

**AUDITORIAS ENERGÉTICAS EN SANTA ROSA, LA PAMPA.
ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO Y CONSUMO DE GAS NATURAL EN
EDIFICIO DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR.**

Vagge, Carolina¹; Filippin, Celina²; Czajkowski, Jorge³
Cátedra de Instalaciones, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP. CONICET.
Calle 47 nro 162 1900 La Plata, Argentina.
Tel / fax : 54 9221 4236587 int 255.
Email: carolinavagge@yahoo.com.ar, cfilippin@cpenet.com.ar, czajko@yahoo.com

RESUMEN: En este trabajo se analiza el consumo de gas natural durante diez años, periodo 1996-2006, de los departamentos en un edificio en propiedad horizontal de principio de los años 70. Todos los pisos están orientados según un eje E-O ubicados en la zona céntrica de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa, una ciudad de tamaño intermedio (100.000 hab.) localizada en la zona bioclimática IV, correspondiente a un clima templado frío, en latitud 36.57°. Para el procesamiento de los datos se utilizó el EnergoCAD R14, AuditCAD, BOX CAR PRO, Hobo ware y el Excel. En la obtención de datos se implementaron auditorias globales con metodología probada, una encuesta socio-energética y un análisis cualitativo a partir de la observación directa del edificio. El análisis es fundamentalmente cuantitativo, a partir de comparar los consumos de gas natural, los datos climáticos, analizar cambios en el edificio respecto al proyecto/pliego original. Se busca encontrar correlaciones o diferencias de comportamiento energético en cuanto a demanda potenciales de energía comparándolos con estándares de normas nacionales a fin de verificar el grado de eficiencia energética del edificio.

Palabras claves: Edificio de departamentos en propiedad horizontal - Análisis termo-energético - Auditoria energética-Consumo de gas.

INTRODUCCION:

Con el actual ritmo de crecimiento demográfico se prevé que la población humana mundial podría llegar a duplicarse antes de mediados de siglo. De los 1300 millones de habitantes de comienzos de siglo, se ha pasado a 5500 a finales del siglo XX. De esta población sólo el 10% vivía en ciudades a principios del siglo pasado, hacia el 2000, la población urbana superaba el 50%. Esta tendencia inicia un proceso irreversible que anuncia la situación futura de las poblaciones urbanas. La actual utilización de los recursos naturales y del medio ambiente supone una disminución del potencial de los mismos para las generaciones futuras. Fenómenos como el cambio climático y el deterioro de la capa de ozono se acentúan, a causa de los impactos negativos ocasionados por la industria y los sistemas de transporte, y del ambiente construido, donde pasamos más del 90% de nuestra vida, que es en gran medida responsable de numerosos impactos. Los edificios consumen entre el 20 y el 50% de los recursos físicos según su entorno, el crecimiento del hábitat construido tiene un peso significativo en el actual deterioro del medio ambiente. La industria de la construcción es la mayor consumidora de recursos naturales como madera, minerales, agua y energía. Asimismo, los edificios, una vez construidos, continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que se producen en los mismos o el impacto sobre el territorio, creando una fuente directa por el consumo de energía necesaria para su funcionamiento (CF+S; 2008).

Este trabajo se encuadra dentro de la realización de una beca doctoral tipo I CONICET, cuyo tema de trabajo refiere a un "Modelo alternativo de planeamiento estratégico energético-ambiental de áreas metropolitanas basado en diferenciales de tejido urbano. Hacia una eficiencia energética del hábitat con centro en la demanda y no en la oferta". Para poder comprender como se comporta energéticamente el tejido urbano es necesario comenzar a estudiar y analizar los elementos que lo conforman, en este caso serán los distintos tipos edilicios. Los objetivos del tema en estudio apuntan al desarrollo de un modelo de eficiencia energética a escala urbana, basado en diferenciales de tejido a modo de tipos edilicios con pesos y atributos, para la predicción de la demanda de energía a partir de proponer inversiones con innovación tecnológica y diversificación energética.

