

Auditoría Energética y Ambiental de una Vivienda Unifamiliar “Tipo Cajón” ubicada en la ciudad de La Plata, Buenos Aires.

Laura Garganta¹, Pablo Murace², Emiliano Gomez³

Resumen

El presente trabajo desarrolla una experiencia realizada en una vivienda unifamiliar analizando su comportamiento higrotérmico, energético y medioambiental. La investigación fue basada en un estudio de auditoría higrotérmica y energética de la vivienda, localizada en el casco urbano de la ciudad de La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. La vivienda seleccionada corresponde a una tipología del tipo cajón, característica de la ciudad. Se ha trabajado en una metodología que aborda una auditoría energética integral con el fin de elaborar propuestas tecnológico-constructivas para el mejoramiento energético de la vivienda, teniendo como herramienta la simulación dinámica Energy Plus. A través de este trabajo se generaron indicadores que podrán contrastarse con otros casos de estudio.

Palabras clave: vivienda cajón, auditoría energética, eficiencia energética, confort

Energy and environmental audit of a “box-type” family house located in the city of La Plata, Buenos Aires.

Abstract

This paper intends to share an experience developed in a single-family house analyzing its energetic and environmental behavior. This research is based on an audit study of humidity and temperature of a house located in the downtown area of La Plata, Buenos Aires, Argentina. The “box-type” house chosen is a typical typology in La Plata city. An integral energetic audit methodology was used. The purpose was to elaborate a technological and constructive proposal to improve dwellings energetically. The tool used during the research was a dynamic simulation Energy Plus. Indicators are generated in this study that can be contrasted with other case studies.

Keywords: box-type house, energy audit, energy efficiency, comfort

Introducción

El desarrollo del estudio se enfoca en las problemáticas energéticas actuales relacionadas a la finitud de los recursos naturales y el calentamiento global, que es generado principalmente, debido a las emisiones de gases de efecto invernadero a partir de la quema de combustibles fósiles. La necesidad

¹ Arquitecta. Becaria CONICET. Docente UNLP.

² Arquitecto. Docente UNLP

³ Arquitecto

de controlar las emisiones de estos gases debe basarse en el control de la producción, la distribución y el consumo eficiente de este tipo de energía.

El consumo de energía en Argentina correspondiente al sector residencial constituye una incidencia significativa en la matriz energética nacional, con un consumo actual mayor al 23% del total del país (Balance Energético Nacional 2010). De esta demanda, el 50% se destina a climatización (Evans, 2005). Es por ello que se considera relevante actuar en la adaptación del sector, minimizando el uso de energía.

Se puede deducir, en relación a lo expresado anteriormente, que la Argentina cuenta con una serie de estudios y desarrollos en el campo del uso racional de la energía (URE) y su uso eficiente (UEE). Sin embargo, los programas de eficiencia han demorado en implementarse debido a la crisis socio-económica de finales de los años '90 y comienzo del año 2000. A finales del año 2007 fue lanzado el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONURE). Entre las premisas principales se pretende reducir la demanda energética a partir de aplicar cambios de horario estacionales, reducción del consumo eléctrico en la vía pública, desarrollo de estándares de eficiencia energética a la producción a partir de otorgamientos de créditos blandos del Banco Nación para la adquisición de equipos más eficientes, entre otras.

En correlato a esta problemática, en la provincia de Buenos Aires fue sancionada la Ley 13.059 (2003), promulgada por el Decreto 1.030 (2010 "Condiciones de Acondicionamiento térmico exigibles en la construcción de edificios"), dentro de la cual se plantea un mejoramiento de la envolvente para una mejor calidad de vida y disminución del impacto ambiental. El confort en las viviendas y la reducción de las emisiones se obtienen con la aplicación de las normas IRAM N°: 11.549, 11.601, 11.603, 11.605 (en su nivel "B"), 11.604, 11.625, 11.630 y complementarias: 11.507-1, 11.507-4, 11.559 y 11.564.

En función de lo dicho anteriormente, se ha trabajado en una metodología que aborda una auditoría energética integral con el fin de elaborar propuestas tecnológico-constructivas para el mejoramiento energético de la vivienda. A través de este trabajo se han generado indicadores que se podrán contrastar con otros casos de estudio.

Metodología

Con el objeto de analizar el comportamiento energético y ambiental de una vivienda urbana en la ciudad de La Plata se ha trabajado a partir de un estudio higrotérmico y energético para lo cual, como primera instancia, fueron desarrolladas nueve encuestas en viviendas con características diferentes, analizando las variaciones de uso y comportamiento interior de las mismas.

Posteriormente fue seleccionada una de ellas para la realización de una auditoría detallada a través de un estudio higrotérmico de la misma. El criterio de selección se basó en función de las posibilidades de accesibilidad a la vivienda y por ser una tipología tipo cajón característica de la ciudad de la Plata. La campaña de medición se llevó a cabo en dos períodos, invierno y verano, ubicando tres HOBOS interiores tanto en el sector diurno como nocturno para medir temperatura, humedad e iluminación; y un HOBOS exterior para tomar la temperatura y humedad. La radiación solar fue registrada por la estación meteorológica DAVIS ubicada en Gonnet. El intervalo de tiempo en la toma de datos se fijó cada 15 minutos en todos los HOBOS. Los datos obtenidos, tanto los auditados, registros de consumo y características de la vivienda fueron exportados al Excel como

herramienta de análisis y procesamiento para poder sacar conclusiones, obteniendo de esta manera el cálculo de indicadores dimensionales, morfológicos y energéticos de la vivienda.

