

## ANÁLISIS DE LA RELACIÓN ENTRE DEMANDA DE GAS NATURAL EN CALEFACCIÓN SEGÚN “ENERGOCAD” Y CONSUMOS REALES EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES DEL GRAN LA PLATA.

Jorge Czajkowski<sup>1</sup>, Cecilia Corredera<sup>2</sup> y Mariana Saposnik<sup>3</sup>

Instituto de Estudios del Hábitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata  
Calle 47 NE162. CC 478 (1900) La Plata. Tel-fax: + 54 (221) 423-6587 / 90 int 254  
e-mail: [czajko@yahoo.com](mailto:czajko@yahoo.com) Url: [http://idehab\\_fau\\_unlp.tripod.com/ui2/](http://idehab_fau_unlp.tripod.com/ui2/)

### RESUMEN

En el plan de auditorías de viviendas realizado por el proyecto UREAM2 se utilizó el programa “EnergocAD” para analizar el comportamiento energético y térmico de la muestra. En el trabajo se muestran los resultados obtenidos donde se comparan mediciones de campo con valores de balance y se discuten las diferencias obtenidas.

**Palabras Clave:** Consumo energía, ahorro y uso racional de la energía, comportamiento térmico, conservación de energía.

### INTRODUCCION

En los proyectos “URE-AM, Políticas de uso racional de la energía en el área metropolitana y sus efectos en la dimensión ambiental” (E. Rosenfeld et Al, 1997) y “UREAM2” (E. Rosenfeld et Al, 1999, 2000) (Czajkowski, et Al, 2002) se realizaron auditorías globales y detalladas de una muestra representativa de viviendas de la región del gran La Plata a los efectos de conocer la situación del sector residencial en la década del ‘90, y confrontarla con resultados de proyectos de la década anterior. Sobre instrumentos y metodologías aplicadas o desarrollados para cada tipo de análisis ya fueron tratadas y publicadas (E. Rosenfeld et al, 1999, 2000).

En estos proyectos y en los de becarios e investigadores se ha venido utilizando el programa “EnergocAD” (Czajkowski, 1992, 1995) para evaluar el comportamiento energético edilicio y el “AuditCAD” (Czajkowski, 1999) para evaluar las auditorías detalladas. Esto llevó a la introducción de continuas modificaciones, correcciones y actualizaciones, debido a que originalmente el primero, fue concebido para evaluar viviendas unifamiliares y debieron adaptarse para evaluar hospitales, centros de atención primaria de salud, escuelas (San Juan, 2000), edificios en altura de oficinas y viviendas (Corredera, 2000).

Para evaluar la fiabilidad del instrumento se tomaban algunos casos y se realizaban los cálculos manualmente para luego contrastarlos con las salidas del programa. Pero solo recientemente surgió la pregunta de cómo el Modelo Ambiental Edificio en el núcleo del programa respondía a una comparación con la muestra de auditorías globales y detalladas. Particularmente en la determinación de las necesidades de energía en calefacción discriminados mensualmente.

### INSTRUMENTOS Y MÉTODOS

Se utilizó la muestra de los mencionados proyectos compuesta por viviendas permanentes de construcción tradicional y niveles regulares de consumo energético pertenecientes a usuarios que habitan zonas de alta, media y baja consolidación urbana y cuyas características de dimensionamiento y tamaño de la misma se detallaron en trabajos anteriores (E. Rosenfeld et al, 1999, 2000). Debido, principalmente, a restricciones presupuestarias se encuestaron detalladamente 121 casos a los que se realizó una auditoría global y posteriormente se seleccionaron 38 casos a los que se realizó una auditoría detallada.

A toda la muestra se la analizó en una primera fase con el “EnergocAD” a fin de obtener un perfil del comportamiento energético y térmico y posteriormente a los casos donde se realizaron mediciones en invierno y verano durante los años 1998 a 2001 se analizaron con el “AuditCAD”. Los resultados obtenidos fueron exportados a Excel para realizar las comparaciones y cálculos adicionales.

