

# Estimación de funciones de demanda de gas natural para consumo residencial en la Argentina

José Luis Arrufat  
Angel Enrique Neder

## I. Introducción

El presente trabajo es una versión resumida<sup>1</sup> de las estimaciones de funciones de demanda de gas natural por parte de usuarios residenciales en la Argentina, utilizando datos que abarcan el período comprendido entre el primero de enero y el 31 de diciembre de 1993. Las funciones estimadas son de características similares a las estimadas previamente por el Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), vale decir, se relaciona el consumo mensual por usuario (entendiéndose como tal un medidor) para cada una de las ocho compañías de distribución local que abastecen el servicio en todo el ámbito de la República Argentina, con un indicador de necesidades de calefacción conocido como deficiencia de días grado o, más brevemente, días grado.

En la segunda sección se presentan los resultados obtenidos para las estimaciones de las funciones de demanda referidas, los que se diferencian de los obtenidos previamente por el ENARGAS por la presencia de dos factores. Primero, el período utilizado con anterioridad abarcaba sólo hasta el 31 de agosto de 1993. Segundo, en este trabajo hemos adoptado una metodología diferente para el cómputo de los días grado, la que se explica en dicha sección y que denominamos días grado ponderados.

Algunas deficiencias de las estimaciones contenidas en la segunda sección, más concretamente el muy elevado nivel de consumo predicho para el consumo diario correspondiente al día más frío, hicieron aconsejable la exploración de una ecuación de demanda no lineal. En este caso se prefirió explorar la conveniencia de una función lineal "a trozos", la que se explica en la tercera sección de este trabajo y se analizan, asimismo, los resultados obtenidos a partir de su aplicación a la distribuidora Sur<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Instituto de Economía y Finanzas. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba, Av. Valparaiso s/nº. Ciudad Universitaria. 5000-Córdoba. Tel.: (051) 690986/0474, Fax: (051) 690466.

Agradecemos los valiosos comentarios recibidos del Dr. Manuel Angel Abdala y del Lic. Marcelo Schoeters. También nuestro reconocimiento al Lic. José Vanetta y al ENARGAS por la información suministrada.

<sup>1</sup> El lector interesado puede consultar la versión completa en Arrufat, J.L. y A. E. Neder (1994).

<sup>2</sup> La elección de la Distribuidora Sur para aplicar esta metodología respondió a que es en esa región (que abarca Neuquén, sur de Buenos Aires en todo su límite con Río Negro, esta última provincia, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego) donde se observa el mayor consumo por usuario y porque es en esta zona donde se presentan, en promedio, las temperaturas más bajas.

La cuarta sección resume las principales conclusiones obtenidas a lo largo del trabajo y por último, los Anexos 1 y 2 contienen una síntesis detallada de las funciones de demanda estimadas.

## II. Funciones de demanda basadas en días grado ponderados

La diferencia existente entre los días grado y los días grado ponderados se puede ilustrar como sigue. Supongamos, para simplificar, que queremos calcular las necesidades de calefacción para un área cubierta por una única compañía de distribución que atiende sólo dos ciudades importantes. Suponemos, adicionalmente, que dichas ciudades tienen un tamaño equivalente por lo que respecta al número de usuarios, o medidores. Dichas ciudades se denominarán A y B, respectivamente.

Si suponemos que la temperatura media, obtenida como la semisuma de la máxima y la mínima, es igual a 25 grados para la ciudad A y 15 grados para la ciudad B, la metodología de cálculo de días grado procede como se explica a continuación. En lugar de calcular las necesidades de calefacción para cada una de las ciudades consideradas por separado, se procede a calcular una temperatura media ponderada<sup>3</sup> para la zona. En este caso concreto, se debe computar como el promedio ponderado de la temperatura de la ciudad A, supuesto igual a 25 grados y el de la ciudad B, igual a 15 grados, con ponderaciones iguales a 0,50 en ambos casos. Este cálculo arroja como resultado un temperatura media ponderada de 20 grados como representativa para la zona de influencia de la distribuidora.

La metodología de cómputo de días grado requiere comparar dicha temperatura media con un valor umbral que se ha fijado en 18,33 grados, equivalente a 65 grados Fahrenheit. Existen necesidades de calefacción sólo cuando la temperatura media resulta inferior al citado umbral, por lo que resulta evidente que, en el ejemplo que nos ocupa, dichas necesidades son nulas. Por lo tanto, el cómputo de días grado de acuerdo a esta metodología resulta ser igual a cero.

En nuestra opinión esta forma de razonar no es correcta, por cuanto si bien es cierto que la ciudad A no requiere calefacción, sí la requiere la ciudad B, dado que su temperatura media, igual a 15 grados se ubica por debajo del umbral de 18,33 grados.

El esquema de cálculo adoptado en este trabajo, procede como sigue.

---

<sup>3</sup> Las ponderaciones están basadas en la proporción de medidores, en cada ciudad, respecto del total atendido por la distribuidora.

Primero, se deben computar los días grado para cada una de las ciudades en forma independiente, lo que lleva, siguiendo el esquema tradicional a calcular 0 días grado para la ciudad A y 3,33 días grado para la ciudad B. Debemos ahora ponderar adecuadamente estos resultados, teniendo en cuenta que cada una de las ciudades tiene el 50 por ciento del total de usuarios, o medidores, de la zona de distribución respectiva. Para este caso, el cálculo de los días grado ponderados asciende a 1,665 días grado<sup>4</sup>.