Paralelamente se desarrolló una simulación dinámica a través del programa Energy Plus y una simulación estática utilizando las Normas IRAM, con el fin de analizar el funcionamiento de la vivienda y poder compararlo con lo auditado verificando la ubicación exacta de los posibles problemas. Como complemento de este análisis se realizó el etiquetado energético del estado actual de la vivienda (IRAM 11900).

Por último, a partir del diagnóstico obtenido, se estableció un programa de mejoras en la envolvente de la vivienda con el fin de optimizar su comportamiento energético. A este programa de mejoras se le aplicó el mismo proceso de verificación que el anterior, para poder llegar a una conclusión final.

Localización geográfica

Según la zonificación bioclimática de la República Argentina (Norma IRAM 11.603, definida por la relación entre las variables meteorológicas y las condiciones deseables para lograr confort térmico en las distintas localidades), en la Provincia de Buenos Aires se establecen dos zonas y dos sub-zonas, con una situación de clima templado, Zona III- Templado Cálido: (IIIa-IIIb) y Zona IV-Templado Frío (IVc- IVd).

La ciudad de La Plata se encuentra ubicada dentro de la Zona IIIb “Templado cálido húmedo”, con una amplitud térmica menor a 14°C.

A continuación en la Tabla 1, se observan en forma anual, las horas del mes que se encuentran en confort o con necesidad de calefacción y/o enfriamiento, teniendo en cuenta que la temperatura durante todo el año ronda entre los 4°C y 28°C durante todo el año y la humedad entre 70% y 80%.

Tabla 1. Temperatura y necesidad bioclimática. Distribución de las temperaturas horarias

MAPA DE CONFORT																
HORA	COEF	TEMPERATURAS HORARIAS (°C)												PROMEDIOS (°C)		
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	D-E-F	M-J-J	AÑO
1	0.46	22.1	21.1	20.3	16.3	13.2	10.1	8.8	10.9	12.4	15.3	18.0	21.1	21.4	10.7	15.8
2	0.32	20.5	19.5	18.8	14.9	11.9	8.9	7.5	9.4	11.0	13.9	16.5	19.5	19.8	9.5	14.4
3	0.19	19.0	18.1	17.4	13.6	10.7	7.9	6.4	8.1	9.6	12.5	15.1	18.0	18.4	8.3	13.0
4	0.08	17.7	16.9	16.2	12.5	9.7	7.0	5.4	6.9	8.5	11.4	14.0	16.7	17.1	7.4	11.9
5	0.02	17.0	16.2	15.5	11.9	9.2	6.5	4.9	6.3	7.9	10.8	13.3	16.0	16.4	6.8	11.3
6	0.00	16.8	16.0	15.3	11.7	9.0	6.3	4.7	6.1	7.7	10.6	13.1	15.8	16.2	6.7	11.1
7	0.06	17.5	16.7	16.0	12.3	9.6	6.8	5.2	6.7	8.3	11.2	13.7	16.5	16.9	7.2	11.7
8	0.15	18.5	17.7	16.9	13.2	10.4	7.5	6.0	7.7	9.2	12.1	14.7	17.5	17.9	8.0	12.6
9	0.26	19.8	18.9	18.1	14.3	11.4	8.4	7.0	8.8	10.4	13.3	15.9	18.8	19.1	8.9	13.7
10	0.44	21.9	20.8	20.1	16.1	13.0	9.9	8.6	10.7	12.2	15.1	17.8	20.9	21.2	10.5	15.6
11	0.79	25.9	24.7	23.9	19.5	16.3	12.8	11.7	14.3	15.8	18.7	21.6	24.9	25.2	13.6	19.2
12	0.91	27.3	26.0	25.2	20.7	17.4	13.8	12.8	15.6	17.0	19.9	22.8	26.3	26.5	14.6	20.4
13	0.97	28.0	26.7	25.9	21.3	17.9	14.3	13.3	16.2	17.6	20.5	23.5	27.0	27.2	15.2	21.0
14	1.00	28.3	27.0	26.2	21.6	18.2	14.5	13.6	16.5	17.9	20.8	23.8	27.3	27.5	15.4	21.3
15	0.98	28.1	26.8	26.0	21.4	18.0	14.3	13.4	16.3	17.7	20.6	23.6	27.1	27.3	15.3	21.1
16	0.94	27.6	26.3	25.5	21.0	17.6	14.0	13.1	15.9	17.3	20.2	23.2	26.6	26.9	14.9	20.7
17	0.91	27.3	26.0	25.2	20.7	17.4	13.8	12.8	15.6	17.0	19.9	22.8	26.3	26.5	14.6	20.4
18	0.87	26.8	25.6	24.8	20.3	17.0	13.4	12.4	15.1	16.6	19.5	22.4	25.8	26.1	14.3	20.0
19	0.83	26.3	25.1	24.3	19.9	16.6	13.1	12.1	14.7	16.2	19.1	22.0	25.3	25.6	13.9	19.6
20	0.80	26.0	24.8	24.0	19.6	16.4	12.9	11.8	14.4	15.9	18.8	21.7	25.0	25.3	13.7	19.3
21	0.75	25.4	24.3	23.5	19.1	15.9	12.5	11.4	13.9	15.4	18.3	21.1	24.4	24.7	13.2	18.8
22	0.70	24.9	23.7	22.9	18.6	15.4	12.0	10.9	13.4	14.8	17.7	20.6	23.9	24.1	12.8	18.2
23	0.64	24.2	23.0	22.3	18.0	14.9	11.5	10.4	12.8	14.2	17.1	19.9	23.2	23.5	12.3	17.6
24	0.57	23.4	22.3	21.5	17.3	14.2	11.0	9.8	12.0	13.5	16.4	19.2	22.4	22.7	11.7	16.9