El primer problema se presentó al no existir correspondencia entre la salida

Enero = 0,3667 x B2 + 0,15 x B1
Febrero = 0,4667 x B2
Marzo = 0,1667 x B2 + 0,35 x B3
Abril = 0,5 x B3
Mayo = 0,15 x B3 + 0,3492 x B4
Junio = 0,4762 x B4
Julio = 0,1746 x B4 + 0,3279 x B5
Agosto = 0,5082 x B5
Septiembre = 0,1639 x B5 + 0,3279 x B6
Octubre = 0,5082 x B6
Noviembre = 0,1639 x B6 + 0,3333 x B1
Diciembre = 0,5167 x B1

**Cuadro 1:** Expresiones para la conversión de consumos facturados bimestrales en mensuales.

1. Profesor Titular FAU-UNLP, Investigador CONICET; 2. Becaria Doctoral CONICET; 3. Colaboradora.

mensual de demanda de gas natural en calefacción y los consumos registrados en las facturas del servicio. Para esto se desarrolló un procedimiento (cuadro 1) que transforma los registros bimestrales en valores mensuales, corrige el desfase entre el período de lectura y la facturación sin diferencia cuantitativa entre el consumo anual facturado y la sumatoria de consumos mensuales desagregados.

La muestra puede verse en la Figura 1 donde la curva de consumos mínimos varía entre 5,13 y 29,5 m<sup>3</sup>/mes de gas natural. La curva de consumos medios varía entre un mínimo de 35 m<sup>3</sup>/mes y un máximo de 193 m<sup>3</sup>/mes. La curva de consumos máximos varía entre un mínimo de 68 m<sup>3</sup>/mes y un máximo de 525 m<sup>3</sup>/mes.

La concentración de casos en la zona próxima a la curva de consumos medios permite inferir la caracterización de la muestra compuesta mayoritariamente por sectores de consumos medios y medios bajos. Son pocos los casos de viviendas grandes y de gran consumo.

La gráfica muestra el consumo total no discriminado los consumos parciales debidos a agua caliente, cocción y calefacción.

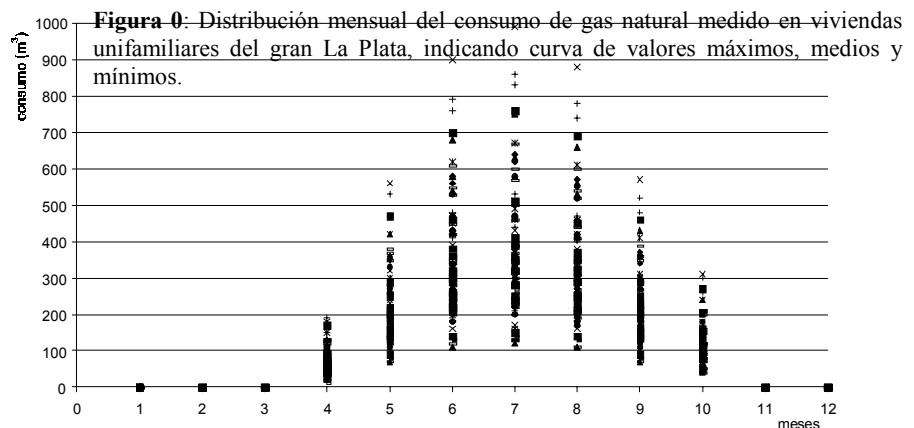
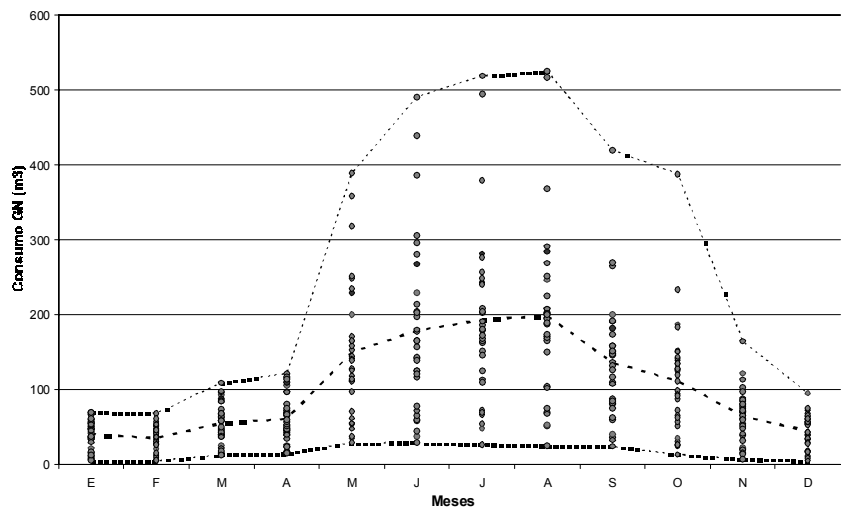


Figura 0: Distribución mensual de la demanda de gas natural en calefacción calculada por EnergoCAD, para 116 casos de viviendas.

