente el buen funcionamiento del sistema de transporte y distribución. *El presente modelo es más robusto en su capacidad predictiva que los pronósticos térmicos mismos.* Esto es así debido a que este modelo de consumo se basa en datos de temperatura de días anteriores al día en cuestión y solo usa parcialmente los pronósticos térmicos. Los parámetros del modelo fueron extraídos a partir de los datos de Q_{RI} para los años 1994 a 1998. Durante este período no se registraron importantes variaciones en los precios de gas, lo que permitió aislar el comportamiento del consumo en función de parámetros físicos, como ser la temperatura. El esquema de este trabajo es el siguiente: primero se resumen los diversos modos de caracterizar la dependencia del consumo de gas natural con la temperatura. Seguidamente se describen las características básicas del modelo desarrollado en la Gerencia de Distribución del ENARGAS. Finalmente, usando los datos de temperaturas registrados en el Gran Buenos Aires (GBA) desde el año 1944 a 1999, junto a las predicciones del modelo, se estudian distintos escenarios posibles para el año 2000. En particular se trata de determinar la posibilidad de incidencias de consumos ininterrumpibles superiores a 30 millones de metros cúbicos diarios, que puedan persistir por mas de cuatro días consecutivos. Estas situaciones son de potencial riesgo para el abastecimiento de gas natural al GBA. Por lo tanto el análisis de estos escenarios es importante para determinar la probabilidad de la ocurrencia de estos eventos.

MODELOS DE CONSUMO DE GAS NATURAL.

Existen diversas maneras de relacionar el consumo con la temperatura. En particular es usual encontrar trabajos que usan la temperatura media, otros que emplean el concepto de Deficiencia Grado Día (**DGD**) para explicar las variaciones de consumo con la temperatura. Dada la necesidad de establecer un lenguaje común y evaluar las conclusiones e implicancias prácticas de las diversas aproximaciones a este problema, en esta sección se realiza un estudio comparativo de los distintos modelos aplicados al caso concreto del Gran Buenos Aires (GBA).

La figura 1 muestra las características típicas de la variación de las

temperaturas diarias en el GBA para días de invierno. Como se observa en las mismas, las temperaturas mínimas ocurren en general a la mañana entre las 5:00 y las 10:00, mientras que las máximas tienden a ocurrir entre 13:00 y las 19:00.

Existen diversos modos de caracterizar la variación del consumo diario con la temperatura. Se podría usar la sensación térmica, la temperatura mínima, etc. Nuestros análisis de los datos de variación del consumo ininterrumpible con la temperatura^[1,2], indican que los valores de Q_{RI} muestran menos dispersión si se los grafica en función de la temperatura media de cada día. Esto se debe a que el consumo de gas que se emplea para calefacción, se usa principalmente en instalaciones internas, que son poco sensibles a las corrientes de aire. Estas corrientes de aire son las principales responsables en generar variaciones entre la temperatura ambiente y la sensación térmica.

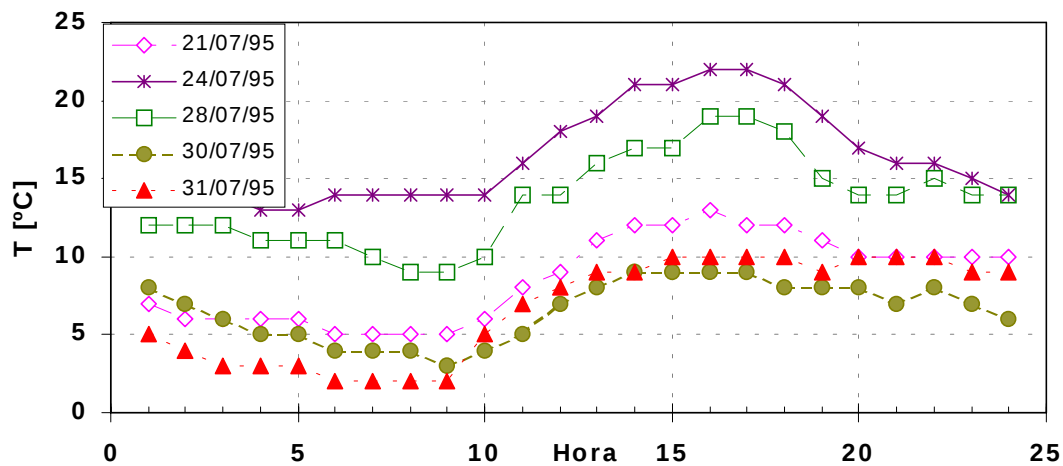


Figura 1: Variación de temperaturas diarias para días de fines de julio de 1995. Estos perfiles son característicos de días de invierno en Buenos Aires.

- Definimos la temperatura media $\langle T \rangle$ como:

$$\langle T \rangle = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} \quad (2)$$

Vemos así que $\langle T \rangle$ depende solo de las temperaturas máximas y mínimas de cada día.

- Otro parámetro usual en los estudios de la dependencia de consumo de gas natural con la temperatura es el concepto de Deficiencia Grado Día (**DGD**) que se define como la sumatoria de la diferencia $(T_{ref} - T_i)$, para todas las horas del día en que T_i es menor que T_{ref} , o sea:

$$DGD = \sum_i (T_{ref} - T_i) , \text{ Para todas las horas } i \text{ en que } T_{ref} > T_i. \quad (3)$$

En la figura 2 se indica con el área sombreada la interpretación geométrica de la **DGD**. T_{ref} es una temperatura de referencia, cuyo valor se elige de modo que la dependencia de Q_{RI} con **DGD** muestre la menor dispersión posible, para una dada ciudad, como se discutirá más adelante. Su valor en general varía en el rango de 15°C a 20°C.

