

Desarrollo Sustentable en Areas Urbanas de Zonas Aridas

**Autores: Alberto Papparelli, Alejandra Kurban,
Mario Cunsulo**
Colaboradores: Eduardo Montilla, Eliana Rios

Se exponen resultados de trabajos de investigación relacionados con la planificación y desarrollo urbano, y su aporte a la sustentabilidad de los asentamientos humanos en áreas urbanas de zonas áridas y sísmicas.

Se presenta una herramienta práctica para el abordaje del estudio urbano, denominada Bandas Urbanas Características (BUC), que permite caracterizar con bastante precisión la configuración y estructura espacial de un asentamiento humano, posibilitando el estudio de la trama urbana y su evolución. Las BUC fueron determinadas en base al análisis de los índices urbanísticos más representativos de la conformación espacial de la ciudad. Estas Bandas constituyen una herramienta eficaz para el estudio de una ciudad y propuestas de un desarrollo sustentable a mediano y largo plazo, que permitan corregir anomalías y generar tendencias volumétrico-espaciales, para el logro de su desarrollo armónico y planificado en el espacio y el tiempo.

Palabras Claves: Bandas Urbanas Características (BUC), índices urbanísticos, planificación urbano-ambiental

Results of research works related with the urban planning and development, and their contribution to the sustainability of the human settlements in urban areas of arid and seismic zones are exposed.

A practical tool is presented to the approach of the urban study, denominated Characteristic Urban Bands (BUC) that allows to characterize with enough precision the configuration and space structure of a human settlement, facilitating the study of the urban frame and its evolution. The BUC were determined based on the analysis of the more representative urban indexes of the space conformation of the city. These Bands constitute an effective tool for the study of a city and to make medium and long term proposals for a sustainable development allowing to correct anomalies and to generate volume-space tendencies, for the achievement of an harmonic and planned, in space and time, development.

Key Words: Characteristic Urban Bands (BUC), urbanistic indexes, urban and environmental planification

INTRODUCCION

El desarrollo sustentable de los asentamientos humanos requiere una clara toma de posición respecto al uso del suelo, acceso al sol, orientaciones, geometría de la trama urbana, uso de fuentes renovables de energía, densidad urbana, aprovisionamiento de agua potable, tratamiento de basuras y reciclaje de materiales industriales, uso controlado de recursos naturales no renovables, como también las características y densidad de los medios de transporte, la infraestructura de servicios y la tecnología constructiva de obras civiles y de infraestructura urbana.

Los mismos factores urbanos que causan efectos negativos en la biósfera, es decir la concentración de población y el consumo, son al mismo tiempo los que pueden otorgar una enorme influencia económica y técnica a las mismas ciudades, para contribuir a la sustentabilidad global ▶ 1 . Las ventajas de economías de escala y economías de aglomeración de los asentamientos urbanos ▶ 2 , resultan en:

- bajos costos per cápita de sistemas de agua potable, sistemas de cloaca, recolección de residuos, y de la mayoría de las otras infraestructuras y servicios públicos;
- un rango mayor de opciones de materiales a reciclar, re-uso, re-industrialización, y una concentración de la mano de obra especializada y empresas que demandan esta especialización;
- densidades de población altas que reducen la demanda per cápita de tierra ocupada;

→ mayores posibilidades de co-generación eléctrica, y uso del calor resultante del tratamiento de basuras industriales o plantas eléctricas, para disminuir el uso per cápita de combustible fósil para calefaccionar los espacios;

→ numerosas posibilidades de llevar a cabo los principios de bajo flujo de materia en la ecología industrial (es decir la creación de circuitos cerrados en los parques industriales para permitir que la energía desechada o los materiales de algunas empresas sean el insumo esencial para otras);

→ gran potencial para reducir el consumo de energía (principalmente el fósil) de los vehículos a motor a través del caminar, el ciclismo, y el transporte público.

