

## CONDICIONES DE SOSTENIBILIDAD DE LA CIUDAD COMPACTA: ANÁLISIS DE SUPERFICIES EXPUESTAS A LA RADIACIÓN Y SOMBRAS ARROJADAS EN LA CIUDAD DE MENDOZA

### Carolina Ganem

Dra. Arq. Investigadora INCIHUSA-CONICET, Profesora Titular FAD-UNCuyo  
[cganem@mendoza-conicet.gov.ar](mailto:cganem@mendoza-conicet.gov.ar)

### Julieta Balter

Arq. Pasante INCIHUSA - CONICET  
[julietabalter@hotmail.com](mailto:julietabalter@hotmail.com)

### Helena Coch

Dra. Arq. Investigadora y Profesora Ordinaria CA1 -ETSAB - UPC  
[helena.coch@upc.edu](mailto:helena.coch@upc.edu)

Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales INCIHUSA  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas CONICET  
Casilla de correo 131. C.P. 5500. Mendoza, Argentina.  
Teléfono + 54 261 5244309 / Fax + 54 261 5244001

Departamento de Construcciones Arquitectónicas 1 - ETSAB  
Universidad Politécnica de Cataluña - UPC  
Edificio ETSAB. Diagonal 649 7a planta. C.P. 08028 Barcelona, España  
Teléfono + 34 934016422 / Fax + 34 934016426

**Palabras clave:** ciudad compacta, edificios en altura, radiación solar, impacto en el entorno

### Resumen

¿Podemos decir que toda ciudad compacta es una ciudad sostenible? ¿Cuáles son los parámetros que definen a una ciudad compacta sostenible? El objetivo de este trabajo es determinar las características de la ciudad compacta tal y como está creciendo hoy mediante el estudio en profundidad de una ciudad en plena densificación, la ciudad de Mendoza en la República Argentina. Se parte del estudio de los diferentes códigos de edificación vigentes desde su fundación y las restricciones y oportunidades que plantea cada uno. Asimismo, se analiza el impacto que producen en la ciudad los edificios en altura resultantes, en particular en lo relativo al análisis de superficies expuestas a la radiación solar incidente y a sombras arrojadas hacia el entorno inmediato.

### 1. Introducción

De acuerdo con lo expresado por Salvador Rueda, entre otros autores, partimos de la idea de la *complejidad* como esencia de ciudad. Esta se refiere a la “interacción entre los ciudadanos y sus actividades e instituciones”, refiriéndose esto al contacto, regulación, intercambio y comunicación. Por eso es que “una estrategia sostenible pensada para los sistemas urbanos se basa en el aumento de esta complejidad, es decir, en el aumento de la probabilidad de contacto entre los diversos elementos, sin que se incremente el consumo de energía”.<sup>1</sup>

El término “*complejidad*” tal y como se utiliza aquí, tiene un significado bien diferente al de “complicación”. Stengers plantea que “es precisamente esta distinción la que evidencia el hecho de que una multiplicidad de tecnologías dispersas y basadas en lógicas diferenciadas da lugar a un sistema complejo, mientras

<sup>1</sup> Rueda, S., Rieradevall, J., Doménech, X., Closes, D. y Reales, L. (1999) *La ciutat sostenible*. Centre de Cultura Contemporània de Barcelona: Barcelona.

que una megatecnología, unitaria y monológica, a pesar de su enorme complicación, se coloca en el centro de un sistema intrínsecamente simple".<sup>2</sup>

Rubén Pesci expone las ventajas de las sociedades de flujos cíclicos que reciclan, reelaboran y relacionan interactivamente a todos los elementos del sistema (*complejas*), que se contraponen a las de flujos lineales (simples en cuanto a sus interacciones). La ciudad de flujos cíclicos "reconoce una interacción relacional, sabe que de ella depende su sustentabilidad y por ello valora intensamente el manejo adecuado de sus recursos. En consecuencia protege y promueve su cultura y su diversidad, y considera el sistema científico-tecnológico motor y base de operaciones para un sistema económico-productivo sustentable".<sup>3</sup>

