



## ANÁLISIS DE ÍNDICES URBANÍSTICOS PARA EL ESTUDIO DEL CLIMA URBANO ÁRIDO (GRAN SAN JUAN)

**Eliana P. Ríos Garcés<sup>1</sup>, Alejandra S. Kurbán<sup>2</sup>, Alberto H. Papparelli<sup>3</sup>, Mario Cúnsulo<sup>4</sup>**  
 Área Arquitectura Ambiental – INEAA (Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental)  
 Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)  
 Santa Fe 198 (Oeste) 1° Piso, J5400ZAA, San Juan. Email: [arqamb@unsj.edu.ar](mailto:arqamb@unsj.edu.ar). Tel: (0264) 4202664.

**RESUMEN:** El trabajo expone resultados parciales de una Beca de Postgrado de CONICET y se inserta epistemológicamente en las disciplinas Climatología Urbana y Planificación Urbana Bioclimática. El objetivo general del proyecto trianual es establecer la correlación existente entre la volumetría edilicia y las variables climáticas de temperatura y humedad relativa en todo el ejido urbano del Gran San Juan (GSJ). Se presenta una base de datos urbanísticos obtenida para el año 2008, procesada mediante el empleo de herramientas SIG y CAD, la cual permite conocer el estado de situación urbano-espacial del ejido de la ciudad, como soporte espacial para el estudio del clima urbano del GSJ. Estos resultados posibilitarán establecer el estudio de las modificaciones, que la urbanización produce en el clima natural, debido al impacto permanente de la volumetría edilicia y su distribución en el espacio urbano.

**Palabras Clave:** densidad volumétrica, factor de ocupación del suelo, clima urbano.

### INTRODUCCIÓN

El camino seguido por los modelos prevalentes de crecimiento de urbanizaciones tiene serias consecuencias negativas para la sustentabilidad global (Rees, 1997; Rees y Wackernagel, 1996). Sin embargo y en relación a los aspectos positivos, podrían explotarse las características certeras de las ciudades y así reforzar perspectivas optimistas para el futuro de la humanidad. No obstante y a pesar de los esfuerzos científico-académicos realizados en las últimas décadas, las políticas de planificación urbana no han tratado hasta el presente, con la necesaria atención que el tema requiere, el problema de la sustentabilidad del crecimiento y desarrollo de las ciudades. Este problema se ve agravado en urbanizaciones localizadas en ecosistemas frágiles de alto grado de vulnerabilidad, como lo constituyen las zonas áridas.

Es por ello que esta investigación se plantea en el marco situacional actual en el que los implicados en la creación del hábitat humano de zonas áridas, debemos asumir un mayor compromiso, procurando en el contexto de la urgente y decisiva necesidad de cambio, una modificación en la conformación física de las urbanizaciones del siglo XXI, tanto de las existentes como de las futuras, tendientes a reforzar la sustentabilidad de sus entornos suburbanos, como lo es el caso de la ciudad de San Juan.

En el contexto global de crisis energético-ambiental debemos, entre otras decisiones, hacer uso de fuentes alternativas de energía, con esfuerzos destinados a reemplazar los recursos de stock (petróleo y gas), por los de flujo, entre los cuales se encuentra el clima. Es más, el uso que podemos hacer de la oferta climática en la arquitectura es uno de los manejos de la energía que resulta más accesible y menos complejo, tanto desde el punto de vista económico como tecnológico. A esto se le suman las ventajas de que constituyen energías limpias y no producen contaminación ni deterioro ambiental.

De esta manera el problema de investigación que se propone en este trabajo, queda delimitado en el marco del grado de artificialización que las urbanizaciones imponen al ambiente, produciendo entre otras consecuencias, modificaciones al clima natural, por las complejas interacciones recíprocas que se dan entre la atmósfera y el terreno sobre el que se construye la ciudad. Particularmente en los ecosistemas áridos y desérticos, las diferentes características de la distribución espacial de la ciudad imprimen además una fuerte presión a la carga climática y al confort higrotérmico de su población.

Conforme a su escala de desarrollo, el aumento de la edificación en zonas áridas mesotermiales y cálidas, influye en el potencial bioclimático de las ciudades creando islas de calor que, durante el invierno mitigan las marcadas amplitudes térmicas, pero en épocas estivales provocan altos niveles de discomfort higrotérmico. Es decir que el aumento del tamaño de la ciudad y el consiguiente incremento de isla de calor, es una clara evidencia de la influencia de la morfología urbana (Oke, 1973). En el Gran San Juan, la variación promedio de Temperatura y Humedad Relativa entre el centro principal y la periferia urbana, para invierno y verano, medida en el año 2005 fue la siguiente (Papparelli, A. *et al.*, 2007):

- INVIERNO →  $\Delta T^{\circ}C = + 4,7^{\circ}C$  ;  $\Delta HR = - 6,2\%$
- VERANO →  $\Delta T^{\circ}C = + 4,6^{\circ}C$  ;  $\Delta HR = - 6,0\%$

<sup>1</sup> Becaria de Formación Doctoral CONICET

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

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

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

En las ciudades ubicadas en regiones áridas existe un importante potencial climático aprovechable para proveer confort higrotérmico a la población debido a los altos porcentajes de heliofanía relativa, fuerte radiación solar, predominantes vientos frescos del cuadrante sur, bajos tenores de humedad relativa y altos valores de amplitud térmica diaria y estacional (Papparelli, A. *et al.*, 2006). Es por ello que debemos insistir en que la construcción del hábitat, tanto urbano como edilicio, tenga en cuenta casi en forma prioritaria, la oferta climática de la región.