Desde el desarrollo urbano, lo citado anteriormente requiere de estudios pormenorizados de la ocupación del espacio, para adoptar políticas tendientes a un uso racional del territorio respecto a densidad de ocupación, alturas de edificación y volumetrías edilicias, entre otros.

El aporte de los especialistas debería tender a la determinación de herramientas sencillas de fácil aplicación y adaptables a diferentes situaciones de complejidad, con el fin de lograr los objetivos de un desarrollo urbano, evitando imposiciones normativas difíciles de adecuar, especialmente en asentamientos humanos consolidados.

Con ese propósito se concibió un método que, estudiando la ciudad a través de los índices urbanísticos más representativos de las características de su estructura espacial, como son: Factor de Ocupación del Suelo (FOS), Densidad Edilicia (DE) y Canopia

1 ◀ Mitlin y Satterhwaite, 1994 - Rees y Wackernagel, 1996.
2 ◀ Rees, 1998.

Urbana (CU), permiten obtener zonas típicas a las que se denominan Bandas Urbanas Características (BUC), las que definen peculiaridades propias de las diversas áreas urbanas de una ciudad.

El método para la determinación de las Bandas Urbanas Características (BUC), se realizó analizando la ciudad de San Juan (Argentina). La metodología aplicada puede hacerse extensiva a otros asentamientos humanos con similares características urbano-ambientales al área de estudio.

CARACTERIZACION DE LA CIUDAD ANALIZADA

La ciudad de San Juan está localizada en el centro-oeste de la República Argentina, con Latitud 31° 32' SUR y Longitud 68° 31' OESTE, en la Franja Árida de América del Sur, caracterizada por un clima árido mesotermal de altura, con altos índices de: aridez (Penman: 0,102), hídrico ($I_h = -53,8$) y de continentalidad (Gorzinski: 40,5), encontrándose además muy próxima a la zona de subducción de la placa de Nazca con la placa continental Sudamericana, lo cual la identifica como el área de la mayor peligrosidad sísmica de la R. Argentina (Zona 4) ▶ 3.

La población de la ciudad es de @ 414.129 habitantes ▶ 4, su extensión territorial 80.562Ha ▶ 5 y siendo su densidad poblacional de @ 54 hab/Ha. El trazado original siguió los patrones de la urbanización española de manzanas cuadradas de aproximadamente 10.000 m². El casco histórico está compuesto por 9 manzanas en el eje norte-sur y 15 en el este-oeste. Su traza está inclinada 5° al oeste respecto de la

dirección norte-sur. Su crecimiento en el tiempo y el espacio fue modificando la cuadrícula original, extendiéndose en principio a lo largo de las vías principales de comunicación y transporte, para luego distribuirse en sus espacios intersticiales, llevados principalmente por los valores de la tierra, más que por una adecuada política de planificación.

No obstante su alta peligrosidad sísmica y rigurosidad climática mencionadas, no existe una planificación y desarrollo urbano que en función de los condicionantes físico-ambientales de la región, defina políticas de expansión e inserción urbana que propicien un crecimiento armónico y sustentable ▶ 6.

CALCULO DE INDICES URBANISTICOS Y DETERMINACION DE ISOLINEAS

La zona de estudio fue identificada y delimitada por medio de aerofotografías, planos, planchetas catastrales y relevamientos planialtimétricos de campo. Se adoptó un sistema de ejes cartesianos, constituido por 16 orientaciones cardinales, tomando como origen el baricentro de la ciudad de San Juan (Plaza 25 de Mayo). Dichas orientaciones son: N; NNE; NE; ENE; E; ESE; SE; SSE; S; SSO; SO; OSO; O; ONO; NO y NNO. Esto permitió una selección de áreas en forma aleatoria y no determinística, evitando la subjetividad en la elección de las áreas o muestras testigo de relevamiento.