Si analizamos la Figura 2 donde se muestra la demanda de gas natural en calefacción calculada por balance, notaremos que solamente se registran valores para los meses de abril a octubre. Aquí debemos aclarar que el EnergoCAD calcula los grados día de calefacción (con bases 16 18 y 20°C) a partir de temperaturas máximas y mínimas del SMN.

En las Figuras 3 a 5 podemos ver la muestra segmentada en tres partes correspondientes a viviendas menores a 50 m<sup>2</sup>, entre 51 y 100 m<sup>2</sup> y mayores a 100 m<sup>2</sup>. Esta segmentación permite caracterizar la muestra y analizar separadamente el comportamiento energético.

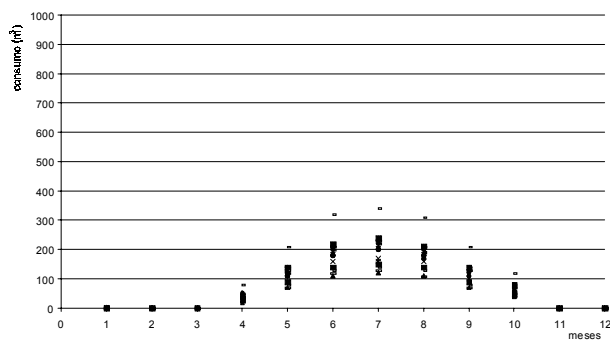


Figura 0: Demanda energía para viviendas menores 50 m<sup>2</sup>.

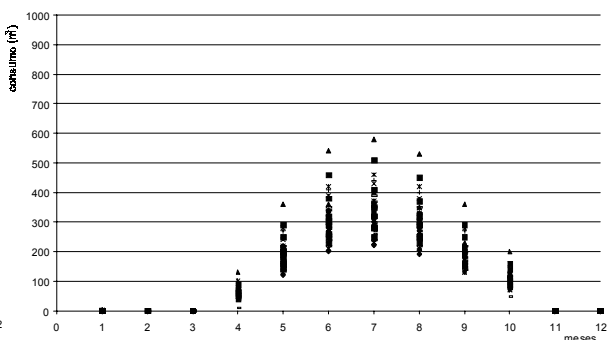


Figura 0: Demanda energía para viviendas 100 > m<sup>2</sup> > 50.

Respecto de la demanda de gas natural en calefacción para mantener las viviendas en confort a lo largo del año estas se encuentran en los siguientes valores: a. menores a 50 m<sup>2</sup> entre 540 m<sup>3</sup>/año y 1590 m<sup>3</sup>/año; b. para el segmento de 51 m<sup>2</sup> a 100 m<sup>2</sup>, entre 700 m<sup>3</sup>/año y 2700 m<sup>3</sup>/año; y c. mayor a 100 m<sup>2</sup> entre 1700 m<sup>3</sup>/año y 4390 m<sup>3</sup>/año.

La superposición se debe a la variedad de soluciones constructivas de las viviendas de la región. Además la vivienda más pequeña es un monoambiente de 25 m<sup>2</sup> y la mayor un chalet californiano de 222 m<sup>2</sup>.

## DISCUSIÓN

El modelo energético del *EnergoCAD* posee limitaciones debido a que calcula la demanda de energía a partir de los grados día de calefacción y en la determinación de estos intervienen series climáticas de veinte años, mientras que el consumo es producto del año o años en los cuales se realizaron las mediciones. De cualquier manera la sola comparación de las figuras 1 y dos nos muestran una gran diferencia entre consumo y demanda.

Para poder comparar estos se debió buscar un procedimiento para descontar el consumo debido a agua caliente y cocción. Los valores obtenidos en proyectos anteriores mostraban que agua caliente + cocción representaban en 36 % del consumo y la calefacción el 64% restante.

Se buscó un coeficiente global determinado a partir de utilizar el programa *Discrgas* que permite calcular el consumo de gas a partir mediciones de temperatura y humedad relativa con microadquisidores de datos "Hobo". Pero no aplicables a esta situación en particular.

