

EFFECTO DE LAS CONDICIONES MICRO CLIMÁTICAS SOBRE LA POTENCIALIDAD ENERGÉTICA DE MOSAICOS URBANOS REPRESENTATIVOS. El caso de la Ciudad de La Plata

G. Viegas¹, P- Chevez², G. San Juan¹, C. Discoli¹

Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC). Grupo asociado INENCO.
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
Calle 47 N°162, La Plata, C.P. 1900 – Prov. de Buenos Aires
Tel. 0221-4236587/90 int. 250.e-mail: gachiviegas@yahoo.com.ar, che.pedro@hotmail.com,
gustavosanjuan60@hotmail.com, discoli@rocketmail.com

RESUMEN: Los modelos de cálculo de carga térmica para climatización de edificios simplificados estiman la demanda en función de un coeficiente global de pérdidas (G) y de los grados día (GD) de refrigeración o calefacción. Los GD son calculados a partir de las temperaturas medias de las ciudades otorgadas por el servicio meteorológico nacional. Sin embargo distintas investigaciones han registrado que la ciudad afecta al clima urbano con variaciones térmicas significativas debido a sus condiciones morfológicas y materiales (artificiales y naturales). Este trabajo analiza las situaciones microclimáticas en distintas zonas representativas de la ciudad de La Plata para determinar el grado en que modifican las condiciones de demanda de energía teórica y el potencial energético urbano. Los resultados muestran una sobrestimación de la demanda de energía en invierno en varios mosaicos urbanos y potencialidades energéticas diferenciables.

Palabras clave: condiciones micro-climáticas urbanas, patrones de consumo de energía, potencialidad energética urbana ajustada.

INTRODUCCIÓN

Los edificios consumen casi el 50% de la energía del mundo. Y gran parte de esa energía es demandada durante la vida útil del edificio. En el caso de Argentina, el sector residencial consume el 27% de la energía total producida en el país lo que lleva a situaciones de competencia entre sectores, y en particular con el sector industrial que la requiere con fines productivos.

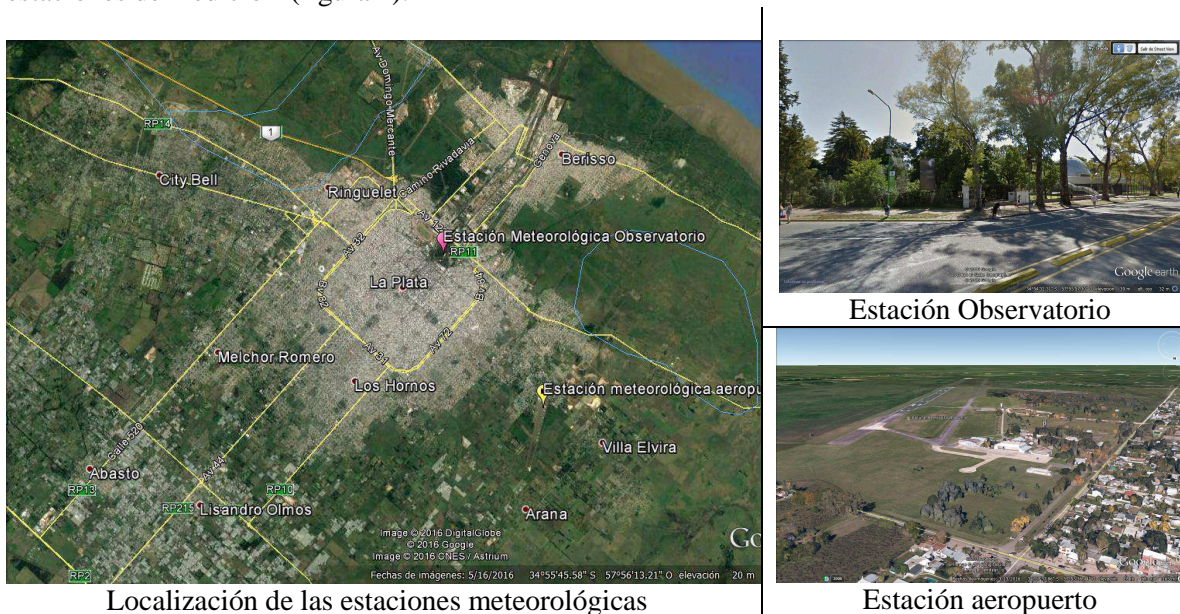
Con el objetivo de reducir la demanda de energía del sector, diversas estrategias basadas en la aplicación de medidas de eficiencia energética e incorporación de energías renovables en la ciudad, han sido estudiadas. Pero una de las claves en lo referido a reducir la demanda del sector residencial es considerar estrategias que respondan a un criterio de intervención masiva sobre la ciudad y no de soluciones parciales sobre edificios aislados. En este sentido, resulta necesario desarrollar modelos simplificados que permitan estimar situaciones de base de necesidad de energía y en función de ello estimar posibles ahorros en función de las características edilicias de los sectores. En general los modelos de estimación se basan en el cálculo de demanda y ahorro en edificios individuales. Pero muy pocos abordan la escala urbana, la cual se presenta como un área de vacancia para las investigaciones.

A nivel internacional se han desarrollado algunos modelos de este tipo que tienen por objetivo analizar la performance energética de sectores urbanos y ciudades, y permiten evaluar la aplicación de estrategias de intervención para mejorar las condiciones actuales, reducir el consumo de energía y el impacto ambiental. Entre ellos podemos mencionar: energy and environmental prediction model

¹ Investigador CONICET. ² Becario doctoral CONICET

(EEP); LT model; Ursos; SunTool; Climate Lite; GDR energy model; urban modeling interface; Urban Energy Building Index (UEBI). Estos modelos varían en función de su región de desarrollo y de los parámetros de entrada, pero todos buscan simplificar las condiciones de los edificios, sectores urbanos y ciudades para estimar la demanda de energía. Lo que se ha observado es que ninguno de estos considera las condiciones micro-climáticas de los sectores urbanos de análisis.