En función de las características espaciales y parcelarias de la ciudad, se procedió a identificar áreas típicas del asentamiento en

- 3 ◀ Regionalización Sísmica Nacional (INPRES-CIRSOC), 1983.
- 4 ◀ NDEC - Censo 2001.
- 5 ◀ Ríos, Papparelli, 2001.
- 6 ◀ Papparelli, A, Kurbán, A, Cónsul, M. et al, 1994

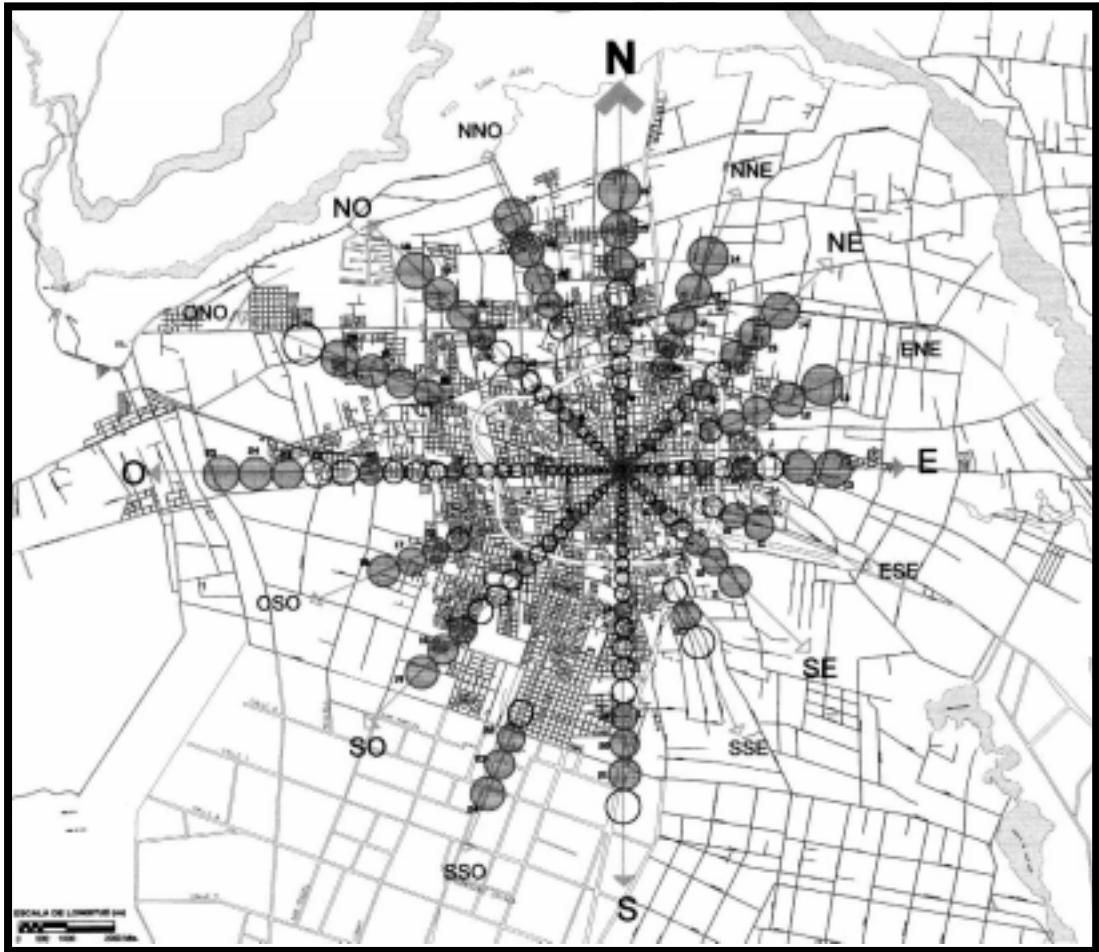


FIGURA N°1

dos situaciones distales: el centro principal de la ciudad y la periferia en el límite urbano, utilizando sus características homólogas a la estructura en la cual se insertan, es decir Manzana Urbana de 100m x 100m y Manzana No Urbana de 1.000m x 1.000m.

