

## **PLANIFICACIÓN URBANA Y DISEÑO BIOCLIMÁTICO EN AMBIENTES ÁRIDOS** **Monitoreo del clima urbano en el Área Metropolitana de San Juan**

Alejandra Kurbán<sup>1</sup>, Mario Cúnsulo<sup>2</sup>, Eduardo Montilla<sup>3</sup>, Andrés Ortega<sup>4</sup>  
INEAA (Instituto de Estudios en Arquitectura Ambiental)  
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño (FAUD) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)  
Santa Fe 198 Oeste 1º Piso, J5400ZAA San Juan. Email: [akurban@unsj.edu.ar](mailto:akurban@unsj.edu.ar). Tel (0264) 4202664

*Recibido 13/08/13, aceptado 22/09/13*

**RESUMEN:** Se estudia en el Área Metropolitana de San Juan, la distribución de los índices urbanísticos más importantes tales como el Factor de Ocupación del Suelo, la Densidad Volumétrica edilicia y la Canopia Urbana, a los fines de relacionarlos con el Clima Urbano. Se definen cuatro Bandas Urbanas Características (BUC), en las que se instala una red de estaciones meteorológicas. Se calculan las Estrategias de Diseño Bioclimático de la BUC Eminentemente Urbana, la que cuenta con una estadística de mayor cantidad de años. Además de ser aplicados en trabajos de Planificación Urbana Sostenible y Clima Urbano, los resultados obtenidos se incorporarán al análisis del consumo energético de gas natural/licuado y electricidad en cada BUC, en su relación con la temperatura urbana y la Isla de Calor de la ciudad.

**Palabras Clave:** Distribución espacial urbana – Diseño Bioclimático - Zonas Áridas

### **INTRODUCCIÓN**

La actual crisis global mundial, por sus características ambientales, involucra entre otros aspectos problemas de índole socio-económica, energética y de calentamiento global. La interrelación entre isla de calor, discomfort ambiental, consumo energético y bajos niveles socioeconómicos, conforma una problemática común a la mayoría de las ciudades del mundo. Las muy malas condiciones de confort higrotérmico que sufre la mayoría de la población carenciada en ciudades con clima riguroso, como es el caso de las localizadas en la Diagonal Árida de América del Sur, tienen sus causas directas en la no consideración de la oferta climática en el diseño edilicio, tanto de parte del estado cuanto de profesionales o empresas privadas.

Por su parte el uso de energía eléctrica y gas para el acondicionamiento edilicio en las estaciones de invierno y verano, el que en nuestro país representa aproximadamente la mitad del consumo residencial (INTI, 2007), contribuye al aumento de la temperatura urbana, que incrementa el fenómeno climático de Isla de Calor. A su vez y como efecto de ésto se incrementa el uso de energía para contrarrestar la elevación de temperatura. Para ciudades con más de 100.000 habitantes, los consumos de energía en horas pico se incrementan en 1,5% a 2,0% por cada grado centígrado de aumento de la temperatura de bulbo seco (Akbari, *et al*, 2005). Dicho aumento de temperatura y su efecto asociado de disminución de la humedad relativa, acentúa el discomfort higrotérmico en los interiores edilicios e incrementa la carga climática sobre las edificaciones.

Por su parte, la producción energética, contribuye a la contaminación atmosférica al aumentar las emisiones de gases de efecto invernadero. Solo en América Latina y el Caribe la incidencia del sector energético representa el 27% del total de dichas emisiones (ONU, 2012). En esa región y según la Fundación Vida Silvestre (2010), Argentina genera el 47% de dichas emisiones.

Simultáneamente y debido al virtual agotamiento de los combustibles fósiles, el precio del gas y la energía eléctrica está en aumento, requiriendo subsidios estatales muy difíciles de sostener en función del precio internacional de los hidrocarburos y de la no disponibilidad de mayores reservas en nuestro país y otros países sudamericanos de la Diagonal Árida. Si el parque edilicio disminuyera su alta dependencia energética para el acondicionamiento edilicio, podrían implementarse políticas de restricción del uso de recursos energéticos naturales no renovables, a fin de preservar su uso en actividades de índole productiva o de alto valor estratégico para la sociedad.

<sup>1</sup> Directora INEAA; Prof. Titular FAUD-UNSJ; Prof. Ppal. CONICET

<sup>2</sup> Prof. Titular EM UNSJ; Pof. Ppal. CONICET

<sup>3</sup> Prof. JTP FAUD-UNSJ

Para colaborar con dicha disminución, el uso de la oferta climática en la arquitectura es uno de los manejos de la energía más accesibles y menos complejos, tanto desde el punto de vista económico cuanto tecnológico. Además constituyen energías limpias que no producen contaminación ni deterioro ambiental.

En regiones de clima árido como el nuestro, existe un importante potencial climático para proveer confort higrotérmico a la población, disminuyendo la dependencia energética convencional y los niveles de contaminación atmosférica asociados a la misma. Dicho potencial climático tiene su fuente de recursos en los altos porcentajes de heliofanía relativa, la fuerte radiación solar, el régimen de vientos permanente en verano provenientes del sector sur, los bajos tenores de humedad relativa, y los altos valores de amplitud térmica diaria y estacional (Papparelli *et al.*, 2001).

El abanico de posibilidades de aprovechamiento de las variables climáticas puede ser tan amplio como se proponga, todos ellos a escala territorial, urbana o arquitectónica. Sus aplicaciones involucran una clara toma de posición frente a la problemática del agotamiento de las reservas fósiles y su imprescindible sustitución. Por tanto, la sustitución energética por fuentes no convencionales tiene un fuerte componente económico y social, ya que el costo energético del acondicionamiento con gas natural, gas licuado o electricidad, sólo puede ser afrontado por un escaso sector de la población, soportando la mayoría el costo social del disconfort.