Entonces se siguió el siguiente criterio: a. para los cinco meses con grados día de calefacción igual a cero se descontó el consumo de forma directa; b. para los meses 4 a 7 se descontaron los consumos del mes 3 y c. para los meses 8 a 10 se descontaron los consumos del mes 11. De esta forma y no considerando variaciones por estacionalidad en el calentamiento de agua o en los hábitos de cocción pudo obtenerse el consumo debido a calefacción.

Los valores obtenidos por este procedimiento difieren bastante de los hallados en la década pasada (ver Tabla 1). El promedio de la muestra gasta el 54,9% del gas natural en calentar agua para uso sanitario y cocinar y el 45,1% en calefaccionar la vivienda. Unos pocos casos prácticamente no calefaccionan ya que gastan el 6,8% y otra parte de la muestra gasta el 24,2% en AC+Cocc y el 75,8% en calefacción.

La figura 6 permite inferir varios comportamientos en la muestra. Por una parte existe una coincidencia en el encendido de la calefacción hacia el mes de abril para las tres curvas correspondientes a consumos mínimos-medios y máximos, pero a partir de allí la intensidad en el uso de la calefacción mostrada por las pendientes de las curvas es muy diferente. Puede observarse que los sectores medios y mínimos de consumo no consumen lo que debieran siendo el mínimo casi crítico.

Para la curva de mayor consumo la situación es diferente ya que en los meses críticos se produce una merma leve entre consumo y demanda según balance. Pero a partir del mes de agosto cuando el consumo debería reducirse paulatinamente este no se realiza.

Se presenta una suerte de inercia en mantener encendida la calefacción

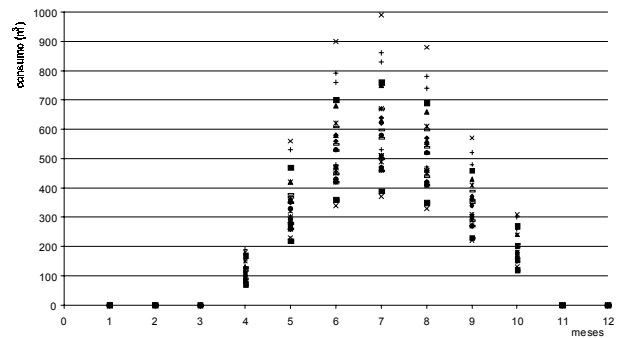


Figura 0: Demanda energía para viviendas mayores 100 m<sup>2</sup>

	Agua Caliente + cocción	Calefacción
Máximo %	93,2	6,8
Medio %	54,9	45,1
Mínimo %	24,2	75,8
Desv St %	15,2	15,2

Tabla 0: Discriminación % del consumo de gas natural debido a agua caliente + cocción y calefacción.

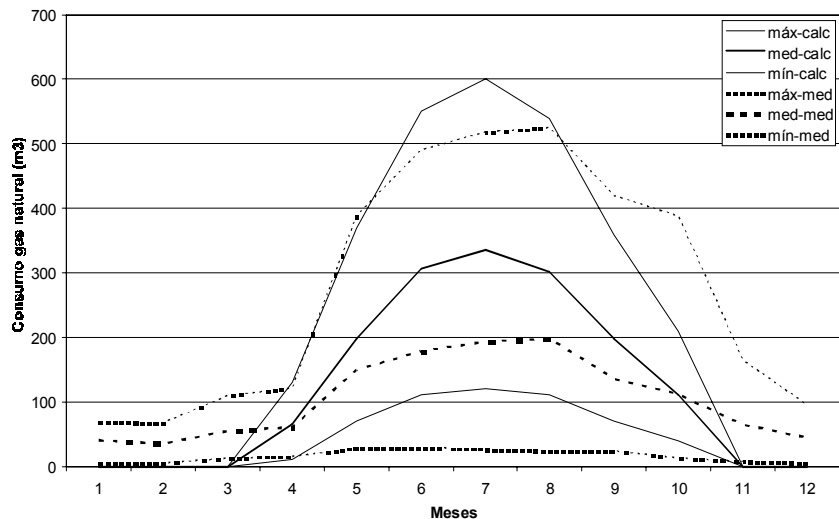


Figura 0: Comparación entre demanda mensual calculada de gas natural en calefacción y consumo total medido.