Se consideró Nodo Urbano Tipo a la superficie contenida en un cuadrado de 100m x 100m, dimensiones de una manzana urbana y Nodo No Urbano Tipo al cuarto de la manzana no urbana, esto es 500m x 500m. A cada uno de ellos se lo adoptó con sus correspondientes superficies representativas: al Nodo Urbano Tipo con 10.000m² y al Nodo No Urbano Tipo con 250.000m². Geométricamente dichas superficies se inscribieron en círculos, con radios de 56,0m y 202,0m respectivamente, asumiendo al primero de éstos en el baricentro del asentamiento humano y el segundo en el límite urbano correspondiente al cruce de cada dirección cardinal con el límite del ejido urbano previamente determinado, a lo largo de las 16 orientaciones cardinales arriba mencionadas. Con la pendiente de las rectas que unen tangencialmente los círculos citados, se obtuvieron los círculos intermedios que en tamaño creciente del centro a la periferia y tangentes entre sí, determinaron los Nodos Urbanos o áreas de relevamiento (**Figura N°1**).

Analíticamente se calculó la distancia de cada centro nodal al baricentro urbano y la dimensión del radio del círculo representativo de cada Nodo Urbano.

Para identificar las parcelas urbanas comprendidas en cada círculo, se restituyeron las superficies de éstos a la trama urbana real del asentamiento, asumiendo superficies representativas de los mismos, superponiéndolos con una plancheta catastral de igual escala gráfica (**Figura N°2**).

Dentro de los variados indicadores del ambiente urbano, los que mejor caracterizan la forma de ocupación espacial de una ciudad son los índices: Factor de Ocupación del Suelo (FOS), Densidad Espacial (DE) y Canopia Urbana (CU). A fin de identificarlos para la obtención de las Bandas Urbanas Características (BUC), se aplicó la metodología que se expone sintéticamente a continuación. Seleccionada una manzana representativa de cada Nodo Urbano, se realizaron en ella relevamientos planialtimétricos y estudios aerofotogramétricos, obteniendo las variables con las cuales se conformó la base de datos, calculándose los valores siguientes:

- Superficie cubierta en planta baja de cada lote o parcela.
- Superficie libre de cada lote o parcela.
- Superficie total de manzana urbana.
- Superficie libre de la manzana urbana.
- Volumen total construido de cada manzana urbana.
- Superficie cubierta total en planta baja de cada manzana urbana.
- Volumen construido de cada lote o parcela.
- Factor de Ocupación del Suelo (FOS) de cada Nodo Urbano.
- Densidad Edilicia (DE) de cada Nodo Urbano.
- Canopia Urbana (CU) de cada Nodo Urbano.

METODO DE OBTENCION DE LAS BANDAS URBANAS CARACTERISTICAS

Para realizar modelos tridimensionales, se le asignaron al baricentro de cada Nodo Urbano, 3 coordenadas ortogonales (x, y, z). Las coordenadas "x" e "y"



FIGURA N°2



FIGURA N°3

permiten situar la posición geográfica y la "z" representa a cada uno de los índices seleccionados para el estudio.

Calculados los índices urbanísticos de cada manzana representativa de cada uno de los Nodos Urbanos y asumidos dichos valores en el baricentro de los mismos, se obtuvieron isolíneas modelizadas correspondientes a cada índice, para toda la ciudad. Por medio de un software que asienta un plano blando sobre toda el área de estudio (coordinada "z"), se ejecutan cortes horizontales al modelo (plano x-y), para obtener isolíneas representativas de cada índice. La equidistancia utilizada entre los planos de corte son:

→ 5,0 % para el FOS.

→ 5 000 m³/Ha para la DE.

→ 1,00 m para la CU.

A modo de ejemplo en la **Figura 3** se presenta la modelización de las isolíneas correspondientes al FOS.

Analizando las gráficas de las isolíneas representativas de cada uno de los 3 (tres) índices urbanísticos aplicados, se detectó que el Factor de Ocupación de Suelo (FOS) es el que mejor representa las formas de ocupación del territorio, por lo que la modalidad de su comportamientos fue la base para la determinación de las Bandas Urbanas Características.