El Presente trabajo también forma parte de proyecto de investigación PICT 2006-956: "Eficiencia energética edilicia en áreas metropolitanas. Evaluación mediante auditorías y propuestas de estándares". Acreditado por la Agencia Nacional de promoción científica y tecnológica. El grupo de trabajo integra investigadores de la región metropolitana bonaerense, Cuyo y la zona pampeana seca, contenidos por la UNLP. El objetivo general del proyecto apunta a revisar, sistematizar y experimentar formas edilicias y tecnologías alternativas, con costos iniciales cercanos a cero, en algunos sectores críticos del área metropolitana a la que pertenece cada subgrupo que integra este proyecto en el ciclo de vida de los edificios; para algunos sectores críticos de los hábitats metropolitanos. Las unidades de análisis son edificios clasificados por tipo y función basados en trabajos previos que en este proyecto serán revisados bajo un criterio común, proponiendo escenarios de aplicación de programas de eficiencia energética y cuantificación de impactos.

¹ Beca tipo I CONICET. ² Inv. CONICET (Co-Director). ³ Profesor-Investigador UNLP/ CONICET (Director).

El edificio objeto de estudio, implantado según un eje este-oeste está ubicado en el centro de la ciudad de Santa Rosa, (La Pampa) que pertenece la zona bioambiental IVc. La provincia tiene como límite superior la isolínea de 1170 grados día y como límite inferior la isolínea de 1950 grados día. Los veranos no son rigurosos, con temperaturas máximas promedio que no superan los 30°C. Los inviernos son fríos, con valores medios entre 4°C y 8°C.

Para esta zona se recomienda tener en cuenta a la hora de diseñar un muy buen aislamiento térmico en toda la envolvente, sugiriendo el doble en la cubierta respecto de los muros. También se debe tener mayor cuidado en la relación área vidriada-opaca, en el riesgo de condensación controlando los puentes térmicos. Con respecto a la irradiación solar, para las latitudes superiores a 30°, como es el caso de Santa Rosa, la orientación favorable es NO-N-NE-E. Con respecto a la ventilación, se recomienda ventilar de manera selectiva con inercia térmica (Czajkowski-Gómez 2002).

	Coordenadas geográficas: Latitud: 36° 34 , Longitud: 64° 1, Altitud: 191 mts	
Valores anuales	Temperatura máxima media	22.5°C
	Temperatura mínima media	9.3 °C
	Temperatura media	15.9 °C
	Irradiación horizontal global	16.3 MJ/M2
	Humedad Relativa	66.8 %
	GDe (TB 18°C)	1545
	GDe (TB 23°C)	128%
Julio	Amplitud térmica	12.4°C
	Velocidad media del viento	9.1 Km/m2
	Irradiación horizontal global	8.1 MJ/m2
Enero	Amplitud térmica	13.9°C
	Velocidad media del viento	11.8Km/m2
	Irradiación horizontal global	24 MJ/m2

