

## **ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y AHORRO ENERGÉTICO DEL PARQUE HABITACIONAL URBANO EN AMBIENTES ÁRIDOS**

**Alejandra Kurbán, Mario Cúnsulo, Analía Álvarez, Eduardo Montilla y Andrés Ortega**

Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental - INEAA  
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño  
Universidad Nacional de San Juan  
Santa Fe 198 (o) 5400 San Juan. Email: [akurban@unsj.edu.ar](mailto:akurban@unsj.edu.ar) TE 4202664

*Recibido: 30-6-2016; Aceptado: 31-7-2016.*

**RESUMEN.-** Se estudia el consumo energético para acondicionamiento térmico, de viviendas urbanas localizadas en una zona de clima árido mesotermal, para identificar la incidencia de dicho consumo en la estructura de uso doméstico. El objeto de estudio es la ciudad de San Juan (Argentina), localizada en la Diagonal Árida Sudamericana. A partir del procesamiento de datos relevados y del cálculo de las Estrategias de Diseño Bioclimático, se estima el consumo hipotético de Gas Natural/Licuado y Energía Eléctrica, por unidad de vivienda, si la misma hubiera sido diseñada bioclimáticamente. Se concluye que el uso de energía fósil para acondicionamiento térmico doméstico, constituye aproximadamente la mitad del consumo de EE y Gas en el invierno y el 60% de EE en el verano. Si las viviendas se diseñaran bioclimáticamente, el ahorro en el consumo de EE, sería del 84% en invierno y 46% en verano. Para el Gas, el ahorro alcanzaría el 84%.

**Palabras Claves:** Arquitectura Bioclimática – Ahorro Energético – Viviendas – Ambientes Áridos

## **BIOCLIMATIC ARCHITECTURE AND ENERGY SAVINGS OF THE URBAN HOUSING IN ARID ENVIRONMENTS**

**ABSTRACT.-** The energy consumption for thermal conditioning of urban dwellings located in a zone of arid mesothermal climate is studied to identify its incidence in the household energy structure. The study's object is the city of San Juan (Argentina), located in the South American arid diagonal. The hypothetical consumption of natural/liquefied gas and electricity, per dwelling unit is estimated processing relieved data and calculating the bioclimatic design strategies, if it had been bioclimatically designed. It is concluded that the use of fossil energy for domestic thermal conditioning, constitutes about half of electricity and gas consumption in Winter and 60% of electricity in the Summer. If the housing had been bioclimatically designed, savings in electricity consumption would be 84% in winter and 46% in summer. For gas, the savings would reach 84%.

**Keywords:** Bioclimatic Architecture – Energy Savings - Houses - Arid Environments

### **1. INTRODUCCIÓN**

Los combustibles fósiles han sido los impulsores de la economía en los últimos 150 años, permitiendo que la población del mundo se multiplicara seis veces. Por tanto el virtual agotamiento de esas reservas en la actualidad es uno de los mayores problemas con los que se enfrenta la civilización mundial, originado en su indiscriminado uso como generadores de recursos energéticos.

En Argentina, según el INTI (2007), durante el año 2002 el 47% de la oferta de la energía primaria lo constituyó el gas natural, seguido por el petróleo 40%, la energía hidráulica el 6%, la nuclear el 2% y otras fuentes como el carbón mineral, el bagazo y la leña, el 5%. Del abastecimiento con gas natural, el 56% se consumió con fines de acondicionamiento edilicio en el sector residencial, industrial, comercial, público y de transporte. Según la misma fuente, los

principales consumidores de electricidad son: el sector industrial (44%), el residencial (29%) y el comercial y público (25%). El Banco Mundial de Desarrollo (BMD, 2007), en su análisis Regional para América Latina, explicita que Argentina es el mayor consumidor domiciliario de gas en América, presión que está generando la imperiosa necesidad de optimizar su uso ante la ineficiencia de las reservas propias de hidrocarburo.

Según estadísticas del Ministerio de Economía del gobierno nacional argentino (2008), las reservas de petróleo (cuencas: Noroeste, Cuyana, Neuquina, Golfo San Jorge y Austral), han caído un 25% en el período 2001-2005, paralelamente a la caída de la producción. En el caso del gas natural, la situación es más grave aún, pues en el mismo período se

consumió el 40% de las reservas incrementándose la producción sólo en un 18%.

Respecto al ahorro de energía, ese concepto se asocia con el de eficiencia energética y consiste en la optimización del consumo, cuyo objeto es disminuir el uso de energía pero produciendo los mismos resultados finales. La eficiencia energética es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Se puede optimizar mediante la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad.

Se considera además que el uso eficiente de la energía es a su vez una fuente de energía y por ello el ahorro en un sector, significará mayores posibilidades de uso particularmente en el sector productivo, en los que no pueda ser sustituida por otros recursos alternativos de flujo.

La energía fósil o generada constituye uno de los pilares básicos en los que se sustenta el modelo socioeconómico actual, tanto de los países centrales como los emergentes. No obstante, son estos procedimientos extractivos y productivos los principales responsables de la destrucción del ambiente físico. Efectivamente, la generación de electricidad térmica conlleva la emisión a la atmósfera de gases responsables del efecto invernadero y la lluvia ácida, tanto como la generación de residuos radiactivos, en el caso de generación nuclear. Por su parte la minería a cielo abierto para la obtención de carbón produce la completa degradación de amplias extensiones del territorio.

Todas estas prácticas generan sin duda altas condiciones de insustentabilidad que comprometen el necesario equilibrio ecosistémico del planeta, incidiendo en primer lugar en las ciudades, por su demanda energética permanente para atender sus crecientes necesidades. Al respecto, según OLADE (2012), en la década 1997/2007 las emisiones totales en Argentina de CO<sub>2</sub> se incrementaron en un 57%. El consumo energético produce en nuestro país emisiones de CO<sub>2</sub> por habitante de 3,89Gg/10, valor superior a la media latinoamericana de 3,01. De esta contaminación, el sector residencial constituye el 23% (Secretaría de Energía de la Nación R.A., 2006).