Midiendo la distancia desde el baricentro urbano hasta el cruce de cada isolínea representativa de los FOS con las 16 orientaciones cardinales y aplicando un software que ejecuta curvas modelizadas con la posibilidad de elegir distintas funciones de ajuste, se

procedió a graficar éstas simulando cortes espaciales (verticales) de la ciudad, las que presentan diversas curvaturas para cada orientación cardinal. Las curvas se graficaron con un ajuste exponencial, por ser el que mejor se adaptaba a la nube de puntos presentada.

Analizada la modalidad de sus perfiles para cada orientación cardinal, se observa para cada una de éstas la presencia de 4 (cuatro) tramos de curvaturas bien definidas. Esto permitió inferir la existencia de 4 (cuatro) zonas urbanas con características propias bien diferenciadas entre sí. A estas zonas se las denominó Bandas Urbanas Características o **BUC** y según su localización respecto al baricentro urbano se las denominó como:

→ Banda Eminentemente Urbana	:	EU
→ Banda Suburbana	:	SU
→ Banda Urbana	:	UR
→ Banda No Urbana	:	UN

Se define como Banda Urbana Característica (BUC), al área homogénea y continua del tejido urbano con índices urbanísticos de similar valor, los que identifican su condición territorial y su estado de situación espacial; quedando comprendidas entre dos isolíneas de Factor de Ocupación del Suelo, las que actuando como límites, determinan una superficie circunvalar al baricentro urbano. ▶ 7

Para determinar en forma precisa los 3 (tres) límites que separan cada una de estas Bandas, se aplicó el método estadístico de "las diferencias" a la serie de distancias de cada isolínea de FOS, para cada orientación cardinal considerada. Esto permitió

detectar los 3 (tres) valores mayores de la serie de diferencias entre las distancias al baricentro urbano de cada isolínea. Como ejemplo se presenta en la **Tabla N°1**, el cálculo sólo para las orientaciones norte, sur, este y oeste.

Para obtener los valores de FOS que conforman los límites **máximo, medio y mínimo** de cada BUC, se elaboraron tablas, con las 16 orientaciones cardinales, en la que constan los valores máximos por sobre las primeras diferencias identificadas con **1**; los valores máximos y mínimos de las segundas diferencias, identificadas con **2**; y los valores mínimos por debajo de las terceras diferencias, identificadas con **3**, (Ver **Tabla N°2**).

- El valor promedio de los máximos: **50,0%** se asume como límite de Banda Eminentemente Urbana.
- El valor promedio entre intermedios superior e inferior: **30,0%**, se asume como límite de Banda Urbana.
- El valor promedio de los mínimos: **5,0%**, se asume como límite de la Banda Suburbana.
- Los valores menores al mínimo de **5,0%**, se asume como la Banda No Urbana.

De acuerdo con los valores máximo, medio y mínimo del Factor de Ocupación del Suelo (**FOS**) de la **Tabla N°2**, los límites de variación para cada Banda Urbana Característica quedaron definidos de la siguiente manera:

BANDA EMINENTEMENTE URBANA (E.U.)	:		F.O.S. ≥	50,0 %
BANDA URBANA	(U.R.)	:	50,0 % >	F.O.S. ≥ 30,0 %
BANDA SUBURBANA	(S.U.)	:	30,0 % >	F.O.S. ≥ 5,0 %
BANDA NO URBANA	(N.U.)	:	5,0 % >	F.O.S.