En esa línea, desde el año 1987, la Unidad Ejecutora realiza estudios de la oferta climática de la ciudad de San Juan, es decir de su Clima Urbano, resultado de la interacción de factores antrópicos de ocupación del espacio con fenómenos climáticos macroescalares. En ese marco, el presente trabajo procura lograr una base de datos urbanos y climáticos que permita obtener herramientas de diseño bioclimático de aplicación al diseño tanto urbano como arquitectónico, tendientes a mejorar las condiciones de confort higrotérmico a la población, junto a un uso sustentable de los combustibles fósiles utilizados en el acondicionamiento edilicio.

## **DETERMINACIÓN DE BANDAS URBANAS CARACTERÍSTICAS (BUC) DEL AMSJ**

De la experiencia obtenida en diagnósticos ambientales ejecutados para varios casos-problema de asentamientos humanos localizados en la región del Nuevo Cuyo, se pudo detectar que las curvas representativas del comportamiento modelizado de la distribución espacial centro-periferia de los índices urbanísticos y en especial en el de Factor de Ocupación del Suelo (FOS), se presentan tramos con curvaturas bien diferenciadas. De estos modelos se puede inferir la existencia de comportamientos generalizados en sus curvas de ajuste, visualizándose en general cuatro (4) tramos de curvaturas distintas. Esto indica la presencia de cuatro (4) áreas o zonas típicas en cuanto a las características y el comportamiento de su condición urbanística. A estas zonas se las denomina: Bandas Urbanas Características (BUC), definidas como: “Áreas homogéneas y continuas del ejido urbano, con índices urbanísticos de similar valor que identifican su condición territorial y su estado de situación espacial, comprendida entre dos isolíneas representativas de Factores de Ocupación del Suelo, las que actuando como límites, determinan una superficie circunvalar al centro principal de la ciudad” (Papparelli, *et al.*, 2009). Cada BUC se denominó: Banda Eminentemente Urbana (EU); Banda Urbana (UR); Banda Suburbana (SU); y Banda No Urbana (UN). El cálculo de las BUC para el año 2012, se explicita a continuación.

**Archivo de datos urbanos:** Los índices urbanísticos DV y FOS representan las formas de ocupación volumétrico-espacial y superficial del territorio. A fin de obtener sus correspondientes valores, se realizó un relevamiento planialtimétrico de los Nodos Urbanos Muestra de la trama del GSJ, utilizando una base de datos adquirida a la Dirección de Geodesia y Catastro de la Provincia de San Juan actualizada al año 2012. La información en formato CAD se procesó para calcular las *superficies cubiertas en planta baja* (impronta edilicia), las que se asumieron en el centro de cada Nodo Urbano. Por diferencia entre la superficie de impronta y la total, se obtuvieron las superficies libres de cada una de éstas. Estos valores permitieron calcular el Factor de Ocupación del Suelo (FOS). Se utilizaron las alturas edilicias consignadas en la misma base de datos, expresadas en cantidad de pisos o niveles de la edificación y asumiendo que cada piso equivale a una altura de 3,00m y se registraron en planillas confeccionadas a tal fin. De este modo se completó la base de datos para el cálculo de la Densidad Volumétrica de cada Nodo Urbano. A partir de los valores citados, se calcularon los índices urbanísticos de: FOS (Factor de Ocupación del Suelo) y DV (Densidad Volumétrica). Calculados ambos índices urbanísticos, se confeccionó un archivo de datos para permitir su procesamiento con programas de modelización espacial.

**Modelización espacial de FOS y de DV:** El FOS y la DV de cada Nodo Urbano se procesaron con un software de interpolación de datos que modeliza espacialmente la forma de distribución de cada uno de estos índices, sobre la trama urbana del GSJ, para convertir la información puntual disponible en información continua más ajustada a la realidad y comparable con otros datos territoriales. Este software genera un modelo en tres dimensiones, dos de las cuales (x e y) corresponden a las medidas (m) en el sentido NORTE-SUR y ESTE-OESTE respectivamente y la tercera dimensión (z) corresponde al índice urbanístico considerado. El modelo utilizado es el de base radial conforme la distribución de los Nodos Urbanos que conforman la base de datos.

**Obtención de isolíneas de FOS y de DV:** Se ejecutaron cortes horizontales al modelo espacial de cada uno de los índices urbanísticos de FOS y DV, con equidistancias convenientes y adecuadas a sus características escalares, obteniéndose isolíneas representativas del comportamiento espacial de cada uno de éstos. En las Figuras 1 y 2 se presentan las isolíneas de FOS y DV respectivamente. En el caso del FOS se estimó conveniente una equidistancia de 5% y para la DV se eligió una equidistancia de 5000 m<sup>3</sup>/Ha. En esta modelización se agrega la isolínea de DV = 1500 m<sup>3</sup>/Ha que se correspondería con la isolínea de FOS 5% (Limite Urbano), considerando que la altura de construcción mínima es de 3,00 m.

