

## **ANÁLISIS DEL CONSUMO DE GAS NATURAL EN VIVIENDAS MULTIFAMILIARES EN BLOQUE EN UN CLIMA TEMPLADO FRÍO DE ARGENTINA**

**C. Filippín<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>CONICET – Av. Spinetto 785, Santa Rosa, 6300 (La Pampa) Argentina, Tel./Fax: 54-952-434222, Email: cfilippin@cpenet.com.ar

**RESUMEN** El presente trabajo analiza el consumo de gas natural durante el período 2001-2006 de un conjunto de 192 departamentos que se disponen en bloques de tres plantas orientados según un eje SE-NO localizados en Santa Rosa, La Pampa, en la región central de Argentina, en un clima templado frío (latitud: 36°57'; longitud: 64°27' y altura sobre el nivel del mar: 189 m). En cada planta hay 8 unidades (1, 2 y 3 dormitorios) orientados hacia el NE y SO. Se estudian las variables dimensionales - morfológicas (Área, Envoltente, FAEP = Factor de Área Envoltente/Piso), tecnológico-térmicas (R = Resistencia térmica de la Envoltente; G = Coeficiente Volumétrico de Pérdidas;  $Q_{aux}$  = calor auxiliar). Se evalúa el comportamiento del consumo de gas dentro del período, anual y estacional. Se analiza la variabilidad del consumo entre los bloques, entre los niveles y entre los departamentos. El análisis cuantitativo se acopla a una descripción cualitativa a través de la observación directa de los edificios. Los resultados muestran: a- la estacionalidad del consumo de gas natural con un valor máximo en el bimestre julio-agosto; b- la escasa variabilidad entre el consumo total de cada uno de los 8 bloques (4.17 %); c- el menor consumo promedio del nivel intermedio, d- una importante variabilidad entre departamentos de cada planta, e- la influencia de las obstrucciones vegetales del entorno inmediato; f- el menor consumo durante el invierno de una vivienda multifamiliar respecto a una unifamiliar apareada, de superficie semejante.

**Palabras claves:** Vivienda multifamiliar - Consumo de energía - Calefacción

### **INTRODUCCION**

Según Ganem, Esteves y Coch (2005) el parque edilicio es un recurso cultural valioso que constituye el tejido e imagen de la ciudad y contribuye a la identidad de las personas que viven en ellas; representa además importantes cantidades de recursos materiales y de energía incorporada. Actualmente alrededor del 50% de la población humana vive en zonas urbanas y las previsiones indican que hacia el año 2025 podría llegar al 75%. Actualmente las ciudades utilizan más del 70% de la energía consumida por la humanidad (Ruano, 2002). En La Situación del Mundo 2007: Nuestro Futuro Urbano, se advierte que aunque las ciudades sólo ocupan el 0.4% de la superficie terrestre son responsables de la mayor parte de las emisiones de carbono, lo que las convierte en un elemento clave para mitigar la crisis del clima. El proceso urbanizador, sin planificar, está provocando graves daños a la salud humana y a la calidad del medio ambiente, contribuyendo a la inestabilidad social, ecológica y económica de muchos países ([www.portaldelmedioambiente.com](http://www.portaldelmedioambiente.com)). Específicamente en los edificios la energía utilizada representa una importante proporción del total a nivel regional, nacional y local, se estima que entre 35 y 40% de todos los recursos energéticos primarios utilizados en Argentina se destinan al acondicionamiento ambiental del hábitat construido; superando los totales tanto del sector industrial como del sector transporte (Evans, 2005). Un edificio consume energía de diversas formas: a través de los materiales de construcción, componentes y sistemas (energía incorporada); durante la distribución y transporte de los materiales de construcción hasta la obra (energía gris); a causa de la construcción del edificio mismo (energía inducida); y con el funcionamiento del edificio y los equipamientos (energía operativa). También consume energía con su mantenimiento, reformas y distribución final. Por ello, un edificio que aproveche la energía intentará reducir el consumo en todos estos aspectos (Jones, 2002). Para Morillón Gálvez (2007) la construcción, que consume recursos naturales a lo largo del tiempo, causa diferentes impactos ambientales, por ejemplo: la arquitectura popular y el high tech tienen un impacto mínimo ( $10^{14}$  ergios) y un impacto severo ( $10^{24}$  ergios), respectivamente.