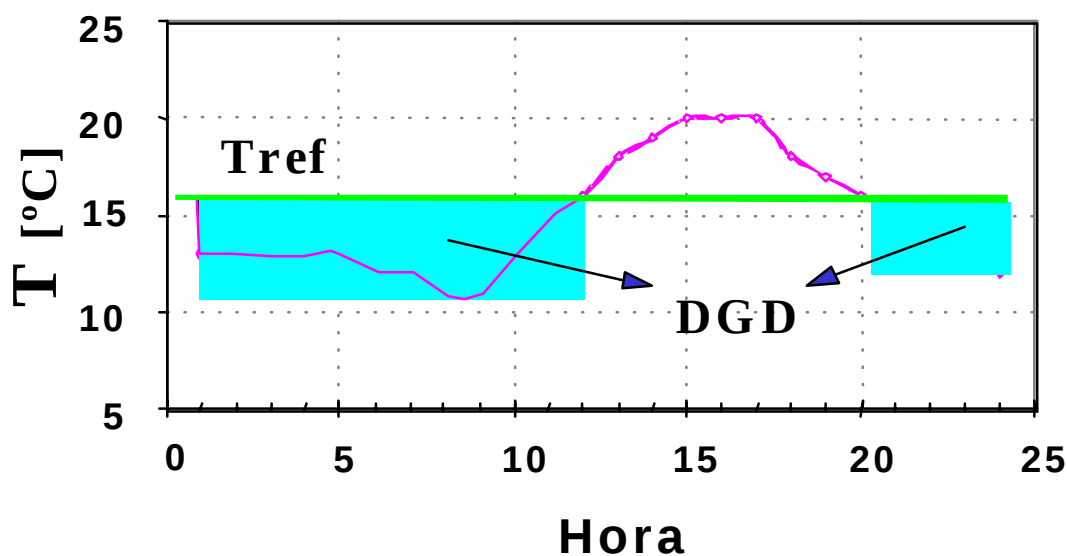


Figura 2: Gráfico ilustrativo del concepto de Deficiencia Grado Día, **DGD**. Este gráfico indica además la dependencia de la DGD con la temperatura de Referencia, T_{ref} , elegida.

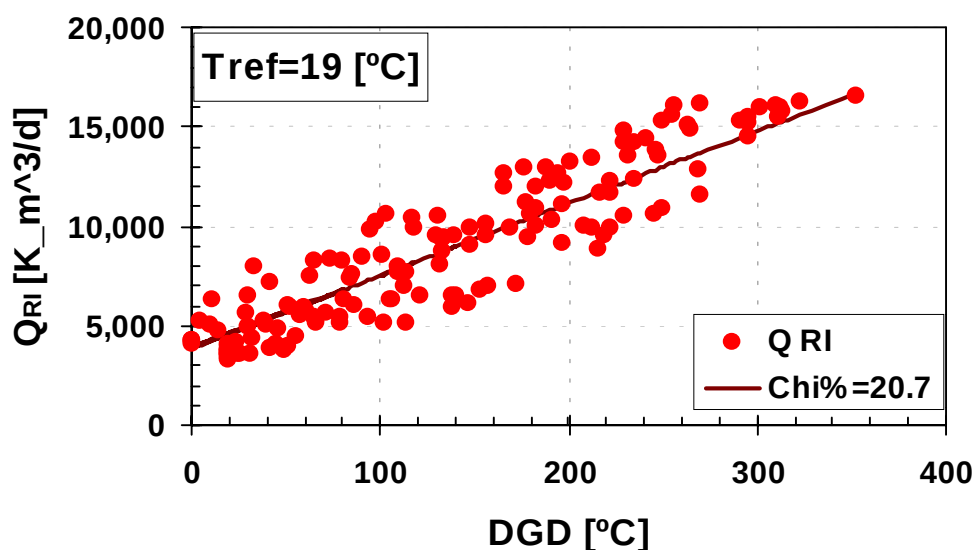


Figura 3: Comparación de los consumos ininterrumpibles (Q_{RI}) versus la **DGD**, para la zona del Gran Buenos Aires, abastecida por MetroGas, para los días hábiles del año 1995.

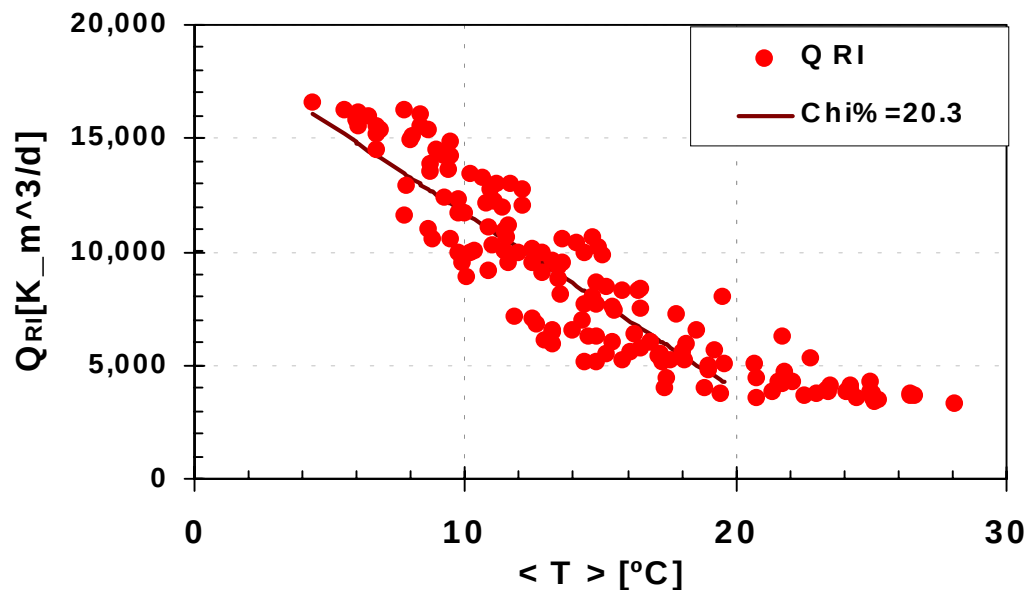


Figura 4: Comparación de los consumos ininterrumpibles (Q_{RI}) versus la temperatura efectiva $\langle T \rangle$, para la zona del Gran Buenos Aires, abastecida por MetroGas, para los días hábiles del año 1995.