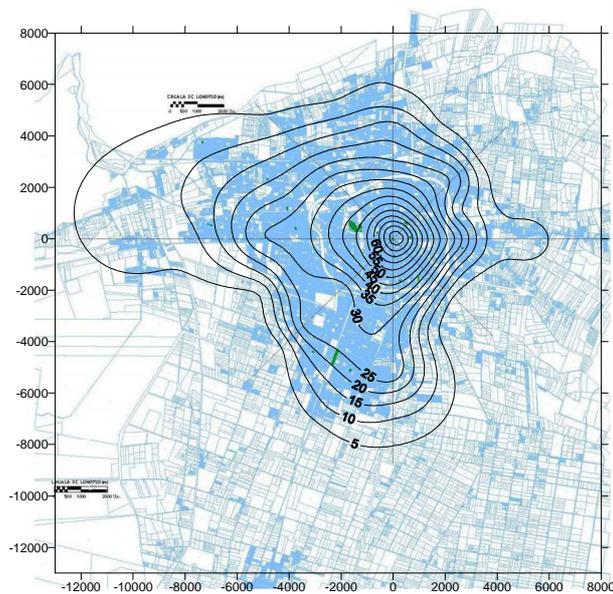


Figura 1: *Isolíneas de Factor de Ocupación del Suelo, sobre la trama del AM San Juan*

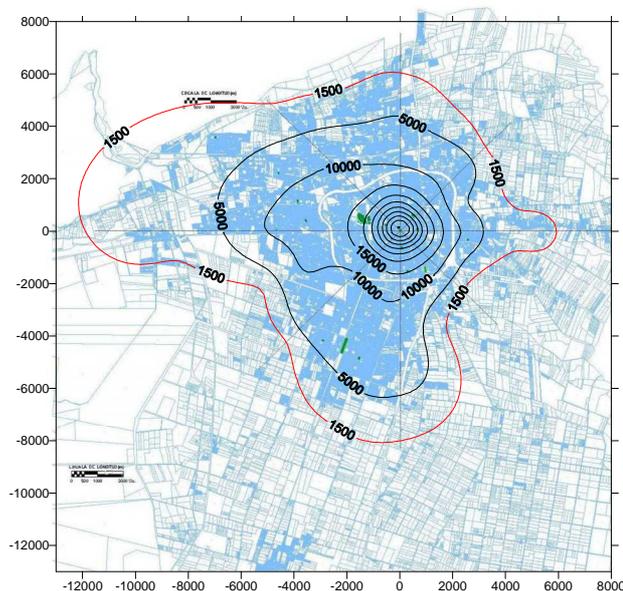


Figura 2: *Isolíneas de Densidad Volumétrica edilicia, sobre la trama del AM San Juan*

A los fines de una exploración urbano-espacial de cada uno de los tres límites que establecen el área de ocupación de cada una de las cuatro BUC mencionadas y con el fin de una determinación espacial precisa de éstos, acorde con la realidad urbanística de la trama urbana analizada, se utilizó la forma de modelización tridimensional espacio-laminar del FOS, con el fin de calcular dichos límites, en razón de ser el Factor de Ocupación del Suelo (FOS), el índice urbanístico que mejor representa las características propias de la ocupación del territorio. Para la ejecución de los modelos de ajuste tridimensionales se adoptó un soporte geométrico radial coincidente con las orientaciones cardinales (Rumbos, Medios Rumbos y Cuartos Rumbos) y con el centro de la plaza 25 de Mayo. Se ejecutaron cortes a estos modelos, perpendiculares al plano horizontal formado por los ejes “x” e “y” (plano horizontal del terreno), y se obtuvieron puntos representativos en el espacio, producidos por la intersección del plano de corte con cada una de las isolíneas obtenidas en la modelización tridimensional espacio-laminar respectiva, para cada una de las 16 orientaciones cardinales. Mediante un software CAD se calcularon las distancias entre estos puntos de intersección y el centro principal de la trama urbana.

**Gráficas de modelización direccional de Índices Urbanísticos:** Los valores obtenidos permitieron graficar curvas direccionales de ajuste aplicando un software gráfico-matemático, para cada una de las 16 orientaciones cardinales consideradas. Estas curvas modelizadas son representativas de la forma de variación direccional entre el centro principal y su respectiva periferia urbana, asumida esta última en la curva del valor límite urbano preestablecido.

**Método de los rangos:** A los valores de las distancias desde cada isolínea de FOS al centro urbano principal (Planilla 1), se les aplicó el método estadístico de “Los Rangos” para obtener las distancias límites de las BUC, denominadas: Banda Eminentemente Urbana, Banda Urbana Banda Suburbana y Banda No Urbana (Papparelli, A., et al, 2009). Este método consiste en calcular el “rango” dividiendo en 3 el valor de la diferencia entre la primera y la última distancia al centro, para cada una de las 16 orientaciones cardinales. Este valor de rango se suma a la primera o menor distancia, para obtener el límite

máximo. Para obtener el límite intermedio el valor de rango se resta de la última o mayor distancia. Para obtener el límite mínimo se aplica el valor obtenido para la mayor distancia.

**Determinación de curvas límite de cada BUC:** Los valores que delimitan las Bandas Urbanas Características se obtuvieron sobre la base de la Planilla 1, en la cual se aplicó el Método de los Rangos. Los límites se delimitan en la Planilla 1, con colores mostaza, beige y amarillo.