En Argentina, estimaciones sobre demanda de energía en edificios individuales pueden encontrarse por ejemplo en la Norma Iram 11.605, la cual desarrolla un modelo de cálculo estacionario basado en la demanda de energía a partir del Coeficiente volumétrico de pérdidas (G) de calefacción o refrigeración. A partir de este coeficiente se calcula la demanda de energía para climatización considerando los grados día de invierno y verano, calculados a partir de la recolección de datos meteorológicos que realiza el Servicio Meteorológico Nacional en cada ciudad donde cuenta con estaciones de medición (figura 1).



Localización de las estaciones meteorológicas
 Figura 1: Ciudad de La Plata, localización de las estaciones meteorológicas. Se cuenta con dos estaciones: aeropuerto y Paseo del Bosque.

En particular en el caso de estudio, el grupo de investigación de este trabajo ha desarrollado distintos modelos en función de proyectos de investigación asociados². Los últimos avances alcanzaron el desarrollo de un modelo, que aborda la escala urbana, basado en el análisis de la potencialidad energética de sectores urbanos denominados Mosaicos Urbanos. Se trabajó con distintos sectores donde se han aplicado estimaciones de cálculo estacionarias y dinámicas, integrando sus resultados a la ciudad.

Hasta el momento y en función de los antecedentes estudiados, la definición conceptual de los Mosaicos Urbanos profundizó sobre los aspectos morfológicos del entorno edilicio para su clasificación y consideró como sus componentes a las unidades edilicias (el principal), el vacío urbano y la calle (Viegas, 2014). En base a estas variables se determinaron ciertos patrones de aptitud energético-ambiental.

Como avance metodológico, surgió la necesidad de discriminar con mayor grado de especificidad estos patrones, incorporando nuevas variables consideradas por otras investigaciones como significativas en el comportamiento energético y en la determinación del potencial de la ciudad (Correa, De Rosa y Lesino, 2005). Entre ellas podemos mencionar las variaciones en el clima urbano, los comportamientos del usuario, las condiciones del área vegetada, entre otras.

² “Desarrollo de tecnologías y pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial orientado al uso racional y eficiente de la energía en áreas urbanas”, PIP 112-2011-0100097, CONICET

Distintos investigadores han notado y analizado las diferencias térmicas que se presentan en distintas áreas de las ciudades. Particularmente en La ciudad de La Plata se trabajó en un Atlas urbano ambiental el cual permitió analizar el fenómeno de isla de calor urbana, a partir de medir temperaturas en los corredores urbanos característicos que conectan la ciudad con la periferia noroeste (avenida 7) y suroeste (avenida 44). Se midió la temperatura del aire y del pavimento. Si bien se registraron diferencias térmicas en los sectores, no se observaron niveles térmicos que excedieran por tiempo prolongado los de referencia. Se concluyó que la ciudad no presenta perfiles térmicos relacionados con el fenómeno de “isla de calor” (Discoli, 2009), aunque sí se verificó la existencia de diferencias térmicas significativas con un perfil diferente al mencionado. Por otro lado, en la ciudad de Mendoza, Correa, De Rosa y Lesino (2005), notan que el efecto de la isla de calor urbana modifica los grados día de calefacción y refrigeración en distintos puntos de la ciudad. Observaron que las estimaciones de demanda de calefacción estaban sobrestimadas en un 50%, mientras que las de refrigeración estaban subestimadas en un 9%.

En función de los antecedentes se propone avanzar en la definición técnico-conceptual de la metodología de “Mosaicos Urbanos” (MU), ya mencionada, integrando una nueva variable y su comportamiento. En particular en este trabajo se avanza sobre las condiciones micro climáticas de las áreas de la ciudad y su relación con el uso de la energía y la potencialidad energética urbana.

Nuestro universo de análisis corresponde a ciudades de escala intermedia y específicamente, áreas urbanas representativas del Gran La Plata, desagregado en áreas homogéneas constituidas por mosaicos urbanos, perteneciente a la región bioclimática IIIb.

METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS MOSAICOS URBANOS

La metodología se desarrolla en las siguientes etapas con el objetivo de determinar finalmente el potencial energético de los distintos mosaicos: i. Análisis micro-climático de los Mosaicos Urbanos; ii. Cálculo de grados día mensuales y comparación con los valores teóricos calculados con datos oficiales; iii. Estimación de la demanda de energía teórica y las potencialidades de ahorro en función del micro-clima de cada mosaico. El gráfico 1 muestra una síntesis de la misma.

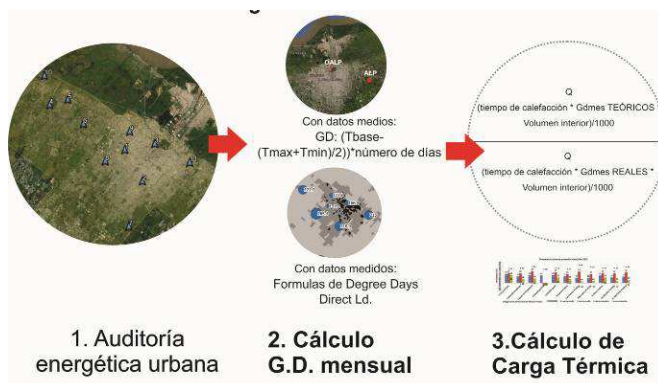


Figura 2. Síntesis de la metodología aplicada

A continuación se desarrollan los métodos e instrumentos de cada una de las etapas:

(i) El análisis micro-climático requirió de una auditoría térmica energética de once mosaicos urbanos de la ciudad de La Plata, determinados como representativos de distintas condiciones urbanas de la ciudad. Para ello se seleccionó una vivienda de cada Mosaico Urbano, en la cual se instalaron micro adquirentes de datos tipo Hobo, en el entorno externo de la vivienda, resguardados de la radiación solar. También se registraron las condiciones de temperatura interna de los locales principales o de mayor uso (estar, estar/comedor), cada quince minutos, como método de contraste para futuros análisis. Además se constataron los registros climáticos del SMN en su estación Observatorio y los registros históricos de la estación meteorológica Aeropuerto. Se registraron las condiciones de invierno y verano del año 2012. En esta instancia del trabajo se analizarán las condiciones de invierno.