La ciudad de Santa Rosa (capital de la provincia de La Pampa) que se localiza en un clima templado frío (temperatura mínima absoluta y media de julio: -11.2 y 7.6°C), con una población de algo más de 100.000 habitantes ha mostrado un crecimiento muy importante en la construcción en los últimos años, fundamentalmente torres de viviendas multifamiliares (se observa el uso de grandes áreas vidriadas y la ausencia de protecciones solares). El mayor consumo de energía en la ciudad (electricidad y gas natural) es de origen residencial. Entre 2005 y 2007 se han aprobado o están en curso de aprobación 32400m<sup>2</sup> de los cuales 27520m<sup>2</sup> corresponden a edificios con planta baja con 1 a 12 pisos (Región, 2007). En este marco, el presente trabajo tiene como objetivo general analizar el consumo de energía de 192 departamentos distribuidos en 8 bloques, (fachada a 30° de azimut) (Figura 1). Las unidades son de 1, 2 y 3 dormitorios y se disponen en 8 por planta (planta baja, primer piso y segundo piso). Los objetivos específicos son: a- analizar el consumo de energía según la ubicación de los departamentos, b- evaluar el consumo estacional, c- estudiar la influencia del entorno inmediato en el consumo de energía, d- comparar el consumo de energía de la vivienda multifamiliar con el de una unifamiliar en la misma región en estudio. En la figura 2 se observa el esquema de las plantas del edificio y su sección transversal. El acceso se ubica en la fachada que tiene un azimut de 30°. La Tabla 1 muestra algunos indicadores dimensionales y energéticos. El valor de FAEP (relación entre superficie de envoltente y superficie cubierta) (Esteves et al., 1997) aumenta hacia el nivel superior, también el Coeficiente Global de pérdidas 'G' que varía desde 2.46 a 2.76 W/m<sup>3</sup>°C (valores superiores a los admisibles según Norma IRAM 11604, 2001). Al coeficiente global de pérdidas se acopla el valor de  $Q_{aux}$  (calor auxiliar) que crece hacia el nivel superior, previsible por tener una envoltente con mayor contacto con el exterior. En la Figura 2 se observa una vista de los edificios.

<sup>1</sup> Investigadora de CONICET

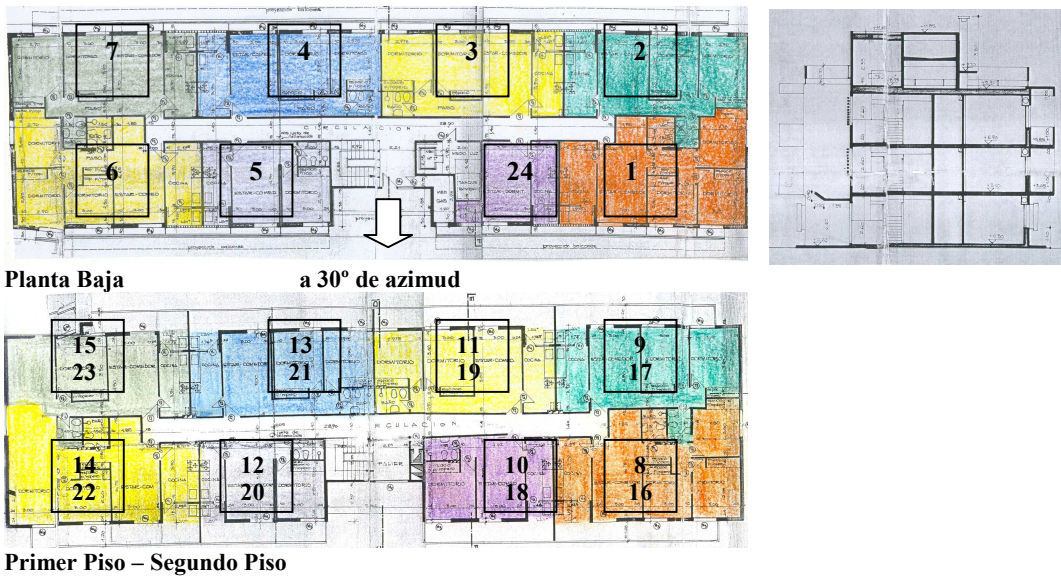


Figura 2: Planta y corte del edificio.