Dado que los valores de T_{max} y T_{min} son predecibles y los pronósticos térmicos usuales lo hacen regularmente, $\langle T \rangle$ puede usarse adecuadamente para modelar los consumos. Nuestros estudios de evaluación de los pronósticos térmicos para el GBA, indican que los valores de $\langle T \rangle$ pueden predecirse el 68% por ciento de los días con un error menor que 2.7°C ^[2].

Los gráficos de los consumos versus $\langle T \rangle$ y versus **DGD** muestran similares grados de dispersión como lo ilustran las figuras 3 y 4 para el caso particular del GBA. Para otras ciudades y otros años los resultados son similares. Nuestros estudios indican que el uso del parámetro de la **DGD** no es significativamente mejor para explicar la dependencia del consumo con la temperatura.

En resumen podemos concluir, que de las distintas formas de caracterizar la dependencia del consumo de gas natural con la temperatura, el análisis del consumo como función de la temperatura media $\langle T \rangle$ es el más simple, explícito y económico. En particular, para $\langle T \rangle$ menores que T_{ref} , son proporcionales^[1]. Esta conclusión es importante ya que para calcular $\langle T \rangle$ se requiere conocer sólo dos valores de temperaturas T_{max} y T_{min} , no los 24 datos de temperatura que son necesarios para calcular **DGD**. Además, dado que los valores de T_{max} y T_{min} son predecibles con razonable exactitud, hacen que $\langle T \rangle$ sea el parámetro más conveniente de usar para modelar los consumos.

Descripción de Nuestro modelo: La característica básica del presente modelo se basa en la observación que los usuarios de gas natural no responden sólo a la temperatura media, sino también al escenario preexistente. Esto es, el consumo es muy diferente, para una dada temperatura media, en un día de verano (o primavera) que para la misma temperatura media en un día de invierno.



Esto es, la temperatura media solamente **no determina** el consumo unívocamente. Asimismo podríamos señalar que existe una cierta inercia en el consumo. Si estamos en una situación de poco consumo, como en el verano, para que los usuarios comiencen a encender la calefacción deben transcurrir varios días de frío (entre 4 a 6 días). Igualmente en invierno, debe incrementarse la temperatura por unos días para que se comience a apagar la calefacción. Esta inercia en el comportamiento de los consumidores, es tenido en cuenta en nuestro modelo por la introducción del concepto de *Temperatura Efectiva*, T_{ef} .

Este parámetro es una combinación lineal de la temperatura media $\langle T \rangle$ del día en cuestión y la media móvil de las temperaturas medias de los n días anteriores al día en cuestión, $\langle T_n \rangle$. Más específicamente definimos $\langle T_n \rangle$ como:

$$\langle T_n \rangle = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=-n-1}^{i=-1} \langle T \rangle_i . \quad (4)$$

En esta última expresión, se supone que la media móvil se toma usando las temperaturas medias **reales** de los últimos n días, desde luego excluyendo el día en cuestión. n por lo regular varia entre 4 a 6 días. Definimos la temperatura efectiva como:

$$T_{ef} = w \cdot \langle T \rangle + (1 - w) \langle T_n \rangle , \quad (5)$$

donde w es un factor de peso ($0 < w < 1$), cuyo valor se determina a partir del ajuste de los datos y $\langle T \rangle$ es la temperatura media del día en cuestión. En la Figura 5 y 6 se presentan los valores de Q_{RI} versus la temperatura media y la temperatura efectiva. Estos datos corresponden a datos de la zona del Gran Buenos Aires abastecida por MetroGas, para los años 1994 al 1998 para los días laborables. Como resulta claro, los datos presentan menor dispersión cuando se los grafica en función de la temperatura efectiva T_{ef} que cuando los graficamos en términos de $\langle T \rangle$, lo cual demuestra la utilidad de la T_{ef} . También en estas figuras vemos que el comportamiento global de los datos es bien reproducida por la siguiente relación funcional:

$$\begin{aligned} Q_{RI} &= Q_{RI}(T; Q_0, f, T_0, DT) = \\ &= Q_0 \cdot \left[1 - f \cdot \tanh\left(\frac{T - T_0}{DT}\right) \right] . \end{aligned} \quad (6)$$

Los valores de los parámetros, Q_0 , f , T_0 y DT se determinan por el método de los cuadrados mínimos^[1].

Para incluir en el modelo los días feriados y fines de semanas, partimos de la observación que en esos días hay una disminución del consumo, debido a que algunas actividades comerciales, industriales, educacionales, etc., se suspenden. En nuestro modelo esto se tiene en cuenta a través de un factor F_{fs} ($0 < F_{fs} < 1$) que afecta el valor del parámetro Q_0 . El valor de F_{fs} también se obtiene a través del proceso de minimización de cuadrados^[1,3,4].