	CONFORT	18 a 24 °C
	FRÍO	menos de 18 °C
	CALOR	más de 24 °C

Fuente Software G.E.GONZALO - Mayo 1997

Características de la vivienda auditada

La vivienda seleccionada se encuentra en un barrio residencial de la zona sur de La Plata, más precisamente ubicada en la calle 28 entre 64 y 65. Se trata de una construcción tipo “cajón” de la década del '50 construida bajo un crédito del estado y que actualmente fue refaccionada en su

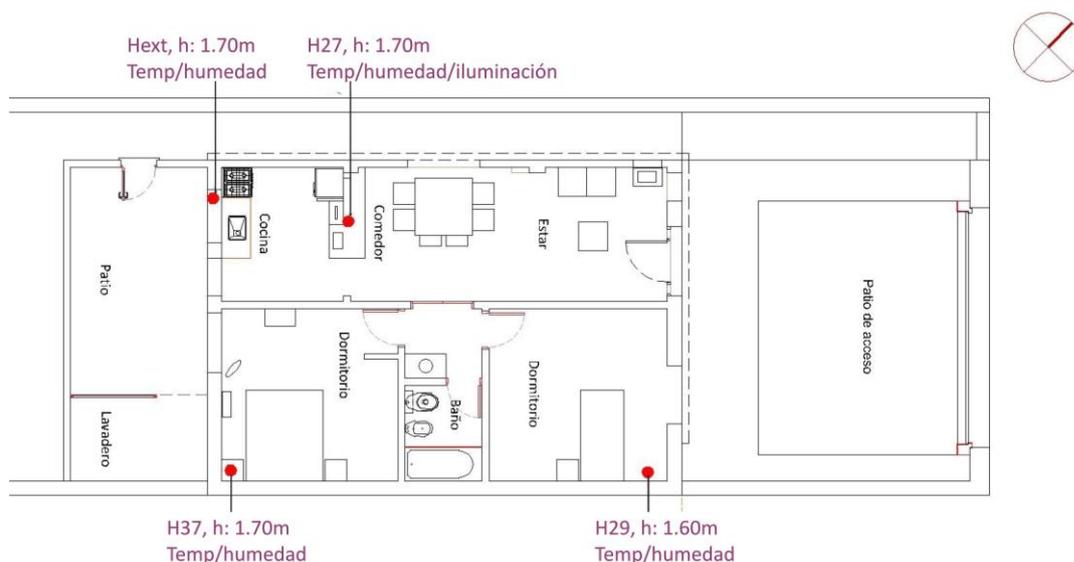
interior. La resolución tecnológica constructiva es propia de su época y categoría. Ha sido realizada con el sistema tradicional de construcción, compuesto por muros portantes sobre zapatas corridas de ladrillo macizo y cubierta de hormigón armado con carpinterías de perfilera ángulo de simple contacto, sin aislación térmica en ningún sector de la envolvente.

Se encuentra implantada en un lote urbano entre medianeras de 8.66 metros x 40 metros, compartido por dos viviendas en ph (propiedad horizontal), separadas a través de patios individuales. La vivienda analizada se ubica sobre frente del lote, retirada 6 metros de la línea municipal. Cabe destacar que el caso de estudio, tiene sus cuatro caras en contacto con el aire exterior.

La superficie interior de la vivienda es de 64 m² y se compone por dos zonas. Una zona nocturna de dormitorios, uno al frente (orientación NE) y otro al contrafrente (orientación SO), ambos separados por un baño. La zona diurna se compone por un espacio único que alberga la cocina (orientación SO) y el estar-comedor (orientación NE-SO).

El factor de ocupación de la vivienda se determina en un habitante. Cabe destacar que en verano ha sido utilizado el dormitorio 1 (NE) y en invierno el dormitorio 2 (SO) por causas personales del usuario.

Figura 1. Ubicación de los HOBOS en Invierno y Verano



Fuente: Figura realizada por el autor.

En la Figura 1 se puede observar la ubicación de los HOBOS en la vivienda tanto en la medición de invierno como verano.

Los HOBOS interiores se colocaron de la siguiente manera: el H29 en el dormitorio 1 (NE), el H37 en el dormitorio 2 (SO) y el H27 en el estar-comedor (NE-SO).

Previo a la colocación de los HOBOS en la vivienda, fueron tomados a través de la facturación, datos de consumos energéticos anuales tanto de gas como de electricidad. Estos datos han mostrado que el consumo diario promedio de la vivienda para gas natural es de 0.92m³/día y para electricidad de 1.15 kWh/día (Figura 2).

Los datos obtenidos, para poder compararlos, fueron pasados a toneladas equivalentes de petróleo (TEP). Esto ha determinado que para el caso de Gas Natural el consumo diario en TEP es de 0.0009 y