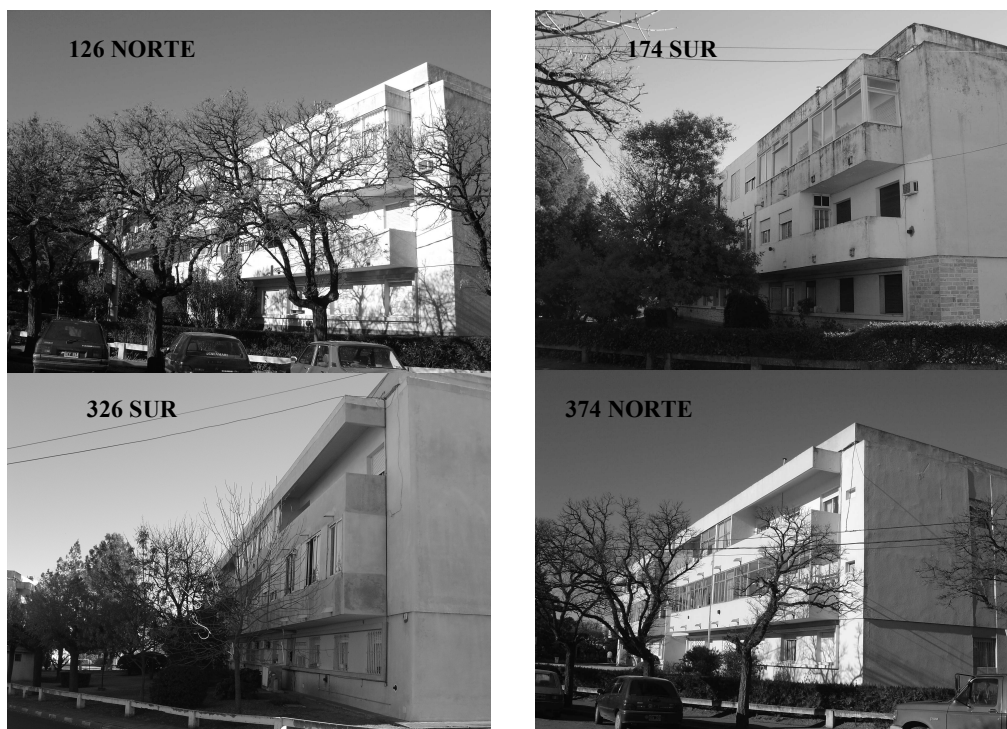


Figura 3: Vista Norte y Sur de alguno de los bloques que se analizan

## RESULTADOS DEL ANALISIS

La Tabla 2 sintetiza el consumo total de gas natural por bloque y por nivel. Se observa una dispersión relativa entre bloques entre un 12 y un 17% para los distintos niveles. El último nivel muestra la menor variabilidad entre bloques. En la planta baja de los bloques 126 y 174 se observa un consumo de gas natural superior al primer piso. A través de la observación directa de los bloques se observa que la planta baja del sector N-E, bloque 126, y sector S-O, bloque 174, las especies arbóreas impiden el ingreso del sol. La fachada norte del segundo piso de todos los bloques no muestra ningún tipo de obstrucción. En el bloque 326 se observa el menor consumo del primer piso respecto al resto de los bloques, situación que está asociada a: años en que faltan datos; departamentos desocupados y/o rentados. La dispersión relativa del consumo total

entre los bloques es de 4.17% , cifra pequeña si se tiene en cuenta que el análisis involucra a 192 departamentos, que tienen una ubicación espacial y una disponibilidad de sol, y una superficie diferente, usuarios con hábitos de vida que difieren entre ellos, algunos departamentos son rentados, otros han sido remodelados.

La forma y orientación de los edificios, el tamaño y el diseño de las superficies vidriadas, los materiales y espesores de las capas aislantes tienen un fuerte impacto sobre el confort interior y la demanda de energía (Evans, 2005). El mismo autor estima en su trabajo que el 58% de la energía residencial en Argentina corresponde a calefacción. Para la región en estudio, y en función del monitoreo energético realizado en una vivienda unifamiliar de construcción convencional a través de la lectura del medidor de gas tres veces por día entre el 4 y el 21 de julio de 2003 el consumo promedio diario fue de 12m<sup>3</sup> en condiciones reales de uso (temperatura promedio interior= 18°C, temperatura promedio exterior de 7.9°C). En períodos en que la vivienda estuvo desocupada, pero con el calefactor encendido, el consumo fue de 10.4m<sup>3</sup>; en función de los datos el 86% del consumo corresponde a calefacción (0.20m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>). Con la misma metodología, una vivienda de tecnología solar, consumió 12.5m<sup>3</sup> de gas para el mismo período; la calefacción absorbe un 86% (0.06m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) (Filippin 2005). Los valores evidentemente muestran la variación del consumo para un mismo período según la tecnología y el diseño de la vivienda. En función de los datos históricos suministrados por la Empresa Distribuidora de Gas las viviendas consumen anualmente y en promedio 1600m<sup>3</sup> de gas natural (1060m<sup>3</sup>= calefacción – 66.25%; 540= cocción de alimentos y producción de agua caliente-33.75%). Según la misma fuente, y para el período de invierno la calefacción en las viviendas absorbe el 75%. De acuerdo entonces a la información disponible (resultados de monitoreos energéticos y consumos históricos para la ciudad de Santa Ros) se considera que el 67% del consumo total anual de gas corresponde a la calefacción de los espacios, por lo tanto del consumo total del bloque de 21360m<sup>3</sup>, casi 14311.2m<sup>3</sup> estarían destinados a acondicionar el edificio en invierno, valor que supera en un 32% al calor auxiliar estimado (para una temperatura base de 18°C) según Tabla 1 que no contempla ni el aporte solar, ni las ganancias internas. La Figura 3 muestra el valor promedio y la variabilidad del consumo en el período 2001-2006 por departamento y por nivel, y para cada bloque.