No resulta sencillo determinar *a priori* la importancia empírica de realizar el cómputo de los días grado de acuerdo al esquema aquí propuesto. Lo que sí resulta inmediato es que se obtendrán resultados diferentes mediante la utilización de uno u otro método en la medida en que se presente heterogeneidad de temperaturas medias -para cada una de las localidades- en la zona de distribución. El efecto resultante de la corrección aquí sugerida, se puede apreciar si concentramos nuestra atención en la Distribuidora Sur. Dicha zona comprende las siguientes localidades: Bariloche, Comodoro Rivadavia, Esquel, Neuquén, Río Gallegos, San Julián, Trelew, Ushuaia y Viedma, cuyas ponderaciones (al igual que las correspondientes para las restantes distribuidoras) se consignan en la Tabla 1.

TABLA 1: PONDERACIONES CORRESPONDIENTES A CADA LOCALIDAD, POR REGIONES

DISTRIBUIDORA	LOCALIDAD	PONDERACION (%)
BUENOS AIRES NORTE	EZEIZA	100.00
CENTRO	CATAMARCA	4.00
	CORDOBA	85.30
	LA RIOJA	1.70
	MARCOS JUAREZ	2.30
	RIO IV	6.70
CUYANA	MALARGÜE	0.90
	MENDOZA	75.30
	SAN JUAN	17.90
	SAN LUIS	2.10
	SAN RAFAEL	3.70
LITORAL	PARANA	4.70
	ROSARIO	95.30
METROPOLITANA	CAPITAL FEDERAL	100.00
NOROESTE	JUJUY	14.40
	SALTA	34.20
	SANTIAGO DEL ESTERO	11.60
	TUCUMAN	39.80

<sup>4</sup> El valor citado se obtiene mediante el siguiente cálculo:  $0,50 \times (0 + 3,33)$ .

**TABLA 1: PONDERACIONES CORRESPONDIENTES A CADA LOCALIDAD, POR REGIONES (continuación)**

PAMPEANA	AZUL	2.50
	BAHIA BLANCA	15.20
	LA PLATA	30.00
	LAS FLORES	0.70
	MAR DEL PLATA	39.70
	OLAVARRIA	4.80
	SANTA ROSA	2.40
SUR	TANDIL	4.70
	BARILOCHE	11.50
	COMODORO RIVADAVIA	19.50
	ESQUEL	1.40
	NEUQUEN	32.90
	RIO GALLEGOS	10.80
	SAN JULIAN	1.20
	TRELEW	12.00
	USHUAIA	4.20
	VIEDMA	6.40

En la Tabla 2 se efectúa una comparación entre los valores de días grado obtenidos anteriormente por el ENARGAS, denominados "días grado", y los calculados mediante la metodología de las temperaturas ponderadas, denominados "días grado ponderados" para la Distribuidora Sur.

**TABLA 2: COMPARACION DE DIAS GRADO DISTRIBUIDORA SUR -1993-**

MES	DIAS GRADO	DIAS GRADO PONDERADOS
ENERO	22.29	52.07
FEBRERO	17.40	45.59
MARZO	63.93	87.62
ABRIL	200.47	200.82
MAYO	340.36	343.67
JUNIO	394.19	393.72
JULIO	427.39	427.01
AGOSTO	316.53	316.21
SEPTIEMBRE	N/C	258.07
OCTUBRE	N/C	175.72
NOVIEMBRE	N/C	108.26
DICIEMBRE	N/C	74.91

N/C: no calculado.

De la comparación de los valores obtenidos por una y otra metodología se desprende lo siguiente. Para el mes de enero de 1993 la diferencia es bastante apreciable pues el método de días grado ponderados obtiene 52,07 contra 22,29 del otro método. Por el contrario, para el mes de julio los resultados obtenidos por ambos métodos resultan casi idénticos, pues los valores obtenidos son 427,01 y 427,39 respectivamente, lo cual se explica porque las temperaturas medias, a nivel de localidades, son muy similares durante este mes en las nueve

localidades utilizadas para el cálculo.

En la Tabla 3 se consignan los valores de consumo residencial de gas natural por usuario y los días grado ponderados para las ocho distribuidoras, utilizando datos mensuales para el año 1993.

Vale la pena enfatizar que los cálculos referidos a las distribuidoras Metropolitana y BAN resultan iguales independientemente de cuál de las dos metodologías se emplee. Ello se debe a que para ambas áreas se emplea sólo una lectura de temperatura: la correspondiente a la Capital Federal para la primera, mientras que para la segunda se utiliza la temperatura de Ezeiza.

La función de demanda de gas para consumo residencial estimada es una función lineal que explica el consumo de gas en metros cúbicos por usuario, o medidor, por mes y lo relaciona con una ordenada al origen y el indicador de días grado ponderados. La construcción de la variable explicativa a nivel mensual, se basa en la acumulación de los correspondientes valores diarios, usando los días grado ponderados según se explicó anteriormente. Más específicamente, para cada día de un mes determinado, se siguen los siguientes pasos:

a) Se calcula la temperatura media para cada localidad, como la semisuma de las temperaturas máxima y mínima.

b) Se calculan los días grado por comparación en el umbral de temperatura adoptado de 18,33°C.

c) Se calculan los días grado ponderados para cada día, incorporando la información referida a las restantes localidades de la distribuidora para las cuales se disponen los datos de temperatura.

d) Finalmente, se obtiene la cifra mensual de días grado ponderados, por distribuidora, mediante la acumulación de los valores diarios.