FOS	N m	S m	E m	O m	NE m	SO m	SE m	NO m	NNE m	SSO m	ENE m	OSO m	ESE m	ONO m	SSE m	NNO m	Prom
75	264	195	377	133	331	142	301	180	311	171	364	130	346	149	254	233	
70	493	455	577	348	529	361	530	430	508	399	553	342	557	378	499	463	
65	683	687	751	531	677	563	708	628	672	631	717	526	737	574	699	675	
60	881	935	930	844	835	807	894	837	847	880	879	736	918	778	916	877	
55	1102	1209	1121	999	1007	1031	1088	1065	1042	1157	1057	996	1105	1033	1135	1104	
50	1357	1497	1330	1414	1203	1343	1277	1334	1265	1450	1249	1334	1296	1378	1363	1367	
45	1641	1788	1557	1925	1426	1633	1471	1701	1529	1777	1448	1706	1493	1858	1593	1679	
40	1946	2101	1801	2459	1664	1925	1664	2230	1826	2098	1662	2102	1690	2445	1822	2045	1968
35	2273	2480	2068	3150	1953	2224	1857	2863	2172	2502	1870	2592	1885	3081	2051	2460	
30	2627	3030	2360	4829	2317	2569	2054	3422	2575	3545	2076	3541	2092	3728	2303	2914	
25	3049	5526	2637	5619	3050	4860	2258	3934	3029	4906	2288	4261	2279	4442	2564	3400	
20	3753	5950	2903	6118	3560	5148	2474	4490	3492	5554	2529	4613	2494	5452	2845	3933	4082
15	4535	6393	3203	6714	3872	5404	2701	5123	3929	6173	2894	4903	2755	6497	3166	4527	
10	5097	7013	3604	7461	4176	5679	2943	5865	4361	6954	3516	5201	3097	7982	3598	5145	
5	5969	8054	5965	12058	4531	6048	3237	6856	4869	7706	4160	5646	3595	10536	6214	5844	6331
DIF	5705	7859	5588	11925	4200	5906	2936	6676	4558	7535	3796	5516	3249	10387	5960	5611	
DIF/3	1901	2620	1863	3975	1400	1969	979	2225	1519	2512	1265	1839	1083	3462	1987	1870	
EU	2165	3075	2240	4323	1929	2330	1509	2655	2027	2911	1818	2181	1640	3840	2486	2333	
UR	4067	5694	4302	8298	3329	4298	2487	4881	3547	5422	3084	4019	2723	7303	4472	4204	
SU	5969	8054	5965	12058	4531	6048	3237	6856	4869	7706	4160	5646	3595	10536	6214	5844	
1°	40	30	35	35	40	35	45	40	40	35	40	40	45	30	30	40	38
2° Sup	20	25	10	10	25	20	20	20	20	25	15	30	20	15	10	20	19
3°	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Planilla 1: Cálculo de los límites de las BUC- Método de los Rangos.

**Cálculo del valor límite de la Banda EU:** Para obtener la curva de FOS que representa al límite urbano de la Banda Eminentemente Urbana (EU), utilizando la Planilla 1, se promedian los 16 valores máximos correspondientes al primer rango, o espacio urbano con mayor ocupación del suelo, identificado con color naranja en dicha planilla. En el caso del Gran San Juan, resultó la isolínea de FOS = 38,0 %. Se adopta por aproximación la isolínea de FOS = 40 % como límite de la Banda Eminentemente Urbana.

**Cálculo del valor límite de la Banda UR:** Para obtener la curva de FOS que representa al límite urbano de la Banda Urbana (UR), utilizando la Planilla 1, se promedian los 16 valores superiores correspondientes al segundo rango, o espacio urbano con una ocupación media del suelo, identificado con color beige en dicha planilla. En este caso resultó la isolínea de FOS = 19,0 %. Al igual que en el caso anterior se adopta por aproximación la isolínea de FOS = 20 % como límite de la Banda Urbana.

**Cálculo del valor límite de la Banda SU:** Para obtener la curva de FOS que representa al límite urbano de la Banda Suburbana (SU), utilizando la Planilla 1, se promedian los 16 valores mínimos correspondientes al tercer rango, o espacio urbano con menor ocupación del suelo, identificado con color amarillo en dicha planilla. En este caso el límite está dado por la isolínea de FOS = 5,0%.

**Cálculo del valor límite de la Banda UN:** Toda el área que se presenta por fuera del límite urbano mencionado o con un valor FOS < 5,0%, representa a la Banda No Urbana (NU), valor que fue calculado como límite entre la Banda SU y la Banda NU. Este último valor, se calcula al solo efecto de verificar su correspondencia con el que por definición constituye el valor del límite real de la trama urbana considerada, permitiendo dejar perfectamente establecida su verdadera ocupación territorial.

## RED DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS

Las Estaciones Meteorológicas (EM) instaladas, consisten en equipos de adquisición de datos marca DAVIS Vantage Pro2 Plus™, con alimentación dual (batería solar fotovoltaica), software WeatherLink y consola de registros (Figura 3).



Figura 3: Estación Meteorológica (sistema de adquisición de datos y consola de registros).

Los parámetros que registran las Estaciones Meteorológicas son:

- Presión barométrica (hPa)
- Altitud (m)
- Humedad Relativa: interior y exterior (%)
- Punto de Rocío (°C)
- Precipitaciones: diaria, mensual y anual (mm)
- Temperatura de bulbo seco (°C): interior, exterior e índice de temperatura
- Vientos: dirección (°), velocidad (m/s; km/h), temperatura efectiva (°C)
- Radiación solar global (W/m<sup>2</sup>)
- Grados día de calefacción (°C)
- Grados día de enfriamiento (°C)
- Evapotranspiración (mm): diaria, mensual y anual
- Radiación UV: índice (N°) y cantidad (MEDs).

Las EM se programaron para realizar registros cada 60 minutos, con lo cual su capacidad de autonomía en el almacenamiento de datos fue de 90 días.

El criterio para la localización de las EM, se adoptó en función de las siguientes variables:

- BUC: debían estar monitoreadas las 4 BUC
- Orientación cardinal de mayor crecimiento urbano: se localizarían más estaciones en las zonas más densificadas.
- Seguridad y control: debería estar asegurado su funcionamiento permanente, y su cuidado y protección las 24 horas de los 365 días del año.

Por lo anterior, se decidió instalar la red según el siguiente detalle:

- BUC Eminentemente Urbana: 2 EM
- BUC Urbana: 2 EM
- BUC Suburbana: 1 EM
- BUC No Urbana: 1 EM

Todas las EM debían estar en las mismas condiciones de instalación, es decir altura sobre el nivel del suelo y sin obstrucciones edilicias o naturales.