Prevalecen las unidades cuyos consumos promedios anuales no muestran dispersión en el período. En los casos en que la variabilidad es importante son departamentos rentados y/o con años en que estuvieron desocupados. Se observa que el 7% de los balcones de los departamentos fueron cerrados con carpintería de aluminio (aumento en el área útil de alrededor de 12m<sup>2</sup>). Según la Figura 3 el consumo de gas aumenta cuando se cierra el balcón (por ejemplo: departamentos 15 y 23 , bloque 174; departamento 8, bloque 374) al instalarse un nuevo calefactor (se observa el caño de ventilación en las fachadas). Es evidente que estas galerías acristaladas en el caso de las fachadas al Norte no fueron concebidas como espacios solares pasivos. La Tabla 3 muestra el desvío standard del consumo promedio en los departamentos que es mayor en el nivel intermedio con un valor de 147.8m<sup>3</sup>, nivel que además presenta el menor consumo promedio por departamento (situación que se acoplaría a las menores pérdidas por la envolvente). La dispersión relativa entre el consumo promedio (período 2001-2006) de cada uno de los 8 departamentos por cada nivel mostraría el efecto de la orientación y de la superficie útil, la variabilidad en los hábitos de vida de los usuarios (por ejemplo: apertura o no de las cortinas de enrollar, temperatura interior alcanzada).

Nivel	Unidad funcional	Area (m <sup>2</sup> )	Envolvente (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	FAEP	G (W/m <sup>3</sup> °C)	Q <sub>auxiliar anual</sub>		
							MJ	m <sup>3</sup>	Kwh/m <sup>2</sup>
Planta Baja	1-6	65.8	41.6	171.1	0.63	2.46	56186	1506	237.4
	2-7	50.2	35.4	130.5	0.70	2.42	42157	1130	233.4
	3-4	50.8	24.2	132.0	0.48	2.31	40703	1091	222.7
	5-24	36.5	18.2	95.0	0.50	2.15	27265	731	207.7
							Total	8916	
Primer Piso	8-14	65.8	41.6	171.1	0.63	2.54	58013	1555	245.1
	9-15	50.2	35.4	130.5	0.70	2.55	44421	1191	246.0
	11-13	50.8	24.2	132.0	0.48	2.52	44403	1190	243.0
	10-12	36.5	18.2	95.0	0.50	2.4	30435	816	231.8
							Total	9592	
Segundo Piso	16-22	65.8	107.4	171.1	1.63	2.9	66235	1776	279.8
	17-23	50.2	85.6	130.5	1.70	2.89	50344	1350	278.8
	19-21	50.8	75.0	132.0	1.48	2.87	50571	1356	276.7
	18-20	36.5	54.7	95.0	1.50	2.76	35001	938	266.6
							Total	10840	
							Total edificio	29348	

Tabla 1: Indicadores dimensionales, morfológicos y energéticos. FAEP = Factor de área envolvente / piso (Esteves, 1997); G = Coeficiente global de pérdidas; Q = Calor auxiliar (calculado en función del valor G y para una temperatura base de 18°C; no contempla el aporte solar ni las ganancias internas)