**TABLA 3: CONSUMO RESIDENCIAL DE GAS NATURAL POR USUARIO (m3 POR MES PARA CADA DISTRIBUIDORA) Y DIAS GRADO PONDERADOS**

MES	METRO		BAN		PAMPEANA		SUR	
	CONS	DGP	CONS	DGP	CONS	DGP	CONS	DGP
ENE	30.53	0.33	41.52	2.66	42.42	12.44	131.23	52.07
FEB	27.65	17.32	39.86	17.32	36.46	13.82	114.48	45.59
MAR	39.94	1.83	48.53	5.48	50.13	25.71	165.99	87.62
ABR	41.69	24.96	66.84	55.44	47.65	85.34	280.04	200.82
MAY	104.59	136.43	97.61	167.09	125.27	208.82	535.84	343.67
JUN	190.44	185.90	138.17	228.90	198.99	267.85	534.39	393.72
JUL	221.35	281.23	166.03	306.73	228.64	354.85	563.72	427.01
AGO	166.28	163.91	126.89	207.90	177.72	255.69	483.58	316.21
SEP	125.82	143.07	124.63	182.90	133.02	218.76	375.49	258.07
OCT	82.84	58.45	64.23	80.44	94.86	127.95	269.53	175.72
NOV	66.47	13.47	44.33	25.45	73.66	70.23	198.83	108.26
DIC	56.05	4.82	38.39	10.65	42.35	26.42	174.29	74.91

Fuente: elaboración propia en base a datos de ENARGAS.

MES	NOROESTE		CENTRO		CUYANA		LITORAL	
	CONS	DGP	CONS	DGP	CONS	DGP	CONS	DGP
ENE	36.73	0.00	35.22	0.50	43.85	0.07	33.16	0.31
FEB	45.16	6.70	25.68	5.26	36.21	4.72	28.53	4.31
MAR	42.57	3.08	38.52	1.29	28.78	2.54	31.06	2.55
ABR	55.80	34.14	52.24	52.20	56.10	79.80	39.88	47.39
MAY	72.82	121.94	107.40	170.60	142.92	219.68	100.84	155.98
JUN	88.12	167.58	158.24	215.59	196.66	260.71	160.21	218.68
JUL	97.40	228.39	198.39	299.58	210.81	346.22	164.10	284.91
AGO	80.20	132.01	138.19	179.78	167.35	232.75	134.61	214.16
SEP	63.95	96.76	89.53	144.65	116.23	159.57	95.12	153.38
OCT	56.25	35.02	63.00	58.96	75.08	76.09	63.61	48.28
NOV	46.03	6.38	42.32	15.98	66.59	13.84	39.91	8.88
DIC	40.60	1.31	30.75	1.13	48.36	0.30	46.88	5.17

Fuente: elaboración propia en base a datos de ENARGAS.

Los resultados obtenidos para cada una de los ocho distribuidoras se consignan en el Anexo I. Tal como era de esperar, el coeficiente asociado a la variable DG ponderados resulta positivo, indicando que a mayores necesidades de calefacción corresponde un mayor nivel de consumo mensual.

El ENARGAS ha considerado interesante realizar predicciones del nivel de consumo diario para el día más frío, lo cual se consigna, utilizando las nuevas funciones estimadas, para cada una de las distribuidoras en la Tabla 4.

TABLA 4: CONSUMO RESIDENCIAL DIARIO DE GAS NATURAL  
POR DISTRIBUIDORA  
(m3 POR DIA)

DISTRIBUIDORA	METRO	BAN	PAMPEANA	SUR	NOROESTE	CENTRO	CUYANA	LITORAL
Fecha DGP más alto	14/7	14/7	14/7	5/7	29/7	31/7	30/7	14/7
Máximo DGP	12.33	14.83	15.14	20.20	14.72	15.02	16.23	14.81
Consumo diario estimado m3 por día por usuario	7.14	5.36	7.38	18.18	3.14	6.40	6.80	5.29
Consumo estimado m3 por día por usuario	9.99	7.51	9.36	26.96	5.13	9.19	9.69	8.20
Consumo residencial total millones de m3 por día	16.89	6.78	5.90	7.40	9.72	2.56	2.28	2.32

Fuente: elaboración propia en base a datos de ENARGAS.

De los datos consignados en dicha tabla se desprende que, por ejemplo, el consumo diario para la Distribuidora Sur, cuando prevalecen las condiciones climáticas correspondientes al 5 de julio de 1993, con 20,197 DG ponderados de necesidades de calefacción, asciende a 26,96 metros cúbicos por

usuario, o medidor. Este valor, singularmente elevado, sugiere que la utilización de un modelo lineal en DG ponderados trae aparejado el siguiente inconveniente. En efecto, resulta conceptualmente razonable suponer que existe una cierta meseta de consumo, a partir de la cual no se pueden producir aumentos en razón de hallarse completamente utilizado el acervo o stock de artefactos, los que se encuentran funcionando a pleno. Basándonos en este razonamiento es que proponemos un modelo lineal "a trozos" cuya presentación detallada se realiza en la próxima sección.