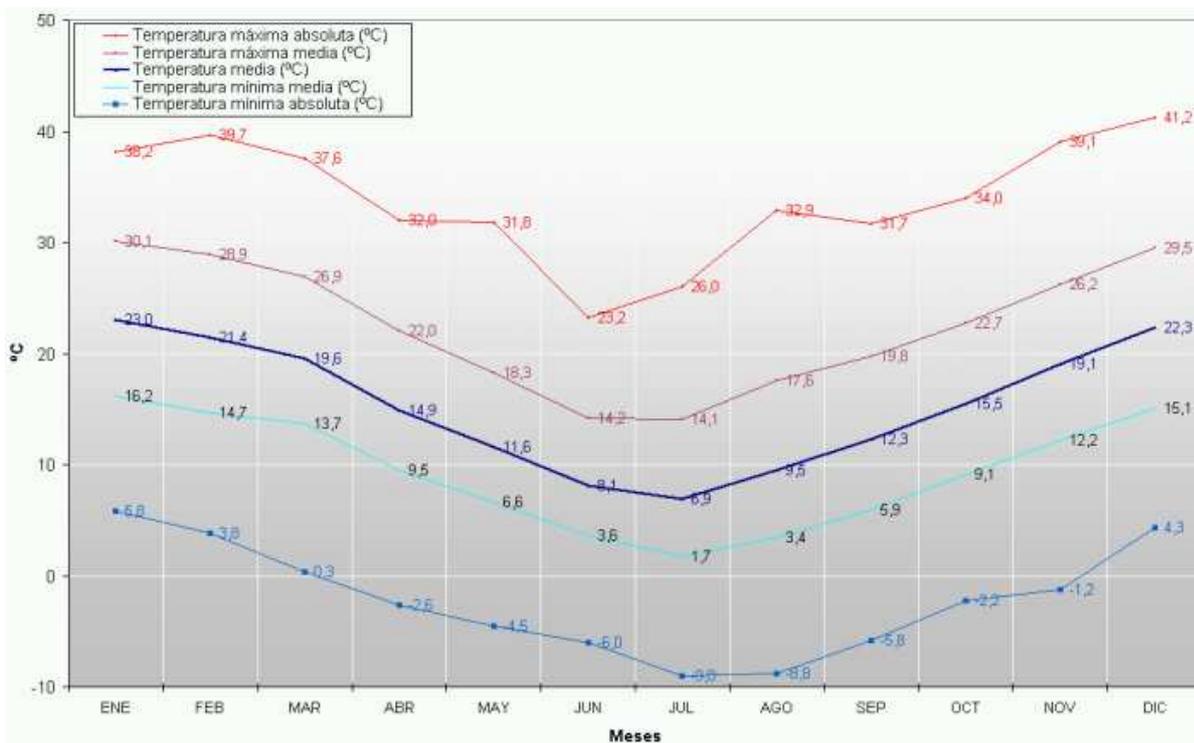


Figura 1: indicadores climáticos de la ciudad de Santa Rosa, La Pampa. (SMN 1991-2000).

La edificación en altura en la ciudad de Santa Rosa comenzó en la década del '60 con el primer emprendimiento ubicado en el centro de la ciudad, a escasos metros de la plaza principal. Ha tenido un crecimiento fluctuante según los vaivenes sufridos por la economía del país, pero a partir del año 2004 se manifiesta su fuerte concentración en el área fundacional. Los datos estadísticos del municipio presentan los siguientes valores: en el año 2004 la cantidad de presentaciones de planos de obras multifamiliares alcanza a 42 con un total de 13.916 m². En el año 2005 ascienden a 142 con un total de 29.049 m² en el año 2006 se realizaron 183 presentaciones de obras a construir con un total de 43.364 m². Esto significa que el aumento es considerable.

En el área central es donde se están construyendo la mayoría de los edificios dado que la normativa urbanística vigente permite la mayor altura de edificación en ese sector urbano. Esta forma de crecimiento es impulsada por tres agentes: los

organismos privados que buscan frenar el deterioro del centro para preservar el desarrollo de sus negocios; los sectores de altos ingresos que buscan los beneficios de las localizaciones centrales y los poderes públicos que aumentan la percepción de impuestos y pueden prestar servicios a un costo mínimo por las ventajas de la concentración (Tourn-Cossio-Pombo 2006).

Esta tendencia también se relaciona con un cuestionamiento al modelo de ciudad extensa, donde se encarecen todos los servicios, aumenta la demanda de insumos como energía eléctrica, gas y agua, y requiere una eficiente red de comunicaciones y transportes. Así nos encontramos hoy con una ciudad en rápido crecimiento tanto espacial como demográfico: su tasa de aumento poblacional ha superado siempre holgadamente a la media del país. (Op.cit)

El edificio que se analiza en el presente trabajo se construyó en los primeros años de la década del setenta. Consta de una primer planta y un entrepiso comercial, más 9 niveles de departamentos. Las unidades son de 2 y 3 dormitorios y se disponen uno por planta, todas las unidades poseen 133 m² y la misma orientación.

La tecnología es convencional: estructura independiente de hormigón armado y una envolvente vertical y horizontal sin a

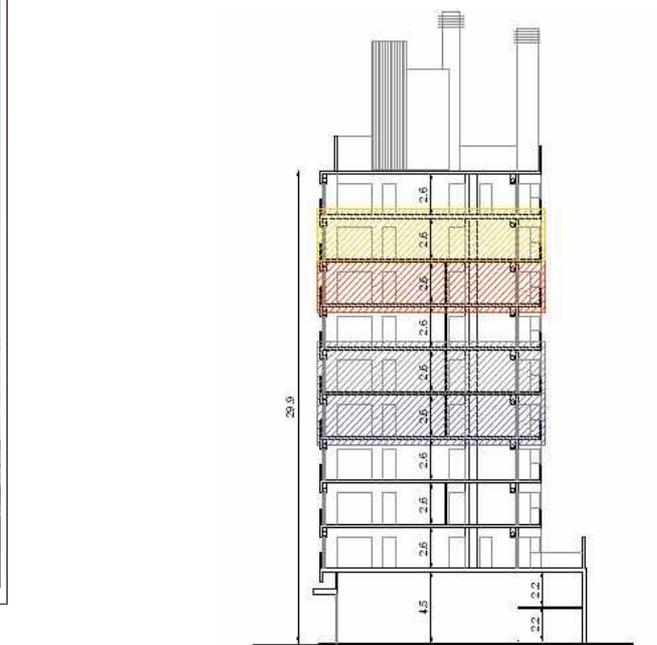


Figura 2 - 3: Foto del edificio. Corte del edificio con la ubicación de los departamentos.