Por tanto, la actual crisis ambiental respecto a los recursos naturales no renovables, en combinación con los altos niveles de contaminación ambiental que inciden en el cambio climático global y en la creación de la isla de calor de las ciudades (Oke, 2006), genera ineludibles responsabilidades gubernamentales y sociales en general, requiriendo acciones que colaboren en revertir los graves efectos resultantes.

En el marco de los conceptos vertidos, es que se considera impostergable el ahorro de energía fósil, reorientando su aplicación hacia actividades productivas generadoras de bienes de capital y/o servicios y no al sector residencial, cuyo uso es final y no generadora de valor agregado.

Dentro del sector residencial el acondicionamiento térmico resulta uno de las aplicaciones de energía convencional más fácilmente reemplazable, a partir del aprovechamiento del clima en la arquitectura, por medio de sistemas pasivos o híbridos.

En ese camino se orienta el presente trabajo, el cual estudia el consumo energético del sector residencial en una ciudad de zona árida ubicada en el centro-oeste de la Argentina, identificando su estructura de usos para cuantificar el ahorro energético posible, en el supuesto de que el parque habitacional, fuera diseñado bioclimáticamente.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Caracterización del Área Metropolitana de San Juan, Argentina.

El Área Metropolitana de San Juan, ubicada al sureste de la provincia del mismo nombre a una Lat. Sur: 31° 32' 24" y Long. 69° 31'48, en el centro-oeste la República Argentina, está conformada por el departamento Capital y las zonas urbanas de los departamentos Chimbab, Rawson, Rivadavia, Santa Lucía y Pocito. Tiene una superficie de 127Km<sup>2</sup>, lo que representa el 0,14% del territorio provincial, una población de 458.229 habitantes (el 67% del total provincial) y una densidad poblacional de 37hab/km<sup>2</sup> (Papparelli, et al., 2015b).

De acuerdo con las características de su distribución espacial, en la ciudad pueden diferenciarse Bandas Urbanas Características: Banda Eminentemente Urbana (BUC EU), Banda Urbana (BUC UR), Banda Suburbana (BUC SU) y Banda No Urbana (BUC NU). (Papparelli, et al., 2009).

El Factor de Ocupación del Suelo correspondiente a cada Banda es el siguiente (Papparelli et al., 2015):

BUC EU	FOS	≥ 40%
BUC UR : 40%	> FOS	≥ 20%
BUC SU : 20%	> FOS	≥ 5%
BUC NU :	5% > FOS	

### 2.2. Población del Área Metropolitana de San Juan por Bandas Urbanas Características

La distribución espacial de la población en el AMSJ según las Bandas Urbanas Características, se obtuvo superponiendo el plano de dichas BUC con los radios censales del Censo 2010 (INDEC, 2010). Los valores de población resultantes fueron:

-	BUC EU:	42.368	habitantes;	Densidad poblacional: 38hab/Ha
-	BUC UR:	253.415	habitantes;	Densidad poblacional: 44hab/Ha
-	BUC SU:	162.446	habitantes;	Densidad poblacional: 28hab/Ha

En la Figura 1 se muestra las isolíneas de distribución espacial de la densidad poblacional en el AMSJ, juntamente con las Bandas Urbanas Características citadas.

### 2.3. Clima Urbano del Área Metropolitana de San Juan

Los procesos de antropización en áreas urbanas, debido a los crecientes cambios en las condiciones del soporte físico original, conllevan una alteración del clima natural producida por los volúmenes edilicios, las características de la infraestructura vial, la forestación urbana y el calor antropogénico (población, contaminación atmosférica por automóviles, emanaciones de calor a la atmósfera por uso de sistemas de acondicionamiento ambiental).

Superando ciertos niveles de densidad urbana, dichos cambios son más marcados e influyen en las condiciones higrotérmicas, tanto en los espacios abiertos como en los interiores edilicios. Este estado final del clima macroescalar modificado, es denominado clima urbano.

El clima urbano del Área Metropolitana de San Juan, es Árido (índice Thornthwaite = 0.0794) y Continental (Gorczynsky [K]= 34.12). Posee elevadas amplitudes térmicas tanto diarias como estacionales y anuales (17,3°C).

Bajos tenores de humedad (promedio anual = 40,92%). Régimen estival de escasas precipitaciones (Anual = 77,72mm). Elevada radiación solar en todo el año (490W/m<sup>2</sup>), como consecuencia de una nubosidad cada más reducida. Déficit de agua de 979,28mm. Durante todo el año el viento más frecuente es del sector sur (promedio 7km/h), con ráfagas intensas asociadas a tempestades de polvo en ocasiones de cambio de tiempo. Previo a los cambios de tiempo suele aparecer un viento local denominado "Zonda", que es un efecto föhen, caracterizado por aire muy deshidratado y tórrido que puede durar desde horas hasta varios días (Kurbán et al., 2015b).

Uno de los aspectos más importantes de la climatología urbana, lo constituye la isla de calor urbana, que se define como el calentamiento relativo de la ciudad comparado con las condiciones pre-urbanas o no urbanas, o de otra manera, a las diferencias entre la temperatura urbana y la rural (Mazzeo, 1984). Este fenómeno es uno de los principales aspectos de la climatología urbana, por su directa incidencia en la calidad de vida de sus habitantes, principalmente aquellas localizadas en zonas áridas (Oke, 2006).