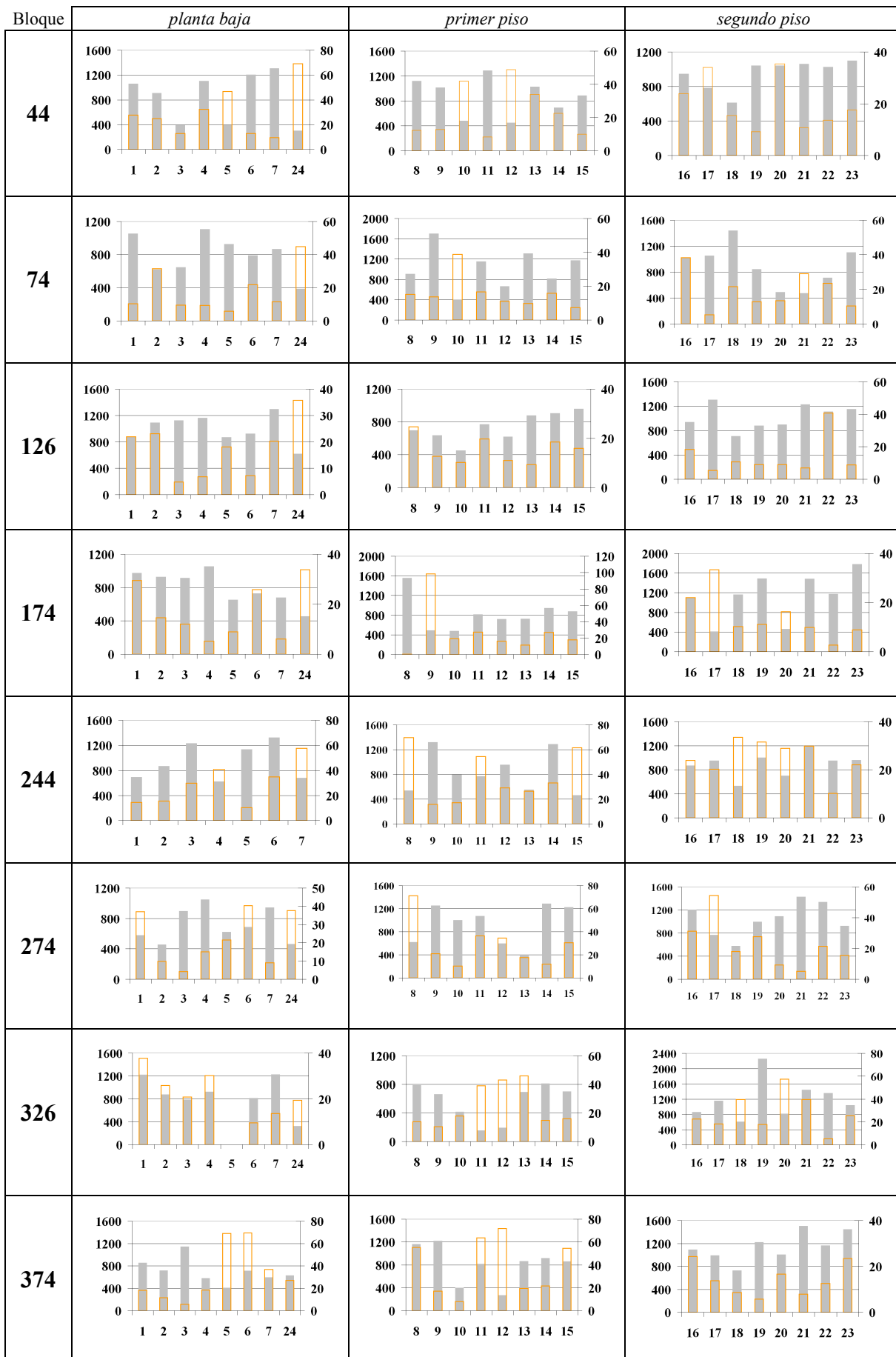


Figura 3 : Consumo promedio anual dispersión relativa periodo 2001-2006 por departamento / nivel y por bloque.

Bloque	Planta Baja	Primer Piso	Segundo Piso	Total / bloque
44	6667.6	6956.4	7602.8	21226.8
74	6398.2	8117.0	7127.6	21642.8
126	<b>7957.2</b>	5907.5	9175.1	23039.8
174	<b>7943.7</b>	6141.3	7969.1	21687.8
244	6553.4	6681.5	7169.8	20404.7
274	5690.5	7450.9	8327.4	21468.8
326	<b>6156.3</b>	4417.2	9518.4	20091.9
374	5643.8	6513.0	9155.3	21312.1
Promedio	6626.3	6523.1	8209.9	21359.3
STD	896.6	1106.7	966.7	891.4
CV (%)	13.5	16.97	11.97	4.17