Uno de los aportes que la planificación urbana puede realizar al respecto, es el estudio integrado del espacio urbano en relación entre otros aspectos, a la influencia que la densidad o volumetría edilicia, ejerce como masa térmica, sobre el clima natural de una región de zona árida. Para ello, el conocimiento de las características de la distribución y de la forma espacial urbanas, resulta esencial, así como también el estudio de la masa térmica urbana conformada por la edificación, las superficies de calzadas y veredas, la forestación urbana, los estacionamientos vehiculares, etc. La masa térmica constituye uno de los tantos parámetros que conforman la ciudad e influyen en su potencial bioclimático, creando islas de calor urbanas que, durante el invierno mitigan las marcadas amplitudes térmicas, pero en épocas estivales provocan altos niveles de desconfort higrotérmico (Mazzeo, N. 1984; Papparelli, A. *et al.*, 2007).

En ese marco, el proyecto de investigación de esta Beca tiene como objetivo general establecer la correlación existente entre la volumetría edilicia y las variables climáticas de temperatura y humedad relativa en todo el ejido urbano del Gran San Juan. Para ello se parte de la hipótesis general, que afirma que: las modificaciones del clima natural producidas por los procesos de antropización, en un área urbana, son mayores, cuanto más riguroso es dicho clima y mayor es la densidad volumétrica de su trama y de su forma de distribución en el espacio urbano.

Los resultados parciales obtenidos, permiten conocer los valores y las formas de distribución de los índices urbanísticos más representativos; Densidad Volumétrica (DV) y Factor de Ocupación del Suelo (FOS) del ejido urbano del Gran San Juan, para el año 2008, principales indicadores de los grados de urbanización del área de estudio.

En una segunda instancia de este proyecto de investigación, se analizará interactivamente, la conformación urbana y los efectos en el clima natural de dicho asentamiento humano, a través del estudio de las variables climáticas de temperatura y humedad relativa (principales parámetros que intervienen en el diseño bioclimático tanto urbano como arquitectónico), registradas en invierno 2008 y en verano 2009, en el área urbana del Gran San Juan.

## **METODOLOGÍA**

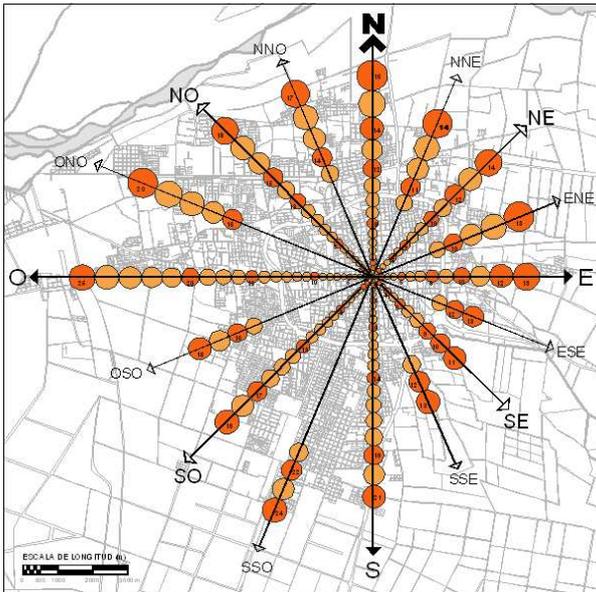
### ***ACTUALIZACIÓN DEL ESPACIO URBANO DE LA CIUDAD DE SAN JUAN, AL AÑO 2008***

La delimitación del área de estudio del ejido urbano del Gran San Juan (GSJ), fue realizada teniendo como base de referencia el límite urbano obtenido para la Estadística 2005 (Papparelli, A. *et al.*, 2007).

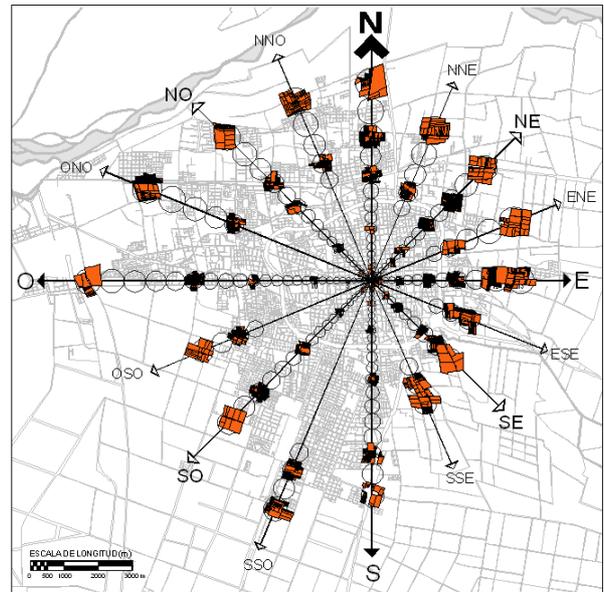
A través de un método geométrico radial secuencial, denominado PCK (Papparelli, A., *et al.*, 1990), se determinaron apriorísticamente para el estudio del ejido urbano sanjuanino, un total de 267 Nodos Urbanos Tipo, de los cuales se seleccionaron 64 Nodos, distribuidos sobre las 16 direcciones cardinales, los que conformaron el muestreo del ejido, coincidente con el relevado en el año 2005. De estos nodos (que en la *Figura 1* se muestran diferenciados del resto por su tono en color más oscuro), 48 corresponden a los de medición climática itinerante (nodos aleatoriamente determinados en los cuales posteriormente se realizarán los registros higrotérmicos) (Papparelli, A., *et al.*, 1990), (Papparelli, A., *et al.*, 2006), a los que se le suman 16 más, todos ubicados en la periferia y en cada dirección cardinal. De esta manera se cuenta con una base de datos lo suficientemente amplia como para poder desarrollar posteriormente modelos de ajuste confiables.