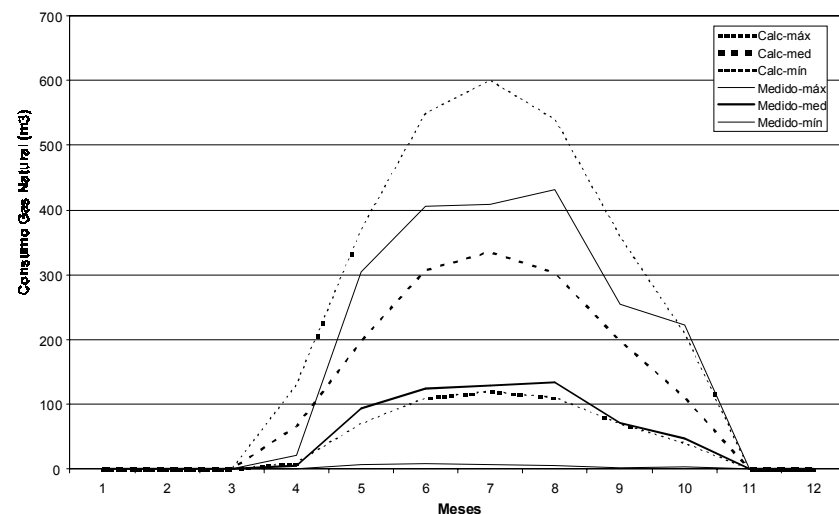
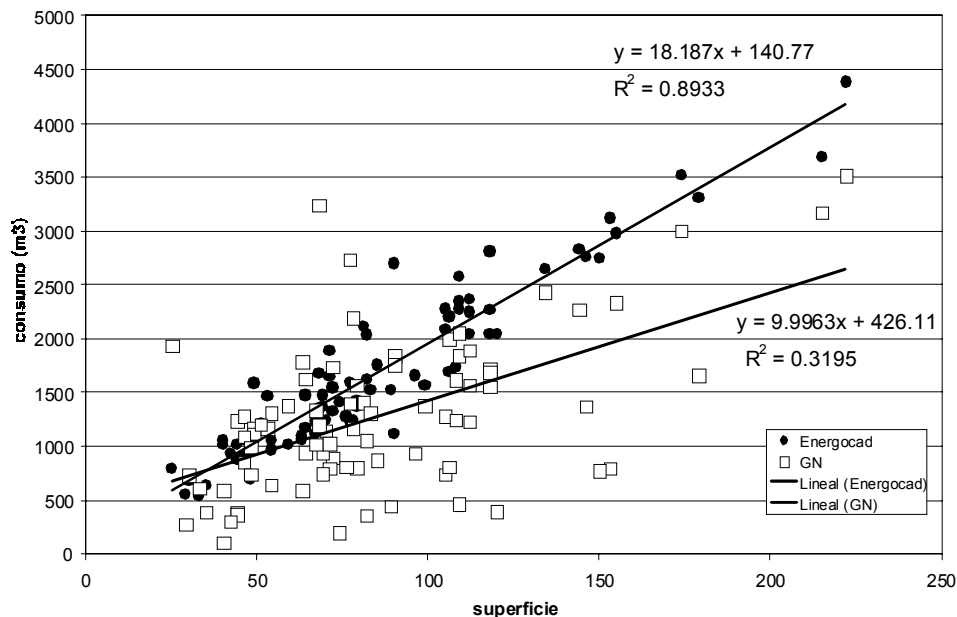


Figura 0: Comparación entre demanda calculada de gas natural en calefacción y consumo en calefacción.

durante casi dos meses pero solo en los sectores que pueden afrontar ese consumo.

La figura 7 presenta un escenario diferente ya que en los consumos medidos se ha descontado el consumo debido a AC+Cocc y la diferencia es clara. En líneas llevas se ve que ninguno de los sectores está cerca de consumir lo que debieran o que el modelo ambiental edilicio del *EnergocAD* basado en los grados día sobreestima la demanda de energía en calefacción.



**Figura 0:** Diferencias entre consumo y demanda de energía en calefacción para el total de la muestra de viviendas de la región del gran La Plata.

