

## CONSUMO ENERGÉTICO RESIDENCIAL COMO VARIABLE DE LA ISLA DE CALOR URBANA EN ZONA ÁRIDA

Analia A. Alvarez<sup>1</sup>, Alejandra Kurbán<sup>2</sup>, Alberto Papparelli<sup>3</sup>, Mario Cúnsulo<sup>4</sup>  
*INEAA (Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental)*  
*Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño – Universidad Nacional de San Juan*  
*Santa Fe 198 (Oeste) 1º Piso, San Juan. Email: ana\_alv023@hotmail.com*

### RESUMEN

En el presente artículo se analiza el impacto de algunas de las variables del calor antropogénico en la generación de la Isla de Calor Urbana. El objetivo es conocer la relación entre el consumo energético residencial y la Isla de Calor Urbana en el Gran San Juan, como caso de estudio de una ciudad de zona árida. Cada variable es analizada en relación a la Población e Índices Urbanísticos, así como también conforme a sus características Bioclimáticas Edilicias. Los resultados se espacializarán conforme tres criterios urbanos: según las Bandas Urbanas Características, los sectores cardinales principales y en relación al Gran San Juan como unidad.

**Palabras Clave:** Consumo Energético, Características Bioclimáticas, Población, Índices Urbanísticos, Isla de Calor.

### INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente artículo es analizar para el Gran San Juan las variables: Distribución de la Población, Bandas Urbanas Características (Papparelli A., et al., 2009), Características Bioclimáticas Edilicias (como variable de los requerimientos energéticos), Consumo Energético (Energía Eléctrica y Gas en viviendas para invierno y verano) y Temperatura urbana, para correlacionarlas con la distribución espacial de la Isla de Calor Urbana por sectores cardinales y por estación climática, calculada en proyectos de Clima Urbano en desarrollo en el INEAA. Cada variable energética se estudiará y correlacionará, para invierno y verano, con la Población e Índices Urbanísticos y se espacializará en isolíneas de consumo considerando el Gran San Juan tanto como una unidad como subdividiéndolo en Bandas Urbanas Características, según el Factor de Ocupación del Suelo y la Volumetría Edilicia. A las isolíneas obtenidas se las trabajará, por sectores cardinales, con herramientas estadísticas de correlación a fin de estudiarlas en relación a cada variable analizada.

De todos los procesos de deterioro que componen la crisis ambiental global, el cambio climático es el más grave de ellos. Los cambios en el clima afectan todo el planeta: a los ciclos naturales del carbono, del oxígeno y del agua; a los ríos y lagos; a la disponibilidad del recurso hídrico; a la vegetación; a las condiciones del océano y a sus poblaciones; a los cultivos de alimentos; a la actividad turística; a la salud; a las familias y a sus bienes; y en casos extremos, afectan la integridad de las personas. Hoy en día más de la mitad de la población mundial habita en ciudades. Éstas demandan grandes cantidades de energía, materiales y territorio, al tiempo que generan grandes cantidades de emisiones a la atmósfera, entre las que se destacan las emisiones de gases de efecto invernadero. Las áreas urbanas son responsables de más del 75% de todas las emisiones de gases de invernadero en el mundo (Andrés Maidana, 2006). De ahí que reducir el uso de la energía y la emisión de gases en las ciudades es fundamental en cualquier esfuerzo por reducir el ritmo del calentamiento global.

La vulnerabilidad general de los asentamientos humanos se incrementará según lo confirmado por diversos escenarios que proyectan que el calentamiento global adicional en las próximas décadas es inevitable. La mayoría de la población urbana mundial vive en zonas vulnerables que están mal equipadas para la adaptación, con 1000 millones que viven en barrios pobres, y que probablemente se convertirán en refugiados ambientales. Se estima que además del aumento del nivel del mar, de 3 a 4 de cada 10 viviendas no permanentes en las ciudades de los países en desarrollo, se encuentran en zonas propensas a inundaciones, deslaves y otros desastres naturales - agravada por el cambio climático (UN-Habitat, 2008).