La metodología PCK aplicada en la selección de los Nodos Urbanos para el cálculo de los índices urbanísticos, es coincidente con la utilizada en las estadísticas realizadas en San Juan, en los años 1990, 1995, 2000 y 2005, lo que permite referenciar y cotejar el crecimiento volumétrico-espacial de la ciudad. Este método determina Nodos Urbanos Tipo que quedan matemáticamente calculados, sobre un sistema de ejes cartesianos y tomando como origen el baricentro de la trama urbana del GSJ (Plaza 25 de Mayo), coincidiendo el eje "y" con el Norte geográfico, situación por la que la localización y tamaño de los mismos queda definida en forma aleatoria, evitándose una selección determinística. Para ello se identificaron áreas típicas del asentamiento, en función de los usos del suelo, las características parcelarias y la infraestructura de servicios, en dos situaciones distales: el centro de la ciudad y la periferia en su límite urbano, definiéndose la Manzana Urbana Tipo (100m x 100m) y la Manzana No Urbana Tipo (¼ de la manzana rural: 500m x 500m) respectivamente. Estas superficies se representaron con círculos con radios de 56,00m y 282,00m respectivamente, asumiendo el primero, la posición en el baricentro del asentamiento humano y el segundo en el cruce de cada una de las 16 orientaciones cardinales con el límite del ejido urbano estudiado. Computacionalmente se calcularon para cada eje, todos los círculos que, con diámetro creciente y tangencialmente entre sí, se posicionan entre ambos círculos nodales (centro y periferia).

Dichos Nodos Urbanos, superpuestos sobre la trama urbana real del asentamiento, fueron restituidos según el perfil de las calles, es decir que se delimitaron todas las manzanas que representan la misma superficie de cada uno de los círculos nodales correspondientes (*Figura 2*). La superficie parcelaria relevada para la actualización urbana del año 2008 fue de  $\cong 1.208$  Ha, lo que representa aproximadamente el 13,5% de la trama urbana total del GSJ, lo cual constituye un muestreo estadísticamente confiable del asentamiento urbano en análisis.



**Figura 1:** Distribución de Nodos Urbanos Tipo.



**Figura 2:** Nodos relevados y restituidos a la trama urbana.

Seleccionado el muestreo de estudio, se procedió a realizar el trabajo de campo in situ, consistente en la actualización y verificación dimensional (planialtimétrica) de la edificación en cada parcela y para cada una de las manzanas determinadas previamente.

**PROCESAMIENTO Y DIGITALIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS URBANOS**

Paralelamente al trabajo de campo, se realizó el procesamiento de la información urbanística provista por OSSE (Obras Sanitarias Sociedad del Estado, 2005), constituyendo éste una base de datos digitalizada y geo-espacialmente referenciada (SIG).

Para ello se confeccionó el “Proyecto” denominado “BASE URBANA NODOS 2008.apr”, constituido por 16 “Vistas”, cada una correspondiente a cada dirección cardinal; 4 a las direcciones principales: Norte, Este, Sur y Oeste; 4 correspondientes a las direcciones de medio rumbo: Noreste, Sureste, Suroeste y Noroeste y 8 conteniendo las direcciones de cuartos de rumbos: Nor-Noreste, Este-Noreste, Este-Sureste, Sur-Sureste, Sur-Suroeste, Oeste-Suroeste, Oeste-Noroeste y Nor-Noroeste. A su vez cada una de éstas “Vistas” contiene los siguientes “Temas”:

- Ejes y localización espacial de los Nodos Urbanos.
- Rutas y Caminos del Gran San Juan.
- Manzanas del Gran San Juan.
- Parcelas o Lotes de Nodos Urbanos restituidos a la trama, por dirección cardinal, relevados en el año 2005 y a actualizar al 2008.
- Edificación de Nodos Urbanos restituidos a la trama, por dirección cardinal, relevados en el año 2005 y a actualizar al 2008.

Estos temas se conforman por entidades gráficas (punto, línea o polígono) y contienen asociados, con una posición geográfica y al elemento gráfico que lo representa, su correspondiente base de datos de “Atributos” alfanuméricos. Para este trabajo de actualización planialtimétrica del ejido urbano de la ciudad, las Parcelas y la Edificación constituyen las unidades territoriales básicas del sistema en análisis, por lo que su representación gráfica poligonal permite la identificación única de cada una de ellas y la asociación con la siguiente información de datos relacionales entre sí:

**Atributos de las Parcelas o Lotes:**

- Superficie.
- Perímetro.
- Localización Catastral (Departamento, Sección, Manzana).
- Nomenclatura Catastral.

**Atributos de la Edificación:**

- Superficie edificada (Impronta).
- Perímetro.
- Cantidad de pisos o niveles de la construcción.
- Altura de edificación ( $h \geq 3,00$  m).
- Volumen edilicio.
- Tipo de construcción (vivienda, galpón, tinglado, etc.)

A modo de ejemplo, se puede visualizar a continuación, imágenes de pantalla que muestran las formas de procesamiento de los datos y atributos de las parcelas y la edificación de un Nodo Urbano relevado (*Planilla 1 y Planilla 2*).

The image shows two screenshots of a GIS software interface. The left screenshot displays the 'Attributes of Par-ne10.shp' table, and the right screenshot displays the 'Attributes of Edif-ne10-5.shp' table.