Dado que el aumento en el número de usuarios afecta fundamentalmente Q_0 , siendo los otros parámetros del modelo más bien características socioeconómicas o idiosincráticas de la región o ciudad en estudio, es posible incluir en nuestro modelo la variación del consumo anual debida al crecimiento en el número de usuarios para cada región. En nuestro país los datos de los últimos 5 años muestran que el número de usuarios aumenta linealmente en el tiempo, o sea que para cada ciudad es posible describir la variación del número de usuarios totales por la expresión:

$$N_{usua}(t) = N_{usua}^0 \cdot [1 - f_N \cdot (t - t_0)] \quad (7)$$

Donde N_{usua}^0 es el número de usuarios de una dada localidad al tiempo t_0 y $N_{usua}(t)$ es el número de usuarios al tiempo t . f_N es la fracción de variación anual de usuarios, característica de cada localidad. Con estas consideraciones, nuestro modelo incorpora el aumento del consumo por variación en el número de usuarios a través de la variación en el tiempo de Q_0 como:

$$Q_0(t) = Q_0^0 \cdot [1 - f_N \cdot (t - t_0)] \quad (8)$$

donde Q_0^0 es el valor de Q_0 a la fecha de referencia t_0 .

En las Figuras 7 a 9 se presentan los datos observados (reales) de Q_{RI} versus Tiempo, para los meses de otoño- invierno del período estudiado para la zona del GBA abastecidas por Metrogas, Gas Natural Ban y para la ciudad de Córdoba respectivamente. En estas mismas figuras se presentan con una línea continua los valores teóricos de Q_{RI} obtenidos con nuestro modelo. En todos los casos se nota un acuerdo muy bueno del modelo con los datos observados. Un análisis sistemático de todo el período estudiado, indica que el modelo sigue los datos 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 $\langle T \rangle$. Como se menciono antes, los pronósticos de $\langle T \rangle$ son confiables dentro de un intervalo de 2.7°C, hasta con 72 horas de antelación^[2]. Esto permite realizar predicciones de consumos con igual antelación. Desde luego las incertezas en los pronósticos térmicos se pueden (y deben) propagar en incertezas calculables por el mismo modelo.

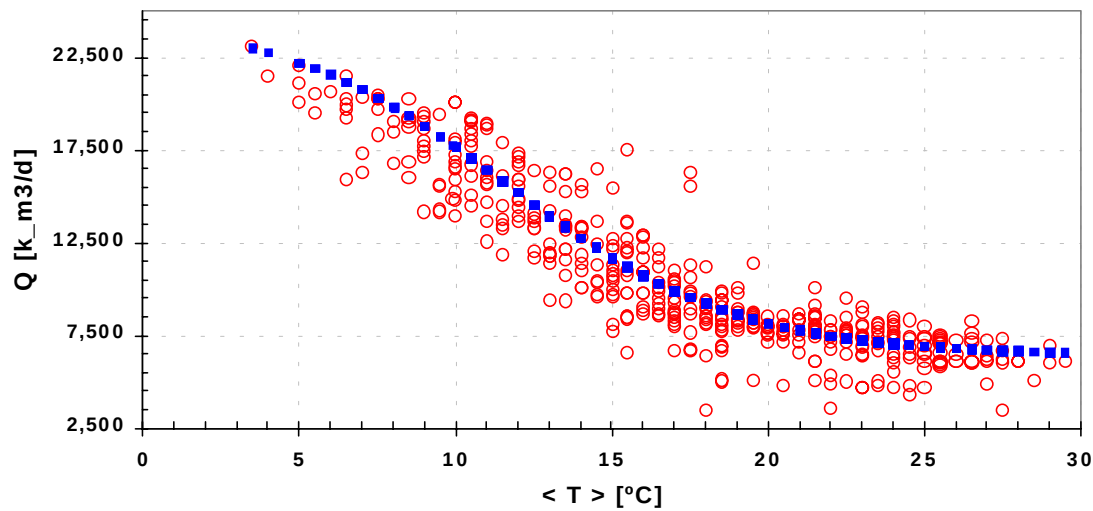


Figura 5: Comparación de los consumos Residenciales, Industriales y GNC (Q_{RI}) versus la temperatura media $\langle T \rangle$, para la zona del Gran Buenos Aires, abastecida por MetroGas, para los años 1994 -1998. El ajuste obtenido usando la expresión (6) esta indicado por la curva suave. Estos datos corresponden a días laborables.

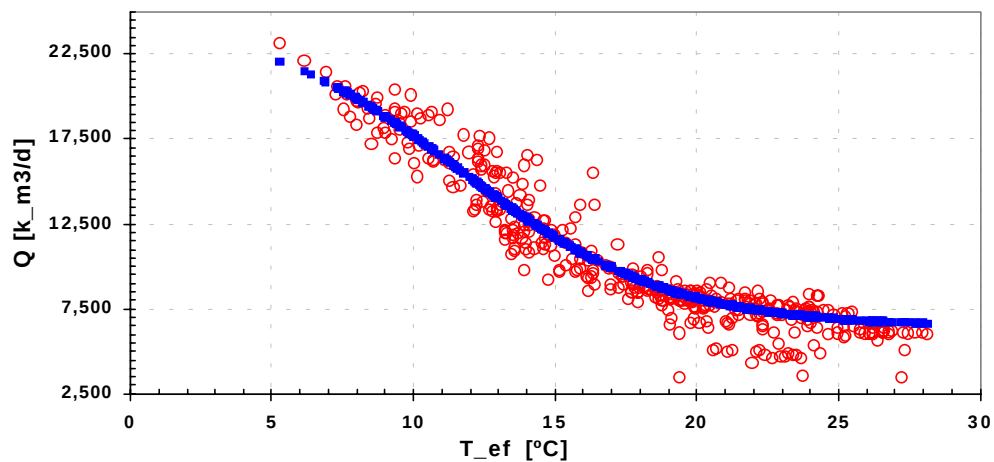


Figura 6: Comparación de los consumos Residenciales, Industriales y GNC (Q_{RI}) versus la temperatura efectiva T_{ef} , para la zona del Gran Buenos Aires, abastecida por MetroGas, para los años 1994 -1998. El ajuste obtenido usando la expresión (6) esta indicado por la curva suave. Estos datos corresponden a días laborables.