### **ESTRATEGIAS DE DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE LA BUC EMINENTEMENTE URBANA**

Cada una de las categorías de diseño bioclimático: a) Conservación de la Energía; b) Utilización de energías naturales; c) Sistemas pasivos de Calefacción y Enfriamiento; d) Sistemas activos y d) Sistemas híbridos; se caracteriza por adoptar diferentes Estrategias de Diseño Bioclimático, las que relacionan los componentes del clima con las respuestas constructivas de un determinado edificio para obtener una envolvente higrotérmicamente satisfactoria. D. Watson (1984), propone una clasificación de estas Estrategias, en relación con: a) Estación climática: Invierno y Verano; b) Formas de intercambio de calor: Conducción, Convección, Radiación y Evaporación; c) Fuentes o absorbedores de calor: Tierra, Atmósfera, Sol y Cielo. De esa manera, Watson define 17 estrategias, las que cuantifica aplicando la Carta Bioclimática Edilicia, que permite identificar en un diagrama psicrométrico y a partir de datos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa del lugar de implantación de la obra arquitectónica (en este caso, del clima urbano árido), las estrategias de diseño que, ante una determinada situación climática, deberán aplicarse para lograr condiciones de confort higrotérmico. D. Watson subdivide la

Carta en 17 zonas (o Estrategias) que abarcan desde la Calefacción Activa o Convencional hasta el Enfriamiento Mecánico incluyendo la Zona de Confort.

Para el presente trabajo, se calcularon las Estrategias Bioclimáticas del clima urbano de del AM San Juan, con los valores de la estación meteorológica que contaba con la estadística más extensa (16 años), correspondiente a la BUC Eminentemente Urbana. Sucesivamente, cuando se cuente con información temporalmente confiable (mayor a 2 años), de cada estación meteorológica instalada, se obtendrán los valores de cada estrategia en las restantes BUC.

## RESULTADOS

### a) Bandas Urbanas Características

Los valores límite de Factor de Ocupación del Suelo (FOS) de las 4 BUC, relacionados con las Densidades Volumétricas (DV) edilicias, resultaron según se indica en la Planilla 2:

BANDAS URBANAS CARACTERÍSTICAS	FACTOR DE OCUPACIÓN DEL SUELO	DENSIDAD VOLUMÉTRICA
BANDA EMINENTEMENTE URBANA (EU)	FOS $\geq$ 40%	DV $\geq$ 15.000m <sup>3</sup> /Ha
BANDA URBANA (UR)	40% > FOS $\geq$ 20%	15.000m <sup>3</sup> /Ha > DV $\geq$ 8.000m <sup>3</sup> /Ha
BANDA SUBURBANA (SU)	20% > FOS $\geq$ 5%	8.000m <sup>3</sup> /Ha > DV $\geq$ 1.000m <sup>3</sup> /Ha
BANDA NO URBANA (NU)	5% > FOS	1.000m <sup>3</sup> /Ha > DV

Planilla 2: Valores límite de FOS y DV de las Bandas Urbanas Características

La modelización de las isolíneas límite de cada BUC, se restituyó a la trama urbana del asentamiento humano, superponiendo con la misma escala gráfica las curvas obtenidas sobre la plancheta digitalizada de ésta. De esa manera se regularizaron las isolíneas o curvas, por medio de líneas quebradas, en coincidencia con las calles de la trama urbana, por ser estos canales viales donde se asumen los límites geográficos, políticos y administrativos de la ciudad. El método de restitución consiste en ejecutar una línea quebrada que acompañe a la curva límite respectiva y asumir que, cuando una de estas curvas divida a una manzana urbana en una cantidad mayor a la mitad de su superficie, esta manzana queda incorporada hacia el interior de la isolínea considerada, caso contrario queda segregada de la BUC correspondiente. Debido a que los programas de modelización, generalmente idealizan situaciones de borde, en razón de una mayor dispersión de puntos de referencia en la periferia urbana y en proporción a las distancias entre cada uno de los ejes cardinales a medida que se alejan del centro, la curva representativa del límite urbano real, se verificó con relevamientos in situ para una mayor exactitud de su localización. Las áreas urbanas por las que pasa dicha curva límite, se analizó por medio de aerofotografías y relevamientos de campo, procediéndose a incorporar aquellas que no estén abarcadas por la curva límite mencionada y que por sus características presentan condiciones urbanas nítidamente consolidadas. Las áreas que la curva límite incorpora, pero no cuentan con las características urbanas apuntadas, se segregaron. Estas modificaciones permitieron corregir el modelo matemático, otorgando una mayor exactitud con la realidad urbana actualizada al momento del estudio (Figura 4).