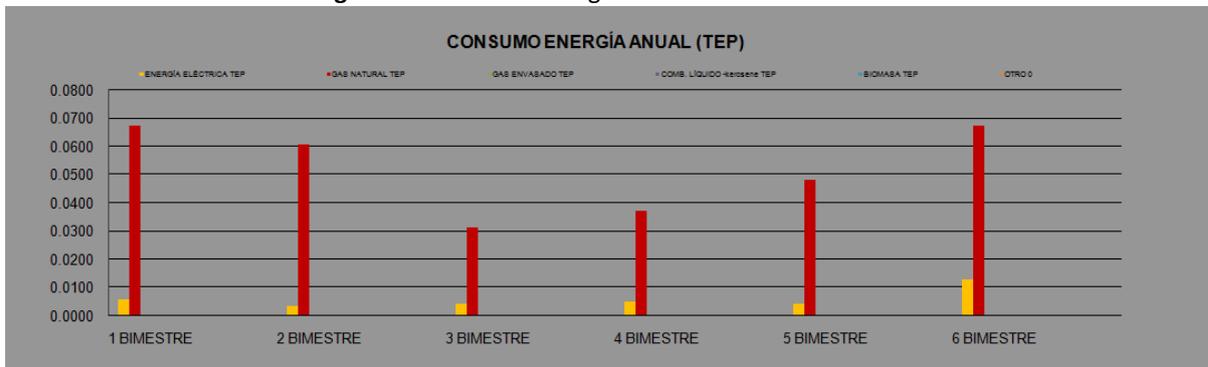
para el caso de la Electricidad es de 0.0001. En la Figura 3 se observa la comparación de consumos energéticos bimestrales en TEP.

Figura 2. Consumo de energía. Datos de facturación

CONSUMO ANUAL													
PERÍODO		2014-2015		DÍAS		365		FUENTE:			1. Factura	2. Empresa	4. Otro
		1 BIMESTRE	2 BIMESTRE	3 BIMESTRE	4 BIMESTRE	5 BIMESTRE	6 BIMESTRE	TOTAL	CONSUMO/DÍA	FUENTE			
ENERGÍA ELÉCTRICA	Kwh	70	40	50	60	50	150	420.00	1.15	2			
GAS NATURAL	m3	72.38	64.93	33.75	39.74	51.69	72.11	334.60	0.92	2			
GAS ENVASADO	Kg	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	-			
COMB. LÍQUIDO -keroser	Lts	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	-			
BIOMASA	Kg	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	-			
OTRO								0.00	0.00	-			

Fuente: Figura realizada por el autor.

Figura 3. Consumos energéticos de la vivienda en TEP



Fuente: Figura realizada por el autor.

Resultados

Comportamiento higrotérmico en verano

El registro continuo de las mediciones para estudiar el comportamiento higrotérmico en verano se llevó a cabo mediante 3 HOBOS y fue realizado durante un período de 12 días corridos entre el 06/12/2014 hasta el 16/12/2014.

En la Figura 4 se observa la tabla de registro de los medidores con sus respectivos consumos de energía eléctrica y gas durante un lapso de 12 días corridos. Uno de los registros fue tomado al inicio del período, el 06/12/2014 y el otro, al finalizar la auditoría el 16/12/2014. Durante este período se consumieron 45 kWh de energía eléctrica, lo que corresponde a un consumo diario de 3,75 kWh/día. En el mismo período se consumieron 5,60 m³ de gas natural lo que corresponde a un consumo diario de 0,47 m³/día.

Figura 4. Registro de energía de los medidores en verano

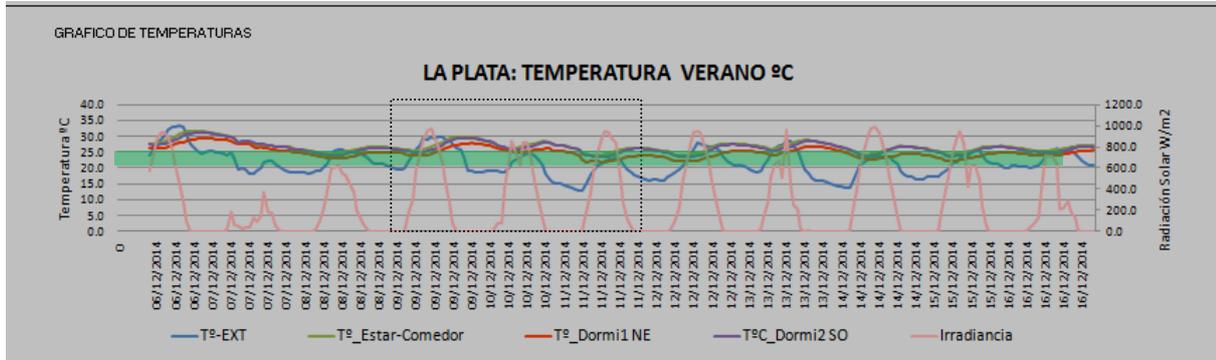
REGISTRO ENERGÍA													
	MEDIDOR Nº:	PERÍODO	REGISTRO INICIAL				REGISTRO FINAL				CONSUMO DÍA 1	CONSUMO PERÍODO	CONSUMO DIARIO
			DÍA	LECTURA	Hora 1	Hora	DÍA	LECTURA					
ENERGÍA ELÉCTRICA: Kw		12	06/12/2014	34435.8	8	14	18/12/2014	34480.8			45.00	3.75	
GAS NATURAL: M3		12	06/12/2014	20227.3	8	14	18/12/2014	20232.9			5.60	0.47	

Fuente: Figura realizada por el autor.

En la Figura 5 se puede ver el gráfico de la evolución de la temperatura, donde se observa que durante el período estudiado no se han registrado temperaturas extremas propias de la estación estival.

La temperatura máxima exterior ha llegado a 29°C y fue registrada el día 9/12/14 a las 14hs y la mínima a 12,5°C el día 11/12/14 y fue registrada a las 4 de la mañana. Cabe aclarar que el primer día de auditoría la temperatura exterior llegó a 33°C a las 15 horas.

Figura 5. Evolución de la temperatura durante el período estudiado, (06/12/14 al16/12/14)



Fuente: Figura realizada por el autor.