### III. Un modelo lineal a trozos

Presentaremos las ideas fundamentales del modelo lineal a trozos por medio de un ejemplo muy sencillo. La idea fundamental de este tipo de modelo consiste en desglosar la variable DG ponderados en dos variables DG1 y DG2, ambas ponderadas, tal como se ilustra a continuación.

Supongamos una ciudad en la que la temperatura media prevaleciente durante un cierto día asciende a 8 grados, siempre sobre la base de su cálculo como semisuma de la máxima y la mínima correspondientes a dicho día. De acuerdo con el cómputo habitual, tomando un umbral de 18,33 grados, tal como se describió anteriormente, las necesidades de calefacción ascienden a 10,33 días grado, que surgen como diferencia entre el umbral citado y la temperatura media para dicho día.

Como puede apreciarse, este cómputo del día grado supone que todo déficit de temperatura por debajo del umbral de 18,33 grados tiene el mismo efecto sobre el consumo de gas. Para relajar dicho supuesto, se propone incorporar un nuevo umbral, que fijamos, por ahora arbitrariamente, en 10 grados. Este nuevo umbral lo denominaremos UMBRAL B.

Descomponemos ahora el número de días grado totales, igual a 10,33 en dos componentes, que llamaremos DG1 y DG2, cuyo cálculo se efectúa tal como se explica a continuación. A través de la variable DG1, se pretende cuantificar los días grado comprendidos entre la temperatura media prevaleciente, relacionándola, en la forma tradicional, con el umbral de los 18,33°C., pero cuidando de no exceder el valor implicado por el umbral b. Un ejemplo sencillo aclarará la idea subyacente en este método. Como vimos anteriormente, se sabe que los días grado totales (DG), ascienden a 10,33, por cuanto la temperatura media es de 8 grados, y por lo tanto

$$DG = \text{Máx} (18,33 - \text{temperatura media}, 0)$$

Utilizando el umbral  $b$  antes mencionado, se calcula la diferencia entre dicho umbral  $b$  y la temperatura media prevaleciente, lo que da que  $DG2$  es igual a 2 días grado y por lo tanto  $DG1$  resulta igual a 8,33 días grado. En símbolos:

$$DG2 = \text{Máx} (\text{umbral } b - \text{temperatura media}, 0)$$

La interpretación asociada a la variable  $DG2$  es que representa el déficit de temperatura por debajo del umbral  $b$ . Obviamente, si la temperatura media no se encuentra por debajo de dicho umbral,  $DG2$  es igual a cero, tal como surge de la fórmula anterior.

Una vez computado  $DG2$  se puede obtener  $DG1$  como diferencia entre  $DG$  y  $DG2$ .

$$DG1 = DG - DG2$$

Un ejemplo adicional puede contribuir a aclarar, aún más, este punto. Supongamos que la temperatura media resulta igual a 12 grados. Si utilizamos el umbral  $b$  igual a 10 grados, tal como lo hicimos en el ejemplo anterior, resulta inmediato comprobar que  $DG2$  es igual a cero, pues no hay déficit térmico por debajo de 10 grados. Como  $DG$  es igual a  $18,33 - 12$ , o sea, 6,33 días grado,  $DG1$ , calculado como diferencia entre  $DG$  y  $DG2$  ascenderá a 6,33 días grado.

Estamos ya en condiciones de plantear el modelo lineal "a trozos", que postula que el consumo es una función lineal con una ordenada al origen y cuyas pendientes están asociadas a las variables  $DG1$  y  $DG2$ , construidas tal como se acaba de definir una vez establecido un cierto umbral  $b$ . El modelo lineal, utilizado en la segunda sección, no distingue entre  $DG1$  y  $DG2$  sino que simplemente considera su suma que es  $DG$ . Por lo tanto el modelo lineal impone la misma pendiente para los días grado independientemente de que excedan el umbral  $b$  o no. Por el contrario, el modelo lineal a trozos permite calcular pendientes diferentes para ambas variables, siendo de esperar, como es lógico, que la pendiente asociada a  $DG2$  sea más pequeña que la asociada a  $DG1$ . Esto simplemente refleja que el impacto que tienen ambas variables sobre el consumo no es el mismo, sino que a medida que la temperatura se vuelve más baja -y por lo tanto, excede el umbral  $b$ -tiene un efecto incremental atenuado sobre el consumo de gas, llegando en el límite a que dicho impacto sea cero al saturar la

capacidad de los artefactos que usan gas.

Para los fines de presentación de estos ejemplos se utilizó el umbral  $b$  igual a 10 grados. En el Anexo II se presentan algunos resultados<sup>5</sup> obtenidos al estimar el modelo lineal a trozos utilizando los datos de la Distribuidora Sur, variando dicho umbral  $b$  entre 10 y 2 grados, bajando 1 grado por vez. Los resultados obtenidos son razonables, en el sentido de que el coeficiente asociado a la variable DG2 es menor que el asociado a DG1, significando que si bien las temperaturas más rigurosas producen una mayor demanda de gas, lo hacen a una tasa decreciente una vez superado cierto umbral.

De todos los modelos estimados (simbolizados como ecuaciones 1a hasta 9b) el que a nuestro entender brinda los resultados más satisfactorios, es el que utiliza el umbral  $b$  igual a 3 grados (ecuaciones 8a y 8b). En la ecuación 8a el coeficiente (pendiente) asociado a la variable DG1 resulta igual a 1,30, mientras que el asociado a DG2, el cual asciende a 0,109, no es significativamente distinto de cero, lo cual es consistente con la referencia establecida de que el impacto adicional dado por la variable DG2 tiende a atenuarse hasta alcanzar un valor nulo. Por su parte, en la ecuación 8b se eliminó la variable DG2, obteniéndose un  $R^2$  ajustado de 0,982, que resulta el más elevado de todas las ecuaciones estimadas con umbrales entre 10 y 4 grados, inclusive.