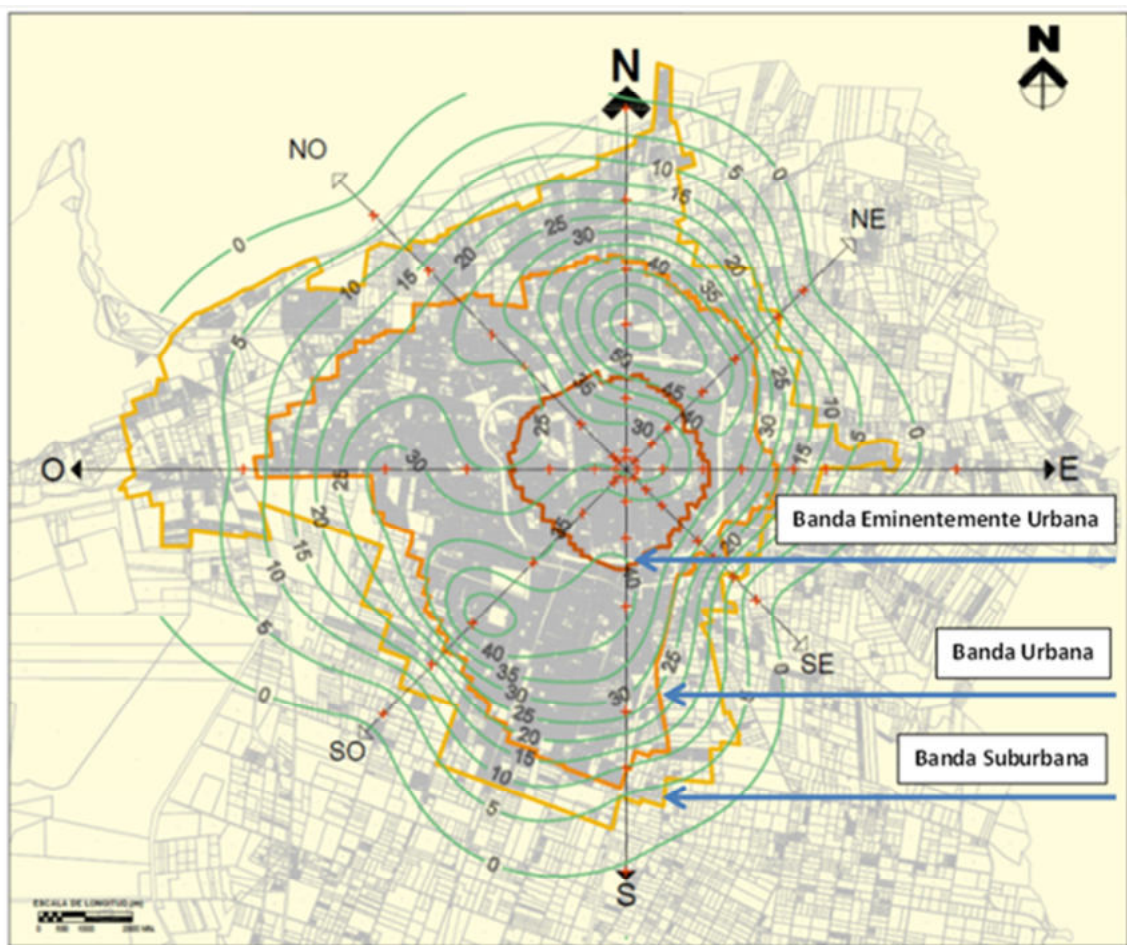


Fig. 1: Isolíneas de Densidad Poblacional en el Área Metropolitana de San Juan

Para el AMSJ, la isla de calor en el año 2011, obtenida a partir del procesamiento de imágenes satelitales LANDSAT 5TM+, tuvo una intensidad máxima de 5,0°C para verano y de 4,5 °C para Invierno (Cúnsulo, et al., 2013). Los efectos de dicho fenómeno micro-climático se imbrican con el consumo energético, ya que en las zonas áridas la Isla de Calor Urbana genera importantes condiciones de desconfort particularmente durante el verano. Una de sus principales consecuencias es el aumento del consumo de energía eléctrica por el uso de acondicionadores de aire. Esto incrementa a su vez la temperatura urbana y la contaminación del aire, produciéndose una cadena de causa-efecto que deteriora la calidad de vida de la población.

Más aún, la población económicamente más carenciada, no está en condiciones de adquirir equipamiento que mitigue los efectos del calentamiento urbano, por tanto, “paga” con desconfort, los efectos del calentamiento urbano.

#### 2.4. Arquitectura Bioclimática.

No obstante la rigurosidad del clima árido de San Juan, la ciudad posee óptimas condiciones para su aprovechamiento en el diseño de sistemas pasivos de acondicionamiento. Al respecto, la estadística del Clima Urbano de la ciudad del período 1995-2010 registrada y procesada en el INEAA, arroja los siguientes valores promedio estacionales (Ortega et al., 2013):

- Rad. Global: Ver.: 614,96W/m<sup>2</sup>; Inv.: 349,92W/m<sup>2</sup>
- Frecuencia Vientos: Ver. Sector Sur: 64,89%; Inv. Sector Sur: 47,90%
- Temp. Bulbo Seco: Verano: 32,6 °C; Invierno: 13,4 °C
- Humedad Relativa: Verano: 41,4%; Invierno: 41,9%

Los datos muestran que es muy factible la aplicación de estrategias bioclimáticas en el diseño urbano y arquitectónico, tanto para verano como para invierno.

#### 2.5. Estructura por Usos del Consumo Energético Residencial en Argentina

En Argentina, en el año 2004 (Ministerio de Economía, op. cit.) el Gas Natural, la Electricidad y el Gas Licuado, totalizan el 95% del consumo residencial. De los valores anteriores, el 92,2% corresponden a hogares urbanos.

#### 2.6. Consumo Energético en el AMSJ

##### 2.6.1. Consumo de Energía Eléctrica

La estadística de la empresa que suministra el servicio de energía eléctrica en el AMSJ (Energía San Juan, 2014), desagrega el consumo, según el siguiente detalle:

- Datos Totales provinciales Año 2013
  - Consumo Anual: 1.748.189 Mwh
  - Consumo Anual Residencial: 789.612 Mwh
  - Usuarios Residenciales al 31/12/13: 183.775 Usuarios
- Datos AMSJ Año 2013
  - Consumo Anual: 1.586.044 Mwh
  - Consumo Anual Residencial: 728.691 Mwh
  - Usuarios Residenciales al 31/12/13: 169.346 Usuarios

##### 2.6.2. Consumo de Gas Natural/Licuado.

La estadística del año 2011 de la Distribuidora de Gas Cuyana S.A. (Ecogas 2012), que brinda ese servicio de energía en el AMSJ, indica que el volumen anual de consumo de gas natural del Sector Residencial fue de 92.828.040m<sup>3</sup>. El “Centro” (Departamento Capital), totalizó un consumo de 30.968.672m<sup>3</sup>; correspondiente al 34% del total.