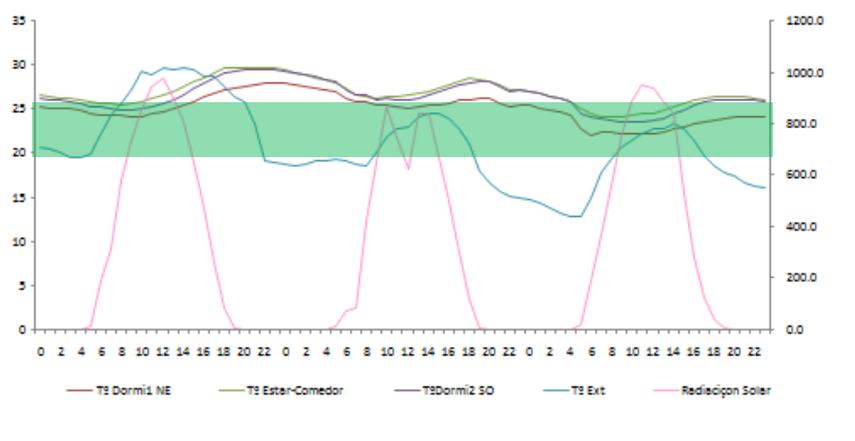
Se estudió un recorte de tres días seleccionados (Figura 6), desde el 9/12/14 hasta el 11/12/14 por haber sido los días con los picos de temperaturas máximas (29°C) como mínimas (12,5°C). El día 9/12 tuvo una temperatura exterior que llegó a los 29°C registrada a las 14hs mientras que la mínima llegó a 18°C a las 23 horas, llegando a una amplitud térmica de 11°C. Se puede observar cómo los próximos dos días han registrado descensos evolutivos, tanto de sus temperaturas máximas como mínimas, teniendo el día 10/12/14 una máxima de 25°C y mínima de 15°C llegando al día 11/12/14 al punto más bajo del período estudiado con una temperatura de 12,5°C y una máxima de 22°C.

Durante este período los espacios mayormente utilizados han sido el dormitorio NE y la cocina-estar-comedor, no habitándose el dormitorio orientado al SO. Se puede verificar cómo los tres ambientes de la casa se comportan de manera similar, adaptándose los tres a la variabilidad y a las diferencias de la temperatura exterior, aunque las curvas de las temperaturas interiores se encuentran por encima de la curva exterior, y sus amplitudes térmicas fueron menores en relación a la exterior.

También se observa cómo de los tres espacios se desprende con un rango menor de temperatura el único dormitorio que fue habitado durante este período y que corresponde al que está orientado al NE. Esta diferencia se acentúa durante los días de mayor radiación, llegando hasta los 3°C durante la tarde y noche. La curva de temperatura del dormitorio NE se fue aproximando a las dos curvas de los dos ambientes interiores cerca del mediodía.

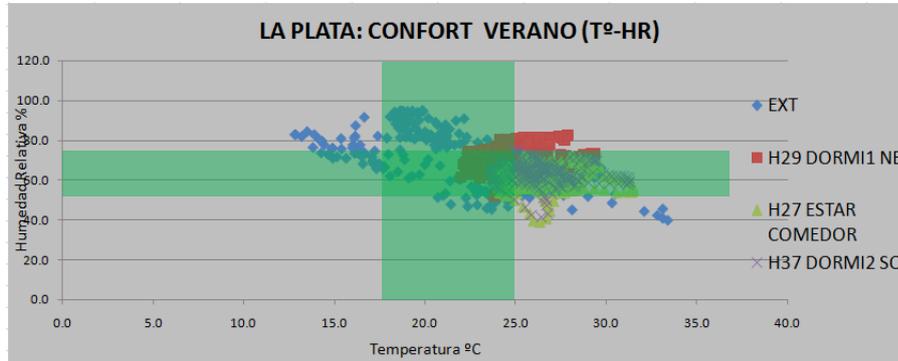
Se puede decir que sólo en un cuarto del período medido los ambientes interiores se encontraron dentro del rango de confort higrotérmico (18°C-25°C / 45%HR-75%HR) Figura 7.

Figura 6. Días seleccionados (09/12/14 al 11/12/15)



Fuente: Figura realizada por el autor.

Figura 7. Análisis del comportamiento higrotérmico del caso de estudio (8/12 al 10/12)



Fuente: Figura realizada por el autor.

Comportamiento higrotérmico en invierno

El registro continuo de las mediciones para estudiar el comportamiento higrotérmico en invierno se llevó a cabo mediante 3 HOBOS interiores, y fue realizado durante un período de 31 días corridos entre los días 17/6/2015 y el 18/7/2015.

En la Figura 8 se puede observar la tabla de registro de los medidores con sus respectivos consumos de energía eléctrica y gas natural durante un período de 31 días corridos entre el 17/06/2015 hasta el 18/07/2015.

El primero de los registros fue tomado el 17/06/2015 y el último registros tomado el 18/07/2015. Durante este período se consumieron 104,10 kWh de energía eléctrica, lo cual corresponde a un consumo diario de 3,36 kWh. En el mismo período se consumieron 32 m³ de gas, lo que corresponde a un consumo diario de 1,03 m³.

De la comparación diaria de consumos se puede decir que tanto en el de energía eléctrica de verano como en el de invierno los valores se mantienen semejantes, mientras que en el consumo de gas en invierno fue 120% mayor que en verano.

Figura 8. Tabla de registro de energía en el periodo invernal.