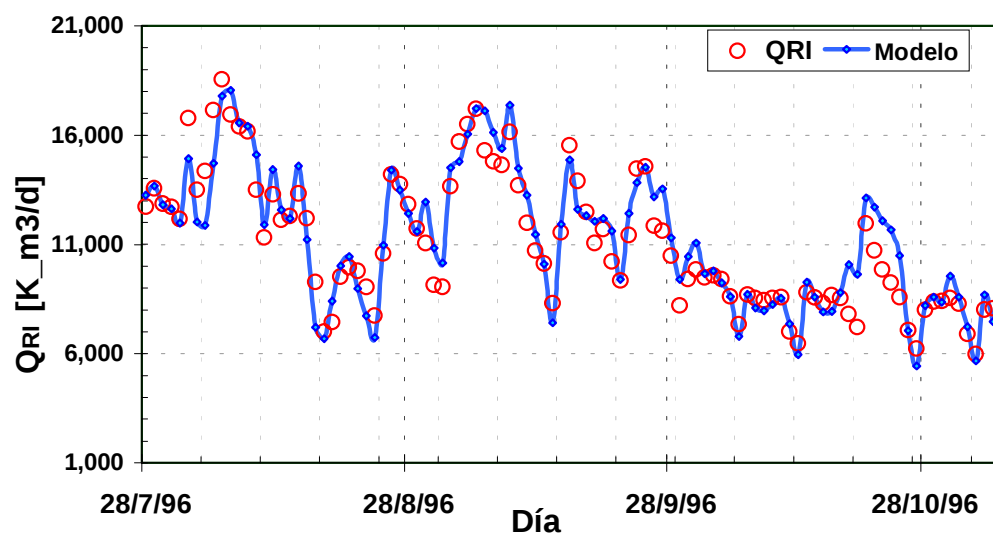


Figura 7: Comparación de los consumos ininterrumpibles observados (círculos abiertos) para la zona del GBA abastecida por MetroGas con los valores predichos por el modelo (curva continua) para el intervalo de tiempo comprendido entre el 28/7/1996 y el 2/11/1996. Las grillas verticales (líneas claras de trazos) corresponden a los días domingo.

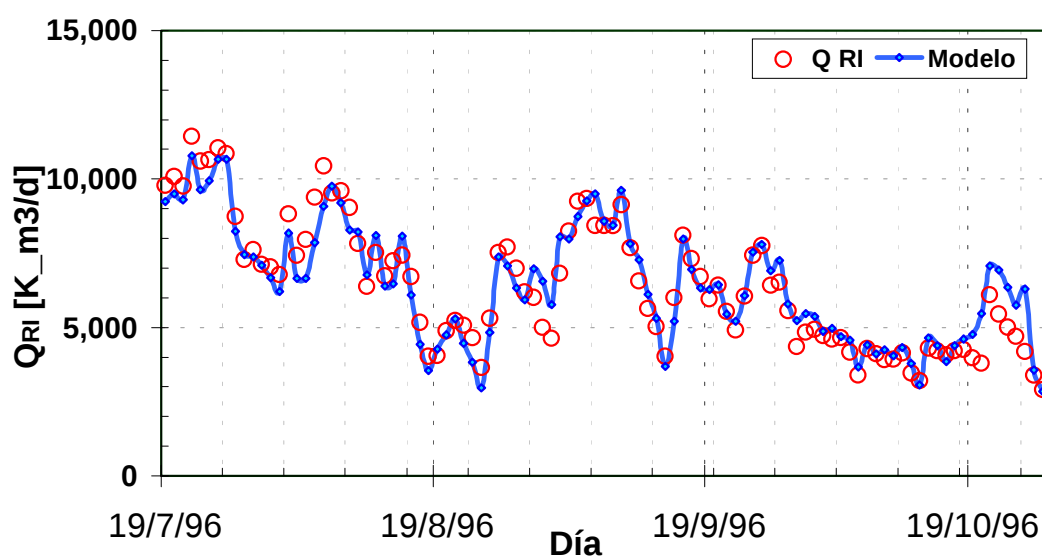


Figura 8: Comparación de los consumos ininterrumpibles observados (círculos abiertos) para la zona del GBA abastecida por Gas Natural BAN con los valores predichos por el modelo (curva continua) para el intervalo de tiempo comprendido entre el 19/7/1996 y el 20/10/1996. Las grillas verticales (líneas claras de trazos) corresponden a los días domingo.

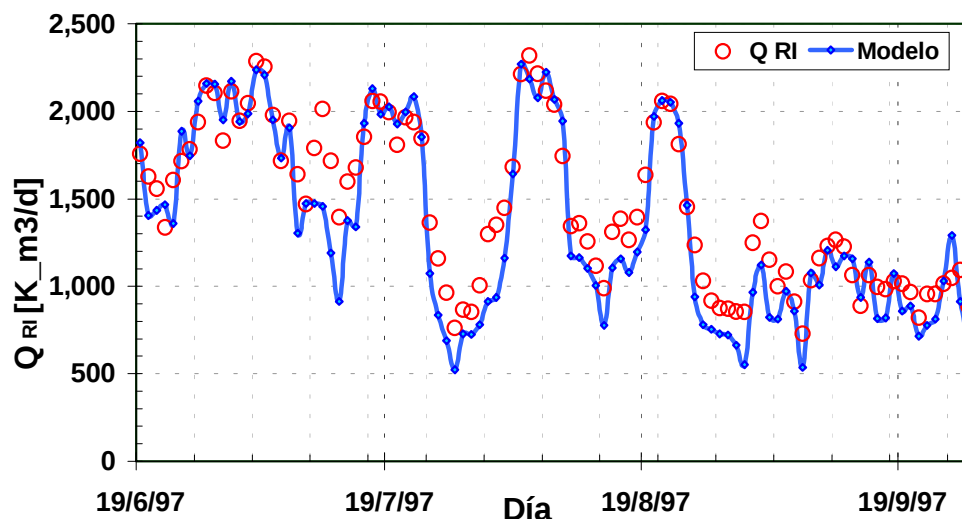


Figura 9: Comparación de los consumos ininterrumpibles observados (círculos abiertos) para la ciudad de Córdoba con los valores predichos por el modelo (curva continua) para el intervalo de tiempo comprendido entre el 19/6/1997 y el 30/9/1997. Las grillas verticales (líneas claras de trazos) corresponden a los días domingo.