En relación al consumo porcentual (Ecogas, 2014), el Sector Residencial constituyó al año 2013 el 31,4% del total entregado. Según la misma fuente, la cantidad de clientes residenciales del AMSJ con gas natural totalizan 94.025 usuarios.

##### 2.6.3. Consumo energético residencial espacializado en el AMSJ.

Para conocer la distribución espacial del consumo energético en el AMSJ, se ejecutó una encuesta de consumos, en viviendas ubicadas en 64 áreas muestra del Área Metropolitana de San Juan. Cada área era coincidente. Estas se localizaron en 64 nodos urbanos ubicados en el AMSJ a lo largo de las 16 direcciones cardinales principales según un método geométrico-matemático (Papparelli, et al., 2009). Este método permite un muestreo representativo de áreas del ejido con diferentes índices urbanísticos, identificadas aleatoriamente.

De acuerdo con las estrategias bioclimáticas de la ciudad (Kurbán et al., 2013), Julio es el mes más frío de invierno y Diciembre el más cálido del verano, por lo que la encuesta recabó información de ambos meses como representativos de las estaciones más extremas y rigurosas por el clima árido. Por cada Nodo Urbano se tomaron 2 muestras, relevándose consumo de energía eléctrica (KWh) y gas natural y envasado (m<sup>3</sup> - Kg).

Los datos se georeferenciaron de acuerdo con la vivienda encuestada al centro de la ciudad (Plaza 25 de Mayo). La coordenada “z” correspondió al valor del consumo energético. .

Para transformar en continua la información puntual referente a cada variable, se utilizó un software que asienta un plano blando sobre una grilla de valores x, y, z, se ejecutó un modelo tridimensional de la distribución espacial de los consumos estacionales de Gas Natural/Envasado y Energía Eléctrica. Para la obtención de las curvas representativas se utilizaron cortes horizontales a las siguientes equidistancias: Gas Natural: 25m<sup>3</sup> para invierno y 5m<sup>3</sup> para verano. En el caso de la Energía Eléctrica, las equidistancias fueron 25 KWh.

En las Figuras 2 y 3 se muestran las isóneas de consumo por vivienda, de EE y Gas en el AMSJ para invierno y verano, superpuestas al catastro de la ciudad, con las tres BUC: Eminentemente Urbana, Urbana y Suburbana. Analizada la distribución del consumo energético por vivienda, en función de las bandas Urbanas características, los promedios por vivienda de acuerdo a cada Banda se muestran en la Tabla 1.