También experimentamos con umbrales comprendidos entre los 3 grados y 2 grados bajo cero, obteniendo en todos los casos valores negativos para el coeficiente (pendiente) asociado a la variable DG2, lo cual no resulta conceptualmente satisfactorio, si bien debe admitirse que el  $R^2$  ajustado continuó aumentando.

El beneficio de la variante utilizada para las estimaciones se refleja en la tabla 5, la cual consigna la predicción de consumo diario ( $m^3$ ) para el día más frío, que corresponde al 5 de julio de 1993 para la Distribuidora Sur. La predicción correspondiente a la ecuación 8b antes mencionada, asciende a 21,79  $m^3$ , sensiblemente inferior al valor 26,96 obtenido en la tabla 4 a partir del modelo lineal.

---

<sup>5</sup> Ver nota de pie de página 1.

**TABLA 5: ECUACIONES DE REGRESIONES EN DISTRIBUIDORA SUR**  
**Día más frío (5/7/93)**

	CRSUR	DG1	DG2	DG
<b>UMBRAL B: 10 GRADOS</b>				
	(m3/día)			
1a) CRSUR = 56.8928140 + 1.3155075 DG1 + 1.1215953 DG2	26.1018497	257.98	368.12	626.11
1b) CRSUR = 2.2160137 + 2.0528982 DG1	17.1557031			
<b>UMBRAL B: 9 GRADOS</b>				
	(m3/día)			
2a) CRSUR = 56.951801 + 1.3095018 DG1 + 1.0917186 DG2	25.9165526	288.95	337.16	626.11
2b) CRSUR = 13.953944 + 1.8429001 DG1	17.6277991			
<b>UMBRAL B: 8 GRADOS</b>				
	(m3/día)			
3a) CRSUR = 56.736291 + 1.3076255 DG1 + 1.0430842 DG2	25.6274407	319.92	306.19	626.11
3b) CRSUR = 24.230124 + 1.6830444 DG1	18.1506351			
<b>UMBRAL B: 7 GRADOS</b>				
	(m3/día)			
4a) CRSUR = 56.527335 + 1.3059838 DG1 + 0.9731201 DG2	25.2452533	350.89	275.22	626.11
4b) CRSUR = 33.056226 + 1.5597087 DG1	18.7206726			
<b>UMBRAL B: 6 GRADOS</b>				
	(m3/día)			
5a) CRSUR = 56.774646 + 1.3006699 DG1 + 0.8866381 DG2	24.6793079	381.86	244.25	626.11
5b) CRSUR = 40.82172 + 1.4638374 DG1	19.3483788			
<b>UMBRAL B: 5 GRADOS</b>				
	(m3/día)			
6a) CRSUR = 56.556114 + 1.300193 DG1 + 0.7362291 DG2	24.2043172	412.83	213.28	626.11
6b) CRSUR = 48.820471 + 1.3950050 DG1	20.0878194			
<b>UMBRAL B: 4 GRADOS</b>				
	(m3/día)			
7a) CRSUR = 56.717019 + 1.2970422 DG1 + 0.5256896 DG2	23.4896179	443.80	182.31	626.11
7b) CRSUR = 51.826053 + 1.3429385 DG1	20.8973157			

**TABLA 5 (continuación): ECUACIONES DE REGRESIONES  
 EN DISTRIBUIDORA SUR  
 Día más frío (5/7/93)**

	CRSUR	DG1	DG2	DG
<b>UMBRAL B: 3 GRADOS</b>	(m3/día)			
8a) $CRSUR = 56.276194 + 1.2997185 DG1 + 0.1087082 DG2$	21.1898365	474.77	151.34	626.11
8b) $CRSUR = 55.586534 + 1.3060045 DG1$	21.7945729			
	CRSUR	DG1	DG2	DG
<b>UMBRAL B: 2 GRADOS</b>	(m3/día)			
9a) $CRSUR = 55.720457 + 1.3035028 DG1 - 0.871359 DG2$	20.4558918	505.73	120.37	626.11
9b) $CRSUR = 58.462834 + 1.2790871 DG1$	22.7529248			

#### IV. Resumen y conclusiones

Las estimaciones existentes para el consumo residencial de gas natural efectuadas por el ENARGAS pudieron ser extendidas hasta el 31 de diciembre de 1993. Seguidamente, utilizamos dichas ecuaciones para fines predictivos pudiendo comprobar nuevamente los elevados niveles de consumo predichos para el día más frío del año 1993, fundamentalmente en lo que atañe a la zona atendida por la Distribuidora Sur, la cual consideramos *a priori* la zona más severamente afectada por los efectos no lineales.

En la tercera sección planteamos y estimamos un modelo lineal a trozos, el cual, a nuestro juicio permite obtener estimaciones más satisfactorias. Ello queda reflejado en los valores predichos para el consumo de la zona Sur, tal como se consigna en la tabla 5.

## Bibliografía

ARRUFAT, J. L. y A. E. NEDER (1994), "Estimación de funciones de demanda de gas natural para consumo residencial en la Argentina", *Serie de Investigaciones*, Nº 63, Instituto de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba. Julio.