ambas caras. El muro orientado hacia el norte: hasta los 11m de altura es una pared de 0.30 m ladrillo común (PB., Entrepiso y 1° piso). El muro sur: hasta los 10 m de altura es una pared de 0.30 m ladrillo común. (PB., Entrepiso y 1° piso). En ambos muros, y desde la maciza, la envolvente vertical continúa de ladrillo común de 0.15 m de espesor. Todas las paredes están revocadas en el lado interior y en el exterior están revestidas con IGGAM peinado blanco y venecita. Las ventanas originales son corredizas de chapa doblada, en algunas unidades funcionales se remplazaron por hojas corredizas de aluminio con DVH (figura 8). Las orientadas al este (fachada principal) tienen como protección solar cortinas de enrollar de plástico. El sistema de calefacción es central con mini-calderas y radiadores por agua caliente. Varios departamentos poseen aire acondicionado, en la zona del estar, y en el dormitorio con orientación noreste.

INSTRUMENTOS Y MÉTODOS

En una primera fase se analizó el edificio completo, desde el piso 1 al 9, de manera global con EnergoCAD (Czajkowski 1992); excluyendo la planta baja donde se encuentra un local comercial. Los resultados obtenidos fueron exportados a Excel para compararlos con los consumos de gas natural medidos, en un periodo de diez años (1996-2006) y verificar el cumplimiento de la Norma IRAM 11604, sobre ahorro de energía en calefacción. Los consumos de gas natural medidos por bimestres se convirtieron a valores mensuales a partir del trabajo realizado por (Czajkowski; Corredera 2003); para contrastarlos con los surgidos del EnergoCAD y del período decádico.

En una segunda fase se realizaron auditorías del comportamiento térmico-energético durante el invierno entre el 11-07-2008 y el 17-07-2008 en los cuatro departamentos detallados. Los departamentos en los cuales se realizaron las auditorías fueron: el piso 4: hacia el 2004, los propietarios del departamento cambiaron casi en su totalidad las carpinterías originales (las de la fachada orientadas al Este y las del contrafrente orientación Oeste), por carpinterías de aluminio con Doble Vidriado Hermético (DVH). El piso 5: en este departamento únicamente fueron remplazados los cerramientos originales de del frente (orientación Este), por ventanas con DVH. El piso 7: este departamento se encuentra sin modificaciones con respecto al pliego. Y el piso 8: esta vivienda fue seleccionada porque además de haber cambiado sus carpinterías de chapa doblada, por carpinterías con DVH, esta en contacto con el piso 9, que además de ser el último piso se encuentra desocupado hace varios años. Para realizar las auditorías se utilizó el siguiente instrumental: 7 micro-adquisidores de datos HOBO U10 (temperatura

y humedad), 1 U12 (temperatura, humedad e iluminación), 12 HOBO H8-002 (temperatura), una estación meteorológica HOBO Prov v2 (temperatura y humedad), un termómetro infrarrojo Lutron TM-949 y un termómetro /anemómetro Lutron LM 8000.

En cuanto al software de procesamiento de la información se utilizaron los programas “Excel”, el “HOBOWarePro” y el “BoxCarPro”, para los datos generados por los hobos y el AuditCAD para los balances.