(ii) A partir de los datos climáticos, se calcularon los grados día mensuales. Los grados día pueden calcularse por un período específico como por ejemplo un mes o todo un año a partir de datos climáticos oficiales. Para el cálculo de los grados día en función de datos climáticos medios se utiliza la fórmula siguiente:

$$GD = (T_{base} - (T_{max} + T_{min})/2) * \text{número de días} * 1 \quad (1)$$

Para el cálculo detallado de GD a partir de las mediciones realizadas en los mosaicos se requirieron mediciones diarias de las temperaturas máxima y mínima absoluta del aire exterior (T_{max} y T_{min}) y una “temperatura base” nominada por el usuario como una estimación de la temperatura del aire exterior en el que no se requiere calentamiento artificial³ (o enfriamiento) (ver, Degree Days Direct Ltd., 2007, How degree days are computed. En: [http://www.vesma.com/ddd/ddcalcs.htm])(Czajkowski, 2007).

Las condicionantes de cálculo son las siguientes, donde la fórmula a aplicar será la primera que resulte verdadera.

Grados días de calefacción		Grados día de enfriamiento	
Condición	Formula usada	Condición	Formula usada
$T_{min} > T_{base}$	$D_h = 0$	$T_{max} < T_{base}$	$D_c = 0$
$(T_{max} + T_{min})/2 > T_{base}$	$D_h = (T_{base} - T_{min})/4$	$(T_{max} + T_{min})/2 < T_{base}$	$D_c = (T_{max} - T_{base})/4$
$T_{max} \geq T_{base}$	$D_h = ((T_{base} - T_{min})/2) - ((T_{max} - T_{base})/4)$	$T_{min} \leq T_{base}$	$D_c = ((T_{max} - T_{base})/2) - ((T_{base} - T_{min})/4)$
$T_{max} < T_{base}$	$D_h = T_{base} - ((T_{max} + T_{min})/2)$	$T_{min} > T_{base}$	$D_c = (T_{max} + T_{min})/2 - T_{base}$

Tabla 1: Fórmulas utilizadas para el cálculo de los grados día de calefacción.

(iii) Se realiza para cada mosaico urbano un cálculo teórico basado en la morfología del sector y se aplican los valores micro-climáticos relevados en las auditorías para conocer su potencialidad energética real. Para ello se calcula un coeficiente volumétrico de pérdidas por mosaico (G_{Mu}) en base a coeficientes de transmitancia térmica (K) promedio del sector. Y a partir de este y de los grados días de calefacción promedio mensual representativos de invierno (promedio de junio y julio) se calcula la demanda de energía en base a 18°C a partir de la siguiente fórmula (2):

$$Q = \frac{\text{tiempo de calefacción} * GD_{mes} * \text{Volumen interior}}{1000} \quad (2)$$

Como última instancia y en un estado exploratorio y de avances iniciales, se compara la demanda real de energía (gas natural), proporcionada por la empresa proveedora del servicio en la ciudad de La Plata, con los resultados obtenidos en las etapas previas. Para ello se decidió calcular un promedio de energía por mosaico urbano, basado en los registros de todas las viviendas que se encontraran dentro de un radio de 400 m alrededor del punto de medición. Con los resultados se contrastan los grados día mensuales con la demanda de energía, así como con otras variables que afectan el consumo energético.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

1. Análisis micro-climático de los Mosaicos Urbanos

La figura 3 muestra el mapa con la localización de los Mosaicos Urbanos y la volumetría de los mismos. Éstos fueron distribuidos en las distintas zonas de la ciudad, intentando representar las diferentes conformaciones morfológicas y urbanas más representativas, tanto del área del Casco Fundacional de la Ciudad de La Plata, como de su periferia. En la figura 4 se muestran los resultados obtenidos de las temperaturas registradas en el período de invierno en los mosaicos.

En la figura 4 se puede observar que hay amplias diferencias en los distintos sectores urbanos. Las temperaturas medias oscilan entre 9,3°C y 14,3°C con lo cual se ven diferencias entre estos dos casos extremos de 5°C. La temperatura promedio más baja que se detectó (9,3°C) corresponde a la periferia oeste del Gran La Plata, y-la más elevada (14°C) corresponde a la zona central inserta en el Casco Urbano Fundacional. Más allá de estos promedios, se pueden observar amplias diferencias en las temperaturas mínimas absolutas, ya que áreas de la periferia norte, sur y oeste registran valores muy

³ Se toma como temperatura base, 18°C por ser la situación mínima esperada como nivel de confort.

bajos cercanos a $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, en relación a sectores centrales con $8,2^{\circ}\text{C}$ de temperatura mínima. En relación a estos datos, los mosaicos que presentan muy bajas temperaturas mínimas, también registran temperaturas máximas mayores, con lo cual son sectores con mayor amplitud térmica que el resto (ver 7. Los Hornos, 10. Villa Elisa, 11. Villa Elvira).