Shape	Area	Perimeter	Depart	Seccion	Manzana	Parcela	Nomencl	Superficie
Polygon	547.97891	99.83937	03	31	21	700140	0331700140	211.890
Polygon	174.11780	60.28587	03	31	21	706149	0331706149	104.550
Polygon	273.37905	93.93162	03	31	21	697152	0331697152	0.000
Polygon	437.71344	93.85739	03	31	21	700160	0331700160	143.400
Polygon	457.52800	107.99838	03	31	21	690170	0331690170	89.750
Polygon	359.63909	81.11630	03	31	21	700170	0331700170	113.370
Polygon	350.56522	80.09569	03	31	21	700180	0331700180	84.740
Polygon	1086.58163	156.09532	03	31	21	690190	0331690190	98.720
Polygon	1142.94010	156.86551	03	31	21	690200	0331690200	95.930
Polygon	702.79194	140.81353	03	31	21	690210	0331690210	146.880
Polygon	438.23540	93.27473	03	31	21	700220	0331700220	324.830
Polygon	402.40918	89.69363	03	31	41	690230	0331690230	119.850
Polygon	396.04297	91.23031	03	31	41	680230	0331680230	167.440
Polygon	409.87395	92.32337	03	31	41	690240	0331690240	147.810
Polygon	458.48214	100.55165	03	31	21	690140	0331690140	206.600
Polygon	422.13220	93.32686	03	31	41	690250	0331690250	132.720
Polygon	457.64189	95.33254	03	31	41	680250	0331680250	156.070
Polygon	495.11526	108.66486	03	31	21	670170	0331670170	153.760
Polygon	727.44065	157.80264	03	31	41	680260	0331680260	116.700
Polygon	402.88533	104.84849	03	31	21	670180	0331670180	196.750
Polygon	417.40715	95.07512	03	31	21	680160	0331680160	171.880
Polygon	651.67415	155.33946	03	31	41	680270	0331680270	94.450
Polygon	875.90110	161.46901	03	31	41	670270	0331670270	198.530
Polygon	432.60020	95.63447	03	31	21	680170	0331680170	147.320

Shape	Area	Perimeter	Nc	Poligon	Plantas	Altura	Volumen	Tipo	Observ
Polygon	100.96850	43.39061	0331706149	1	1.0	3.00	302.61	CU	03-5616
Polygon	7.29556	11.18223	0331706149	2	1.0	3.00	21.89	SC	03-5616
Polygon	62.73769	33.45915	0331700160	1	1.0	3.00	188.21	CU	
Polygon	141.83813	49.18819	0331700140	1	1.0	3.00	425.51	CU	
Polygon	3.85817	8.78700	0331700160	2	1.0	3.00	11.57	SC	
Polygon	37.42399	25.39709	0331700140	2	1.0	3.00	112.27	SC	
Polygon	84.73607	46.49304	0331700180	1	1.0	3.00	254.21	CU	
Polygon	98.16579	45.35761	0331700170	1	1.0	3.00	294.50	CU	
Polygon	42.30512	28.99545	0331690200	1	1.0	3.00	125.92	CU	
Polygon	89.75489	48.84590	0331690170	1	1.0	3.50	314.14	CU	
Polygon	119.66742	44.15573	0331690200	2	1.0	4.50	538.50	GP	
Polygon	29.14214	27.81164	0331700160	3	1.0	3.00	87.43	CU	
Polygon	53.61699	34.21393	0331690200	3	1.0	3.00	160.85	CU	
Polygon	5.93737	9.77333	0331700140	3	1.0	3.00	17.81	CU	
Polygon	278.99440	104.29272	0331700220	1	1.0	3.00	836.98	CU	
Polygon	67.37824	36.45478	0331690210	1	1.0	3.00	202.13	CU	
Polygon	4.49918	8.99902	0331690210	2	1.0	3.00	13.50	SC	
Polygon	23.97995	19.80793	0331700140	4	1.0	3.00	71.94	CU	
Polygon	117.85050	48.59179	0331690230	1	1.0	3.00	353.55	CU	
Polygon	15.44889	17.33696	0331700140	5	1.0	3.00	46.35	CU	
Polygon	125.56823	53.90496	0331680230	1	1.0	3.00	376.70	CU	
Polygon	8.47333	12.27932	0331680230	2	1.0	3.00	25.42	SC	

**Planilla 1:** Atributos alfanuméricos de las Parcelas o Lotes. **Planilla 2:** Atributos alfanuméricos de la Edificación.

### CÁLCULO DE LOS ÍNDICES URBANÍSTICOS REPRESENTATIVOS DE CADA NODO URBANO

Actualizada la base de datos planialtimétricos de la edificación y sus parcelas, se calcularon para cada Nodo, los valores de los principales índices urbanísticos más representativos: Densidad Volumétrica (DV) y Factor de Ocupación del Suelo (FOS), a través de las siguientes fórmulas:

#### Cálculo del Índice Urbanístico de Densidad Volumétrica (DV)

$$D.V. \left( \frac{m^3}{Ha} \right) = \frac{\Sigma \text{ Volumen Edificio (Volumen Total Construido por Nodo Urbano)}}{\Sigma \text{ Superficie de terreno parcelario (Sup. Total Nodo Urbano) / 10.000}}$$

#### Cálculo de Factor de Ocupación del Suelo (FOS)

$$F.O.S. (\%) = \frac{\Sigma \text{ Superficie Cubierta en Planta Baja (Sup. Impronta Total por Nodo Urbano)}}{\Sigma \text{ Superficie de terreno Parcelario (Sup. Total Nodo Urbano)}} \times 100$$

### EJECUCIÓN DE PLANOS Y PLANILLAS DE DATOS URBANOS OBTENIDOS

Digitalizada la base de datos del relevamiento planialtimétrico, se confeccionó para cada Nodo Urbano un plano graficado en Cad, constatando las manzanas analizadas con su correspondiente sistema de información territorial y su planilla de datos urbanísticos. Esto se puede apreciar en los nodos urbanos, que a modo de ejemplo, se muestran en las Figuras 3 y 4, los cuales fueron trabajados en distinta escala (Escala: 1:1.000 y Escala: 1:2.000), según las superficies que comprende cada uno de ellos y según su ubicación dentro de las distintas *Bandas Urbanas Características (BUC)* del ejido de la ciudad, definidas éstas como: "Área homogénea y continua del ejido urbano, con índices urbanísticos de similar valor, comprendida entre dos isolíneas representativas del Factor de Ocupación del Suelo, las que identifican su límite territorial y el estado de situación espacial; presentándose como área circunvalar al centro principal de la trama urbana" (Papparelli, A., et al., 2005).