BUSE, A. and L. LIM (1977), "Cubic Splines as a Special Case of Restricted Least Squares", *Journal of the American Statistical Association*, Volume 72, Number 357, March, pp 64-68.

ENGLE, Robert F., C.W.J. GRANGER, John RICE and Andrew WEISS (1986), "Semiparametric Estimates of the Relation Between Weather and Electricity Sales", *Journal of the American Statistical Association*, Volume 81, Number 394, June, pp 310-320.

GALLANT, A.R. and Wayne A. FULLER (1973), "Fitting Segmented Polynomial Regression Models Whose Join Points Have to Be Estimated", *Journal of the American Statistical Association*, Volume 68, Number 341, March, pp 144-147.

RAMANATHAN, R. (1992), *Introductory Econometrics with Applications*, Second Edition, Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, Fort Worth.

# ANEXO 1: CONSUMO RESIDENCIAL POR DISTRIBUIDORAS ECUACIONES DE REGRESION

## 1) DISTRIBUIDORA METROPOLITANA

LS // Dependent Variable is CRMET

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	35.8835400	8.9958972	5.1008381	0.0005
DGMET	0.7170352	0.0582156	12.3168840	0.0000
R-squared	0.938159	Mean of dependent var		96.13678
Adjusted R-squared	0.931975	S.D. of dependent var		66.21285
S.E. of regression	17.269350	Sum of squared resid		2982.30500
Log likelihood	-50.120530	F-statistic		151.70560
Durbin-Watson stat	1.947021	Prob(F-statistic)		0.00000

### Coefficient Covariance Matrix

C,C	48.942580	C,DGMET	-0.285732
DGMET,DGMET	0.003389		

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
	1	-5.39016	30.5300	35.9202
	2	-20.45260	27.8500	48.1026
	3	2.94428	39.9400	36.9957
	4	-11.89070	41.6900	53.5807
	5	-28.91870	104.5900	133.5090
	6	21.45960	190.4400	188.9800
	7	-1.64466	221.3500	222.9950
	8	13.06720	166.2800	153.2130
	9	-12.44980	125.8200	138.2700
	10	5.24195	82.8362	77.5943
	11	21.12320	66.4652	45.3420
	12	16.91030	56.0500	39.1397

## 2) DISTRIBUIDORA BUENOS AIRES NORTE

LS // Dependent Variable is CRBAN

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	37.3206200	2.8265001	13.203828	0.0000
DGBAN	0.4254038	0.0191393	22.226745	0.0000
R-squared	0.980160	Mean of dependent var		83.08556
Adjusted R-squared	0.978176	S.D. of dependent var		45.40615
S.E. of regression	6.707854	Sum of squared resid		449.95300
Log likelihood	-38.772680	F-statistic		494.02820
Durbin-Watson stat	2.540577	Prob(F-statistic)		0.00000

## Coefficient Covariance Matrix

C,C	7.989103	C,DGBAN	-0.039408
DGBAN,DGBAN	0.000366		

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
	1	3.06781	41.5200	38.4522
	2	-4.82861	39.8600	44.6886
	3	8.87817	48.5300	39.6518
	4	5.93499	66.8400	60.9050
	5	-10.79130	97.6100	108.4010
	6	3.47445	138.1700	134.6960
	7	-1.77474	166.0300	167.8050
	8	1.12793	126.8900	125.7620
	9	9.49977	124.6270	115.1270
	10	-7.31010	64.2300	71.5401
	11	-3.81715	44.3300	48.1471
	12	-3.46117	38.3900	41.8512

3) DISTRIBUIDORA PAMPEANA

LS // Dependent Variable is CRPAM

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	26.0825320	6.6663725	3.9125524	0.0029
DGPAM	0.5624959	0.0372275	15.1096890	0.0000

  

R-squared	0.958037	Mean of dependent var	104.26410
Adjusted R-squared	0.953840	S.D. of dependent var	67.77130
S.E. of regression	14.560550	Sum of squared resid	2120.09500
Log likelihood	-48.073120	F-statistic	228.30270
Durbin-Watson stat	2.078176	Prob(F-statistic)	0.00000

Coefficient Covariance Matrix

C,C	44.440520	C,DGPAM	-0.192625
DGPAM,DGPAM	0.001386		

Residual Plot

FITTED	obs	RESIDUAL	ACTUAL
33.0778	1	9.34215	42.4200
33.8543	2	2.60566	36.4600
40.5436	3	9.58635	50.1300
74.0848	4	-26.43480	47.6500
143.5440	5	-18.27350	125.2700
176.7490	6	22.24100	198.9900
225.6850	7	2.95494	228.6400
169.9100	8	7.81039	177.7200
149.1340	9	-16.11400	133.0200
98.0543	10	-3.19482	94.8595
65.5868	11	8.07321	73.6600
40.9465	12	1.40351	42.3500

4) DISTRIBUIDORA SUR

LS // Dependent Variable is CRSUR

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	63.7639200	12.8251320	4.9717944	0.0006
DGSUR	1.2329478	0.0522476	23.5981760	0.0000
R-squared	0.982359	Mean of dependent var	318.9508	
Adjusted R-squared	0.980595	S.D. of dependent var	171.4705	
S.E. of regression	23.885950	Sum of squared resid	5705.3850	
Log likelihood	-54.012820	F-statistic	556.8739	
Durbin-Watson stat	2.833233	Prob(F-statistic)	0.00000	