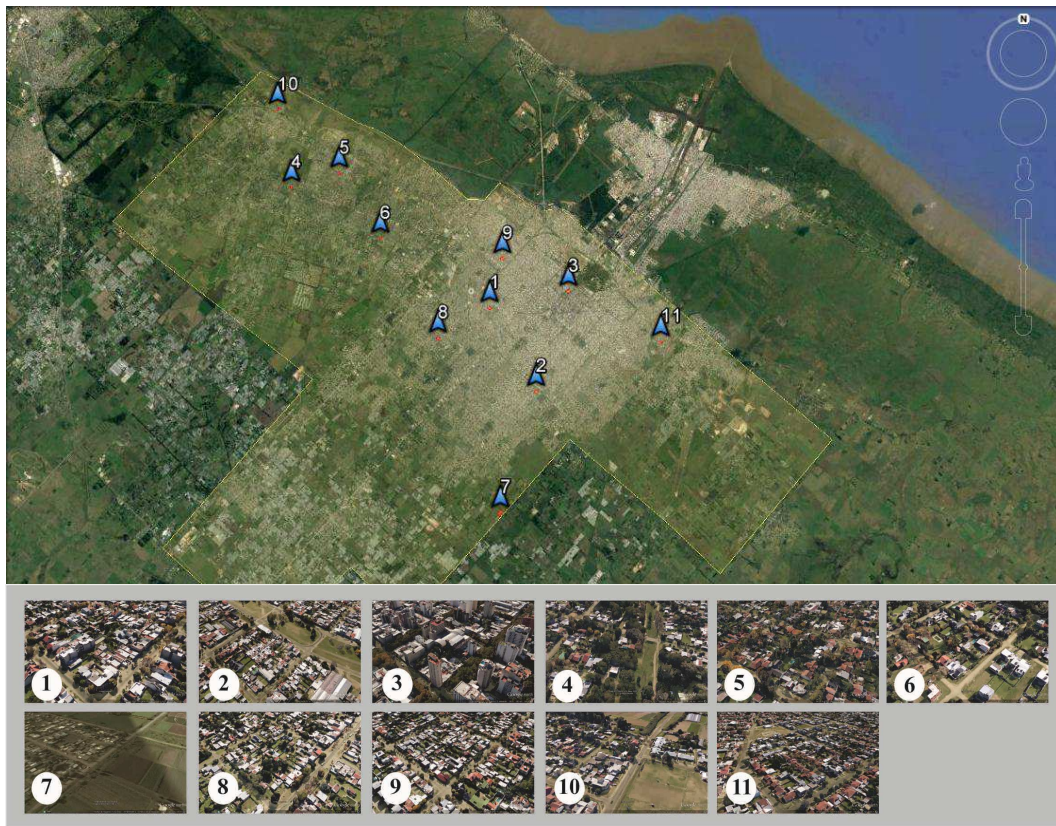


Figura 3: Localización de los 11 mosaicos urbanos objeto de estudio. Nota: Ver nomenclatura en figura 3.

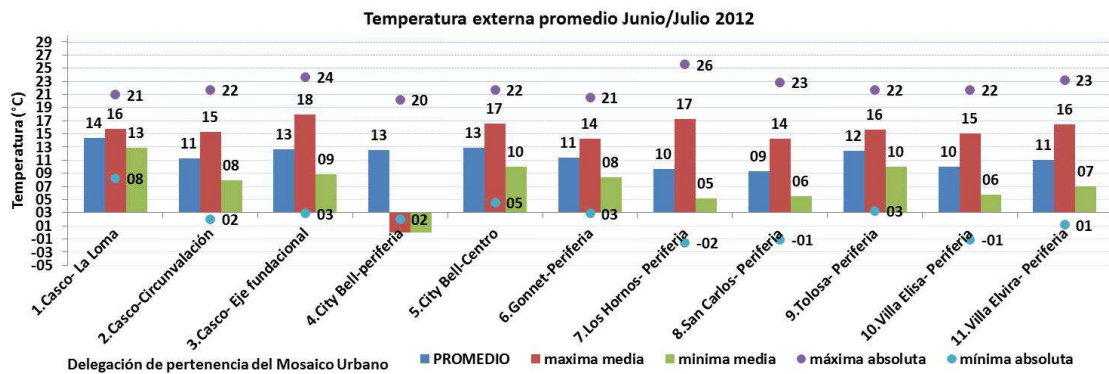


Figura 4: Registros de temperatura obtenidos en cada mosaico urbano. Temperaturas promedio, máximas medias y mínimas medias (grafico de barras), máximas absolutas y mínimas absolutas (puntos).

En la tabla 2 se muestran los resultados de las temperaturas medias ordenadas de manera ascendente junto con las características morfológicas de cada sector, tales como la superficie del área seleccionada, la superficie ocupada, el Factor de Ocupación del Suelo (FOS), la superficie construida, la superficie utilizadas por el sector residencial y el Factor de Ocupación Total (FOT).

Si bien no se observa una relación directa entre el factor de ocupación del suelo (FOS) o factor de ocupación total (FOT) y las temperaturas medias (se presupone que las áreas de menor temperatura deberían tener menores valores de FOS y FOT). Lo que se puede verificar es que los sectores con menores temperaturas (San Carlos, Los Hornos, Villa Elisa, Villa Elvira) se localizan cercanos a áreas abiertas rurales (sector 7 y 8) o de bañados (10 y 11). Mientras que los de mayores temperaturas se

localizan en zonas mediterráneas del área urbana (sectores 9, 4, 3, 5, 1) ya sea en el centro fundacional (Casco) o en nuevas centralidades (City Bell, Tolosa). Podemos decir entonces que los coeficientes de FOS y FOT por sí solos no explican las condiciones micro climáticas de los sectores urbanos, ya que la situación responde a una combinación de factores.

Mosaico Urbano	T promedio °C	Superficie de terreno (m ²)	Superficie ocupada de suelo (m ²)	Superficie construida total (m ²)	Superficie construida total residencial (m ²)	FOT	FOS
8.San Carlos- Periferia	9,3	14.335	4.690	4.895	4.438	0,34	0,33
7.Los Hornos- Periferia	9,7	7.937	1.324	8.587	6.943	1,08	0,17
10.Villa Elisa- Periferia	10,0	9.601	3.613	4.851	4.250	0,51	0,38
11.Villa Elvira- Periferia	11,0	9.815	4.337	8.664	7.514	0,88	0,44
2.Casco-Circunvalación	11,2	14.387	6.970	2.743	2.743	0,19	0,48
6.Gonnet-Periferia	11,4	8.433	1.835	5.317	4.332	0,63	0,22
9.Tolosa- Periferia	12,5	13.537	7.113	2.420	2.103	0,18	0,53
4.City Bell-periferia	12,6	10.920	1.895	1.601	1.601	0,15	0,17
3.Casco- Eje fundacional	12,7	14.518	8.863	17.138	3.055	1,18	0,61
5.City Bell-Centro	12,9	9.927	3.489	3.335	7.514	0,34	0,35
1.Casco- La Loma	14,3	14.690	6.630	8.997	8.373	0,61	0,45

Tabla 2: Relación de las temperaturas promedio y la conformación morfológica de los sectores urbanos.

2. Cálculo de grados día mensuales en los mosaicos

La tabla 3 muestra los valores de los grados día calculados para la estación Observatorio (O.A.L.P.)⁵ y Aeropuerto de La Plata (A.L.P.) en base a las temperaturas medias registradas.