Es evidente que estos cambios afectarán a los diferentes aspectos de la ordenación del territorio y el medio ambiente construido, incluida la estructura del edificio externo, la integridad estructural, los ambientes internos, la infraestructura de servicios, los espacios abiertos, la comodidad y la forma de utilizar el espacio interior y exterior. Junto con los retos de la rápida urbanización, los impactos del cambio climático socavarán los esfuerzos para lograr los objetivos del desarrollo sostenible. Los cambios en el clima pueden reducirse. Varias políticas que se relacionan con la mitigación de emisiones se han concentrado en la eficiencia energética, ya que la reducción de los consumos de energía y la sustitución de combustibles son dos áreas con grandes posibilidades en América Latina y el Caribe (Landa, R., B. Ávila y M. Hernández, 2010). Los proyectos potenciales de eficiencia energética se orientan hacia:

<sup>1</sup> Becaria CICITCA categoría Perfeccionamiento

<sup>2</sup> Directora de Beca. Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

<sup>3</sup> Director Organizador INEAA; Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

<sup>4</sup> Prof. Ppal. CONICET

- Desarrollar proyectos demostrativos utilizando tecnologías eficientes.
- Aplicar y replicar tecnologías eficientes a gran escala.
- Realizar campañas de información sobre las bondades del uso eficiente.
- Manejar la demanda de electricidad.
- Crear mercados de “eficiencia energética”.
- Desarrollar Empresas de Servicios Energéticos (ESCOS).
- Fomentar nuevos marcos institucionales, regulatorios y de incentivos económicos y fiscales para el uso eficiente.

Para que las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en verdad contribuyan a enfrentar el problema, se requiere que la sociedad realice grandes esfuerzos por modificar:

- La forma de utilizar los recursos naturales.
- Las prácticas de producción.
- Los hábitos de consumo.
- Las formas de organización social.

Por ello, buscar soluciones al cambio climático, significa afrontar el papel que tienen las ciudades tanto en el problema como en la solución y las responsabilidades de los diferentes actores de la sociedad, supone concebir al proyecto arquitectónico como parte crucial y de gran potencial para la reducción de emisiones, no sólo a través del cambio de hábitos cotidianos de la ciudadanía sino también a través de la modificación del diseño de las ciudades. De manera que, modificar la forma en cómo crecen las ciudades, es el camino hacia un nuevo tipo de desarrollo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para el análisis propuesto se parte por un lado, de la determinación de la cantidad de población urbana y su distribución en el ejido y por otro lado del tratamiento de variables urbanísticas y microclimáticas, y de las características bioclimáticas de la edificación. Cada variable es analizada en relación a la Población e Índices Urbanísticos, así como también conforme a sus Características Bioclimáticas Edilicias. De manera que, el consumo energético se estudió relacionándolo con las características urbanas del Gran San Juan. Estas últimas surgen de una base de datos obtenida como resultado de proyectos de investigación ejecutados en el Área de Arquitectura Ambiental del INEAA desde el año 1994. Al respecto, se entiende por Banda Urbana Característica a las “Áreas homogéneas y continuas del ejido urbano, que se presentan como zonas circunvalares al centro, con índices urbanísticos de similar valor, comprendidas entre dos isolíneas representativas del Factor de Ocupación del Suelo, que identifican su límite territorial y su estado de situación espacial” (Papparelli, A., et al, 2009). Pueden distinguirse 4 Bandas Urbanas Características: BUC Eminentemente Urbana ( $FOS \geq 40\%$ ;  $DV \geq 15.000m^3/Ha$ ), BUC Urbana ( $40\% > FOS \geq 20\%$ ;  $15.000m^3/Ha > DV \geq 8.000m^3/Ha$ ), BUC Suburbana ( $20\% > FOS \geq 5\%$ ;  $8.000m^3/Ha > DV \geq 1.000m^3/Ha$ ); BUC No Urbana ( $5\% > FOS$ ;  $1.000m^3/Ha > DV$ ). Cabe destacar que además, se utilizaron datos del Censo Nacional de Población 2001 así como también proyecciones provistas por el INDEC.