Establecida la correspondencia espacial entre los valores límites de Factor de Ocupación del Suelo (**FOS**) y los valores de Densidad Edilicia (**DE**) y Canopia Urbana (**CU**), resultó la correlación de índices siguientes:

F. O. S.		D. E.		C. U.
50,0 %	→	20.000 m ³ /Ha	→	7,63 m
30,0 %	→	10.000 m ³ /Ha	→	3,32 m
5,0 %	→	1.500 m ³ /Ha	→	3,20 m

Con el fin de que el límite establecido de cada BUC se adaptara a la estructura del tejido urbano real, se superpusieron las isolíneas de FOS de 50,0%, 30,0% y 5,0% con un plano de la trama urbana de la ciudad, regularizándose las curvas respectivas con las calles de la ciudad, por ser estos canales viales donde se establecen los límites geográficos y políticos de un área urbana (Ver **Figura N°4**). Esto también permitió calcular la superficie urbana que ocupa cada **BUC** para cada sector cardinal y obtener el Límite Urbano Real de la ciudad, el que se asume por definición con la isolínea regularizada del FOS = 5,0%.

TABLA Nº2: CÁLCULO DE PROMEDIOS DE FOS - LÍMITES DE CADA BUC				
BANDAS URBANAS CARACTERÍSTICAS	BANDA E. U.	BANDA U. R.		BANDA S. U.
ORIENTACION	F.O.S. Máxima %	F.O.S. Intermedio % superior	F.O.S. Intermedio % inferior	F.O.S. Mínimo %
NORTE	60	95	50	10
NOR-NORESTE	60	80	55	5
NORESTE	60	25	20	5
ESTE-NORESTE	65	35	30	5
ESTE	40	20	15	5
ESTE-SURESTE	60	35	30	5
SURESTE	50	35	30	5
SUR-SURESTE	60	50	45	5
SUR	50	45	40	5
SUR-SURDESTE	40	25	20	5
SURDESTE	55	20	20	5
OESTE-SUROESTE	55	30	25	15
OESTE	35	25	25	10
OESTE-NOROESTE	50	20	15	10
NOROESTE	45	10	15	5
NOR-NOROESTE	50	15	20	5
PROMEDIOS	52	32	28	6
VALOR REDONDEADO	50	30	5	

TABLA Nº3: DISTANCIAS AL BARICENTRO URBANO DE CADA ISOLÍNEA DE F.O.S. Y DIFERENCIAS ENTRE SÍ												
NORTE			SUR			ESTE			OESTE			
FOS	Dist. al Centro	Difer.	FOS	Dist. al Centro	Difer.	FOS	Dist. al Centro	Difer.	FOS	Dist. al Centro	Difer.	
75	300	80	75	50	70	75	280	80	75	40	80	
70	360	95	70	120	125	70	360	65	70	120	70	
65	455	95	65	245	95	65	425	75	65	190	100	
60	550	150	60	380	100	60	500	25	60	290	75	
55	700	275	55	400	500	55	525	195	55	365	230	
50	975	285	50	900	740	50	680	185	50	595	215	
45	1280	350	45	1640	310	45	845	195	45	810	500	
40	1580	330	40	1950	370	40	1080	200	40	1310	590	
35	1900	325	35	2320	430	35	1280	385	35	1980	525	
30	2245	480	30	2750	490	30	1595	605	30	2425	675	
25	2725	440	25	3200	390	25	2180	560	25	3180	775	
20	3165	390	20	3650	590	20	2710	430	20	3875	1385	
15	3955	345	15	4140	1110	15	3140	585	15	5260	690	
10	3900	555	10	5250	990	10	3725	1475	10	5950	1570	
5	4455		5	6290		5	5280		5	7520		