T °C de base 18	T (°C)-registros Estación O.A.L.P. AÑO 2012 ⁴		Registros estación meteorológica A.L.P. (serie climática)	
	T °C	GD	T °C	GD
Enero	24,2		23,1	
Febrero	23,6		22	
Marzo	20,5		19,8	
Abril	16,5	44	16,3	51
Mayo	15,3	83	12,6	167
Junio	10,4	<u>227</u>	9,7	<u>249</u>
Julio	7,9	<u>313</u>	8,9	<u>282</u>
Agosto	12,3	176	10,7	226
Septiembre	14,1	117	12,3	171
Octubre	16,9	33	15,6	74
Noviembre	20,8		18,5	
Diciembre	23,2		21	
Total		993		1221



Tabla 3: Cálculo de grados día de calefacción de acuerdo a los datos registrados de temperatura media para el año 2012 en el Observatorio Astronómico de La Plata, y secuencia de datos climáticos del SMN en la estación Aeropuerto La Plata.

Se puede observar que se presentan grandes diferencias en la Ciudad de La Plata, en localizaciones en distintas estaciones meteorológicas. El año 2012 (O.A.L.P.), presentó menor valor de grados día anuales mientras que con la secuencia de datos climáticos oficiales (A.L.P.) se observa mayor cantidad de grados día. Posiblemente los registros de la estación meteorológica O.A.L.P., frente a la A.L.P., esté

⁴ “Información suministrada por el Departamento de Sismología e Información Meteorológica- FCAG- UNLP”

influenciada, por cuestiones microclimáticos elevando la temperatura debido a la carga e inercia térmica que proporciona la ciudad. Se considera entonces para el año 2012 (año utilizado para el análisis detallado de grados día), una situación promedio de los meses de junio y julio de 270 grados día; y para el caso de la estación Aeropuerto 265 grados día promedio, dando cuenta en este caso que los registros de ese período fueron similares.

Para realizar un análisis detallado de los grados día en los distintos mosaicos de la Ciudad de La Plata, se aplica la fórmula de Degree Days Direct Ld. (DDD, 2007). La figura 5 muestra los resultados obtenidos en todos los mosaicos urbanos de estudio.

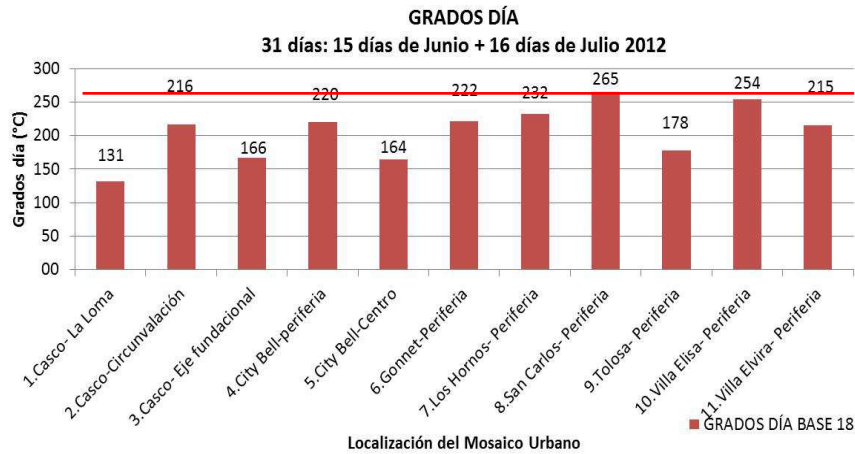


Figura 5: Cálculo de grados días Reales para la situación más desfavorable del invierno. Se calculan 31 días, de 15/6 al 15/7 de 2012.

El cálculo realizado, demuestra que hay sectores urbanos que registran casi el 100% más de grados día que otros, como es el caso de zonas de la periferia urbana como son San Carlos, Villa Elisa, Los Hornos, Gonnet y City Bell; en relación al Casco eje Fundacional, La Loma y City Bell zona central.

Si realizamos un análisis comparativo entre lo registrado en los distintos mosaicos y lo obtenido de la estación Observatorio del año 2012 y la estación Aeropuerto (265, 270 grados día respectivamente) podemos observar que los mosaicos de Villa Elisa y San Carlos han registrado grados día cercanos a los teóricos (253,7 y 265,4 respectivamente). Por otro lado, se observan varios mosaicos que registran valores relativamente menores a los teóricos como Villa Elvira, Los Hornos, Gonnet periferia, City Bell periferia, y Casco Circunvalación. A su vez, hay varios mosaicos representativos de áreas más consolidadas que presentan registros significativamente menores (50% menos) a los teóricos como son el Casco-Eje Fundacional, Casco-La Loma, City Bell centro, Tolosa.

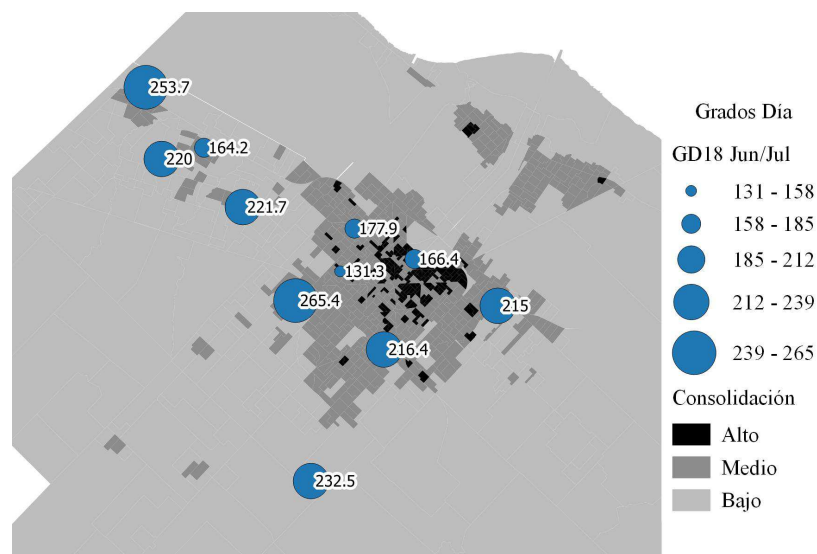


Figura 6: grados día y nivel de consolidación urbana.