Las muestras de consumo energético para el Gran San Juan se obtuvieron a partir de encuestas energéticas realizadas para Junio y Diciembre de 2008 (Alvarez A., et al., 2010), en las cuales se relevaba el consumo energético para dichos meses en viviendas unifamiliares correspondientes a los 64 Nodos Urbanos muestra (totalizando 114 encuestas, cuya ubicación fue georeferenciada al centro del Gran San Juan). Como resultado se obtuvieron isolíneas de consumo de electricidad y gas natural y envasado correspondientes tanto a invierno como a verano. Para tales fines se diseñó una planilla que permitía recoger en ella los datos obtenidos de la muestra del consumo de energía eléctrica (KWh) y gas natural y envasado ( $m^3$ - Kg.) para invierno y verano 2008. Por cada Nodo Urbano se tomaron 2 muestras, a excepción del caso de aquellos Nodos que se encontraban dentro del microcentro, dado que en éstos, debido a la preponderancia del uso comercial del área, una única muestra resultaba representativa del sector. Los 114 relevamientos se ejecutaron en el período comprendido entre Enero y Marzo del año 2009; en cada vivienda se solicitó las facturas de Gas y Energía Eléctrica cuyos períodos de consumo comprendieran a los meses de Julio y Diciembre

En la presente investigación se relevaron en las 114 viviendas encuestadas, sus características tecnológicas a fin de proceder a su categorización en relación a su desempeño bioclimático. Ambas variables, energética y tecnológica, se interrelacionarán a fin de establecer características Bioclimáticas Edilicias, correlacionando las variables urbanísticas y microclimáticas no solo en los sectores cardinales principales de rumbo (N; S; E; O) sino que también en los medios rumbos (SE; NO; SO y NE). El análisis sectorial se hará mediante la ejecución de cortes verticales al modelo tridimensional según los sectores cardinales principales, comprendidos entre los  $-22,5^\circ$  y  $22,5^\circ$  de cada dirección cardinal principal. Finalmente por medio de un software estadístico se aplicará la curva de ajuste que mejor se adapte a la nube de puntos presentada.

## **DETERMINACIÓN Y CATEGORIZACIÓN BIOCLIMÁTICA EDILICIA DE LAS VIVIENDAS RELEVADAS**

Las encuestas para identificar la tecnología constructiva de las viviendas de los 64 Nodos Urbanos muestra, recabó la siguiente información:

- Orientación cardinal de la vivienda
- Tipología edilicia
- Tecnología y Sistema constructivo
- Tipo y Materiales de mampostería
- Cubierta de techos

- Tipo y Materiales de carpinterías

Con los datos resultantes del relevamiento se ejecutó un Archivo de Datos edilicios, por medio de Fichas identificadas por orientación cardinal y por nodo urbano muestra, a los fines de individualizar cada uno de los casos de análisis y poder estudiar en detalle sus particularidades. Para la elaboración del mencionado fichaje se ejecutó una planilla en EXCEL, la cual permite visualizar de forma rápida y expeditiva los datos requeridos. Cada ficha cuenta con la siguiente información:

- Características Generales: datos referentes a la localización de la vivienda y el número de habitantes de la misma.
- Características Energéticas: relevamiento energético propiamente dicho.
- Características Bioclimáticas Edilicias: información relacionada a las características edilicias de la viviendas encuestadas.
- Características Urbanas: variables urbanísticas a correlacionar.
- Relevamiento Fotográfico.

A continuación se anexan, a modo de ejemplo, algunas Fichas que contienen los datos discriminados por Nodo, orientación cardinal y Banda Urbana Característica (Tablas 1, 2 y 3).

Tabla 1: Ficha Bioclimática Orientación Norte – Nodo N2 – Banda Eminentemente Urbana