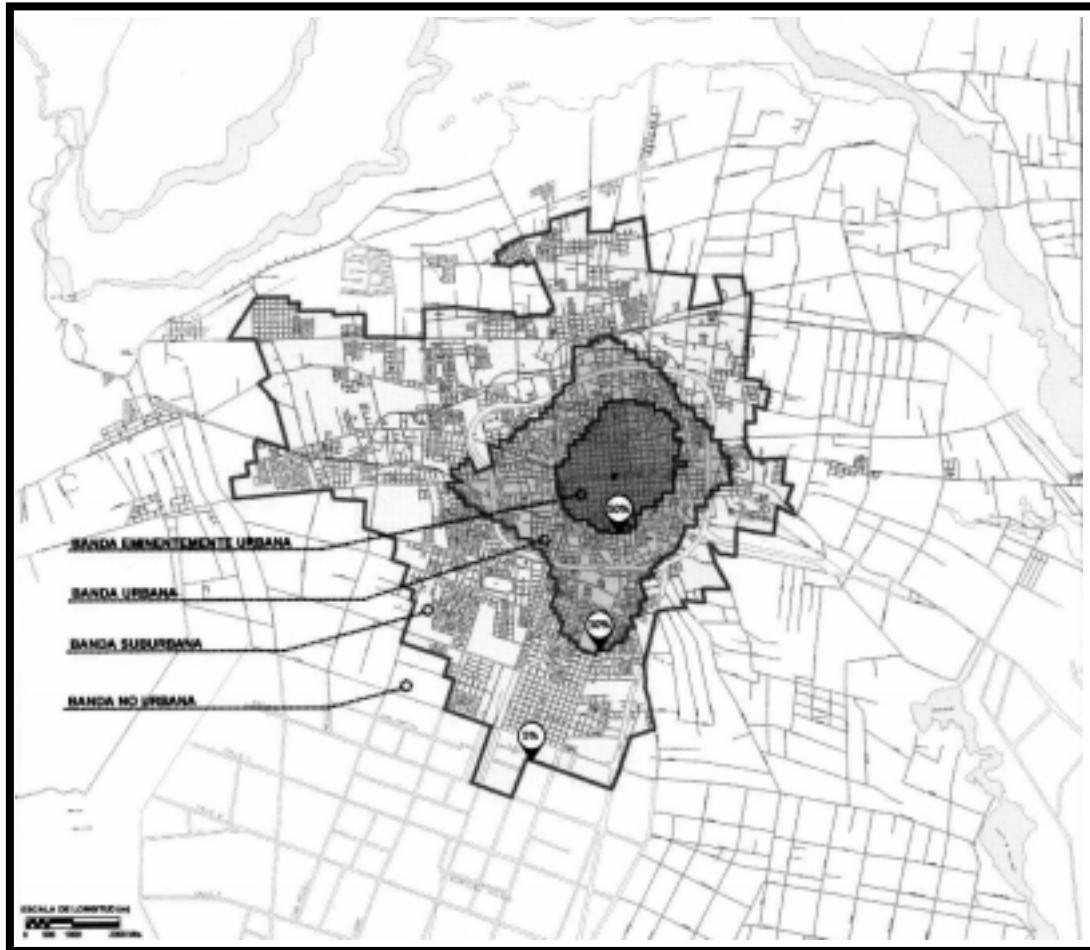


FIGURA N°4

RESULTADOS

La obtención de Bandas Urbanas Características (BUC) en una ciudad, permite correlacionar cualquier sector elegido en la ciudad con las variables ambientales siguientes:

- **Canales viales urbanos**, para colaborar al conocimiento del potencial bioclimático de la infraestructura vial urbana.
- **Perfiles de calles**, dictado de normativas respecto a las nuevas urbanizaciones e intervenciones urbanísticas en aquellos existentes.
- **Volumetría Edilicia**, como potencial bioclimático de la edificación.
- **Rugosidad urbana**, relacionada con las modificaciones del flujo natural del aire provocadas por las diferentes densidades y volumetrías edilicias.
- **Tipos de edificación**, construcciones sísmo-resistentes y no sísmo-resistentes, en relación a la densidad y volumetrías edilicias (detección de zonas de mayor vulnerabilidad sísmica).
- **Forestación Urbana**, para conocer y tomar decisiones respecto a la contribución de la vegetación como moderadora de la aridez climática
- **Espacios vacantes abiertos** para emergencias sísmicas, en función de la densidad demográfica.
- **Temperatura y humedad urbana**, a fin de conocer el comportamiento espacial del clima urbano y proveer desde la planificación, condiciones de confort higrotérmico a la población.
- **Vientos predominantes y siniestrales** en función de las características de la trama urbana, como herramienta de predicción de posibles daños en la

infraestructura aérea, forestación y equipamiento urbano en general.