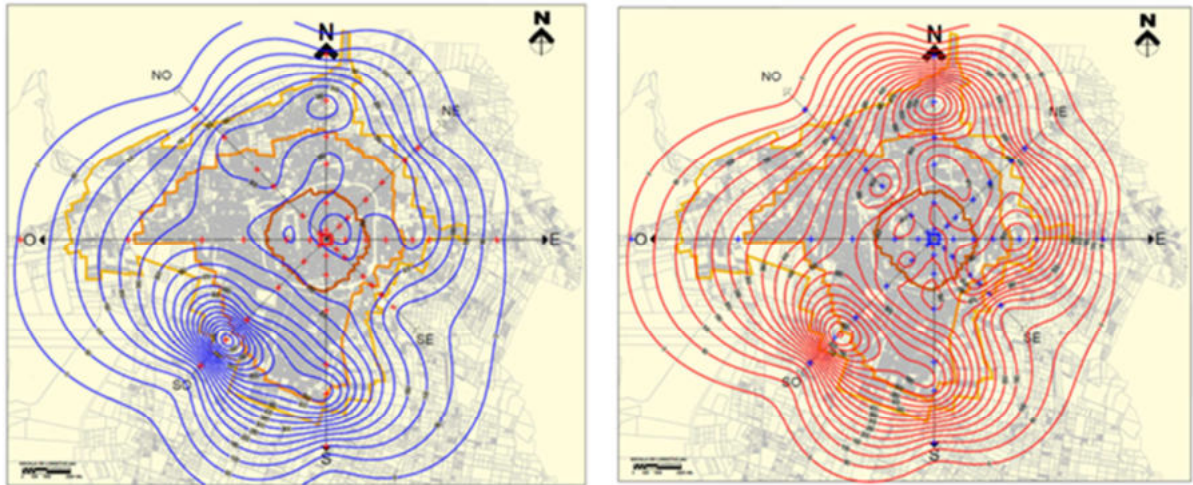


Fig. 2: Isolíneas de Energía Eléctrica y Gas por vivienda en el AMSJ – INVIERNO

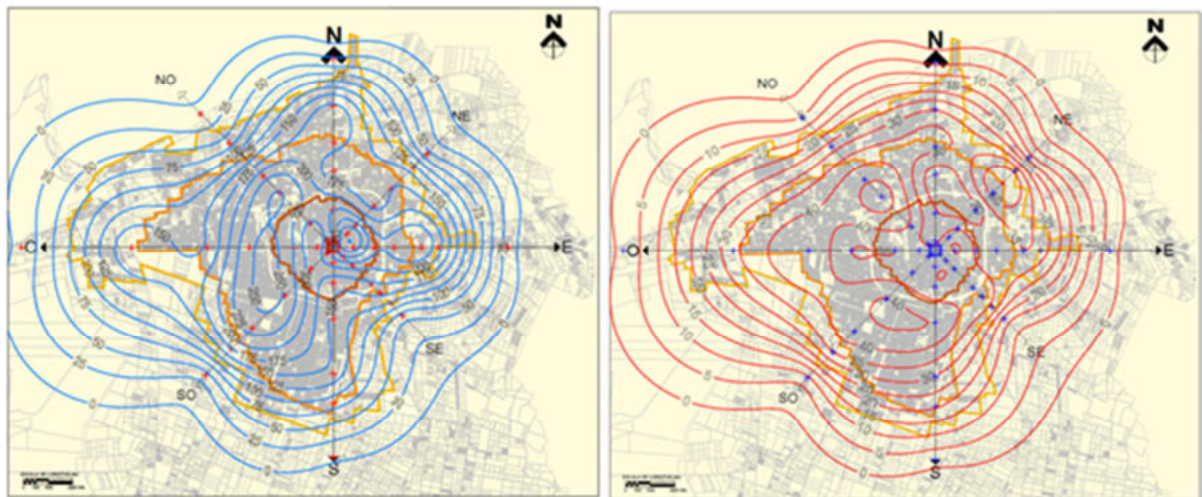


Fig. 3: Isolíneas de Energía Eléctrica y Gas por vivienda en el AMSJ – VERANO.

Tabla 1. Consumo energético por vivienda y por BUC - AMSJ

BUC	Gas (m <sup>3</sup> )		Energía Eléctrica (KWh)	
	Verano	Invierno	Verano	Invierno
EU	41	231	409	260
UR	37	185	516	309
SU	20	104	424	292

Fuente: Elaboración propia sobre datos relevados en el AMSJ.

### 2.7. Estrategias Pasivas y Activas de Arquitectura Bioclimática.

Entre los métodos más precisos y completos para calcular la cantidad de horas mensuales, estacionales y anuales, en las que una persona con un índice de indumentaria de 1 clo se encuentra en confort o requiere estrategias pasivas y/o activas de acondicionamiento térmico, es el Método gráfico numérico de Watson (1984). Este subdivide la Carta Bioclimática Edilicia, en 17 zonas o estrategias.

Con la estadística del clima urbano de la ciudad de San Juan del mismo año en el cual se realizaron las encuestas de consumo energético, año 2013, se calcularon las estrategias de diseño bioclimático con el método gráfico-numérico citado y adaptación analítica-matemática realizada por Mario Cúnsulo (Kurbán, et al., 2014). En las Figuras 4 y 5 (Fuente: Elaboración sobre estadística climática propia) se presentan los gráficos de la Carta Bioclimática Edilicia, correspondientes a los meses de Julio y Diciembre.

En la Tabla 2 constan las horas correspondientes a cada estrategia de diseño, calculadas para las cuatro estaciones climáticas.

2.8. Escenario 1(a): Estructura de consumo energético anual para acondicionamiento térmico edilicio, en el Área Metropolitana de San Juan

Para identificar dentro de los usos de la energía residencial, aquella destinada al acondicionamiento térmico de invierno y verano, se realizó una encuesta de consumo para acondicionamiento térmico, asociada a los datos reales de

consumo facturados durante el año 2013 (Kurbán, et al., 2015a). El universo estudiado consistió en 7 viviendas de similares características tecnológicas y ubicadas en las distintas BUC del área urbana. La cantidad de ocupantes de las viviendas varió de 1 a 6 personas. Debido a las particularidades del uso de los electrodomésticos para proporcionar refrigeración y calefacción a las viviendas, el consumo se calculó a partir de 2 tipos de datos: Tipo y potencia del electrodoméstico y Consumo facturado en los meses de julio, diciembre y septiembre (Kurbán, op. cit.).

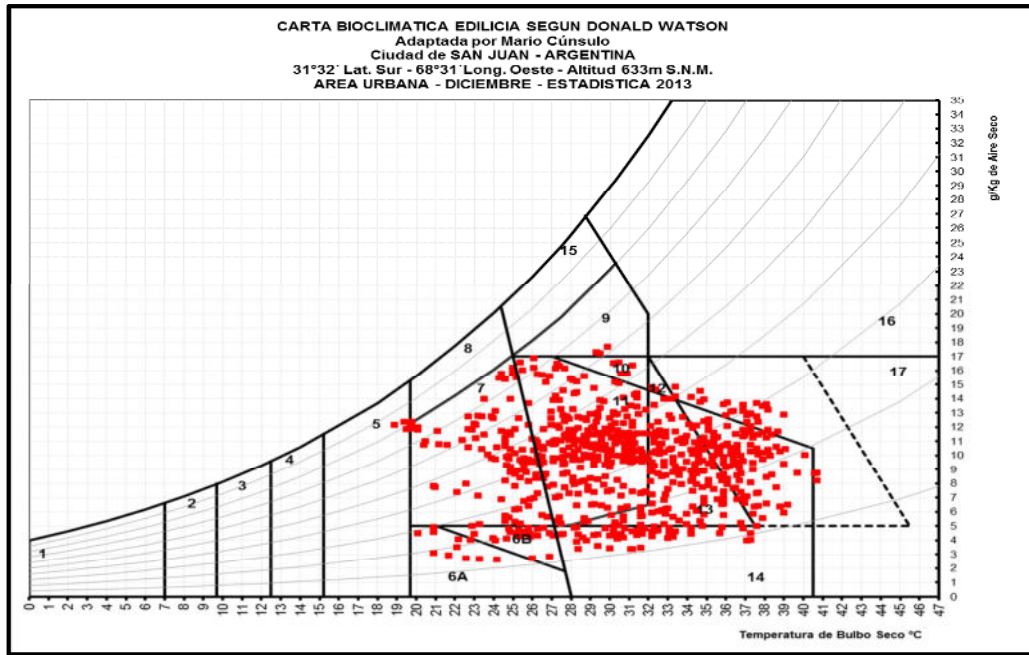


Fig. 4: Carta Bioclimática Edilicia AMSJ – Diciembre de 2013.