ORIENTACIÓN: NORTE							
<b>NODO: N2</b>	Características Generales	DOMICILIO			Nº de Pers.	OBSERVACIONES	
		1-San Luis 132 (E)			2	Nivel Socioeconómico Alto	
	Características Energéticas	Mes	GAS		ELECTRICIDAD		OBSERVACIONES
			Periodo	m <sup>3</sup> (Bimestral)	Periodo	KWh (Mensual)	
	Julio	Junio/Julio	215	01/07/08 27/09/08	127		
	Diciem.	Enero/Diciembre	79	02/11/08 04/01/09	243		
Características Bioclimáticas Edilicias	Orientación Cardinal		Tipología Edilicia		Sistema Constructivo		
	NORTE		---		Construcción Tradicional Racionalizado		
	Tipos y Materiales (Mampostería)		Tipo y Materiales (Carpinterías)		Cubierta de Techos		
	Ladrillo - Hormigón - Revoque		Madera con celosías de Madera		Losa - Membrana Asfáltica		
Características Urbanas	Densidad Poblacional (hab/Ha)	FOB (‰)	DV (m <sup>2</sup> /Ha)	ICU (ΔT°C)		OBSERVACIONES	
	44	74	52850	Invierno: 2,38 Verano: 3,41	---		

Tabla 2 : Ficha Bioclimática Orientación Norte – Nodo N12 – Banda Urbana

ORIENTACIÓN: NORTE							
<b>NODO: N12</b>	Características Generales	DOMICILIO			Nº de Pers.	OBSERVACIONES	
		1-Paraná 365 (E)			6	Nivel Socioeconómico Medio	
Características Energéticas	Mes	GAS		ELECTRICIDAD		OBSERVACIONES	
		Periodo	m <sup>3</sup> (Bimestral)	Periodo	KWh (Mensual)		
	Julio	Junio/Julio	518	21/05/08 15/07/08	170		
	Diciem.	Enero/Diciembre	114	11/11/08 12/01/09	194		
Características Bioclimáticas Edilicias	Orientación Cardinal		Tipología Edilicia		Sistema Constructivo		
	NORTE		---		Construcción Tradicional Racionalizado		
	Tipos y Materiales (Mampostería)		Tipo y Materiales (Carpinterías)		Cubierta de Techos		
	Ladrillo - Hormigón Armado - Revestimientos en Tavertino		Métalica		Losa - Membrana Asfáltica		
Características Urbanas	Densidad Poblacional (hab/Ha)	FOB (‰)	DV (m <sup>2</sup> /Ha)	ICU (ΔT°C)		OBSERVACIONES	
	95	25	8763	Invierno: 0,55 Verano: 0,75	---		

Tabla 3 : Ficha Bioclimática Orientación Norte – Nodo N14 – Banda Suburbana

ORIENTACIÓN: NORTE						
Características Energéticas	DOMICILIO			Nº de Pers.	OBSERVACIONES	
	1-Ramón Gordo y 562 (E) MB C 24			6	Nivel Socioeconómico Bajo	
Características Energéticas	Mes	GAS		ELECTRICIDAD		OBSERVACIONES
		Periodo	m <sup>3</sup> (Bimestral)	Periodo	KWh (Mensual)	
	Julio	30/05/08-30/07/08	204	27/06/08-21/08/08	136	
Diciem.	01/10/08-13/12/08	102	23/10/08-19/12/08	192		
Características Bioclimáticas Edilicias	Orientación Cardinal	Tipología Edilicia		Sistema Constructivo		
	NORTE	---		Construcción Tradicional Racionalizado		
	Tipos y Materiales (Mampostería)		Tipo y Materiales (Carpinterías)		Cubierta de Techos	
Ladrillo - Hormigón Armado - Madera		Madera		Losa - Techo de Madera - Membrana Asfáltica		
Características Urbanas	Densidad Poblacional (hab/Ha)	FOS (%)	DV (m <sup>3</sup> /Ha)	ICU (ΔT°C)	Temperatura	OBSERVACIONES
	65	14	2866	Invierno: 0,28 Verano: 0,36	---	Distancia al Centro: 4332,28 m
						

## DEFINICION DE CATEGORÍAS BIOCLIMÁTICAS EDILICIAS

La información recabada permitió establecer en función de las propiedades termofísicas de los materiales y elementos constructivos utilizados en las viviendas encuestadas, 3 tipos de categorías bioclimáticas características las cuales se definieron como:

- Categoría 1 - Bioclimáticamente Eficiente: Este grupo contiene todas aquellas viviendas cuya tipología y características edilicias (orientación, calidad de la construcción, materialidad, carpinterías, cubierta de techos, nivel de consolidación del nodo muestra, etc.), den respuesta a requerimientos bioclimáticos.
- Categoría 2 - Bioclimáticamente Mixta: Esta categoría involucra todas aquellas viviendas de construcción mixta, así como también aquellas cuyas características edilicias y tipológicas respondan parcialmente a requerimientos bioclimáticos.
- Categoría 3 - Bioclimáticamente Ineficiente: Corresponden a este conjunto las viviendas cuyas condiciones sean precarias o bien no den respuesta a parámetros bioclimáticos.