Durante el período frío se siguió la siguiente metodología de medición: a. Se utilizaron 5 Hobo para registrar las condiciones



Figura 5 de Santa

Figura 4: ubicación de hobos en los distintos ambientes del departamento.

higrotérmicas en dormitorios y en 1 o 2 ambientes diurnos según piso (ver figura 4). b. Se verificaron los datos consignados en la encuesta. c. Se instaló un Hobo en el exterior del departamento del cuarto piso y una estación meteorológica en la azotea del edificio. Las mediciones fueron realizadas a lo largo de 6 días corridos incluyendo un fin de semana completo, asegurando de este modo la mayor información posible, sobre modos y comportamientos de uso de los departamentos y consumo de gas comparando de esta manera días laborales y de descanso. Para el registro de datos los microloggers Hobo se programaron con un intervalo de 15 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla 2 sintetiza la información sobre el consumo de gas natural de la década bajo análisis para todos los departamentos del edificio. Se muestran los valores mes a mes que resultan de promediar los consumos entre departamentos. En las últimas columnas se obtienen los promedios mensuales de consumo de gas natural en la década y las desviaciones estándar. Encontramos que hay mayor variabilidad durante los meses de verano respecto a los meses de invierno. Esto se explica en que todos los departamentos cuentan con calefacción central por radiadores y calderas bajo mesada que en la encuesta se registró que sus termostatos se encuentran a un promedio de 22 °C.

Si analizamos la figura 5, se puede ver que la curva de los consumos mínimos medidos varía entre 60.8 y 1291.5 m³ de gas.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	promedio	STD
ENE	43	42	106	80	86	66	115	85	101	117	110	86	26
FEB	98	106	220	188	188	200	282	224	244	256	248	205	56
MAR	321	188	432	728	549	874	756	703	687	784	711	612	204
ABR	409	215	505	944	688	1146	937	890	857	990	889	770	270
MAY	954	705	1112	1183	1300	1794	1773	1692	1774	1920	1658	1442	388
JUN	1134	873	1310	1228	1491	1977	2034	1943	2069	2213	1898	1652	435
JUL	1360	876	1397	1168	1464	2573	2545	2456	2477	2518	2308	1922	631
AGO	1010	862	1421	1112	1421	2071	1979	1954	1869	1963	2060	1611	437
SEP	464	470	723	686	868	1333	1069	1040	1209	1151	1089	918	283
OCT	214	298	410	508	635	1031	668	635	940	802	659	618	240
NOV	146	187	280	314	342	534	451	405	505	446	402	365	119
DIC	120	142	229	233	213	313	366	311	313	291	294	257	73

Tabla 2: Consumo de GN medido de los departamentos 1 al 8. (Departamento 9 sin datos)

La curva de consumos medios varía 86.5 a 1922 m³ y la curva de consumos máximos varía entre 112.2 y 2552.7 m³. También

se puede observar en la demanda de gas natural calculada por balance que solo hay valores para los meses de marzo a noviembre ya que no se contempla aportes por cocción y agua caliente. También podemos inferir que existe una coincidencia en el encendido de la calefacción hacia el mes de marzo para las tres curvas que corresponden a consumos mínimos, medios y máximo medidos. Pero a partir de allí hay una gran dispersión en el consumo entre los distintos años. La curva de consumos máximos medidos coincide con la curva de consumos mínimos calculados.

El departamento que más consume según la figura 6 es el que se encuentra en el nivel 4, aunque cambió todas las carpinterías originales por cerramientos con DVH. Luego se encuentra el departamento 5 que cambio sus cerramientos orientados al este por carpinterías con DVH. El departamento 7 consume menos que el 4 y el 5 y conserva las carpinterías originales. Por último el departamento que menos consume es el del piso 8, se encuentra en contacto con el departamento del último piso del edificio que hace años esta desocupado. También cambió la carpintería original por carpintería con DVH.

El consumo de gas medido durante el período comprendido entre el 11-07-2008 y el 17-07-2008 fue: en el departamento 4° : 33.2 m³, en el departamento 5° : 39.9 m³, en el departamento 7° : 16.9 m³ y en el departamento 8° : 24.6 m³.

El comportamiento térmico de los departamentos auditados se puede ver en la Tabla 3. Los valores muestran temperaturas interiores en el departamentos 4°: 23.1 °C, en el 5°: 22.4°C, en el 7°: 21.5 y en el 8° 21°C. También se puede observar que las temperaturas exteriores registradas durante el período de medición son atípicas, con máximas de 25°C, mínimas de 7.7°C y temperaturas medias de 16.6°C.