CONCLUSIONES

Las **Bandas Urbanas Características** constituyen una herramienta de planificación urbano-ambiental, práctica y eficiente, particularmente en zonas áridas y sísmicas ya que permiten:

- Identificar en forma rápida áreas homogéneas en función de las características de la distribución urbana, definiendo zonas típicas que aporten a la concreción de Normas Edilicias o Códigos de edificación.
- Identificar zonas que requieran un acondicionamiento bioclimático apropiado para contribuir al confort higrotérmico de los espacios abiertos y de los interiores edilicios.
- Obtener los índices urbanísticos representativos de cada área urbana, para planificar los usos del suelo, sus tipos y formas de ocupación; preocupaciones constantes particularmente en ciudades localizadas en países emergentes, contribuyendo al crecimiento ambientalmente sustentable.
- Identificar excesos en la densificación del uso del suelo e incrementos de la volumetría edilicia, disfunciones urbanas que además de generar graves consecuencias higrotérmicas al confort de la población, son decisivas en la disminución de los márgenes de seguridad al incrementar la vulnerabilidad y el riesgo sísmico.
- Modelizar el comportamiento de los principales índices urbanísticos a fin de planificar un asentamiento

to humano con principios de sustentabilidad ambiental, previendo el crecimiento armónico de la planta urbana, sus densidades, alturas y volúmenes edilicios.

BIBLIOGRAFÍA

DIRECCIÓN DE GEODESIA Y CATASTRO. *Planos catastrales de la Ciudad de San Juan y Alrededores.* San Juan. República Argentina. Editado por Gobierno de la Provincia de San Juan. 2001.

DIRECCIÓN DE GEODESIA Y CATASTRO. *Planos catastrales de la Ciudad de San Juan y Alrededores.* San Juan. República Argentina. Editado por Gobierno de la Provincia de San Juan. 1999.

HOUGH, M. *Naturaleza y Ciudad.* Barcelona, España. Editorial Gili, 1998.

INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. *Población Ciudad de San Juan.* En *Censo Nacional de Población Año 2001.* República Argentina. 2001.

INSTITUTO DE FOTOGRAFÍA, CARTOGRAFIA Y CATASTRO. *Aerofotografías urbanas de la ciudad de San Juan.* Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan. San Juan, Argentina. 1995.

INSTITUTO DE FOTOGRAFÍA, CARTOGRAFIA Y CATASTRO. *Atlas Socioeconómico de la provincia de San Juan.* San Juan. República Argentina. 2ª Edición. Editorial EFU, Editorial de la Universidad Nacional de San Juan. 1996.

MITLIN, D.; SATTERTHWAIT, D. *Cities and Sustainable Development,* Background Paper prepared for "Global Forum '94". Manchester, 24-28 June 1994. London: International Institute for Environment and Development, 1994.

PAPPARELLI, A.; KURBÁN, A.; CUNSULO, M. *Características de la distribución espacial en la ciudad de San Juan.* San Juan. República Argentina. Editado por Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. 1994

PAPPARELLI, A.; KURBÁN, A.; CUNSULO, M., et al, *Arquitectura y Clima en Zonas Áridas,* San Juan, República Argentina. 2ª Edición Editorial EFU, Editorial de la Universidad Nacional de San Juan UNSJ. 2001.

REES, W., *The built environment and the Ecosphere a Global Perspective,* Green building Challenge 98, Conference Proceedings, Vancouver, 1: 3-14, 1998

REES W.E. y WACKERNAGEL, M., *Urban Ecological Footprint: Why cities cannot be Sustainable, (and Why they are a key to Sustainability).* En *EIA Review,* 16:223-248. 1996.

RIOS E., PAPPARELLI, A. *Bandas Urbanas Características para la ciudad de San Juan Año 2000.* Informe Final Proyecto de Investigación, San Juan. República Argentina. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan. 2001.