A partir de la categorización de las 114 viviendas relevadas se espera lograr una base de datos que contenga variables energéticas, urbanas, microclimáticas y edilicias. Cabe destacar que si bien ya han quedado definidas tanto las pautas como los lineamientos generales de la categorización, el análisis de cada caso aún se encuentra en proceso de realización.

## RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LAS DIRECCIONES CARDINALES PRINCIPALES (N ; S ; E ; O)

### Estación Climática Invierno:

- Dirección Cardinal Norte: el consumo de Gas promedio para esta dirección es de 127,70m<sup>3</sup>. El consumo de Electricidad promedio de invierno para esta dirección es de 215,3KWh (Fig. 1).

Correlación Gas Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de gas en invierno disminuye 15m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10% el consumo de gas en invierno aumenta 12m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que por cada 10000m<sup>3</sup>/Ha que aumente la DV, el consumo de gas en invierno aumenta 19m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C el consumo de gas en invierno aumenta 4m<sup>3</sup>.

Correlación Electricidad Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de electricidad en invierno disminuye 39m<sup>3</sup>.

Correlación Electricidad Invierno – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10%, el consumo de electricidad en invierno disminuye 17m<sup>3</sup>.

Correlación Electricidad Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Volumétrica Edilicia aumenta 10000m<sup>3</sup>/Ha, el consumo de electricidad en invierno disminuye 12m<sup>3</sup>.

Correlación Electricidad Invierno – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0,10°C, el consumo de electricidad en invierno disminuye 3m<sup>3</sup>.

- Dirección Cardinal Sur: el consumo de Gas promedio de invierno para esta dirección es de 134,85m<sup>3</sup>. El consumo promedio de invierno para esta dirección es de 222,1KWh (Fig. 2).

Correlación Gas Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de gas en invierno aumenta 13m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10% el consumo de gas en invierno aumenta 18m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que por cada 10000m<sup>3</sup>/Ha que aumente la DV, el consumo de gas en invierno aumenta 25m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C el consumo de gas en invierno aumenta 5m<sup>3</sup>.

Correlación Electricidad Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de electricidad en invierno aumenta 32KWh.

Correlación Electricidad Invierno – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10%, el consumo de electricidad en invierno aumenta 38KWh.

Correlación Electricidad Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste se desprende que a medida que la DV aumenta 10000m<sup>3</sup>/Ha, el consumo de electricidad en invierno aumenta 66KWh.

Correlación Electricidad Invierno – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C, el consumo de electricidad en invierno aumenta 10KWh.

- Dirección Cardinal Este: el consumo de Gas promedio de invierno para esta dirección es de 236.75m<sup>3</sup>. El consumo de Electricidad promedio de invierno para esta dirección es de 169.85KWh (Fig. 3).

Correlación Gas Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de gas en invierno disminuye 2.10m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10% el consumo de gas en invierno disminuye 7.5m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que por cada 10000m<sup>3</sup>/Ha que aumente la DV, el consumo de gas en invierno disminuye 7m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C el consumo de gas en invierno disminuye 2m<sup>3</sup>

Correlación Electricidad Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de electricidad en invierno disminuye 11KWh.

Correlación Electricidad Invierno – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10%, el consumo de electricidad en invierno disminuye 3KWh.

Correlación Electricidad Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta 10000m<sup>3</sup>/Ha, el consumo de electricidad en invierno aumenta 1KWh.

Correlación Electricidad Invierno – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C, el consumo de electricidad en invierno disminuye 0.05KWh.