Análisis de situaciones de riesgo: En esta sección presentamos los resultados de nuestros análisis de potenciales situaciones de gran consumo en el GBA. Estos eventos en principio podrían poner en riesgo el abastecimiento de gas natural, en particular si la ocurrencia de los mismos se conjuga con algún otro factor de falla. En otras palabras, la ocurrencia de estos eventos de gran consumo constituyen los escenarios de vulnerabilidad del sistema de abastecimiento de gas natural. Para la gerencia de Distribución del ENARGAS es de particular interés analizar la ocurrencia de estos eventos, con el objeto de prevenir situaciones que puedan afectar el normal suministro del servicio de gas. Para este estudio hacemos uso del modelo descrito previamente y de datos de temperaturas medias ocurridas en los últimos 56 años en el GBA. *Nuestro análisis se basa en la hipótesis de que las condiciones meteorológicas que efectivamente ocurrieron en el pasado medio siglo pueden repetirse.* Usamos la frecuencia de ocurrencia de estos eventos meteorológicos en el pasado para determinar la probabilidad de su ocurrencia en el futuro. Más específicamente el escenario en estudio es el que correspondería al invierno del año 2000, teniendo en cuenta la infraestructura actual y el número de usuarios proyectado para esa fecha. Para evaluar el consumo, usamos las temperaturas que efectivamente ocurrieron en los últimos 56 años. La frecuencia de ocurrencia de estos episodios meteorológicos en consideración, nos da una estimación de la probabilidad de ocurrencia de los mismos. Desde luego, nuestra atención se concentra en los eventos de mayor consumo. En particular definimos dos escenarios de riesgo como:

- **Escenario 1 - bajo riesgo**, caracterizado por un consumo de más de 30 millones de m³ diarios ($30000 \text{ k}_m^3/\text{d} = 30 \text{ M}_m^3/\text{d}$) persistente por 4 o más días consecutivos.

- **Escenario 2 - riesgo significativo**, caracterizado por un consumo de más de 32.5 millones de m^3 diarios (32.5 $M_{m^3/d}$) persistente por 4 o más días consecutivos.

Estas definiciones de riesgo están basadas en la observación empírica del comportamiento del sistema de gas que abastece el GBA. Más específicamente cada vez que eventos de alto consumo como los descritos por los escenarios 1 y 2 ocurrieron en los últimos años, el line-pack de los últimos tramos de gasoducto que abastecen el GBA disminuyó, restando respaldo al sistema. Esto no significa que no existan recursos disponibles, de hecho existen 2.5 $M_{m^3/d}$ de la planta de peak shaving por diez días y volúmenes similares a partir de contratos especiales entre licenciatarias y grandes usuarios, pero para nuestro análisis de riesgo, elegimos un criterio conservador de modo de no considerar estas reservas como un recurso habitual sino que las mismas estén disponibles para situaciones excepcionales. Otro factor de consideración en el criterio usado es el hecho de que durante los fines de semanas disminuye el consumo total, tanto del GBA como algunos grandes usuarios de gas natural a lo largo de los gasoductos. Esto posibilita la recuperación del line-pack. Sin embargo la persistencia de altos consumos por más de 4 días consecutivos, en particular coincidiendo con días laborales, constituye situaciones de riesgo significativas para ser analizadas con especial atención.

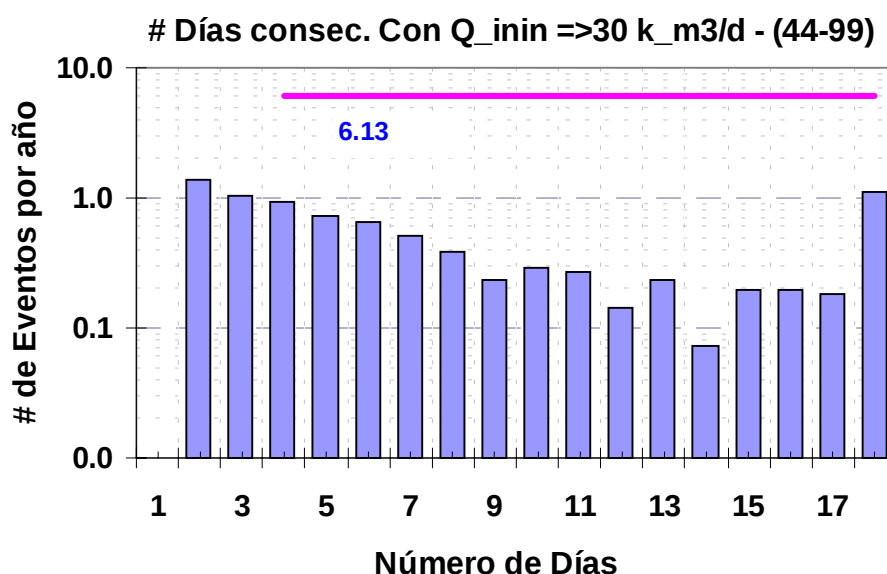


Figura 10: Ocurrencia anual de eventos de consumos mayores que 30 millones de m^3 diarios. En el eje vertical se representa la ocurrencia anual (promedio) y en el eje horizontal se presenta el número de días consecutivos en que el consumo superó los 30 millones de m^3/d . La línea horizontal, representa la ocurrencia de todos los eventos que persisten por 4 o más días consecutivos al año. Las frecuencias de ocurrencia anual se determinaron usando los datos de temperaturas de los años 1944 a 1999. La última barra de este histograma, representa la ocurrencia de todos los eventos de longitud igual o mayor que 18 días.