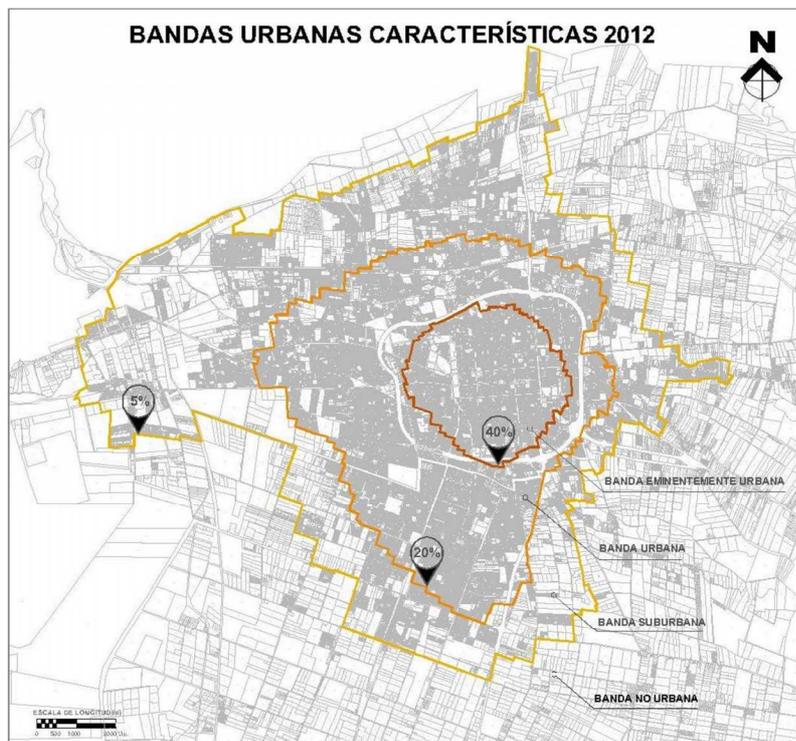


Figura 4: Bandas Urbanas Características en el AM San Juan

**b) Estrategias de Diseño Bioclimático**

En la Figura 5 se presentan los valores de temperatura y humedad relativa promedio mensuales del período 1995-2011, sobre la Carta Bioclimática Edilicia de D. Watson.

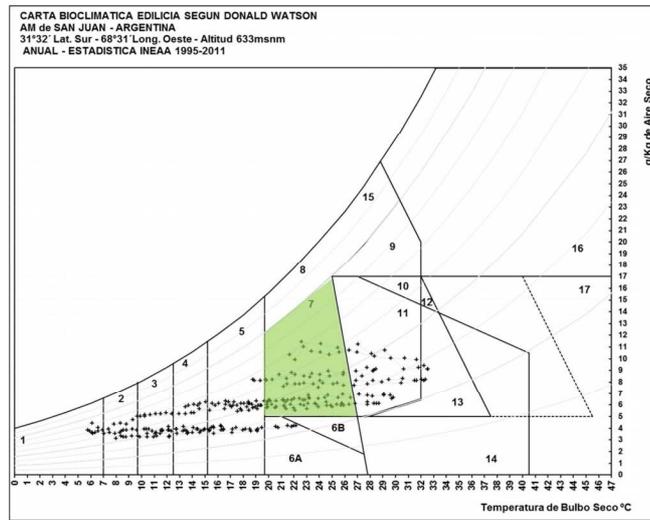


Figura 5: Condiciones promedio de Temperatura y Humedad Relativa del AM San Juan (1995-2011)

En la Planilla 3 se presentan las Estrategias de Diseño Bioclimático mes a mes del período 1995-2011 y en la Planilla 4 las estacionales.

MESES	1. Calefacción Solar Activa	2. Calefacción Solar Pasiva	3. Calefacción Solar Pasiva	4. Calefacción Solar Pasiva	5. Calefacción Solar Pasiva	7. Confort	8. Deshumid. Mecánica	9. Ventilación de Confort	10. Vent. Confort con Alta Masa Térmica	11. Vent. Confort y M. Térmica y Enfr. Evaporativo	12. Alta Masa Térmica	13. Alta M. Térmica y Enfr. Evap. Mecánico	14. Enfriamiento Evaporativo Mecánico	15. Deshum. y Enfr. Evap. Mecánico	16. Deshum. y Enfr. Evap. Mecánico	17. Enfriamiento Evaporativo Mecánico	6A. Humidif. Mecánica	6B. Humidif. Mecánica y Enfr. Evap. Mecánico
Enero						11:54:00				10:39:00		1:27:00						
Febrero					5:28:00	12:55:00				5:37:00								
Marzo					5:54:00	13:06:00				5:00:00								
Abril			1:02:00	7:10:00	9:11:00	6:37:00												
Mayo		2:39:00	7:23:00	6:09:00	7:49:00													
Junio	6:12:00	7:26:00	4:34:00	5:48:00														
Julio	7:07:00	6:13:00	4:08:00	3:54:00	2:38:00													
Agosto	0:56:00	6:34:00	5:29:00	4:07:00	6:54:00													
Septiembre			5:54:00	5:10:00	7:09:00													
Octubre					8:54:00	15:06:00												
Noviembre					8:37:00	13:29:00				1:54:00								
Diciembre						12:25:00				9:51:00		1:44:00						
<b>Total Horas</b>	14:15:00	22:52:00	28:30:00	32:18:00	62:34:00	85:32:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	33:01:00	0:00:00	3:11:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	5:47:00	0:00:00
<b>Porcentajes</b>	4,95%	7,94%	9,90%	11,22%	21,72%					11,46%		1,11%					2,01%	
<b>Parciales</b>		50,78%				29,70%	11,46%					3,11%						
<b>Total %</b>	55,72%						14,58%											