- Dirección Cardinal Oeste: el consumo de Gas promedio de invierno para esta dirección es de 206,3m<sup>3</sup>. El consumo de Electricidad promedio de invierno para esta dirección es de 270,4KWh (Fig. 4).

Correlación Gas Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que el Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de gas en invierno aumenta 6m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10%, el consumo de gas en invierno aumenta 30m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que el DV aumenta un 10000m<sup>3</sup>/Ha, el consumo de gas en invierno aumenta 23m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Invierno – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta  $0,10^{\circ}\text{C}$ , el consumo de gas en invierno aumenta  $6\text{m}^3$ .

Correlación Electricidad Invierno – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta  $10\text{hab}/\text{Ha}$ , el consumo de electricidad en invierno disminuye  $8\text{KWh}$ .

Correlación Electricidad Invierno – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un  $10\%$ , el consumo de electricidad en invierno aumento  $34\text{KWh}$ .

Correlación Electricidad Invierno – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta  $10000\text{m}^3/\text{Ha}$ , el consumo de electricidad en invierno aumenta  $15\text{KWh}$ .

Correlación Electricidad Invierno – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta  $0,10^{\circ}\text{C}$ , el consumo de electricidad en invierno aumenta  $5\text{KWh}$ .

▪ Estación Climática Verano:

- Dirección Cardinal Norte: el consumo de Gas promedio de verano para esta dirección es de  $38,5\text{m}^3$ . El consumo de Electricidad promedio de verano para esta dirección es de  $273,6\text{KWh}$  (Fig. 5).

Correlación Gas Verano – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta  $10\text{hab}/\text{Ha}$ , el consumo de gas en verano disminuye  $1\text{m}^3$ .

Correlación Gas Verano – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un  $10\%$ , el consumo de gas en verano aumenta  $2\text{m}^3$ .

Correlación Gas Verano – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta  $10000\text{m}^3/\text{Ha}$ , el consumo de gas en verano aumenta  $2\text{m}^3$ .

Correlación Gas Verano – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta  $0,10^{\circ}\text{C}$ , el consumo de gas en verano aumenta  $0,30\text{m}^3$ .

Correlación Electricidad Verano – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta  $10\text{hab}/\text{Ha}$ , el consumo de electricidad en verano disminuye  $78\text{m}^3$ .

Correlación Electricidad Verano – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un  $10\%$ , el consumo de electricidad en verano disminuye  $18\text{m}^3$ .

Correlación Electricidad Verano – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Volumétrica Edilicia aumenta  $10000\text{m}^3/\text{Ha}$ , el consumo de electricidad en verano disminuye  $4\text{m}^3$ .

Correlación Electricidad Verano – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta  $0,10^{\circ}\text{C}$ , el consumo de electricidad en verano disminuye  $1\text{m}^3$ .

- Dirección Cardinal Sur: el consumo de Gas promedio de verano para esta dirección fue de  $24,3\text{m}^3$ . El consumo de Electricidad promedio de verano para esta dirección es de  $288,2\text{KWh}$  (Fig. 6).

Correlación Gas Verano – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta  $10\text{hab}/\text{Ha}$ , el consumo de gas en verano aumenta  $6\text{m}^3$ .

Correlación Gas Verano – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un  $10\%$ , el consumo de gas en verano aumenta  $4\text{m}^3$ .

Correlación Gas Verano – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta  $10000\text{m}^3/\text{Ha}$ , el consumo de gas en verano aumenta  $3\text{m}^3$ .

Correlación Gas Verano – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta  $0,10^{\circ}\text{C}$ , el consumo de gas en verano aumenta  $1\text{m}^3$ .

Correlación Electricidad Verano – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta  $10\text{hab}/\text{Ha}$ , el consumo de electricidad en verano aumenta  $82\text{KWh}$ .

Correlación Electricidad Verano – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un  $10\%$ , el consumo de electricidad en verano aumenta  $35\text{KWh}$ .

Correlación Electricidad Verano – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta  $10000\text{m}^3/\text{Ha}$ , el consumo de electricidad en verano aumenta  $39\text{KWh}$ .

Correlación Electricidad Verano – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta  $0,10^{\circ}\text{C}$ , el consumo de electricidad en verano aumenta  $6\text{KWh}$ .