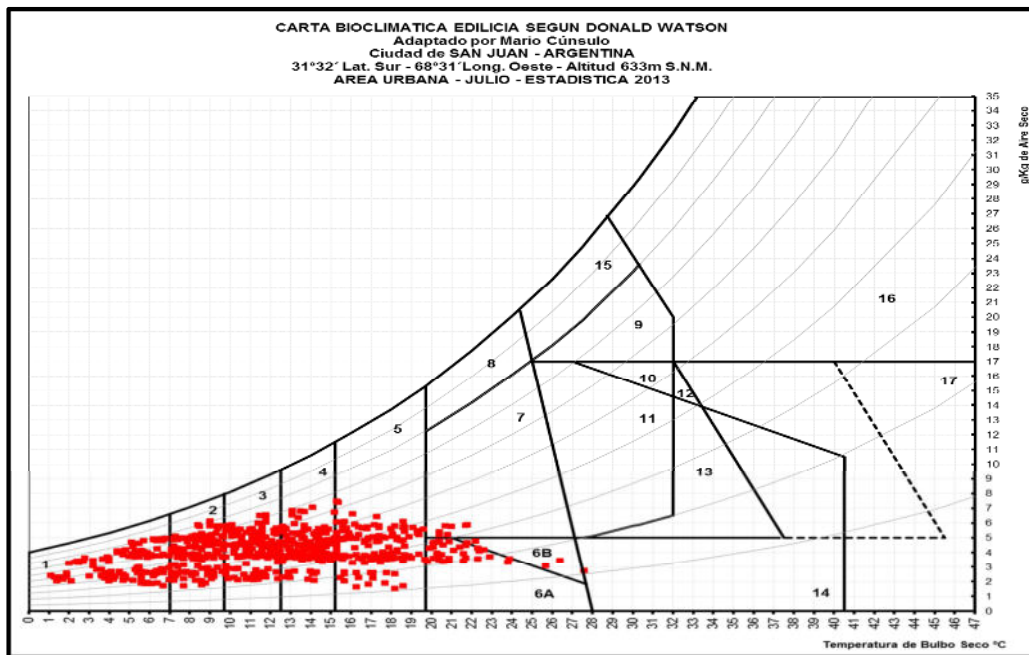


Fig. 5: Carta Bioclimática Edilicia AMSJ - Julio de 2013

Tabla 2: Horas anuales de cada Estrategia de Diseño Bioclimático estacionales del AMSJ - Año 2013.

ESTACIÓN	ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO													
	ESTRATEGIAS PASIVAS				ESTRATEGIAS ACTIVAS						CONFORT		TOTAL AÑO	
	Horas Calentamiento Pasivo	Horas Enfriamiento Pasivo	% Horas Calentamiento Pasivo	% Horas Enfriamiento Pasivo	Horas Calentamiento Activo	Horas Enfriamiento Activo	% Horas Calentamiento Activo	% Horas Enfriamiento Activo	Horas Humidificación Mecánica	% Horas Humidificación Mecánica	Horas Confort	% Horas Confort	Horas al año	% Horas al año
Verano	43	838	0,02	0,39	0	639	0	0,3	48	0,02	596	0,28	2164	100
Otoño	921	354	0,41	0,16	2	40	0	0,02	47	0,02	866	0,39	2230	100
Invierno	1684	34	0,76	0,02	198	0	0,09	0	253	0,11	54	0,02	2208	100
Primavera	770	403	0,35	0,18	65	169	0,03	0,08	277	0,13	500	0,23	2184	100

Los resultados demostraron los porcentajes de energía convencional utilizados en acondicionamiento térmico en el mes más frío y en el más cálido, respecto al total consumido. Estos porcentajes, considerados como Escenario 1, fueron:

- Calefacción: Gas Natural/Licudo: 48% - Energía Eléctrica: 42%
- Enfriamiento: 59%

2.9. Escenario 1(b): Estructura de consumo energético estacional para acondicionamiento térmico edilicio, por BUC y según estación climática

Los datos de consumo en invierno y verano, se ponderaron conforme la estructura de consumo energético para acondicionamiento térmico. Estos valores se ponderaron con los porcentajes de Estrategias Bioclimáticas Mensuales Totales (Activas y Pasivas, Tabla 1), obteniéndose los valores mes a mes del consumo energético por vivienda para acondicionamiento térmico, en condiciones edilicias que no han tenido en cuenta en su diseño, principios bioclimáticos. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 3: Escenario 1: Sin uso de ArqBio. Consumo energético por vivienda y por BUC, para acondicionamiento térmico en el AMSJ.

BUC	Período	Calefacción		Refrigeración	Total EE
		Gas (m <sup>3</sup> )	EE (KWh)	EE (KWh)	(KWh)
EU	Verano	7	7	610	617
	Otoño	148	146	175	320
	Invierno	281	277	113	390
	Primavera	126	124	318	443
	<b>Anual</b>	<b>562</b>	<b>554</b>	<b>1216</b>	<b>1770</b>
UR	Verano	6	9	769	778
	Otoño	118	173	220	393
	Invierno	225	329	143	472
	Primavera	101	148	402	549
	<b>Anual</b>	<b>450</b>	<b>659</b>	<b>1534</b>	<b>2192</b>
SU	Verano	3	8	632	640
	Otoño	67	163	181	344
	Invierno	127	127	118	244
	Primavera	57	139	330	470
	<b>Anual</b>	<b>254</b>	<b>437</b>	<b>1261</b>	<b>1698</b>

2.10. Escenario 2: Consumo energético del AMSJ en viviendas con diseño bioclimático.

Procesando el consumo del Área Metropolitana de San Juan destinado a acondicionamiento edilicio de la Tabla 2, con los porcentajes de horas anuales de Estrategias Pasivas de Diseño Bioclimático (Tabla 1), se calculó el gas y energía eléctrica que se utilizaría si la arquitectura de las viviendas hubiera contemplado en su diseño estrategias bioclimáticas. A esta situación se la denominó Escenario 2.