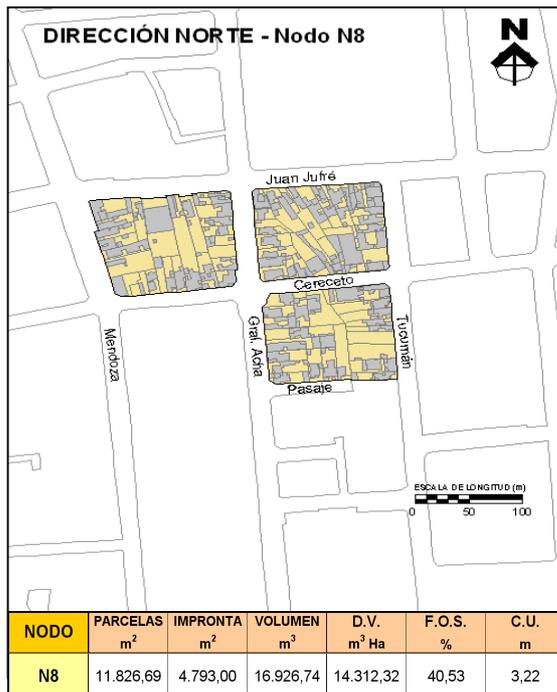


Figura 3: Nodo ubicado en la Banda Eminentemente Urbana.

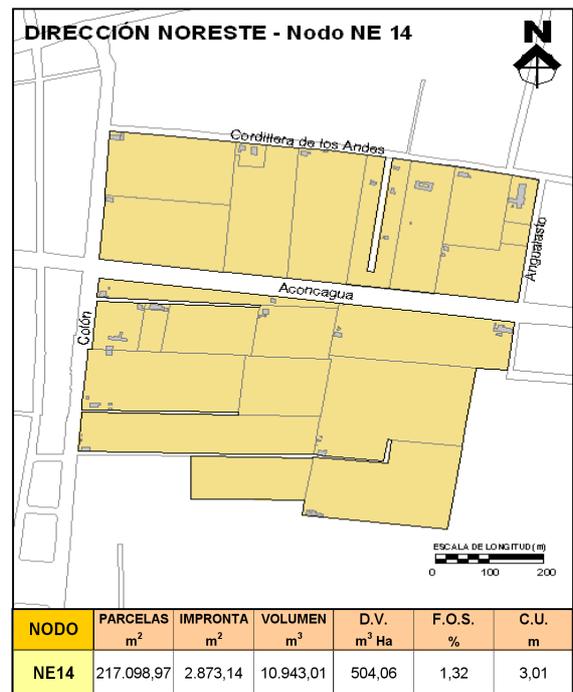


Figura 4: Nodo Urbano ubicado en la Banda Suburbana.

### DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE ÍNDICES URBANÍSTICOS

Constituida la base de datos urbanos de cada nodo relevado, se calcularon los valores de los índices urbanísticos de DV y FOS para la totalidad de los nodos del asentamiento del GSJ (267 Nodos). Esto se logró realizando una representación espacial de cada índice para todo el ejido urbano. Para ello se georeferenció cada nodo relevado a través de sus coordenadas "x" e "y", asumiendo en la coordenada "z" los valores del índice urbanístico a mapear. Para la obtención de las isóneas representativas de los índices urbanísticos, el método de interpolación utilizado fue el de función de Base Radial, en correspondencia con la forma de distribución de los Nodos Urbanos Tipo (metodología PCK citada). Los parámetros que se utilizaron para acotar los mismos fueron, en ambos casos, un grillado de 100 filas por 100 columnas, con límites en X e Y de -10.000 m. a 6.000 m., un suavizado de los contornos de las curvas de intensidad media y equidistancias de las isóneas para la DV de 1.000 m<sup>3</sup>/Ha y para el FOS de 5 %.

En la Figura 5 se pueden apreciar las isóneas representativas de las formas de variación espacial de la DV y observar la distribución de las volumetrías edilicias del asentamiento, actualizada para el año 2008. La Figura 6 presenta la distribución de DV 2008 sobre la trama urbana del GSJ y superpuesta con las isóneas límite de cada BUC obtenidas en la estadística urbana 2005 (diferenciadas en color azul y en línea de trazos), con el fin de poder compararlas rápidamente y así evidenciar el aumento espacial de las volumetrías edilicias sucedido en estos últimos años, en nuestra ciudad.

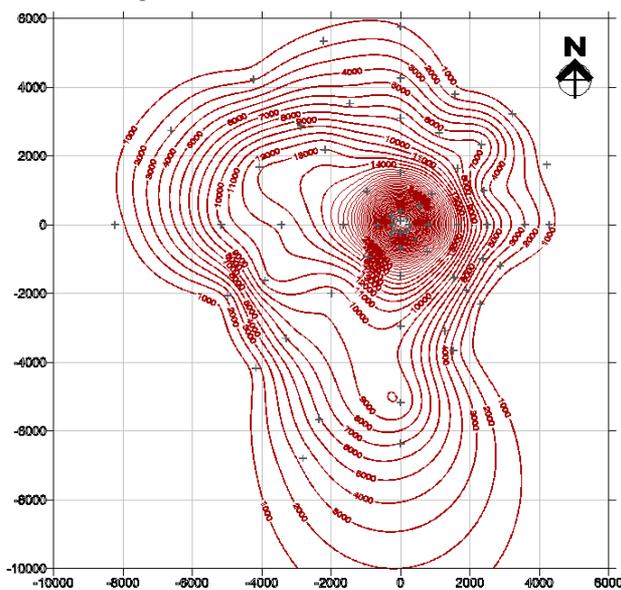


Figura 5: Isóneas representativas de DV 2008. Equidistancias de 1.000 m<sup>3</sup>/Ha.