Coefficient Covariance Matrix			
C,C	164.484000	C,DGSUR	-0.564997
DGSUR,DGSUR	0.002730		

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
		1	3.27089	131.230
		2	-5.49836	114.480
		3	-5.81026	165.990
		4	-31.32060	280.040
		5	48.35000	535.840
		6	-14.80840	534.390
		7	-26.52160	563.720
		8	29.93970	483.580
		9	-6.46508	375.490
		10	-10.88720	269.533
		11	1.58251	198.827
		12	18.16684	174.290

5) DISTRIBUIDORA NOROESTE

LS // Dependent Variable is CRNOR

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	42.7937340	1.4428030	29.660138	0.0000
DGNOR	0.2545328	0.0141710	17.961519	0.0000
R-squared	0.969935	Mean of dependent var	60.46903	
Adjusted R-squared	0.966929	S.D. of dependent var	20.09887	
S.E. of regression	3.655075	Sum of squared resid	133.59570	
Log likelihood	-31.486730	F-statistic	322.61620	
Durbin-Watson stat	2.644883	Prob(F-statistic)	0.00000	

Coefficient Covariance Matrix

C,C	2.081681	C,DGNOR	-0.013945
DGNOR,DGNOR	0.000201		

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
36.0000	•	1	-6.06373	36.7300
40.0000	•	2	0.65965	45.1600
44.0000	•	3	-1.00826	42.5700
48.0000	•	4	4.31692	55.8000
52.0000	•	5	-1.01183	72.8200
56.0000	•	6	2.67059	88.1200
60.0000	•	7	-3.52575	97.4000
64.0000	•	8	3.80527	80.2000
68.0000	•	9	-3.47232	63.9500
72.0000	•	10	4.54208	56.2483
76.0000	•	11	1.61354	46.0300
80.0000	•	12	-2.52616	40.6000

## 6) DISTRIBUIDORA CENTRO

LS // Dependent Variable is CRCEN

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	29.2211080	4.1199729	7.0925485	0.0000
DGCEN	0.5489350	0.0300835	18.2470640	0.0000

R-squared	0.970842	Mean of dependent var	81.82313
Adjusted R-squared	0.967926	S.D. of dependent var	57.14040
S.E. of regression	10.233420	Sum of squared resid	1047.22900
Log likelihood	-43.841240	F-statistic	332.95530
Durbin-Watson stat	2.603615	Prob(F-statistic)	0.00000

## Coefficient Covariance Matrix

C,C	16.974180	C,DGCEN	-0.086394
DGCEN,DGCEN	0.000905		

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
		1	5.72558	35.2200
		2	-6.43049	25.6800
		3	8.58999	38.5200
		4	-5.63748	52.2400
		5	-15.47170	107.4000
		6	10.67210	158.2400
		7	4.71711	198.3900
		8	10.28340	138.1900
		9	-19.09720	89.5300
		10	1.41356	62.9976
		11	4.32871	42.3200
		12	0.90640	30.7500

## 7) DISTRIBUIDORA CUYANA

LS // Dependent Variable is CRCUY

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	38.5391300	5.8003203	6.6443106	0.0001
DGCUY	0.5202909	0.0350778	14.8324960	0.0000
R-squared	0.956522	Mean of dependent var		99.07839
Adjusted R-squared	0.952175	S.D. of dependent var		65.28174
S.E. of regression	14.276490	Sum of squared resid		2038.18100
Log likelihood	-47.836700	F-statistic		220.00290
Durbin-Watson stat	1.760387	Prob(F-statistic)		0.00000

## Coefficient Covariance Matrix

C,C	33.643720	C,DGCUY	-0.143171
DGCUY,DGCUY	0.001230		

Residual Plot  
FITTED

obs RESIDUAL ACTUAL

1	5.27621	43.8500	38.5738
2	-4.78363	36.2100	40.9936
3	-11.07970	28.7800	39.8597
4	-23.95850	56.1000	80.0585
5	-9.91522	142.9200	152.8350
6	22.47440	196.8600	174.1860
7	-7.86570	210.8100	218.6760
8	7.71401	167.3500	159.8360
9	-5.33201	116.2300	121.5620
10	-3.04552	75.0806	78.1262
11	20.85240	66.5900	45.7378
12	9.66322	48.3600	38.6968

## 8) DISTRIBUIDORA LITORAL

LS // Dependent Variable is CRLIT

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	32.0135410	4.3844911	7.3015408	0.0000
DGLIT	0.4840410	0.0318487	15.1981310	0.0000
R-squared	0.958503	Mean of dependent var	78.15956	
Adjusted R-squared	0.954354	S.D. of dependent var	51.28484	
S.E. of regression	10.957010	Sum of squared resid	1200.56000	
Log likelihood	-44.661080	F-statistic	230.98320	
Durbin-Watson stat	2.102778	Prob(F-statistic)	0.00000	

Coefficient Covariance Matrix			
C,C	19.223760	C,DGLIT	-0.096702
DGLIT,DGLIT	0.001014		

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
		1	0.99423	32.1658
		2	-5.56975	34.0998
		3	-2.18808	33.2481
		4	-15.07320	54.9532
		5	-6.67377	107.5140
		6	22.34740	137.8630
		7	-5.82359	169.9240
		8	-1.06406	135.6740
		9	-11.13820	106.2580
		10	8.22952	55.3852
		11	3.59602	36.3140
		12	12.36350	34.5165