En la figura 8 podemos ver las diferencias importantes entre consumo medido en calefacción y demanda calculada por el *EnergocAD*. La dispersión en los valores medidos es importante ( $R^2=0.3195$ ) aunque previsible ya que existen sectores sociales que se encuentran en infraconsumo energético y otros que a diferencia de la década pasada donde existía un sobreconsumo con altos niveles de temperatura en la muestra actual no sucede lo mismo. Podría decirse que los sectores de mayor nivel de ingreso se encuentran muy cerca de consumir lo necesario aunque no es concluyente.

La correlación entre demanda calculada por *EnergocAD* según la superficie calefaccionada tiene un alto nivel de confianza ( $R^2=0.8933$ ) y puede determinarse con la siguiente expresión.

$$Q_{calefacción} = 18.187 \times Sc + 140.77 \quad [\text{Eq. 01}]$$

## CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos son importantes aunque no concluyentes. El *EnergocAD* se muestra robusto en el tratamiento de gran cantidad de casos muy diversos en forma y resolución constructiva.

En una continuación del trabajo podrían introducirse modificaciones en el modo de utilizar el modelo de grados día usando valores medios mensuales coincidentes con el período de medición. Podría así reducirse la diferencia entre consumo y demanda para los sectores socioeconómicos medios altos. En cuanto al consumo de los sectores de menores ingresos que se encuentran en infraconsumo el cierre del modelo es difícil.

## REFERENCIAS

- Czajkowski, Jorge y Rosenfeld, Elías (1992) "EnergocAD": Sistema informatizado para el diseño bioclimático de alternativas edilicias. Actas XV Reunión de trabajo de ASADES, Catamarca.
- Czajkowski J. y Rosenfeld E. (1995). Sistema informatizado en ambiente CAD *EnergocAD* para el diseño bioclimático y diagnóstico energético de edificios en múltiples escenarios. *Actas III Encontro Nacional y I Encontro Latino-Americano de Conforto No Ambiente Construido*. Gramado, Brasil.
- Czajkowski, Jorge. (1999) Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorías ambientales. En *Avances en energías renovables y medio ambiente*. ISSN 0329-5184. Pág. 08-5 a 8. Vol 3. Nro 2.
- Czajkowski Jorge, et Al. (2002). Comportamiento energético ambiental en viviendas del gran La Plata. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol 6, N°2, pág S01-01.
- Corredera Cecilia y Czajkowski Jorge (2000). Innovaciones en el diseño de torres de oficinas en el período 1930-2000 en la región metropolitana de Buenos Aires. Un enfoque desde el diseño ambientalmente consciente. En *Avances en energías renovables y medio ambiente*. ISSN 0329-5184. Pág. 02-15. Vol 4. Nro 1.

- Rosenfeld, E. et al. (1997). UREAM. Políticas de uso racional de la energía en el área metropolitana y sus efectos en la dimensión ambiental, PIP, CONICET 4717.
- Rosenfeld, E. et al. (1999). Eficiencia energética y URE en los sectores residencial-terciarios metropolitanos. Las aglomeraciones del gran Bs As y el Gran La Plata. AVERMA, Vol 3, N°2, Año 1999. Pág.8.17-820.
- Rosenfeld, E. et al. (2000). Consumo energético y ure en los sectores residencial y terciarios metropolitanos. La aglomeración del Gran La Plata. AVERMA, Vol 4 , N°2, Año 2000 Pag . 07-35-40.
- Rosenfeld, E. et al. (2000). Uso racional y eficiencia energética en áreas metropolitanas (URE-AM): El sector residencial del gran Buenos Aires y Gran La Plata, Argentina. VIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Identificador del trabajo 223, publicado en soporte digital (CD) ENTAC'00, Salvador, Bahía. Brasil
- San Juan G. et al. (2000). Evaluación energética e incidencia de mejoras tecnológicas en tipologías escolares bonaerenses. AVERMA, Vol 4 , N°2, Pag.

#### **ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP AMONG NATURAL GAS DEMAND IN HEATING ACCORDING TO THE "ENERGOCAD" AND REAL CONSUMPTIONS IN HOUSES OF THE GREAT LA PLATA.**

**ABSTRACT:** In the buildings audits carried out by the UREAM2 project the "EnergocAD" program was used, to analyze the energy and thermal behavior. The obtained results are shown where mensurations in situ are compared with balance values and the obtained differences are discussed.

**Key Words:**Energy consumption, Saving and energy rational use, Thermal behavior, Energy conservation.