REGISTRO ENERGÍA											
	MEDIDOR Nº:	PERÍOD	REGISTRO INICIAL			REGISTRO FINAL			CONSUMO DÍA 1	CONSUMO PERÍODO	CONSUMO DIARIO
			DÍA	LECTURA		DÍA	LECTURA				
ENERGÍA ELÉCTRICA: Kw		31	17/06/2015	34868.3	10	15.3	18/07/2015	34972.4	-34868.30	104.10	3.36
GAS NATURAL: M3		31	17/06/2015	22493.0	10	15.3	18/07/2015	22525.0	-22493.00	32.00	1.03

Fuente: Figura realizada por el autor.

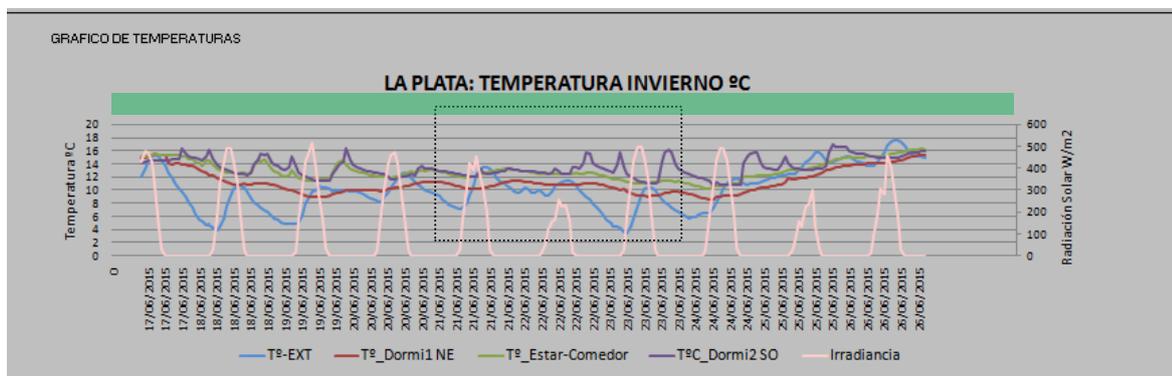
En la Figura 9, se puede ver el gráfico de la evolución de la temperatura, donde se observa que durante el período estudiado no se han registrado temperaturas extremas propias de la estación de invierno.

La temperatura máxima exterior ha llegado a 17,9°C registrada el día 26/06/15 a las 17hs, asociada al pico máximo de radiación. La temperatura mínima exterior durante el período ha sido de 3°C y fue registrada el día 23/06/15 a las 7 de la mañana.

En general se puede decir que las variaciones de las temperaturas interiores no son tan sensibles a los cambios de la temperatura exterior, ya que los saltos exteriores son mucho más pronunciados.

En ningún momento del período total en los ambientes interiores se alcanzaron los parámetros de confort térmico. Las temperaturas interiores han fluctuado entre los 9°C y los 17°C.

Figura 9. Evolución de la temperatura durante el período invernal estudiado, (17/06/15 al 18/06/15).



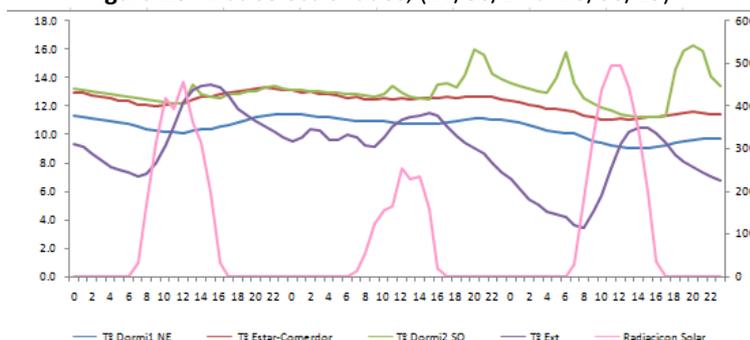
Fuente: Figura realizada por el autor.

Se estudió un recorte de tres días seleccionados (Figura 10) desde el 21/06/15 al 23/06/15. El mismo fue tomado por contener el día más frío con 3°C y la radiación más baja del período estudiado.

Se puede observar que en ningún momento los espacios interiores han logrado parámetros de confort. La máxima temperatura se registra en el único dormitorio utilizado como tal, con orientación SO, y ha registrado una temperatura máxima de 16,1°C entre las 20 y las 22hs, llegando a descender como máximo hasta los 11,1°C a las 14hs, relacionado con el momento en que no se ha usado sistema auxiliar de calefacción y la falta de radiación por orientación. En dicho dormitorio se logran las mayores amplitudes térmicas asociadas a los horarios de acostarse y levantarse del habitante.

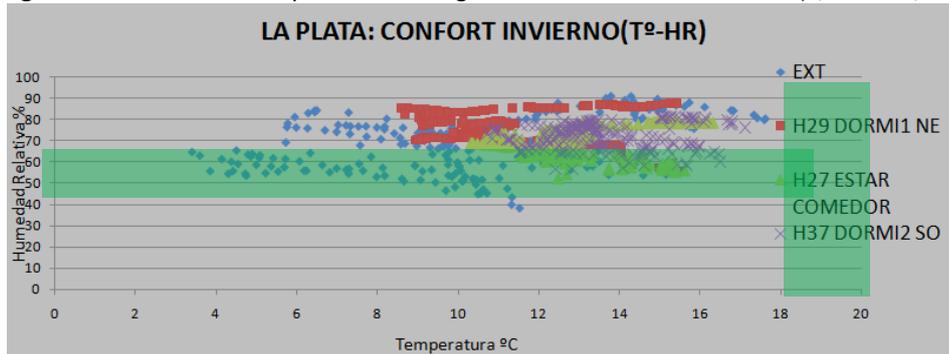
Los espacios orientados al NE han tenido fluctuaciones semejantes pero en rangos diferentes de temperaturas. El estar comedor, registrado por el HOBO 27, ha fluctuado entre los 11°C y los 13°, mientras que el dormitorio inutilizado, registrado por el HOBO h29 fue entre los 9°C y los 11°C.