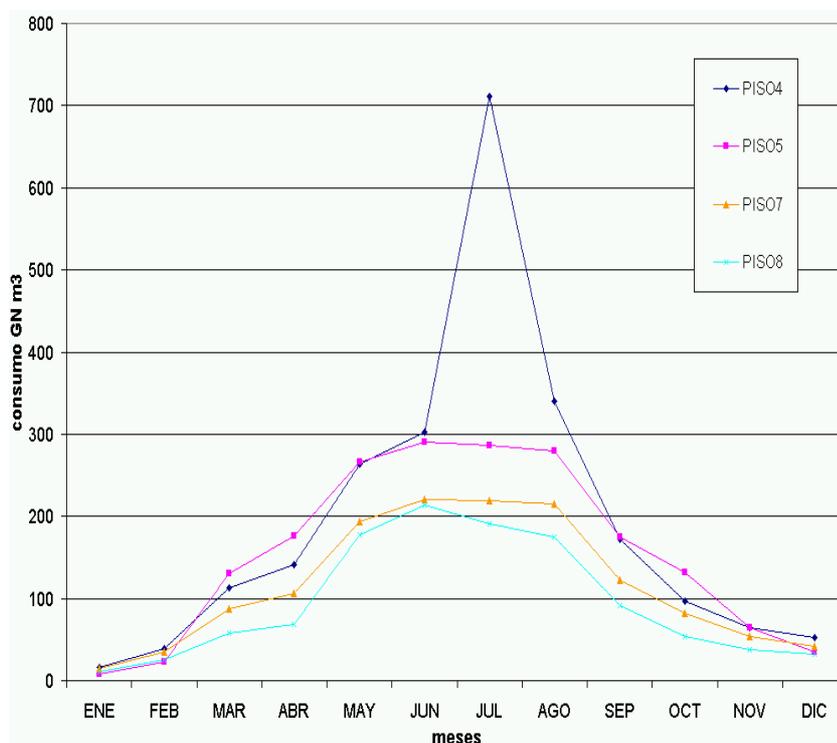


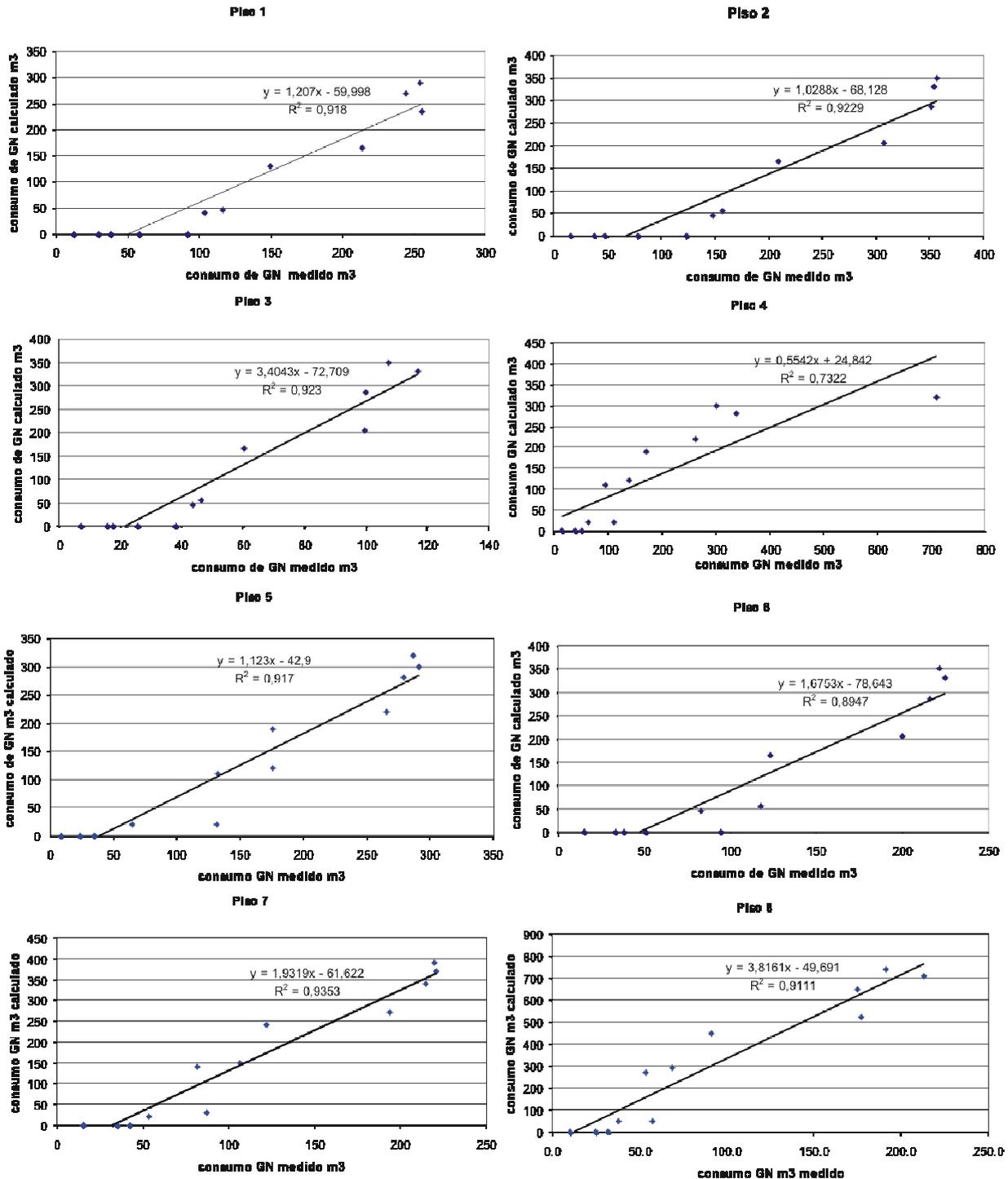
Figura 6: Consumo de GN promedio mensual para casos auditados (1996-2006).