- Dirección Cardinal Este: el consumo de Gas promedio de verano para esta dirección es de  $42,5\text{m}^3$ . El consumo de Electricidad promedio de verano para esta dirección es de  $260,40\text{KWh}$  (Fig. 7).

Correlación Gas Verano – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de gas en verano disminuye 1m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Verano – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10%, el consumo de gas en verano aumenta 1m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Verano – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta 10000m<sup>3</sup>/Ha, el consumo de gas en verano aumenta 1m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Verano – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C, el consumo de gas en verano aumenta 0.20m<sup>3</sup>.

Correlación Electricidad Verano – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de electricidad en verano disminuye 54KWh.

Correlación Electricidad Verano – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10%, el consumo de electricidad en verano disminuye 1KWh.

Correlación Electricidad Verano – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta 10000m<sup>3</sup>/Ha, el consumo de electricidad en verano aumenta 13KWh.

Correlación Electricidad Verano – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C, el consumo de electricidad en verano aumenta 1KWh.

- Dirección Cardinal Oeste: el consumo de Gas promedio de verano para esta dirección fue de 55,6m<sup>3</sup>. El consumo promedio de verano para esta dirección es de 339,8KWh (Fig. 8).

Correlación Gas Verano – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que el Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de gas en invierno disminuye 0.13m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Verano – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste lineal se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10%, el consumo de gas en verano aumenta 5m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Verano – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta 10000m<sup>3</sup>/Ha, el consumo de gas en verano aumenta 0,70m<sup>3</sup>.

Correlación Gas Verano – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C, el consumo de gas en verano aumenta 0.42m<sup>3</sup>.

Correlación Electricidad Verano – Densidad Poblacional: del ajuste lineal se desprende que a medida que la Densidad Poblacional aumenta 10hab/Ha, el consumo de electricidad en verano aumenta 23KWh.

Correlación Electricidad Verano – Factor de Ocupación del Suelo (FOS): del ajuste se desprende que a medida que el FOS aumenta un 10%, el consumo de electricidad en verano aumenta 57KWh.

Correlación Electricidad Verano – Densidad Volumétrica Edilicia (DV): del ajuste lineal se desprende que a medida que la DV aumenta 10000m<sup>3</sup>/Ha, el consumo de electricidad en verano aumenta 38KWh.

Correlación Electricidad Verano – Isla de Calor (ICU): del ajuste lineal se desprende que a medida que la ICU aumenta 0.10°C, el consumo de electricidad en verano aumenta 8KWh.

## **CONCLUSIONES PARCIALES OBTENIDAS EN RELACION A LOS RESULTADOS PARCIALES PRELIMINARES**

- Dirección Cardinal Norte: consumo de gas evidencia una relación directa con el FOS, la DV, y la ICU pero no así con la densidad poblacional. En lo que respecta al consumo de electricidad en invierno y en verano se observa que a medida que aumenta la densidad poblacional, el FOS, la DV y la ICU, el consumo disminuye. Por último, se destaca que, para esta dirección cardinal, el consumo promedio de gas en invierno presenta un incremento de aproximadamente el 300% con respecto al consumo de gas en verano. Por otra parte el consumo de energía eléctrica en verano se incrementa solo un 27% en relación al consumo de la misma en invierno.
- Dirección Cardinal Sur: el consumo de gas como el de electricidad en invierno y en verano se comportan de forma análoga. Es decir que puede detectarse una correspondencia entre el aumento del consumo de gas y de electricidad en coincidencia con el aumento de las variables analizadas. O sea que a medida que aumentan la densidad poblacional, el FOS, la DV y la ICU, aumenta el consumo. Por último, puede agregarse que para esta dirección cardinal, el consumo promedio de gas en invierno presenta un incremento de aproximadamente el 500% con respecto al consumo de gas en verano. Por otra parte el consumo de energía eléctrica en verano se incrementa solo un 29,7% en relación al consumo de la misma en invierno.
- Dirección Cardinal Este: el consumo de gas en invierno es mayor en la BUC Suburbana ya que éste aumenta a medida que la densidad poblacional, el FOS, la DV y la ICU disminuyen. El consumo de gas de verano, aumenta en relación al