A partir del análisis de los grados día mensuales para los sectores urbanos en relación a la ubicación geográfica en la ciudad delimitada según su nivel de consolidación urbana⁵, se pueden explicar los registros detectados. Los menores requerimientos en GD de calefacción se detectaron en sectores de consolidación alta y media, los cuales son sectores con una densidad habitacional y poblacional elevada. Luego, los requerimientos intermedios de calefacción se encontraron en sectores de consolidación media donde la densidad de viviendas por hectárea comienza a reducirse, al igual que la densidad poblacional, lo cual incrementa los grados día al detectarse una menor proporción de espacios vacíos respecto de los ocupados (esto supone una menor carga e inercia térmica de los materiales). Finalmente, los mayores valores de grados día responden a sectores de consolidación media y baja reafirmando las hipótesis previas en cuanto a las menores densidades de vivienda y de personas. Son áreas dispersas y cubiertas con más vegetación (pisos absorbentes y arboledas).

3. Potencialidades de ahorro en función del clima externo de cada mosaico urbano

En esta instancia se desarrollan cálculos teóricos que nos permitan conocer la potencialidad de los distintos sectores urbanos de análisis, con el fin de evaluar las diferencias de aplicar grados día calculados en 2012 (Reales) o grados día teóricos.

Para desarrollar estos cálculos es necesario conocer las características constructivas de los edificios que se encuentran en cada MU. En esta instancia, se decide asignar valores promedio de envolvente del área de estudio para contrastar las condiciones de compacidad de los distintos sectores. Se decide considerar que el 50% de las viviendas tienen una baja calidad de edificación y el resto buena calidad. En consecuencia, se adoptan los valores promedios de transmitancia térmica estipulados en la Tabla 4. Con respecto a las aberturas (superficies vidriadas), son calculadas a partir de un relevamiento detallado de los cerramientos de las tipologías residenciales frecuentes, analizadas en el caso de estudio. Las tipologías frecuentes presentaron las siguientes características: área promedio en planta 92 m² y área promedio de ventanas 14,17 m², lo que da una relación entre la superficie de ventanas y la superficie en planta del 15%. La mayoría de estas tipologías poseen ventanas de vidrio simple, con una transmitancia térmica de 5,8 W/m² °C (IAS-FIPE, 1987). Se calcula entonces un valor de G_{Mu} para cada Mosaico y con él la demanda de energía para un mes.

Techos	50% Cubierta asfáltica o membrana, baldosa o losa, pizarra o teja, chapa de metal, chapa de fibrocemento, o plástico y otros, con cielorraso-K medio=1,22 50% Cubierta asfáltica o membrana, baldosa o losa, pizarra o teja, y otros, sin cielorraso-K medio= 3,2	K medio= 2,21 W/m² °C
Pisos	Cerámica/ cemento o ladrillo fijo.	K medio= 1,57 W/m² °C
Muros	50% Ladrillo, piedra, bloque u hormigón, adobe <u>con revestimiento</u> , madera- K medio=2,01 50% Ladrillo, piedra, bloque u hormigón, adobe <u>sin revestimiento</u> , madera o chapa de metal, fibrocemento y otros- K medio=2,67	K medio= 2 W/m² °C

Tabla 4: Valores de transmitancia térmica de la envolvente promedio utilizados para los cálculos.

La Tabla 5 muestra los cálculos de demanda teórica de energía para calefacción invernal. Se indican, la demanda teórica de energía en una situación promedio de GD del mes de junio y julio (estación meteorológica observatorio) y la demanda teórica de energía calculada a partir de los GD obtenidos de las mediciones realizadas.

Si analizamos los consumos de energía (GD Teórico) podemos observar que las áreas críticas donde los consumos son más elevados, son las que tienen menor grado de compacidad o de tejido disperso, como City Bell, Los Hornos, San Carlos. Existen áreas de compacidad media que presentan las demandas de energía promedio como Tolosa, Villa Elvira y Villa Elisa, que tienen una superficie construida un poco mayor y presentan un tejido más compacto. Mientras que los sectores de mayor densidad y compacidad (mosaicos del Casco) son los que presentan menores demandas de energía. Cuando analizamos la demanda en función de los grados día reales (GD Real) de cada mosaico se pudo observar que las mismas se reducen. Se observan sobrestimaciones de la demanda respecto de la teórica en las zonas de mayor consolidación y compacidad de entre un 34 y 51%. La mayoría de los

⁵ Consolidación Urbana: indica el grado de consolidación respecto a la existencia de servicios básicos de infraestructura (GN, EE, agua y desagües cloacales) y cantidad de viviendas y personas por hectárea.

sectores de la periferia urbana, que involucran la mayor extensión territorial de la ciudad de La Plata, están sobreestimadas en un 14% y un 20%. Mientras que dos de las áreas, Villa Elisa y Los Hornos, muy cercanas al área rural y bañados, están muy cercanas al valor teórico.

Por otro lado, podemos considerar que hay áreas urbanas donde coincide mayor compacidad del tejido con menor cantidad de grados día, lo cual redundaría en una menor demanda de energía y en consecuencia, presentan menor criticidad respecto a la necesidad de reducir sus consumos. En cambio, existen áreas urbanas con mayor área de disipación vertical y horizontal, asociadas a mayor cantidad de grados día, que serían potencialmente acertadas para proponer medidas de mejoramiento térmico de su envolvente.