Los departamentos tienen un consumo medio anual de gas natural de 872 m³/año para 1432 GD de calefacción (Temperatura base= 18°C). Esto implica un consumo anual de 10 m³/m².año que equivale a 103.7 KWh/m².año, valor que cumpliría con la normativa de ahorro energético alemana de 1983 para los edificios plurifamiliares, pero que habría que reducir a 55 KWh/m².año para que sea considerada una vivienda de bajo consumo energético.

Figuras 7: Comparación de consumo de gas medido y calculado en cada departamento.

En la figura 7 se comparan los consumos calculados con los consumos medidos en los 8 departamentos habitados del edificio. Se observa una baja dispersión con R² que tiende a 1, varían entre 0.8947 y 0.9353. El departamento 4 presenta una mayor dispersión, como también se puede ver en la figura 8.

Temperatura °C	Piso 4	Piso 5	Piso 7	Piso 8	Balcón	Terraza	Exterior
Tmax.	24,8	25,7	23	22,3	24,8	26,3	25.5



Tmin.	21,5	19,1	20,1	19,6	7,8	7,6	7,7
Tmed.	23,1	22,4	21,5	21	16,3	16,3	16,6

Tabla 3: Temperaturas medidas durante el periodo 11-07-2008 al 17-07-2008

Carga térmica anual de los departamentos:

El análisis de la demanda anual se realizó mediante el *EnergCAD* que muestra los siguientes resultados:

$$Q_c = \frac{N \times GD20 \times G \times V}{1000} \quad (\text{Eq. 1})$$

donde:

Qc : carga térmica anual en calefacción en (Kwh/año)

N: tiempo de calefacción en horas diarias según ocupación de la vivienda

GD20: grados días anuales (20°C).

G: coeficiente global de pérdidas térmicas (W/m³).

V: volumen calefaccionado del edificio (m³).

Piso	AH m²	AltLoc. m	Vol m³	Aenv m²	Aexp m²	Co Co=AH/AE	Ff f=AH/Vol	Fe AExp/AEnv	Kp W/m² °C	Gcal W/m³°C	Gadm W/m³°C	Q KWh/año
4	116	2.6	302	143	120	0,81	0,38	0,84	2	1,12	1,58	17237
5	116	2.6	302	143	120	0,81	0,38	0,84	2,15	1,12	1,58	17225
7	116	2.6	302	143	120	0,81	0,38	0,84	2,45	1,38	1,58	21138
8	116	2.6	302	259	178	0,44	0,38	0,68	2,2	2,63	1,58	40389

Tabla 4: indicadores dimensionales, morfológicos y energéticos. CO: coeficiente de compacidad; Ff: factor de forma, Fe: Factor de exposición; Kp: transmitancia térmica ponderada; Gcal: coeficiente volumétrico de pérdidas de calor (IRAM 11604), Q: carga térmica anual en calefacción.