Tabla 2: Indicadores estadísticos del consumo de gas natural total anual por bloque y por nivel (m<sup>3</sup>)

STD: Desvío standard; CV: Coeficiente de variación

Todos los departamentos muestran una importante dispersión relativa entre bimestres (valores superiores al 70%) que indica la estacionalidad del consumo de energía. En función de los resultados que se detallan en la Figura 3, se observa que hay bloques cuyos departamentos muestran mayor variabilidad en el consumo de energía entre los años 2001 y 2006, por ejemplo bloque 244 (están ocupados por empleados de la administración pública provincial); en otros la dispersión relativa es inferior al 10%. Para otro análisis se extraen aquellos departamentos con menor dispersión relativa en el consumo de energía entre los años del período analizado (esto garantiza la permanencia de la misma familia en el departamento durante los seis años analizados, - no sería una vivienda rentada - y además, asegura la existencia de todos los datos del consumo bimestral de gas). Abarcarían alrededor del 30% del total evaluado. Por ejemplo entre ellos se toma el departamento 5 y el 17 (bloque 74), el 3 y el 17 (bloque 126), el 4 (bloque 174) y el 3 (bloque 274). En todos los casos el mayor volumen consumido corresponde al bimestre 4 (junio-julio, meses más fríos en la región) y el promedio oscila entre 300 y 400m<sup>3</sup> y la variabilidad entre los años analizados está entre el 5 y el 10%. En cuanto a su ubicación dentro del bloque se observa que un departamento con orientación N-E en el extremo del edificio (mayor superficie de envolvente en contacto con el exterior) consume alrededor de 350m<sup>3</sup> (9.8m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) y uno, orientado al norte, intermedio, 300m<sup>3</sup> (7.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>). Los departamentos orientados al S-O, y en el extremo del bloque, consumen alrededor de 400m<sup>3</sup> (15.3m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), y otro orientado también al sur pero hacia el centro del bloque 100m<sup>3</sup> menos (11.4m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>).

Bloque	Planta Baja		Primer Piso		Segundo Piso	
	Promedio	CV (%)	Promedio	CV (%)	Promedio	CV (%)
44	833.4	49.0	869.5	34.8	950.3	17.7
74	799.8	30.1	1014.6	39.9	890.9	36.9
126	994.6	21.4	738.4	23.2	1027.3	19.8
174	798.5	25.3	825.4	41.1	1132.9	42.8
244	936.2	30.9	835.2	39.8	896.2	22.8
274	711.3	31.7	931.4	36.9	1040.9	27.5
326	879.5	34.8	552.1	47.6	1189.8	42.9
374	705.5	31.1	814.1	40.7	1144.4	22.1
Promedio	832.3		822.6		1034.1	
STD	101.6	31.8	137.0	38.0	115.1	29.1
CV (%)	12.2		16.6		11.1	

Tabla 3: Indicadores estadísticos del consumo de gas natural promedio por departamento / nivel y por bloque (m<sup>3</sup>) para el período 2001-2006. STD: Desvío standard; CV: Coeficiente de variación

Para la región en estudio el mayor porcentaje del gas consumido durante el invierno corresponde a la calefacción de los espacios. Si se compara el consumo para el mismo bimestre de una vivienda multifamiliar con una vivienda unifamiliar de dos y tres dormitorios apareadas analizadas en trabajos anteriores (Filippin et al., 1995) se observa una importante reducción del consumo total anual de gas para áreas de superficie de viviendas similares (en la vivienda unifamiliar apareada = 1400m<sup>3</sup>/año; en la vivienda multifamiliar = entre 800 y 1000m<sup>3</sup>). En el período frío también se observan diferencias para viviendas de igual superficie, por ejemplo 50m<sup>2</sup> (300 m<sup>3</sup> en la vivienda multifamiliar; casi 500m<sup>3</sup> en la vivienda unifamiliar apareada); disminución que estaría muy asociada a la relación envolvente-ambiente exterior. De acuerdo a Esteves et al (1997) la relación superficie de envolvente / superficie piso es inferior 2 el edificio es energéticamente eficiente. El indicador FAEP de la vivienda unifamiliar es de aproximadamente 2.5. La vivienda multifamiliar en bloque tiene un FAEP inferior a 2.