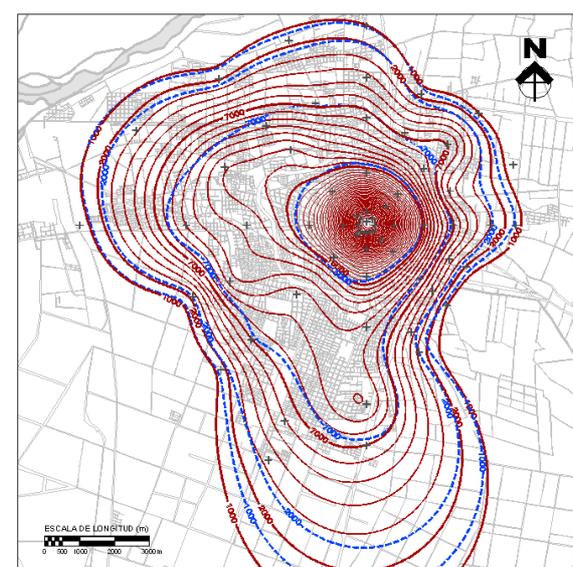
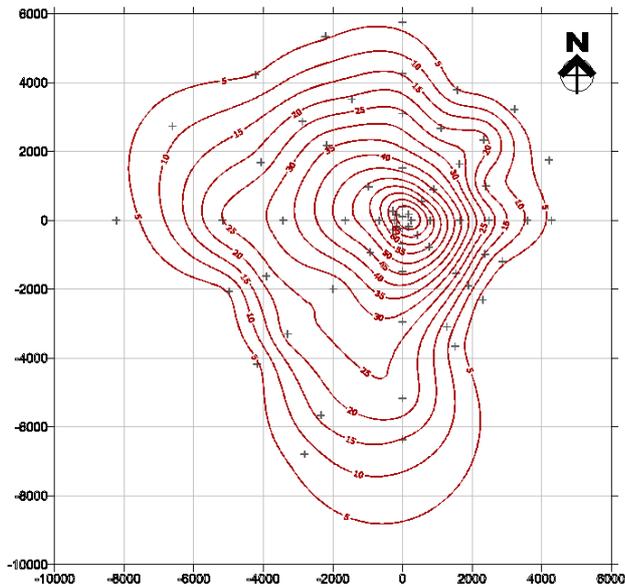
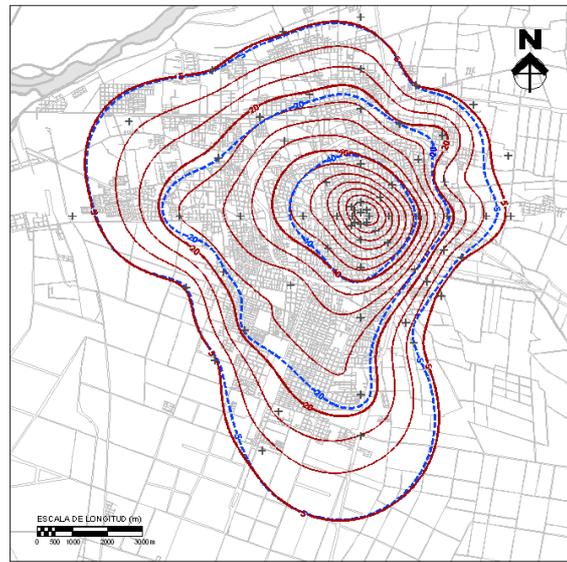


Figura 6: Distribución espacial de DV 2008 en trama urbana e Isóneas Límite de DV 2005. (15.000, 7.000 y 2.000 m<sup>3</sup>/Ha).

La *Figura 7* expone las isolíneas representativas de las formas de variación espacial del FOS, lo que nos permite observar la distribución de las superficies de ocupación de la edificación en todo el asentamiento de la ciudad de San Juan. En la *Figura 8* se puede analizar el comportamiento del crecimiento espacial ocurrido en estos últimos años, comparando la distribución espacial actual del FOS con las isolíneas límite de las BUC (determinadas en azul y en línea de trazos), obtenidas en la estadística urbana 2005.



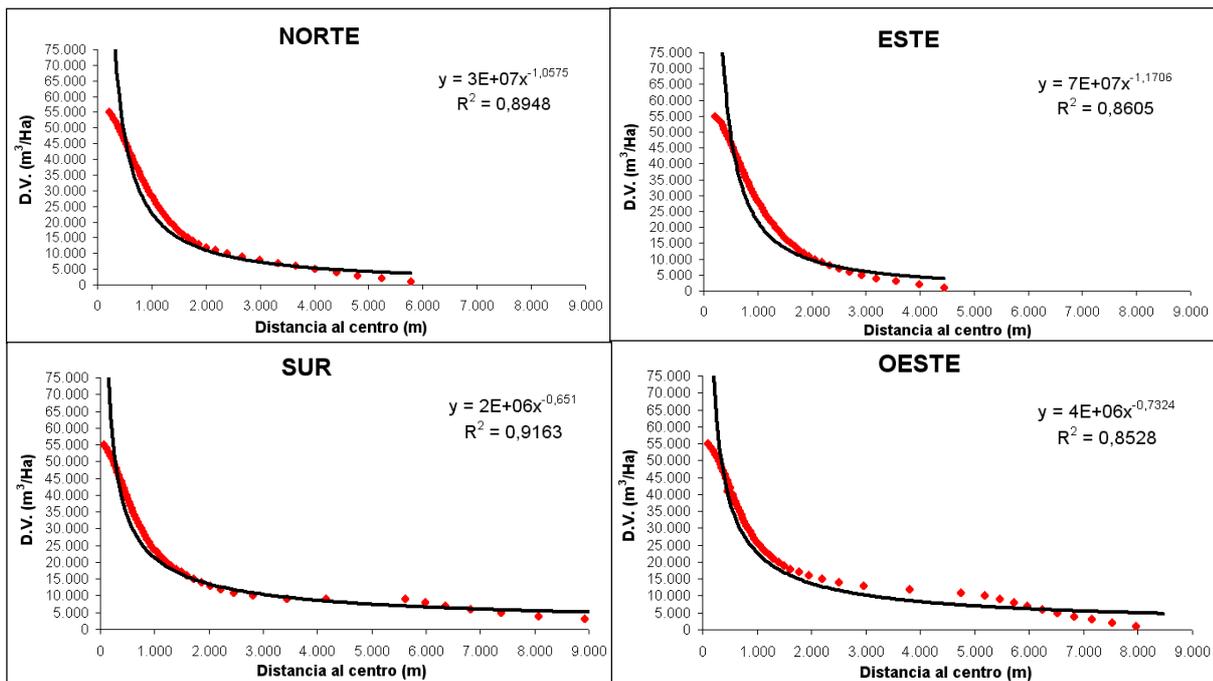
**Figura 7:** *Isolíneas representativas de FOS 2008. Equidistancias de 5%.*