Los valores K de muros, carpinterías y techo varían entre 1.84 a 2.69 W/m².K, 2.15 a 5 W/m².K y 3.82 W/m².K respectivamente. El valor G calculado verifica en todos los casos, menos en el piso 8. Al analizar el edificio según norma IRAM 11604 el Gproyecto obtenido es 1.64 W/m³ °C y el G_{adm} es 1.18 W/m³ °C; con lo cual el edificio no cumple con la norma vigente.

En la tabla 4 se comparan los valores del G_{cal} para Tbc =20 °C y el G_{adm}. A excepción del piso 8 que puede verse que no cumple, los otros departamentos sí lo hacen. Ya que el G_{cal} de estos es menor que el G_{adm}.



1

2

3

4

Figura 8: La fotos 1 y 2 corresponden a los cerramientos según pliego. En las fotos 3 y 4 Carpinterías recicladas con DVH.

CONCLUSIONES:

Este trabajo permitió aplicar un protocolo de auditoria ambiental edilicia y obtener información del comportamiento real de un edificio multifamiliar.

Se obtuvieron indicadores de comportamiento del tipo 12 (propiedad horizontal) útiles para caracterizarlos con el fin de ser usado posteriormente como diferencial de tejido urbano.

Los consumos de gas natural son relativamente homogéneos en todos los departamentos con una baja dispersión. Esto es debido a que todos cuentan con un sistema de calefacción centralizado por agua caliente con caldera bajo mesada a radiadores.

El edificio no cumple con los estándares de la norma IRAM y la optimización de su comportamiento energético implicaría completar el reemplazo de vidrios comunes por DVH e incorporar aislamiento térmico en muros.

A nivel de cumplimiento de normas, el edificio no lo hace pero esta muy cerca de hacerlo reemplazando por doble vidriado hermético en ventanas o incorporar aislamiento térmico en superficies opacas.

ABSTRACT: This paper analyzes the natural gas demand for a ten years period (1996-2006), of the apartments in a early 70s housing building. The building is oriented according to the axis east-west and it is located in the downtown area of Santa Rosa city, in La Pampa province, which is a medium size town 100,000 inhabitants, corresponding Latitude 36.57 ° and IV bioclimatic mild cold area. For processing data, the software used was EnergoCAD R14, AuditCAD, BOX CAR PRO Hobo ware and Excel. In obtaining data audits were implemented global proven methodology, a socio-energy survey and a qualitative analysis based on direct observation of the building. The analysis mainly quantitative, as comparing natural gas consumption, natural climate data, and building changes assessments related to original specifications. It searches correlations or behavioral differences on energy demand, potential energy standards, compared with national standards in order to verify the degree of energy efficiency of the building.

Keywords: Building apartments - Thermal-energy analysis- Energy audit - Natural gas demand.

REFERENCIAS:

- Czajkowski Jorge y Gómez Analía (2002). Diseño Bioclimático y Economía Energética Edilicia. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Czajkowski Jorge; Corredera Cecilia y Saposnik Mariana (2003). Análisis de la relación entre demanda de gas natural en calefacción según EnergoCAD y consumos reales en viviendas unifamiliares del gran La Plata. Actas 26° Reunión de Trabajos de ASADES. Formosa, Argentina.
- Czajkowski Jorge y Gómez Analía (2007). Trabajo Practico N° 1. Taller vertical de Instalaciones –Opción 2. FAU-UNLP.
- Filippín, Celina (2007). Análisis del consumo de gas natural en viviendas multifamiliares en bloque en un clima templado frío de Argentina. Actas 30° Reunión de Trabajos de ASADES. San Luis, Argentina.
- IRAM 11604, Aislamiento térmico de edificios. Buenos Aires, Argentina.
- Tourn, Mabel; Cossio Mabel; Pombo Daila (2006). Los nuevos estilos del crecimiento urbano en una ciudad intermedia y su articulación con la gestión del territorio.
- CS+S- Ciudades para un futuro más sostenible. ETSAM-UPM (<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>)
- Czajkowski Jorge y Rosenfeld Elías (1992) “EnergoCAD”: Sistema informatizado para el diseño bioclimático de alternativas edilicias. Actas ASADES 1992, Catamarca.
- Czajkowski, Jorge. (1999) Desarrollo del programa AuditCAD para el análisis de edificios a partir de auditorias ambientales. En Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Pág. 08-5 a 8. Vol 3. Nro 2.