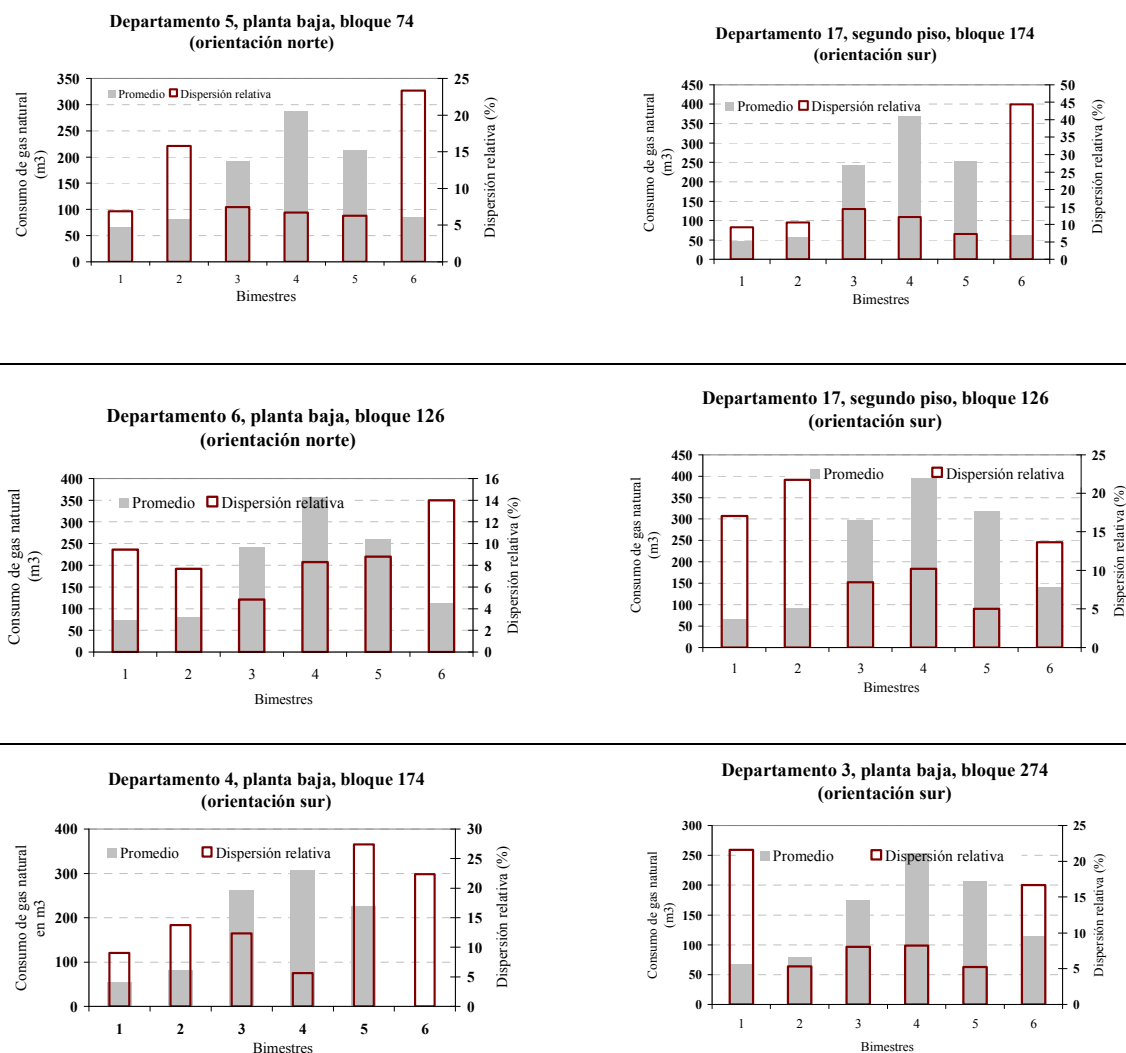


Figura 4: Comportamiento estacional del consumo de gas natural

## CONCLUSIONES

El trabajo permitió evaluar el consumo de gas natural anual y estacional de viviendas multifamiliares en bloque. A partir del análisis no se observó variación del consumo total anual entre los 8 bloques evaluados. Los resultados mostraron que con igual superficie de área útil pero menor FAEP el nivel intermedio de cada bloque tiene menor consumo de gas natural. Se observa con total claridad la variación del consumo de gas para calefacción según orientación y ubicación espacial, por ejemplo en planta baja (bloque 326), los departamentos ubicados en los extremos con mayor superficie en contacto con el exterior (FAEP = 0.63) consumen un 25% más de gas que los intermedios (FAEP = 0.48). Los departamentos con aporte solar desde el Norte consumen un 36% menos de energía en calefacción que los que se ubican al Sur. A igual superficie de área útil y tecnología de la envolvente vertical, el consumo total anual de la vivienda multifamiliar es inferior a la vivienda unifamiliar apareada de barrios de vivienda FONAVI. Las condiciones climáticas determinan la fuerte estacionalidad en el consumo de gas natural; situación que no se evidencia en el consumo de energía eléctrica aún en aquellos departamentos que poseen equipos de frío para acondicionar (departamento 7, bloque 74: promedio del consumo mensual, período 2000-2006 = 212.5 kWh; coeficiente de variación = 0.13%). La alta dispersión relativa del consumo promedio anual para el período 2001-2006 en casos puntuales detectados podría estar asociada al cambio de usuario y sus hábitos en el caso de viviendas rentadas (factores endógenos), situación que será analizada en próximos trabajos. En una próxima etapa y en función de los resultados del presente trabajo se realizará el monitoreo de alguna de aquellas unidades que se han detectado como representativas y que además cuentan o no con equipos de acondicionamiento de aire en verano.

## AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al Ing. Luis Usero de la Cooperativa Popular de Electricidad y al Ing. Cuadrelli de Camuzzi Distribuidora de Gas Pampeano

## REFERENCIAS

- Esteves A., Gelardi D., Oliva A. (1997). "The Shape in the Bioclimatic Architecture: The FAEP Factor"- Proceedings of II Conf. Teachers in Architecture, Florencia, Italia, cap. 3.12.
- Evans, M. (2005). Energía en el hábitat construido: panorama en Argentina. Libro de ponencias del seminario: Los edificios bioclimáticos en los Países de Ibero America. Red iberoamericana para el uso de energías renovables y diseño bioclimático en viviendas y edificios de interés social. San Martín de los Andes, Noviembre de 2005. Argentina. pp.97-104.