En las Tablas siguientes se muestran las estructuras de consumo que resultarían de este nuevo escenario: Tabla 4: AMSJ; Tabla 5: BUC Eminentemente Urbana; BUC Urbana y BUC Suburbana.

Ahorro en el consumo energético de viviendas para acondicionamiento térmico anual y estacional en el AMSJ, usando ArqBio.

De los consumos estacionales en acondicionamiento térmico en la ciudad de San Juan y por cada Banda Urbana Característica, sin tener en cuenta estrategias de diseño bioclimático y considerando que las viviendas sí hayan sido diseñadas bioclimáticamente, surgen los siguientes valores de ahorro energético (Tabla 6: todo el AMSJ) y Tabla 7 (por BUC).

Tabla 4. Escenario 2: usando ArqBio. Consumo energético p/ vivienda para acondicionamiento térmico estacional en el AMSJ.

Período	Calefacción		Refrigeración
	Gas (m <sup>3</sup> )	EE (KWh)	EE (KWh)
Verano	1	1	429
Otoño	24	19	77
Invierno	90	71	133
Primavera	35	28	256
<b>Anual</b>	<b>151</b>	<b>118</b>	<b>894</b>

Tabla 5. Escenario 2: usando ArqBio. Consumo energético p/ vivienda p/acondicionamiento térmico estacional del AMSJ por BUC.

BUC	Período	Calefacción		Refrigeración	Total EE
		Gas (m <sup>3</sup> )	EE (KWh)	EE (KWh)	(KWh)
EU	Verano	7	7	378	385
	Otoño	76	75	137	211
	Invierno	87	86	111	197
	Primavera	72	71	254	326
	<b>Anual</b>	<b>243</b>	<b>239</b>	<b>880</b>	<b>1119</b>
UR	Verano	6	8	477	485
	Otoño	61	89	172	261
	Invierno	70	102	140	242
	Primavera	58	85	321	406
	<b>Anual</b>	<b>194</b>	<b>284</b>	<b>1110</b>	<b>1394</b>
SU	Verano	3	8	392	400
	Otoño	34	84	142	226
	Invierno	39	96	115	212
	Primavera	33	80	264	344
	<b>Anual</b>	<b>109</b>	<b>268</b>	<b>912</b>	<b>1181</b>



Tabla 6. Ahorro energético estacional y anual en el AMSJ usando ArqBio.

ESTACIÓN	Ahorro Estacional y Anual por vivienda con uso de ArqBio		
	Calefacción		Refrigeración
	GAS (m <sup>3</sup> )	EE (KWh)	EE (KWh)
Verano	11	9	350
Otoño	221	173	146
Invierno	376	295	12
Primavera	174	136	151
<b>Anual</b>	<b>782</b>	<b>613</b>	<b>658</b>

Tabla 7. Ahorro energético estacional y anual por BUC usando ArqBio.

BUC	Período	Calefacción		Refrigeración	Total EE
		Gas (m <sup>3</sup> )	EE (KWh)	EE (KWh)	(KWh)
EU	Verano	7	7	378	385
	Otoño	76	75	137	211
	Invierno	87	86	111	197
	Primavera	72	71	254	326
	<b>Anual</b>	<b>243</b>	<b>239</b>	<b>880</b>	<b>1119</b>
UR	Verano	6	8	477	485
	Otoño	61	89	172	261
	Invierno	70	102	140	242
	Primavera	58	85	321	406
	<b>Anual</b>	<b>194</b>	<b>284</b>	<b>1110</b>	<b>1394</b>
SU	Verano	3	8	392	400
	Otoño	34	84	142	226
	Invierno	39	96	115	212
	Primavera	33	80	264	344
	<b>Anual</b>	<b>109</b>	<b>268</b>	<b>912</b>	<b>1181</b>

### 3. RESULTADOS

El porcentaje de horas al año, en las estaciones de verano e invierno, de cada Estrategia de Arquitectura Bioclimática, resultó:

➤ Porcentaje de horas anuales de estrategias de diseño bioclimático:

- CALEFACCIÓN: 41,80%
- Activa: 3,02%
- Pasiva: 38,78%

- CONFORT: 22,97%
- ENFRIAMIENTO: 35,23
- Activo: 18,44%
- Pasivo: 16,79%

➤ Porcentaje de horas de Invierno de estrategias de diseño bioclimático

- CALEFACCIÓN: 84,98%

- Activa: 9,01%
- Pasiva: 75,97%

- CONFORT: 2,46%
- ENFRIAMIENTO PASIVO: 1,55%
- HUMIDIFICACIÓN ACTIVA: 11,02%

➤ Porcentaje de horas de Verano de estrategias de diseño bioclimático

- CALEFACCIÓN: 1,99%

- Activa: 0,00%
- Pasiva: 1,99%

- CONFORT: 27,54%
- ENFRIAMIENTO PASIVO: 38,72%
- ENFRIAMIENTO Y HUMIDIFICACIÓN ACTIVA: 31,75%

➤ Porcentaje de horas de Primavera de estrategias de diseño bioclimático

- CALEFACCIÓN: 38,23%
    - Activa: 2,98%
    - Pasiva: 35,26%
  - CONFORT: 22,89%
  - ENFRIAMIENTO PASIVO: 18,45%
  - ENFRIAMIENTO Y HUMIDIFICACIÓN ACTIVA: 29,42%
- Porcentaje de horas de Otoño de estrategias de diseño bioclimático
- CALEFACCIÓN: 41,39%
    - Activa: 0,09%
    - Pasiva: 41,30%
  - CONFORT: 38,83%
  - ENFRIAMIENTO PASIVO: 15,87%
  - ENFRIAMIENTO Y HUMIDIFICACIÓN ACTIVA: 3,90%.