Planilla 3: Estrategias de Diseño Bioclimático mes a mes del período 1995-2011

ESTACION	MESES	1. Calefaccion Solar Activa					7. Confort	8. Deshumid. Mecánica	9. Ventilacion de Confort	10. Vent. Confort con Alta Masa Térmica	11. Vent. Confort y M. Térmica y Enfr. Evaporativo	12. Alta Masa Térmica	13. Alta M. Térmica y Enfr. Evap. Mecánico	14. Enfriamiento Evaporativo Mecánico	15. Deshum. y Enfr. Evap. Mecánico	16. Deshum. y Enfr. Evap. Mecánico	17. Enfriamiento Evaporativo Mecánico	6A. Humidif. Mecánica	6B. Humidif. Mecánica y Enfr. Evap. Mecánico											
		2. Calefaccion Solar Pasiva	3. Calefaccion Solar Pasiva	4. Calefaccion Solar Pasiva	5. Calefaccion Solar Pasiva	6. Calefaccion Solar Pasiva																								
VERANO	Diciembre						12:25:00					9:51:00								1:44:00										
	Enero						11:54:00					10:39:00								1:27:00										
	Febrero					5:28:00	12:55:00					5:37:00																		
	Total Horas	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	5:28:00	37:14:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	26:07:00	0:00:00	3:11:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	
	Porcentajes Parciales	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,59%	51,71%	0,00%	0,00%	0,00%	36,27%	0,00%	4,42%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	Total %	7,59%					51,71%	36,27%					4,42%																	
OTOÑO	Marzo					5:54:00	13:06:00					5:00:00																		
	Abril			1:02:00	7:10:00	9:11:00	6:37:00																							
	Mayo		2:39:00	7:23:00	6:09:00	7:49:00																								
	Total Horas	0:00:00	2:39:00	8:25:00	13:19:00	22:54:00	19:43:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	5:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	
	Porcentajes Parciales	0,00%	3,68%	11,69%	18,50%	31,81%	27,38%	0,00%	0,00%	0,00%	6,94%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	Total %	65,67%					27,38%	6,94%					0,00%																	
INVIERNO	Junio	6:12:00	7:26:00	4:34:00	5:48:00																									
	Julio	7:07:00	6:13:00	4:08:00	3:54:00	2:38:00																								
	Agosto	0:56:00	6:34:00	5:29:00	4:07:00	6:54:00																								
	Total Horas	14:15:00	20:13:00	14:11:00	13:49:00	9:32:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	
	Porcentajes Parciales	19,79%	28,08%	19,70%	19,19%	13,24%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	Total %	100,00%					0,00%	0,00%					0,00%																	
PRIMAVERA	Septiembre			5:54:00	5:10:00	7:09:00																						5:47:00		
	Octubre					8:54:00	15:06:00																							
	Noviembre					8:37:00	13:29:00					1:54:00																		
	Total Horas	0:00:00	0:00:00	5:54:00	5:10:00	24:40:00	28:35:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1:54:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	5:47:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	
	Porcentajes Parciales	0,00%	0,00%	8,19%	7,18%	34,26%	39,70%	0,00%	0,00%	0,00%	2,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	8,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	
	Total %	49,63%					39,70%	2,64%					8,03%																	

Planilla 4: Estrategias de Diseño Bioclimático estacionales del período 1995-2011

### c) Red de Estaciones Meteorológicas

Debido a las restricciones para ubicar las EM en relación a su seguridad y cuidado, en los casos en los que se decidió ubicarlas en instituciones públicas o privadas, se efectuó la formalización de la misma según instrumentos legales, aprobados por la máxima autoridad de la FAUD-UNSJ. En los casos de ubicarlas en viviendas privadas, se decidió en función de la absoluta responsabilidad y cuidado al que se comprometieron sus propietarios. La ubicación de cada EM fue la siguiente:

- BUC Eminentemente Urbana: 2 EM  
Ubicación: Santa Fé esquina Sarmiento - Dpto. Capital. Sede INEAA
- BUC Urbana: 2 EM  
Ubicación: Mitre 1668 oeste - Dpto. Capital. Vivienda Privada  
Ubicación: Calle 17 de noviembre – B° Portal de Los Andes I – Dpto. Rivadavia. Vivienda Privada
- BUC Suburbana: 1 EM  
Ubicación: Av Libertador Gral. San Martín 6890 oeste – Dpto. Rivadavia. Institución “Casa de Betania”, propiedad del Arzobispado de San Juan. Instrumento legal: Comodato.
- BUC No Urbana: 1 EM  
Ubicación: Belgrano 2767 Este – Dpto. Santa Lucía. Institución “Fecoagro”, propiedad mixta privada-estatal. Instrumento legal: Acta Acuerdo.

En la Figura 6, se muestra el plano con las 4 BUC y la distribución de las 6 EM citadas:

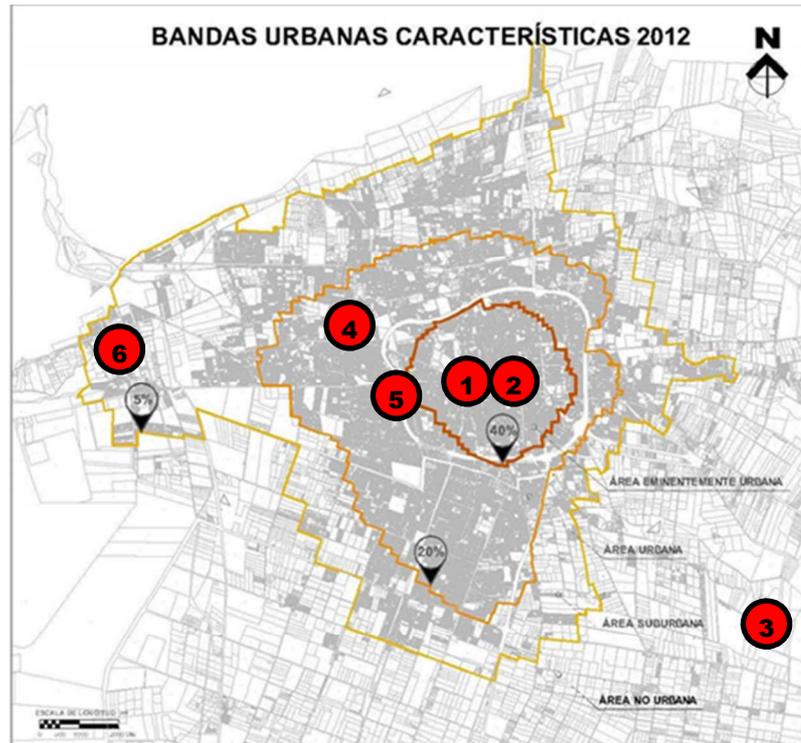


Figura 6: Ubicación de la Red de Estaciones Meteorológicas en el AM San Juan, en las 4 Bandas Urbanas Características de la ciudad

## CONCLUSIONES

La planificación sustentable de una ciudad, va indisolublemente unida al uso integral de la oferta ambiental existente. La forma en la que se usa el espacio urbano y las políticas prospectivas respecto a las estrategias de crecimiento, requiere la atención a todos los aspectos comprometidos en el hábitat humano, tanto como sus múltiples y complejas relaciones con el ecosistema natural y antropizado.