Figura 10. Días seleccionados, (21/06/14 al 23/06/15)



Fuente: Figura realizada por el autor.

Figura 11. Análisis del comportamiento higrotérmico del caso de estudio (8/12 al 10/12).



Fuente: Figura realizada por el autor.

Análisis del sistema constructivo utilizado (Norma IRAM)

La tecnología de la envolvente analizada se conforma de los siguientes elementos: muro portante de ladrillo macizo sin aislación revocado en ambas caras con un $K = 1,86W/m^2°C$, cubierta plana de Hormigón Armado sin aislación con una transmitancia térmica (“K”) de $2,07W/m^2°C$, aberturas con marcos y hojas de chapa doblada y vidrio simple con un $K= 5,82W/m^2°C$. (Norma IRAM Nº 11.601). El piso de la vivienda no cuenta con ningún porcentaje de aislación térmica.

Análisis del comportamiento energético de la envolvente (Norma IRAM 11604)

Para poder analizar el comportamiento energético de la envolvente de la vivienda, se utilizó el procedimiento de cálculo establecido por la Norma IRAM 11604. Este cálculo ha dado como resultado que las pérdidas volumétricas globales (G cálculo: $3,49 W/m^3K$) a través de la envolvente son muy superiores al G admisible ($G_{adm}: 1,51 W/m^3K$) establecido por la Norma. A través de este cálculo se pudo identificar también que los mayores porcentajes de pérdidas a través de la envolvente en orden de importancia se dan a través de los techos (33.09%), seguidos por los muros (31.53%), las infiltraciones de aire (17.94%), los cerramientos no opacos (9.38%) y por último los pisos (8.07%).

Por último se calculó la demanda energética para calefacción considerando una temperatura base de $18°C$ calefaccionando la vivienda 10 horas diarias con un total de 992grados días de calefacción. El resultado Q para el volumen a calefaccionar de la vivienda ($172.8m^3$) fue de **5982.74 kWh/año**.

Análisis higrotérmico y necesidad de demanda energética. Energy plus.

Teniendo en cuenta los resultados simulados por el Energy Plus, se pueden analizar los espacios, individualizando las zonas térmicas más críticas con respecto a la refrigeración o climatización de la vivienda para poder establecer soluciones en ellas, buscando diferentes alternativas que equilibren ambas cargas.

Tabla 2. Carga térmica necesaria para calefacción y refrigeración + energía necesaria por cada metro cuadrado de superficie cubierta de la vivienda

SITUACION ACTUAL	Carga térmica Calefacción	Carga Térmica Refrigeración
ESTAR	1998.9	1518.4 kwh
DORMI2 (SO)	1448.8	577.3 kwh
DORMI1 (NE)	1255.5	679.9 kwh
TOTAL	4703.2	2775.5 kwh
Demanda energetica/m2	73.5	43.4 kwh/m2

Fuente: Tabla realizada por el autor.

En la Tabla anterior (Tabla 2) se muestran los valores de carga térmica necesarios para el Confort Higrotérmico de cada espacio y de la vivienda en su conjunto. Se obtuvo para la situación actual un consumo de calefacción por cada m² construido de 73,5 kwh/m², mientras que para refrigeración fue de 43,4kwh/m².

Etiquetado energético actual

Se procedió a realizar el etiquetado energético de la vivienda. El cálculo fue basado en la norma IRAM 11900 y arrojó como resultado que el sistema constructivo de la envolvente actual en relación con las temperaturas base de diseño, han ubicado a la vivienda de estudio, en la última categoría (H) del etiquetado energético para calefacción.

Análisis Sistema constructivo mejorado (Norma IRAM)

Teniendo en cuenta los resultados del comportamiento energético de la envolvente de la vivienda se propone un programa de mejoras en su tecnología constructiva basado en un diseño ambientalmente consciente (DAC).

El programa de mejoras ha contemplado la adición de poliestireno expandido de densidad 30 kg/m³ como aislación térmica tanto del techo (espesor 10cm) como de los muros en su parte exterior (espesor 3cm). Para el caso del techo se utilizó como medio de sostén del EPS y para lograr una mayor aislación térmica una capa de 15cm de ripiolita. Las aberturas fueron reemplazadas por carpinterías de aluminio con DVH y se ha establecido, según datos solicitados al fabricante de las mismas, un nuevo número de renovaciones de aire de n=0.56 (norma IRAM 11601).

Como resultado de las mejoras DAC propuestas se logró disminuir el G de la vivienda de 3.49 W/m³°C a 1.32 W/m³°C, cumpliéndose así con el G admisible que establece la Norma IRAM 11604 (Tabla 3).

A través de las mejoras DAC el Q de calefacción fue disminuido de 5982,74KWh/año a 2262.71 kWh/año significando esto un ahorro de un 38% en la demanda de calefacción.