Línea Base-necesidad de energía para calefacción	DATOS DE CÁLCULO			1. Q con GD TEORICO			2. Q con GD REAL		
	GM U	1. GDmes TEORICO (°C)	2. GDmes REAL (°C)	kWh/mes neto	m ³ mes	m ³ /m ² mes	kWh/mes neto	m ³ mes	m ³ /m ² mes
03.Casco- Eje fundacional	1,43	270	166	189.367	17.421,8	1,6	116.706	10.737,0	1,0
01.Casco- La Loma	2,00	270	131	203.572	18.728,6	2,2	98.996	9.107,6	1,1
05.City Bell-Centro	2,60	270	164	96.488	8.876,9	2,9	58.679	5.398,5	1,8
09.Tolosa-Periferia	1,74	270	178	201.952	18.579,6	2,7	133.064	12.241,9	1,8
02.Casco-Circunvalación	2,24	270	216	204.222	18.788,5	2,5	163.681	15.058,6	2,0
06.Gonnet-Periferia	2,14	270	222	76.393	7.028,2	2,6	62.727	5.770,9	2,1
11.Villa Elvira-Periferia	2,25	270	215	127.657	11.744,4	2,6	101.652	9.352,0	2,1
04.City Bell-periferia	1,87	270	220	67.499	6.209,9	3,0	55.000	5.060,0	2,4
07.Los Hornos-Periferia	2,39	270	233	51.246	4.714,6	2,9	44.128	4.059,8	2,5
10.Villa Elisa-Periferia	2,17	270	254	121.933	11.217,9	2,6	114.572	10.540,6	2,5
08.San Carlos-Periferia	1,98	270	265	134.236	12.349,7	2,9	131.949	12.139,3	2,8

Tabla 5: Demanda de energía mensual teórica en base a grados día mensuales teóricos a partir de la estación oficial (Observatorio La Plata) y calculados a partir de las mediciones realizadas. Ordenados sobre el resultado de GD Real de menor a mayor demanda m³/m² mes.

En función de lo expuesto, proponemos evaluar la incorporación de las siguientes medidas en los mosaicos: Nivel B de la norma IRAM 11605 en muros y techos, y utilizando doble vidriado hermético⁶, obteniéndose ahorros en el consumo de energía. Y evaluar su factibilidad.

Los resultados de la tabla 6 permiten constatar que los ahorros obtenidos considerando los grados días teóricos se intensifican de acuerdo a las condiciones micro-climáticas. Podemos observar que existen sectores, como el mosaico 1, el 3, el 5, y el 9 que presentan condiciones de ahorro significativamente mayor si se aplican los grados día reales en vez de los teóricos, con valores de consumo de gas de 0,73 m³/m² mes; 0,73 m³/m² mes; 1,13 m³/m² mes y 1,24 m³/m² mes. Esto los posiciona como los de mayor potencialidad energética, ajustada de acuerdo a la metodología planteada. De no haberse considerado estos nuevos parámetros de grados día, si los ahorros obtenidos de los valores teóricos de grados día, la distribución de ahorro sería mucho más pareja y no se detectarían sectores potencialmente más significativos que otros.

⁶ Nivel B de Norma Iram. Valores de transmitancia térmica K. Muros= 1 W/m² °C; techos= 0,83 W/m² °C; aberturas= 3.2 W/m² °C.

Localización	G _{MU}	GD TEÓRICOS- Consumo con ahorro	GD REALES- Consumo con ahorro
		m ³ /m ² mes	m ³ /m ² mes
01.Casco- La Loma	1,35	1,50	0,73
02.Casco-Circunvalación	1,48	1,65	1,32
03.Casco- Eje fundacional	1,06	1,18	0,73
04.City Bell-periferia	1,30	2,05	1,67
05.City Bell-Centro	1,67	1,87	1,13
06.Gonnet-Periferia	1,43	1,72	1,41
07.Los Hornos- Periferia	1,58	1,94	1,67
08.San Carlos- Periferia	1,35	1,94	1,91
09.Tolosa- Periferia	1,22	1,87	1,24
10.Villa Elisa- Periferia	1,45	1,77	1,66
11.Villa Elvira- Periferia	1,48	1,75	1,39

Tabla 6: Ahorros de gas natural por mejoramiento de envoltante, llevando a nivel B de norma IRAM en muros y techos, y utilizando doble vidrio hermético.

AVANCES EN LA COMPARACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA REAL DE LOS MOSAICOS URBANOS Y SUS CONDICIONES MICROCLIMÁTICAS

A continuación se muestran los primeros resultados obtenidos del análisis del consumo de energía real en relación a las condiciones micro-climáticas de la ciudad. En este caso, se analizan los consumos de energía reales, particularmente de gas natural, de los sectores urbanos para el año 2014. Se comparan con las condiciones externas del año auditado (2012) con lo cual se hizo necesario comparar las condiciones climáticas de ambos años lo que permitió verificar que presentaron similitudes térmicas.

Por su parte, se calculó el consumo promedio de gas natural de diez de los sectores seleccionados (uno de ellos no cuenta con este servicio) basado en los registros de todas las viviendas que se encontraran dentro de un radio de 400 m alrededor del punto de medición. La Figura 7 muestra los resultados visualizados en un mapa y tabla 7 los resultados en tabla.

Luego se analizó la existencia de alguna relación directa entre los grados día y el consumo de gas natural en los sectores analizados realizando regresiones con ambas variables. Sin embargo no se encontró ninguna regresión que aportara información clara acerca su vínculo. Se podría suponer, a priori, que en los sectores urbanos donde los grados día son bajos se deberían encontrar los consumos de gas natural más bajos, mientras que en los sectores con altos requerimientos, se deberían detectar consumos elevados. Sin embargo, los resultados obtenidos no indican una relación fuerte entre ambas variables, ya que por ejemplo en dos sitios con iguales valores de GD, uno presenta una demanda de 686 m³/año mientras que el otro arroja 1454 m³/año. Esta débil relación se debe a que el consumo de energía, en este caso de gas natural, está configurada tanto por la temperatura del sitio, como por la cantidad de personas por hogar, los hábitos de uso de los habitantes, la cantidad y eficiencia del equipamiento domiciliario, entre otros factores.

En relación a lo expresado previamente, se realizó una regresión que incluyera variables tales como la cantidad de personas por hogar, los grados día calculados, el porcentaje de viviendas con necesidades básicas insatisfechas. Las variables seleccionadas responden a la disponibilidad de información, la cual fue extraída del Censo INDEC 2010, e intentaron representar las diferencias socio-demográficas entre los sectores. La regresión por mínimos cuadrados ordinarios arrojó un ajuste correcto (R²=0,80) e indicó que la variable de personas/hogar es la que mayor grado de significación presenta (p-valor= 0,01<0,05), mientras que el resto de las variables obtuvieron un p-valor elevado, el cual no contribuye significativamente al modelo.