En la Figura 10 se presenta la frecuencia de ocurrencia de eventos de consumos

que superen 30 M_m³/d, expresados en números de eventos esperados anualmente

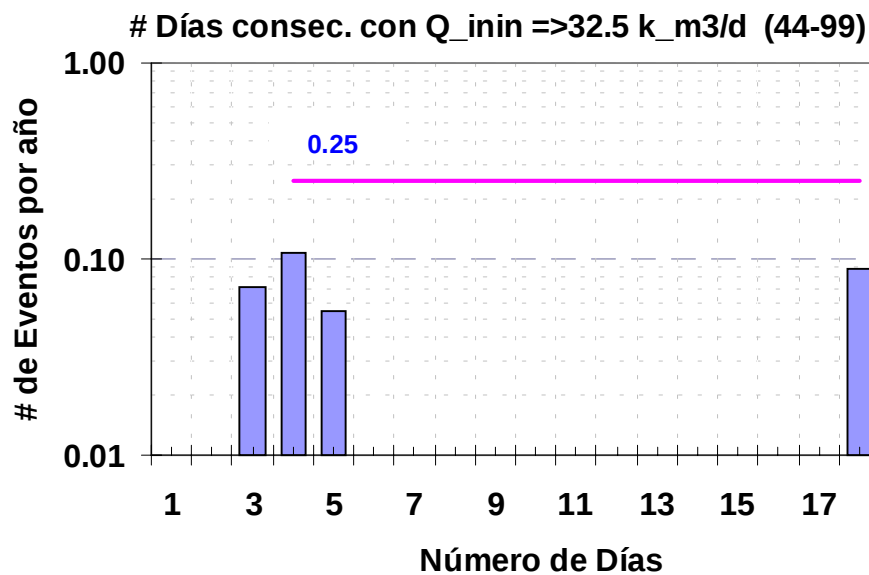


Figura 11: Ocurrencia anual de eventos de consumos mayores que 32.5 millones de m³ diarios. En el eje vertical se representa la ocurrencia anual (promedio) y en el eje horizontal se presenta el número de días consecutivos en que el consumo superó los 32.5 millones de m³/d. La línea horizontal, representa la ocurrencia de todos los eventos que persisten por 4 o más días consecutivos al año. Las frecuencias de ocurrencia anual se determinaron usando los datos de temperaturas de los años 1944 a 1999. La última barra de este histograma representa la ocurrencia de todos los eventos de longitud igual o mayor que 18 días.

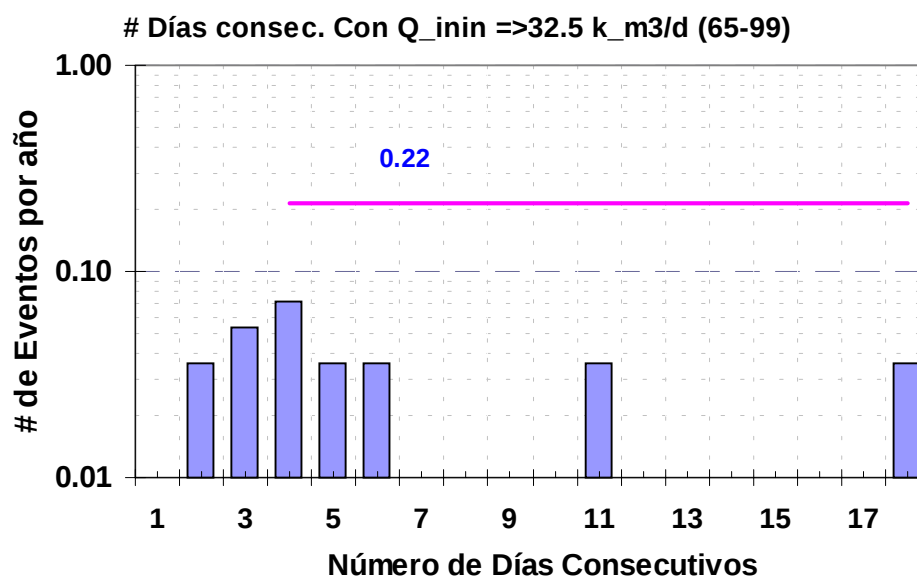


Figura 12: Ocurrencia anual de eventos de consumos mayores que 32.5 millones de m³ diarios. En el eje vertical se representa la ocurrencia anual (promedio) y en el eje horizontal se presenta el número de días consecutivos en que el consumo superó los 32.5 millones de m³/d. La línea horizontal, representa la ocurrencia de todos los eventos que persisten por 4 o más días consecutivos al año. Las frecuencias de ocurrencia anual se determinaron usando los datos de temperaturas de los años 1965 a 1999.

En el eje horizontal de la figura 10 se representa el número de días consecutivos en que el consumo supera los $30 \text{ M}_m^3/\text{d}$. El eje vertical representa el número de veces que estos eventos pueden presentarse anualmente. Cuando este valor es menor que 1, por ejemplo 0.2, esto significa que dicho evento se producirá en promedio una vez cada 5 años.

Estos histogramas continúan para eventos de mayor duración que 17 días con frecuencias de ocurrencia decrecientes. El valor integral de todos estos eventos esta representado por la última barra de estos histogramas. La línea gruesa horizontal representa la ocurrencia de situaciones de gran consumo con duración de 4 o más días, es decir su valor es la integral o suma de todas las barras igual o mayor que 4 días. El valor de esta integral está representado también en la figura.