incremento del FOS, la DV y la ICU pero no así de la densidad poblacional. En el consumo de electricidad de invierno puede verse que a menor densidad poblacional, FOS e ICU el consumo se incrementa aumentando sus valores para la BUC Urbana y Suburbana aunque también se observa que al aumentar DV aumenta el consumo, razón por la cual el pico de máximo consumo se encuentra en la BUC Eminentemente Urbana. El consumo de electricidad en verano evidencia el mismo comportamiento en cuanto a densidad poblacional y FOS pero no así en la que respecta a DV e ICU. Por último, el consumo promedio de gas en invierno presenta un incremento de aproximadamente el 600% con respecto al consumo de gas en verano. Por otra parte el consumo de energía eléctrica en verano se incrementa solo un 53,3% en relación al consumo de la misma en invierno.

- Dirección Cardinal Oeste: se detecta una clara correspondencia entre el aumento del consumo tanto de gas y de electricidad en invierno y en verano y el aumento del FOS, la DV y la ICU pero no así de la densidad poblacional. Para el caso del gas en invierno se obtiene que a mayor cantidad de gente mayor consumo, mientras que el consumo de electricidad para la misma estación disminuye en relación al aumento de dicha densidad. En otro orden de cosas, para esta dirección cardinal, el consumo promedio de gas en invierno presenta un incremento de aproximadamente el 400% con respecto al consumo de gas en verano. Por otra parte el consumo de energía eléctrica en verano se incrementa solo un 25,7% en relación al consumo de la misma en invierno.

## DESARROLLOS FUTUROS

Las etapas a concretar en la Beca involucran tareas relacionadas con la graficación de planos digitales en los que se interrelacionen las variables estudiadas: categorías bioclimáticas detectadas y consumos de Electricidad y Gas Natural y Envasado para invierno y verano por Banda Urbana Característica y por sector cardinal. Toda la información será procesada a fin de correlacionar dichos datos con variables tales como: Densidad Poblacional, Temperatura Urbana e Isla de Calor.

## REFERENCIAS

- Alvarez A.; Papparelli A.; Kurban A.; Cúnsulo M. (2010). Influencia del Consumo Energético en la Isla de Calor Urbana de una Ciudad de Clima Árido - AVERMA Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente; Revista Nacional c/referato. ISSN 0329-5184; Volumen 14 pp. 11.77 a 11.84
- UN-Habitat (2008). Cities and Climate Change Adaptation. UN-Habitat Donors meeting. [http://www.unhabitat.org/downloads/docs/5883\\_19704\\_Cities%20and%20Climate%20Change%20Adaptation.pdf](http://www.unhabitat.org/downloads/docs/5883_19704_Cities%20and%20Climate%20Change%20Adaptation.pdf)
- Maidana A. (2006). El Cambio Climático y la Ciudad. <http://tallerdeurbanismo.blogspot.com/2006/12/el-cambio-climtico-y-la-ciudad.html>
- Landa, R.; Ávila B. y M. Hernández (2010). Cambio Climático y Desarrollo Sustentable para América Latina y el Caribe. Conocer para Comunicar. British Council, PNUD México, Cátedra UNESCO-IMTA, FLACSO México. México D.F. pp. 140.
- Papparelli, A.; Kurbán, A. y Cúnsulo M. (2009). Planificación Sustentable del Espacio Urbano ISBN 978-987-584-196-3. Editorial Klickzowski/NOBUKO.

## ABSTRACT:

This article analyzes the impact of some of the variables of anthropogenic heat in the generation of the Urban Heat Island. The goal is to understand the relationship between residential energy consumption and Urban Heat Island on the Great St. John, as a case study of arid-zone city. Each variable is analyzed in relation to the Urban Population and indexes, as well as according to their bioclimatic characteristics of buildings. The results of three criteria is spatialized as urban, urban gangs as features, the main cardinal sectors and in relation to the Great San Juan as a unit.

**Keywords:** energy consumption, Bioclimatic Characteristics, Population, Urban Index, Heat Island.