Los efectos que las formas de distribución en el espacio urbano generan en la vida de las personas, tal como el clima urbano y la Isla de Calor, requieren la toma de decisiones de políticas de ocupación del suelo basadas en estudios científicos del impacto urbano sobre los ecosistemas naturales. Los resultados acá presentados, aportan en ese sentido, ya que permiten el tratamiento conjunto de fenómenos que generalmente son abordados de manera sectorizada:

Por un lado, las características de la distribución espacial de las ciudades: la obtención de Bandas Urbanas Características permite la homogeneización de zonas a través de la cuantificación de los índices más utilizados en la planificación del espacio urbano, para conocer la situación real existente en una ciudad. Ello, constituye una herramienta de planificación que permite adoptar decisiones, entre otras, de densificación urbana y completamiento de la trama. Todas sus aplicaciones se orientan a la conformación de ciudades compactas y no difusas, que garanticen la sustentabilidad del crecimiento manteniendo iguales posibilidades de uso de la ciudad para todos sus habitantes.

Por el otro, la modificación que dichas características de la ocupación urbana genera produce en el clima macroescalar: la instalación de una Red de Estaciones Meteorológicas que monitoree el clima urbano, permite el conocimiento real en espacios de la ciudad con características urbanas diferentes, aportando una base de datos confiable para estudios de clima urbano, tales como la Isla de Calor, que permitan estudiar dicho fenómeno en toda su complejidad.

Finalmente la cuantificación de los requerimientos que requiere la arquitectura bioclimática: el cálculo de Estrategias de Diseño Bioclimático para ese clima urbano, constituye una información excluyente en el diseño urbano-arquitectónico orientado a satisfacer condiciones de confort higrotérmico de la población. Ello tiene efectos multiplicadores tales como el ahorro energético en acondicionamiento térmico edilicio, el aporte a la disminución del uso de combustibles fósiles y la reducción de la contaminación atmosférica.

Por lo anterior, se considera que los aspectos acá desarrollados, conforman una importante contribución a la sustentabilidad urbana, los que una vez transferidos a los poderes de gestión pública podrán aportar a un desarrollo más eficiente, armónico y equitativo de nuestras ciudades, altamente vulnerables por su inserción en un ambiente árido.

## INVESTIGACIONES FUTURAS

En relación directa con los resultados acá presentados, la Unidad Ejecutora está trabajando en el análisis combinado de los fenómenos urbanos y climáticos, vinculado con el consumo energético residencial: energía eléctrica y gas natural licuado. El propósito es conocer el consumo en las diferentes BUC y calcular el ahorro energético que se produciría según la forma de ocupación del espacio urbano, la Isla de Calor y el uso o no de estrategias de diseño bioclimático en el parque habitacional de la ciudad.

Además, con una estadística climática de como mínimo 2 años obtenida de las Estaciones Meteorológicas instaladas en las restantes Bandas Urbanas Características, se realizará el cálculo de Estrategias de Diseño Bioclimático. Esto permitirá inferir la correlación entre la modalidad de ocupación del territorio y los ahorros/consumos de energía producidos, usando criterios bioclimáticos para el diseño edilicio.

## REFERENCIAS

- Akbari, Hashem (2005) Energy Saving Potentials and Air Quality Benefits of Urban Heat Island Mitigation Lawrence Berkeley National Laboratory
- Papparelli, A., Cúnsulo, M., Kurbán, A. (2009). Planificación Sustentable del Espacio Urbano ISBN 978-987-584-196-3. Editorial Klickowski/NOBUKO. Bs. As.
- Papparelli, A., Cúnsulo, M., Kurbán, A. (2011/2013). Isla de Calor Urbana obtenida con imágenes satelitales CICTCA 21A – 857.
- INTI (2007) Saber Cómo. Ahorro y certificación energética: la envolvente de los edificios.
- Papparelli, Kurbán, Cúnsulo, De Rosa, Vilapriño, Lelio, Solanes (2001) 2da Edición: 1 Vol.602 páginas. Editorial Fundación UNSJ. Argentina. ISBN 950-605-136-4.
- ONU (2012) ESTADO DE LAS CIUDADES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Rumbo a una nueva transición urbana ONU Hábitat 2012
- FVSA (2010) REDUCIR EMISIONES AHORRANDO ENERGÍAS. Escenarios Energéticos para la Argentina 2006-2020 con políticas de eficacia.

**ABSTRACT:** The distribution of the urban indexes more important in the metropolitan area of San Juan, such as Land Occupation Factor, Building Volumetric Density and Urban Canopy, was studied in order to relate it with the Urban Climate. Four Characteristic Urban Bands (BUC) are defined. Within them, a network of weather stations was installed. The Bioclimatic Design Strategies for the Eminent Urban BUC, which has the longer statistic, were calculated. Besides being applied to jobs and Sustainable Urban Planning and Urban Climate, the results will be inputs to analyze the energy consumption of natural gas / LPG and electricity in each BUC, in relation to the urban temperature and the heat island of the city.

**Keywords:** Urban Spatial Distribution - Bioclimatic Design - Arid Zones