Tabla 3. Comparación de las envolventes

ENVOLVENTE CON DAC			ENVOLVENTE SIN DAC		
MUROS			MUROS		
Capas	Espesor (m)	K (W/m ² °C)	Capas	Espesor (m)	K (W/m ² °C)
EPS	0.030	0.69	Revoque Exterior	0.025	1.86
Revoque Exterior	0.025		Ladrillo Común	0.300	
Ladrillo Común	0.300		Revoque Interior	0.015	
Revoque Interior	0.015				
TECHOS			TECHOS		
Capas	Espesor (m)	K (W/m ² °C)	Capas	Espesor (m)	K (W/m ² °C)
Ripiolita	0.120	0.26	Carpeta Hidrófuga	0.025	2.07
EPS	0.100		Contrapiso	0.120	
Carpeta Hidrófuga	0.025		Losa H°A	0.150	
Contrapiso	0.120				
Losa H°A	0.150				
ABERTURAS			ABERTURAS		
Marcos, Hojas	Vidrio	K (W/m ² °C)	Marcos, Hojas	Vidrio	K (W/m ² °C)
Aluminio	DVH	3.82	Chapa doblada	Simple	5.82
G cálculo 1.32 W/m ² K			G cálculo 3.49 W/m ² K		
G admisible Norma IRAM 11604 1.51 W/m ² K					

Fuente: Tabla realizada por el autor.

Análisis higrotérmico y necesidad de demanda energética con mejoras en la envolvente. Energy plus.

Teniendo en cuenta los resultados simulados por el Energy Plus aplicando las mejoras en su envolvente, se pueden analizar los espacios y zonas térmicas verificando la reducción de energía necesaria para establecer el confort dentro de la vivienda.

Tabla 4. Carga térmica necesaria para calefacción y refrigeración para cada zona térmica con la envolvente optimizada + energía necesaria por cada metro cuadrado de superficie cubierta de la vivienda

SITUACION MEJORADA	Carga térmica Calefacción	Carga Térmica Refrigeración
ESTAR	1430.0	399.3 kwh
DORMI2	979.6	89.2 kwh
DORMI2	842.7	111.3 kwh
TOTAL	3252.3	599.9 kwh
Demanda energetica/m2	50.8	9.4 kwh/m2

Fuente: Tabla realizada por el autor.

En la Tabla anterior (Tabla 4) se muestran los valores de carga térmica necesarios para alcanzar el Confort Higrotérmico de cada espacio y de la vivienda en su conjunto. Se han obtenido para la situación mejorada un consumo de calefacción por cada m² construido de 50,8 kWh/m², mientras que para refrigeración es de 9,4kWh/m².

Etiquetado energético con mejoras DAC

Se realizó un nuevo etiquetado energético de la vivienda con la incorporación de las mejoras en la envolvente, siendo posible pasar de una categoría H a una categoría C de la Norma (IRAM 11900).

Conclusiones

Este trabajo ha permitido realizar un análisis energético y ambiental en una vivienda y evaluar su comportamiento a través de mejoras constructivas en su envolvente.

Tomando la simulación dinámica, para lo cual se consideran no sólo pérdidas sino también ganancias se puede observar un ahorro del 58% tanto para calefacción como para refrigeración, como se ve en la Figura 12. .

Aplicando las mejoras en la envolvente a través de la simulación dinámica se puede observar un ahorro de 1450.8 kWh para calefacción y un ahorro de 2175.7 kWh para refrigeración. Teniendo en cuenta que la vivienda tiene un área de 64m² se observa una reducción de 22.77 kWh/m² para calefacción y de 34 kWh/m² para refrigeración. Estos indicadores se pueden utilizar para la evaluación de las mejoras de una vivienda “cajón” (siendo esta la tipología típica de la ciudad de La Plata) dentro de esta zona bioambiental (IIIb).

Por otro lado, se tomaron valores obtenidos durante el desarrollo del trabajo, donde se establecieron consumos diarios promedios para verano e invierno, tanto para energía eléctrica como para gas natural, a partir de datos reales tomados durante las dos campañas de medición. Para invierno se corresponden a un consumo diario de 3,36 kWh en energía eléctrica y un consumo diario de 1,03 m³ para gas natural. Mientras que para verano el consumo diario fue de 3,75 kWh en energía eléctrica y para gas natural de 0,47 m³. Si se extienden estos valores para todo el año, tomando la mitad de los días para invierno y la otra para verano, se obtiene un consumo promedio anual de energía eléctrica de 1.297,60 kWh y para gas natural de 273,75 m³. A partir de la simulación dinámica aplicando el programa de mejoras DAC se puede decir que el costo de la energía para climatización tanto para calefacción como para refrigeración se disminuye en un 58%. En este caso, ese porcentaje se corresponde al consumo de energía eléctrica, la cual es utilizada para climatizar la vivienda durante todo el año.

Es importante promover este tipo de intervenciones, debiendo formar parte de nuestra ética profesional, en pos de mejorar nuestra calidad de vida y el cuidado del medioambiente.

Bibliografía

Balance Energético Nacional 2010. Secretaría de Energía, Ministerio de Planificación Federal, Inversión pública y servicios. Argentina. <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>. Visto marzo, 2013.

Czajkowski, J. D.; Gómez, A. F. (1994). “Diseño bioclimático y economía energética edilicia. Fundamentos y métodos”. Colección Cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.

Norma IRAM Nº 11601. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Aislamiento térmico de edificios. “Propiedades térmicas de los materiales para la construcción. Método de cálculo de la resistencia térmica total”.

Norma IRAM Nº 11603/11604/11605. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Aislamiento térmico de edificios.

Norma IRAM 11900:2010. *Etiqueta de eficiencia energética de calefacción para edificios. Clasificación según la transmitancia térmica de la envolvente*. Instituto Argentino de Normalización. Buenos Aires.

Evans, John Martin (2005). “Energía en el hábitat construido: panorama en Argentina”. En libro: Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América. Libro de ponencias del seminario. Lisboa: Helder Gonçalves editor, pp. 100. ISBN 972-676-200-6.