Figura 7: Consumo promedio de gas natural por usuario de los mosaicos urbanos seleccionados (usuario corresponde a un medidor o vivienda).

Localización Mosaico Urbano	GD Reales	Consumo medio Real GN	Habitaciones	Hab/hogar	%VIV con NBI	Personas/hogar	Grado de Consolidación
01.Casco- La Loma	131	937	11.422	3,34	0,0091	2,52	alta
03.Casco- Eje fundacional	166	686	15.457	2,90	0,0351	1,98	alta
02.Casco-Circunvalación	216	1150	8.496	3,37	0,0111	2,69	media
05.City Bell-Centro	164	1454	6.748	4,40	0,0065	2,86	media
06.Gonnet-Periferia	222	1737	5.424	4,05	0,0082	3,17	media
08.San Carlos- Periferia	265	1150	9.314	3,15	0,1068	3,32	media
09.Tolosa- Periferia	178	1146	10.836	3,80	0,0109	2,57	media
11.Villa Elvira- Periferia	215	1250	6.194	3,62	0,0339	3,06	media
04.City Bell-periferia	220	1899	3.015	3,51	0,1012	3,34	baja
10.Villa Elisa- Periferia	254	852	3.066	3,30	0,0474	2,88	baja
07. Los Hornos-Periferia	233	Se excluye del análisis por falta de medidor de GN					

Tabla 7: Relación entre el consumo de gas natural en m³ real de medidores, grados día y variables de habitaciones por hogar, viviendas con NBI, personas por hogar, grado de consolidación.

CONCLUSIONES

Se observan amplias diferencias térmicas en los distintos sectores urbanos de la ciudad de La Plata, con valores que oscilan entre 9,3°C y 14,3°C donde la más baja corresponde a la periferia norte y la más elevada a la zona central del Casco Fundacional. Si bien no se observa una relación directa entre el FOS o el FOT y las temperaturas medias, se puede concluir que los sectores con menores temperaturas responden a la cercanía con áreas abiertas rurales o de bañados. Y para terminar de explicar estos comportamientos se deberá ampliar el análisis con otras consideraciones como el nivel de reparo de los vientos que provocan las masas arbóreas y la compacidad de los sectores urbanos, entre otros aspectos.

Paralelamente, se observó que los grados día mensuales calculados en base a las mediciones realizadas promedio de junio/julio presentaron amplias diferencias respecto a los teóricos. Existen varios mosaicos representativos de áreas más consolidadas que presentan registros significativamente menores (50% menos) a los teóricos.

Como verificación de las hipótesis iniciales, los análisis de demanda de energía teórica y potenciales de ahorro de energía en calefacción en función del mejoramiento de la envolvente edilicia, demostraron que existen sobrestimaciones de la demanda respecto de la teórica. En las zonas de mayor consolidación y compacidad de entre un 34% y 51%. La mayoría de los sectores de la periferia urbana del Casco Fundacional están sobreestimadas en un 14% y un 20%. Mientras que los mosaicos localizados muy cercanos al área rural y bañados presentaron resultados de demanda con GD reales, cercana a la demanda con GD teóricos.

Finalmente, el planteo de comparación entre los consumos de energía reales proporcionados por la empresa distribuidora, y los grados día registrados en los distintos mosaicos, no ha permitido aun elaborar conclusiones que sustenten y expliquen los distintos comportamientos. Esto se debe a que los consumos de energía dependen de diversas variables entre las que podemos mencionar como principales el comportamiento de los usuarios, la calidad de la envolvente edilicia, las características socio-económicas de la población, sumadas a las variables morfológicas analizadas en este trabajo como la compacidad, el FOT, el FOS, o las variables socio-económicas como la cantidad de personas por hogar, cantidad de habitaciones por hogar, viviendas por hectárea, porcentaje de viviendas con NBI, entre otras.

Los avances de la investigación se centraran en los aspectos previamente mencionados, e incorporarán el análisis de los grados día de verano para su comparación con lo desarrollado hasta el momento.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de La Plata, de la empresa distribuidora del gas (Cammuzi Gas Pampeana), de las distintas personas que permitieron auditar sus viviendas durante el año 2012.

REFERENCIAS

- Correa, Erica; De Rosa, Carlos; Lesino, Graciela (2005). Isla de calor urbana. Efecto sobre la distribución de los grados día de calefacción y refrigeración en el área metropolitana del gran Mendoza. Informe de avance. En *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 9. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.
- Czajkowski Jorge Daniel. Datos bioclimáticos para uso normativo en el diseño edilicio eficiente. Revisión de la normativa vigente y propuesta de mejoramiento y actualización. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 11, 2007. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184
- Degree Days Direct Ld. (2007). How degree days are computed. En: [<http://www.vesma.com/ddd/ddcalcs.htm>].
- Discoli, Carlos Alberto (2009). Metodología para el diagnóstico urbano-energético-ambiental en aglomeraciones intermedias. El caso del gran La Plata. Editorial Universitaria La Plata.
- Rodriguez Alvarez J. (2016). Urban Energy Index for Buildings (UEIB): A new method to evaluate the effect of urban form on buildings' energy demand. *Landscape and Urban Planning* 148 (2016) p. 170–187.
- Viegas G. (2014). Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno edilicio en áreas urbanas de media y baja consolidación: la ciudad de La Plata como caso de estudio. - 1a ed. - City Bell: el autor. E-Book.

ABSTRACT: The simplified calculation models of thermal load for buildings heating and air conditioning estimate demand in with an overall loss coefficient (G) and cooling or heating degree days (GD). The GD are calculated from the average temperatures of cities granted by the National Weather Service. However various studies have recorded that the city affects the urban climate with significant temperature variations due to their morphological conditions and (artificial and natural) materials. This paper analyzes the microclimatic situations in different representative areas of La Plata city to determine the modification of the conditions of theoretical energy demand and urban energy potential. The results show an overestimation of energy demand in winter in several urban mosaics and differentiable energy potential.

Keywords: microclimatic urban conditions, energy consumption patterns, urban energy potential.