Los valores actuales de consumo energético totales anuales, utilizados para acondicionamiento térmico de una vivienda del AMSJ, sin utilizar principios de arquitectura bioclimática y los calculados en función de las estrategias de diseño, si se aplicaran los mismos, resultaron:

- Consumo anual por vivienda sin uso de ArqBio:
  - Gas: 933 m<sup>3</sup>
  - Energía Eléctrica: 2283KWh
- Consumo anual por vivienda con uso de ArqBio
  - Gas: 151m<sup>3</sup>
  - Energía Eléctrica: 1013KWh

De lo anterior se desprende que los porcentajes de ahorro en cada tipo de energía, si las viviendas hubieran sido diseñadas siguiendo principios bioclimáticos, resultaron: Gas = 84%; EE = 56% .

#### 4. CONCLUSIONES

El estudio del consumo energético para acondicionamiento térmico de viviendas en una ciudad de zona árida, Área Metropolitana de San Juan, indica que durante el invierno, se destina a ese uso aproximadamente la mitad de la Energía Eléctrica y Gas Natural/Licuado. Durante el verano, ese porcentaje asciende al 60% del consumo total de Energía Eléctrica.

El ahorro en EE para acondicionamiento de viviendas si se diseñara bioclimáticamente, sería del 84% en invierno y 46% en verano. En el caso del Gas Natural/licuado, el ahorro alcanzaría el 84%.

Considerando que el Área Metropolitana de San Juan representa el 0,14% del territorio provincial (127Km<sup>2</sup> de 89.651km<sup>2</sup>) y reúne el 67% de la población total de la provincia (458.230 habitantes de 681.055 habitantes) (Papparelli et al., 2015), el aporte al ahorro energético que proveería el uso de arquitectura bioclimática en el parque habitacional de la provincia, sería altamente significativo.

Si se extrapolaran dichos ahorros energéticos, a ciudades con similares condiciones urbanísticas que San Juan y

localizadas en zonas áridas meso termales y cálidas, sería sustancial el aporte que realizarían al autoabastecimiento energético, usando arquitectura bioclimática en sus respectivos parques habitacionales urbanos.

#### 5. REFERENCIAS

- BMD - Banco Mundial de Desarrollo. (2007). Energía y BMD: Análisis Regional América Latina.
- Cúnsulo, M., Kurbán, A. (2013). Procesamiento de datos térmicos satelitales para la obtención de la Isla de Calor Urbana. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **1**, 11.11 - 11.18.
- ECOGAS - Distribuidora de Gas Cuyana S.A. (2014). Distribución de consumo en la Provincia de San Juan según tipo de Usuarios. Cantidad de clientes residenciales con gas natural en Departamentos de la Provincia de San Juan. Nota GC N° 1865/14. Fecha: 21 de abril de 2014
- ECOGAS. (2012). Informe Específico de “Consumo Doméstico en m<sup>3</sup>/9.300Kcal (Provincia de San Juan). Adjunto a Nota GC N°1345/12. Fecha: 27 de marzo de 2012.
- ENARGAS - Ente Nacional Regulador de Gas - (2005) <http://web.ing.puc.cl/power>
- Energía San Juan (2014). Datos consumo energía eléctrica en Provincia de San Juan y Gran San Juan.
- INDEC R.A. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. República Argentina. (2010). Censo Nacional de Población y Vivienda.
- INTI R.A. Instituto Nacional de Tecnología Industrial 2005. Demanda de calefacción y enfriamiento edilicio.
- INTI R.A. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. ( 2007). Saber cómo. Ahorro y certificación energética: la envolvente de los edificios.
- Kurbán A., Cúnsulo M., Montilla E., Ortega A. (2013). Planificación urbana y diseño bioclimático en ambientes áridos. Monitoreo del clima urbano en el Área Metropolitana de San Juan. *Avance en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **1**, 11.19-11.28.
- Kurbán, A., Cúnsulo, M., A.; Álvarez, A., Montilla, E.; Ortega, A. (2015) (a) The Role of bioclimatic architecture in the reduction of the emission of CO<sub>2</sub> in arid environments. *Environmental Science: An Indian Journal.*, **11**, 6, 171 - 178.
- Kurbán, A., Cúnsulo, M., Matar, M., Ortega, A., Ripoll, V. 2015(b). Prototipo bioclimático de vivienda social para zona árida urbana. **ASADES'15 - XXXVIII**
- Kurbán, A.; Cúnsulo, M.; Montilla, E.; Ortega, A.; Álvarez. (2014) Ahorro Energético con Arquitectura Bioclimática en Áreas Urbanas de Zonas Áridas. Informe Final Proyecto de Investigación PICTO 2009. ANPCyT-UNSJ.
- Mazzeo, N. (1984). Aplicaciones del diagnóstico climático a problemas relacionados con el urbanismo. Apuntes de cátedra, UBA. Buenos Aires.
- Ministerio de Economía. Argentina (2008). Informe de Avance IV versión: Elementos para el diagnóstico y desarrollo de la planificación energética nacional. 2008-2025. . Secretaría de Energía - Grupo de Planeamiento Estratégico.
- Oke, T. R. (2006). Towards better scientific communication in urban climate. *Theoretical and Applied Climatology*, **84**, 179-190.
- OLADE -Organización Latinoamericana de Energía-. (2012). Organización Latinoamericana de Energía

- “Panorama General de los Hidrocarburos no Convencionales”.
- Ortega, A., Montilla E., Cúnsulo M. (2013). Clima Urbano Árido. Base de datos para estudios del Área Metropolitana de San Juan. *Avance en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **1**, 11.29 - 11.36.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. (2009). *Planificación Sustentable del Espacio Urbano*. Argentina. Editorial Klickzowski/NOBUKO.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M., Montilla, E. (2015). *Características de la distribución espacial del Área Metropolitana de San Juan*. Argentina. Editorial NOBUKO.
- Secretaría de Energía de la Nación. R.A. 2006. Estadísticas Nacionales  
<http://www.energia.mecon.gov.ar/Electricidad/Informes>
- Watson, D., Faia y Kenneth Labs. (1983). *Climatic Design*. Ed. Mc. Graw-Hill Book Company. USA.