- Filippín, C., De Rosa, C. y Bernardos, J. (1995), Variación del perfil energético estacional de viviendas de intrés social en Santa Rosa, La Pampa. Actas de la 18ª Reunión de Trabajo de la ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar), San Luis, pp. 02.23-02.30.
- Filippín, C. (2005). Edificios de bajo consumo energético en La Pampa. Una síntesis cuali-cuantitativa de su comportamiento térmico y energético y ambiental. Tesis Doctoral.
- Ganem, C., Esteves, A. y Coch, H. (2005). El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9 pp.05.49-05.54 . Impreso en Argentina ISSN-0329-5184
- IRAM 11604 (2001) - Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites.
- Jones, D. (2002). Arquitectura y entorno. El diseño de la construcción bioclimática. Editorial BLUME, Barcelona, España.
- Morillón Gálvez (2007).
- Región (2007) 12ª edición. Transformaciones de la Ciudad Capital, pp. 2-3
- Ruano, M. (2002). Ecourbanismo, Entornos humanos sostenibles: 60 proyectos. Editorial Gustavo Gili, SA, Barcelona, España.

[www.portaldelmedioambiente.com](http://www.portaldelmedioambiente.com). Las ciudades, elemento clave en la lucha contra la pobreza y el cambio climático.

## ANALYSIS OF THE NATURAL GAS CONSUMPTION IN MULTIFAMILY HOUSING IN A MODERATE COLD CLIMATE

**ABSTRACT:** The present work analyzes the consumption of natural gas during the period 2001-2006 of a group of 192 apartments ( three-story buildings) located in Santa Rosa, in the central region of Argentina, in a moderate cold climate (latitude: 36°57 ' ; longitude: 64°27 ' and height above sea level: 189 m). There are 8 units in each story (1, 2 and 3 bedrooms). The dimensional and energy-consumption variables are studied (Area, FAEP = Envelope's area/ apartment's useful area, R = thermal Resistance, G = Heat volumetric loss, Q = auxiliary heating). The behaviour of the natural gas consumption is evaluated for the given period, during the years and between seasons. The variability of the consumption is analyzed among buildings, floors and apartments. The quantitative analysis is coupled to a qualitative description through the direct observation of the buildings. The results show: a - the maximum value of the natural gas consumption is in the period July-August; b - the low variability of gas consumption among the 8 buildings (4.17%); c - the lowest average consumption in the first floor, d - an important variability between apartments of each story, e - the influence of trees around the building and the access of sunlight f - the lowest heating energy consumption in the multifamily houses as compared with the single family houses with a similar useful area and the same technology.

**Key words:** Multifamily housing- Energy consumption - Heating