Para la ocurrencia anual de escenarios tipo 1, obtenemos el valor de 6.13, esto significa que en promedio podemos esperar que por año ocurran 6.13 eventos de consumos ininterrumpibles con $Q_{Ri} > 30 \text{ M}_m^3/\text{d}$ cuya duración se prolongue por 4 o más días consecutivos. La elección de este criterio se basa en la observación de que cuando el consumo en el GBA supera los $30 \text{ M}_m^3/\text{d}$ por más de 3 días consecutivos el line pack disminuye y se comienza a restringir el consumo interrumpible. En los escenarios tipo 2, estas condiciones se acentúan.

En las Figuras 11 y 12 se presenta la frecuencia de ocurrencia de situaciones de consumos que superen $32.5 \text{ M}_m^3/\text{d}$ (escenario 2), expresado en numero de eventos esperados anualmente. Las características de estas figuras son las mismas que las descriptas para la figura 10. La diferencia entre las figuras 11 y 12 esta en el conjunto de datos utilizados para cada una de ellas. Para la figura 11 se usaron todos los datos de temperaturas desde 1944 a 1999, mientras que en la figura 12 solo se usaron los datos de 1965 a 1999. El objetivo era analizar la posible variación en las condiciones meteorológicas que podría haber ocurrido en los últimos 30 años. Comparando estos gráficos, observamos que no existen variaciones significativas entre ambos, indicando que las condiciones meteorológicas no son significativamente diferentes en las tres primeras décadas analizadas de las últimas tres. En particular observamos que la ocurrencia de escenarios tipo 2, o sea eventos de consumos que superen $32.5 \text{ M}_m^3/\text{d}$ por más de 4 días consecutivos tienen una ocurrencia anual de 0.24 ± 0.02 o sea que estos eventos son de esperarse que ocurran en promedio una vez cada **4 (± 1)** años.

Día inicial	<T>	<Tef>	Long	Q_inint_A c [k_m^3/d]	<Q_ini> [k_m^3/d]
22-Jul-95	8.6	7.8	10	327,747	32,775
17-Jun-79	8.2	7.8	5	163,804	32,761
21-Jun-69	7.8	7.3	7	229,182	32,740
05-Ago-92	8.4	8.0	23	752,455	32,715

Tabla 1: Ocurrencia de olas de frío de gran severidad y longitud prolongada sucedidos en los últimos 20 años en Buenos Aires. En la primera columna se indica la fecha de iniciación de la ola de frío, en la segunda y tercera columna se indican las temperaturas medias y efectivas para dichos eventos. En la última columna se indica el valor del consumo promedio diario para dicho evento si el mismo ocurriera en el invierno del 2000.

En la Tabla 1 se presentan los eventos meteorológicos que ocurrieron en los últimos



20 años y que podrían conducir a escenarios de consumo tipo 2. En la última columna de esta tabla se presentan los consumos proyectados, si los mismos se repitieran en el invierno del año 2000.

Conclusiones: En este trabajo se presentan las características básicas del modelo desarrollado en la Gerencia de Distribución del ENARGAS para predecir los consumos ininterrumpibles (residenciales, Industriales y de GNC) para las principales ciudades del País. Asimismo se busca evaluar la probabilidad de ocurrencia de situaciones de alto consumo de gas, para prevenir la eventualidad de posible situaciones de emergencia en el sistema de abastecimiento de gas. El modelo permite predecir los consumos con un error del orden del 10% para el 90% de los días de mayor consumo. Este modelo es comparable y más simple (usa muchos menos parámetros) que la mayoría de los modelos desarrollados para este fin y con la versatilidad necesaria para recrear escenarios de consumos futuros. Esta misma simplicidad le proporciona una gran robustez al mismo. Dentro de las incertezas asociadas a los pronósticos de temperaturas (aproximadamente 3°C en tres días), es posible predecir los consumos hasta con tres días de anticipación. Usando los escenarios de temperaturas que efectivamente ocurrieron en los pasados 56 años, es posible predecir eventos de gran consumo por varios días consecutivos en el futuro. Nuestro análisis de probabilidad de eventos de gran consumo para el año 2000, indica que la ocurrencia de situaciones de consumos ininterrumpibles de más de 32.5 M_m³/d, de duración mayor a 4 días consecutivos es de **0.24±0.02**, o sea que estos eventos son de esperarse que ocurran en promedio una vez cada **4 (±1)** años. La ocurrencia de estos eventos es motivo de consideración y especial atención para todos actores involucrados en la industria del gas. Los autores y las instituciones involucradas en este trabajo, no se hacen responsables del uso no autorizado del material aquí expuesto. Deseamos agradecer a las distintas distribuidoras que nos facilitaron sus datos de consumos usados en este trabajo.

[‡] *Escuela de Ciencia y Tecnología - Universidad Nacional de San Martín Buenos Aires y Departamento de Física de la F.C.E. y N. de la Universidad de Buenos Aires-Argentina. - e-mail: sgil@df.uba.ar*

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**, N°3, 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. *Data Reduction and Error Analysis for the Physical Sciences.* 2nd ed. P.Bevington and D.K. Robinson. Mc Graw Hill New York 1993.
4. *Numerical Recipes in Fortran-* Sec. ed. W.H. Press, S.A. Teukolsky, W.T. Veetterling and B.P. Flanner- Cambridge Univ. Press. N.Y. 1992. ISBN 0-521-43064x

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. Ha realizado alrededor de 40 publicaciones sobre estos temas en diversas revistas internacionales especializadas en estas áreas. Ha sido 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 ENARGAS ha desarrollado modelos de monitoreo del anillo de alta presión del Gran Buenos Aires y modelos de construcción de mapas de presiones de las redes de distribución.

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 aquellos. 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.