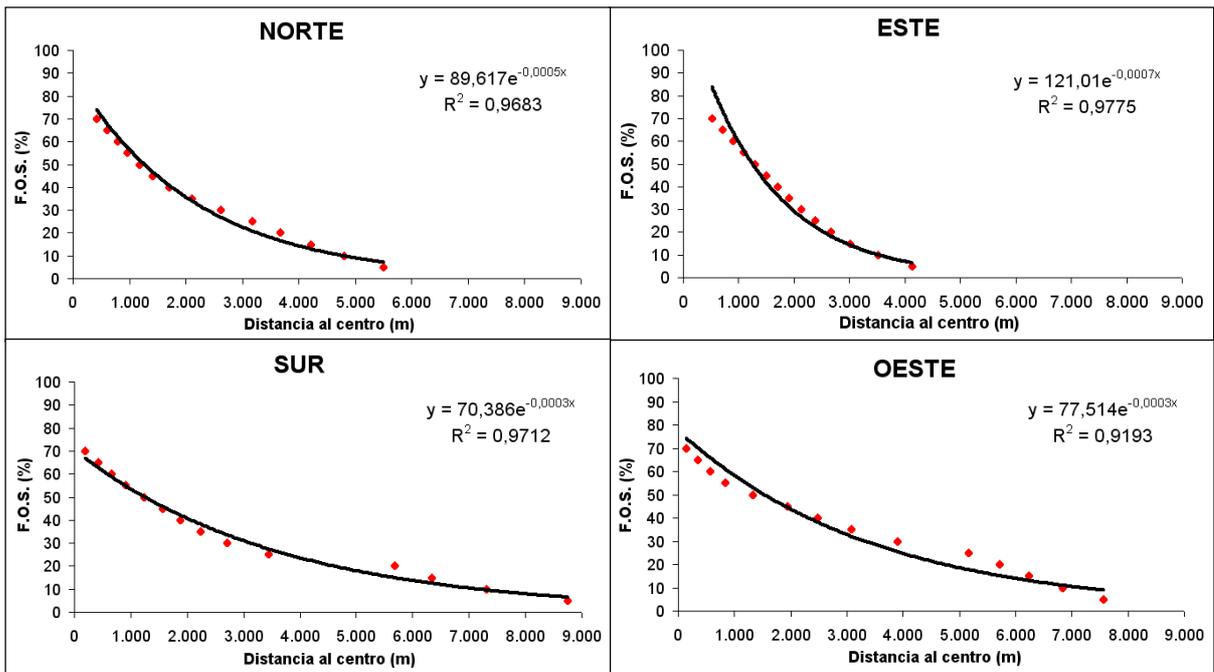
**Figura 8:** *Distribución espacial de FOS 2008 en la trama urbana e Isolíneas Límite de 2005 (40, 20 y 5%).*

### REPRESENTACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL DE ÍNDICES URBANÍSTICOS

A partir de las isolíneas determinadas en la representación espacial de FOS y DV, se realizaron gráficos bidimensionales que permiten conocer la variación de las volumetrías edilicias y su distribución en el espacio urbano, para todo el ejido del GSJ. Esto se logró ejecutándose cortes verticales sobre la gráfica espacial, obteniéndose, de este modo, puntos en el espacio que representan a cada una de las isolíneas del índice respectivo. Con estos puntos ubicados sobre cada una de las orientaciones cardinales se graficaron las curvas de ajuste espacial, utilizándose ecuaciones del tipo potencial para la DV y exponencial para el FOS, las cuales representaron de mejor manera la nube de puntos, verificándose por medio del coeficiente de determinación  $R^2$ . Las curvas o perfiles obtenidos muestran la forma de variación de cada índice urbanístico para cada eje cardinal, entre el baricentro urbano y su respectiva periferia. Las *Figuras 9 y 10* muestran, a modo de ejemplo, las representaciones de las formas de variación espacial de DV y de FOS, obtenidas para las orientaciones cardinales principales, especificándose además, las ecuaciones de ajuste de las curvas en cada perfil y su respectivo coeficiente de determinación.



**Figuras 9:** *Perfiles espaciales de DV correspondientes a las orientaciones cardinales principales.*



**Figuras 10:** Perfiles espaciales de FOS correspondientes a las orientaciones cardinales principales.

Las ecuaciones obtenidas para cada índice y para los 16 rumbos cardinales, permitieron calcular los valores representativos de los mismos para la totalidad de los Nodos Urbanos del ejido del GSJ (267 en total), tanto de los relevados como de los no relevados.

**RESULTADOS PARCIALES**

Las características de las isóneas de los índices urbanísticos que se exponen en las Figuras 5, 6, 7 y 8 presentan una tendencia a concentrarse hacia el baricentro de la ciudad e ir dispersándose a medida que se alejan del mismo. En la gráfica representativa de DV (Figura 5) se observan tendencias de las isóneas a crear "islotas" dispersos en las orientaciones Sur y Oeste-Noroeste, lo que indica zonas con volumetrías edilicias promedio, más elevadas respecto a las de sus entornos.

Los valores del índice DV presentaron un aumento del 3,5 % respecto a la estadística urbana 2005.