## ANEXO 2: CONSUMO RESIDENCIAL DISTRIBUIDORA SUR<sup>1</sup>

7a) UMBRAL B: 4 GRADOS

LS // Dependent Variable is CRSUR

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	56.7170190	16.3012670	3.4793014	0.0069
DG1	1.2970422	0.1028233	12.6142810	0.0000
DG2	0.5256896	0.9703320	0.5417625	0.6011
R-squared	0.983346		Mean of dependent var	318.9508
Adjusted R-squared	0.979645		S.D. of dependent var	171.4705
S.E. of regression	24.464150		Sum of squared resid	5386.4520
Log likelihood	-53.667680		F-statistic	265.6974
Durbin-Watson stat	2.791039		Prob(F-statistic)	0.0000

### Coefficient Covariance Matrix

C,C	265.731300	C,DG1	-1.440260
C,DG2	8.760040	DG1,DG1	0.010573
DG1,DG2	-0.082203	DG2,DG2	0.941544

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
	:	1	6.97787	131.230
	:	2	-1.37103	114.480
	:	3	-4.37618	165.990
	:	4	-36.48400	280.040
	:	5	47.34590	535.840
	:	6	-10.39710	534.390
	:	7	-16.81680	563.720
	:	8	22.33820	483.580
	:	9	-14.59120	375.490
	:	10	-14.87030	269.533
	:	11	1.83058	198.827
	:	12	20.41410	174.290

<sup>1</sup>Sólo se consignan las estimaciones 7a), 7b), 8a) y 8b) por razones de espacio. Los resultados completos pueden ser consultados en ARRUFAT, J. L. y A.E. NEDER (1994).

## 7b) UMBRAL B: 4 GRADOS

LS // Dependent Variable is CRSUR

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	51.8260530	13.0848410	3.9607705	0.0027
DG1	1.3429385	0.0561768	23.9055560	0.0000
R-squared	0.982802	Mean of dependent var		318.9508
Adjusted R-squared	0.981083	S.D. of dependent var		171.4705
S.E. of regression	23.584140	Sum of squared resid		5562.1150
Log likelihood	-53.860220	F-statistic		571.4756
Durbin-Watson stat	2.661318	Prob(F-statistic)		0.0000

## Coefficient Covariance Matrix

C,C	171.213100	C,DG1	-0.627730
DG1,DG1	0.003156		

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
	:   *	1	9.47714	131.230
	:   :	2	1.42939	114.480
	:   :	3	-3.50432	165.990
	*   :	4	-40.32000	280.040
	:   :	5	46.82040	535.840
	:   :	6	-6.82969	534.390
	:   *	7	-9.27362	563.720
	:   :	8	16.88000	483.580
	:   *	9	-20.53120	375.490
	:   :	10	-17.87170	269.533
	:   *	11	1.85658	198.827
	:   *	12	21.8671	174.290

## 8a) UMBRAL B: 3 GRADOS

LS // Dependent Variable is CRSUR

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	56.2761940	15.9619300	3.5256510	0.0065
DG1	1.2997185	0.0977210	13.3003030	0.0000
DG2	0.1087082	1.3817215	0.0786759	0.9390
R-squared	0.983570	Mean of dependent var	318.9508	
Adjusted R-squared	0.979919	S.D. of dependent var	171.4705	
S.E. of regression	24.298880	Sum of squared resid	5313.9200	
Log likelihood	-53.586330	F-statistic	269.3854	
Durbin-Watson stat	2.774444	Prob(F-statistic)	0.0000	

## Coefficient Covariance Matrix

C,C	254.783200	C,DG1	-1.338779
C,DG2	12.111940	DG1,DG1	0.009549
DG1,DG2	-0.110395	DG2,DG2	1.909154

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
		1	7.27785	131.230
		2	-1.05074	114.480
		3	-4.16801	165.990
		4	-36.86420	280.040
		5	46.82450	535.840
		6	-9.63617	534.390
		7	-15.77260	563.720
		8	21.33340	483.580
		9	-15.39510	375.490
		10	-15.07080	269.533
		11	1.86734	198.827
		12	20.65450	174.290

## 8b) UMBRAL B: 3 GRADOS

LS // Dependent Variable is CRSUR

SMPL range: 1 - 12

Number of observations: 12

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	55.5865340	12.6593500	4.3909470	0.0014
DG1	1.3060045	0.0533969	24.4584530	0.0000
R-squared	0.983558	Mean of dependent var	318.9508	
Adjusted R-squared	0.981914	S.D. of dependent var	171.4705	
S.E. of regression	23.059870	Sum of squared resid	5317.5750	
Log likelihood	-53.590460	F-statistic	598.2159	
Durbin-Watson stat	2.758246	Prob(F-statistic)	0.0000	

## Coefficient Covariance Matrix

C,C	160.259100	C,DG1	-0.574968
DG1,DG1	0.002851		

Residual Plot		obs	RESIDUAL	ACTUAL
FITTED				
		1	7.63981	131.230
		2	-0.64728	114.480
		3	-4.02865	165.990
		4	-37.40040	280.040
		5	46.69920	535.840
		6	-9.10674	534.390
		7	-14.69930	583.720
		8	20.52000	483.580
		9	-16.24910	375.490
		10	-15.47980	269.533
		11	1.87896	198.827
		12	20.87330	174.290