En el caso del índice FOS, el aumento resultó del 4,9 %, respecto a la estadística urbana 2005.

Comparando espacialmente y sobre la trama urbana (Figuras 6 y 8), las isóneas límite de las BUC del año 2008 con las obtenidas para el año 2005, en relación al FOS y a la DV, se detectan las orientaciones cardinales en las que se ha producido el mayor y el menor crecimiento respecto a la distribución espacial de las superficies y de las volumetrías de la edificación. Los resultados se resumen a continuación:

**Orientaciones cardinales de mayor crecimiento espacial, por isónea límite de BUC:**

- Para la Densidad Volumétrica (DV):  
 Isónea de 15.000m<sup>3</sup>/Ha.....Sector OESTE-NOROESTE  
 Isónea de 7.000m<sup>3</sup>/Ha.....Sector OESTE-NOROESTE  
 Isónea de 2.000m<sup>3</sup>/Ha.....Sector SUR
- Para el Factor de Ocupación del Suelo (FOS):  
 Isónea de 40 %.....Sector OESTE-NOROESTE  
 Isónea de 20 %.....Sector SUR-SUROESTE  
 Isónea de 5 %.....Sector SUR-SURESTE

**Orientaciones cardinales de menor crecimiento espacial, por isónea límite de BUC:**

- Para la Densidad Volumétrica (DV):  
 Isónea de 15.000m<sup>3</sup>/Ha.....Sector NORTE  
 Isónea de 7.000m<sup>3</sup>/Ha.....Sector NORTE  
 Isónea de 2.000m<sup>3</sup>/Ha.....Sector NORTE

- *Para el Factor de Ocupación del Suelo (FOS):*
- Isolínea de 40 %.....Sector SURESTE
- Isolínea de 20 %.....Sector NOR-NORESTE
- Isolínea de 5 %.....Sector SUR

En consecuencia, del análisis de las variaciones de la distribución espacial de los índices urbanísticos, se puede deducir que el **mayor crecimiento urbano** para el año 2008, con respecto a la estadística del año 2005, se manifiesta en el sector cardinal OESTE-NOROESTE con tendencia hacia el SUR, lo que no se aleja de la resultante obtenida para la estadística anterior (2005), la cual presentaba una orientación aproximadamente OESTE. Asimismo, los **mínimos crecimientos urbanos** respecto a la ocupación y a las volumetrías edilicias, corresponden al NORTE con tendencia hacia el ESTE.

## CONCLUSIONES PRELIMINARES

Las representaciones de los índices urbanísticos de Densidad Volumétrica (DV) y de Factor de Ocupación del Suelo (FOS) posibilitan conocer las características urbano-espaciales típicas de todo el ejido urbano del Gran San Juan al año 2008. Esta actualización del estudio urbano permite también, validar la correlación existente entre la distribución espacial de la edificación y los índices urbanísticos y analizar el comportamiento del aumento espacial de la volumetría edilicia ocurrido en nuestra ciudad, respecto a las estadísticas urbanas realizadas en años anteriores.

Los datos urbanos obtenidos, serán correlacionados con la base de datos de Temperatura de bulbo seco (T°C) y Humedad Relativa (HR%) de Invierno 2008 y Verano 2009, a fin de poder cuantificar la influencia de la volumetría edilicia y su forma de distribución espacial, en el clima urbano del GSJ. De esta manera podrán crearse y adoptarse estrategias de control del clima, como herramientas de diseño urbano bioclimático, propendiendo al crecimiento y desarrollo sustentable de un área urbana en zona árida.

## REFERENCIAS

- Mazzeo, N. (1984). Aplicaciones del Diagnóstico Climático a problemas relacionados con el urbanismo. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. UBA.
- Oke, T.R. (1981). Canyon Geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. (*Journal of Climatology*). Vol. 1, Pags. 237 a 254.
- OSSE (2005). Base urbana digitalizada y georeferenciada del Gran San Juan.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. *et al.* (1995). Características de la Distribución Espacial de la Ciudad de San Juan. Estadística 1990. ISBN 950-605-226-3. Editorial GMA. FAUD-UNSJ.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. *et al.* (2006). Impacto de la edificación en el clima urbano árido. *AVERMA*. ISSN 0329-5184. Volumen 10. Págs. 11-01 a 11-07. Salta.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. *et al.* (2007a). Características de la Distribución Espacial de la Ciudad de San Juan Estadística 2000. ISBN 13:978-987-584-079-9. Editorial Nobuko. Buenos Aires.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. *et al.* (2007b). Características de la Distribución Espacial de la Ciudad de San Juan Estadística 2005. ISBN 13:978-987-584-079-9. Editorial Nobuko. Buenos Aires.
- Papparelli, A., Kurbán, A., Cúnsulo, M. *et al.* (2007). Isla de Calor Urbana en Zona Árida. *AVERMA*. ISSN 0329-5184. Volumen 11. Págs. 11-53 a 11-58. Salta.
- Rees, W.E. y Wackernagel, M. (1996). Urban Ecological Footprint: Why cities cannot be Sustainable (and Why they are a key to Sustainability). *EIA Review*. Págs.16:223-248.
- Rees, W. E. (1997). Is sustainable city an oxymoron *Local Environment* 2:303-310.

**ABSTRACT:** This paper exposes partial results of a three-year research scholarship project (CONICET: 2007-2010), which is inserted in the disciplines of urban climate and bioclimatic urban planning. Its main objective is to determine the correlations between the Volumetric Density (VD) and the climatic variables of temperature and relative humidity, in the whole San Juan Metropolitan Area. An urban database for the year 2008, executed with CAD and SIG software, is presented in order to know the current urban-spatial situation of the city, and at the same time, as a spatial support to future studies of urban climate in the San Juan city. The preliminary results will allow to analyze the impact of the building density and its occupation on the performance of the natural climate.

**Keywords:** building density, land occupation factor, urban climate.