De acuerdo con la visión este autor, los principios que aportan a la sostenibilidad en relación al manejo y la buena administración de flujos de materia, energía e información son: la multifocalidad, la puesta en valor de las interfaces, la importancia de las ciudades con muchos y buenos espacios abiertos y el respeto por la participación. Estos términos definen la *calidad* del sistema. Los mismos se definen como:

- Multifocalidad: Consiste en alentar las proto-centralidades de actividades y espacios que se encuentran en todo barrio, en toda periferia, haciendo de ellas foco de decisión y concentración de actividades.
- Interfaces: áreas que pueden ser físicas o sociales que no sólo marcan un límite, sino un punto de interacción. En palabras del autor: Ecotonos naturales, casuística social, accidentes paisajísticos, hitos históricos: las interfaces marcan la fuerza y la necesidad de la diversidad.
- Espacios abiertos: espacios que pueden ser cubiertos o descubiertos, con vegetación o pavimentados: plazas urbanas, bulevares de paseo, polideportivos, centros culturales. Son espacios abiertos pero en sentido de su apropiación social, y se contraponen a los espacios cerrados, como aquellos no disponibles a la apropiación social generalizada y espontánea.
- Participación: se refiere a esto en cuanto a la planificación conjunta de la ciudad de proyectistas y ciudadanos, en donde una estrategia necesaria es la garantía de la opinión de este ciudadano y la intervención de autores. "La participación es un medio ineludible (en alguna al menos de sus formas) para buscar la urbanidad según esperan sus usuarios."

Sin embargo, este autor plantea la duda de si es sólo mediante la creación de un ambiente urbano de *calidad*, que se asegura un desarrollo sostenible para las ciudades. Para Ezio Manzini, "la *complejidad* del sistema, se convierte por tanto, en una indicación de su *calidad* en términos de capacidad para adaptarse y reorganizarse en relación con imprevistos".<sup>4</sup> Esta forma de planificación, desde la visión sostenible, tiende a la *compacidad* de las ciudades.

Con el aumento de la densidad, el concepto de "ciudad collage" avanzado por teóricos como Colin Rowe<sup>5</sup> se hace realidad. Según Rowe, la *compleja* estratificación de distintas formas urbanas compactas a lo largo de los siglos no es una fuente de desorden, sino que crea ciudades capaces de fomentar la sociabilidad. Las sucesivas aspiraciones humanas dan textura e identidad a las ciudades y responden a las necesidades sociales y artísticas de la cultura urbana. Por estos motivos, la combinación de compacidad y diversidad de usos constituye para Brian Edwards el único modelo urbano sostenible.<sup>6</sup>

No obstante, ¿Podemos decir que toda ciudad *compacta* es una ciudad sostenible? ¿Cuáles son los parámetros que definen a una *ciudad compacta sostenible*?

<sup>2</sup> Stengers (1985) en Manzini, E. (1991) "Physis y diseño. Interacciones entre naturaleza y cultura". *Revista Temes de Diseño* Nº5. Pp.107-117. Barcelona: ELISAVA.

<sup>3</sup> Pesci, R. (1999) *La ciudad de la urbanidad*. Buenos Aires: Artes Graficas Sifer S.R.L.

<sup>4</sup> Manzini, E. (1991) "Physis y diseño. Interacciones entre naturaleza y cultura". *Revista Temes de Diseño* Nº5. Pp.107-117. Barcelona: ELISAVA.

<sup>5</sup> Rowe, C.; Koetter, Fred. (1998) *Ciudad collage*. 2da ed. Ed. G.G.

<sup>6</sup> Edwards, B. (2004) *Tr. Sanmiguel Sousa, S. Guía básica de la sostenibilidad*. Barcelona: Ed. G.G.

En la actualidad, los centros urbanos se renuevan aumentando sus niveles de densidad debido al incremento en el valor de suelo. Esto hace que las inversiones se realicen para edificios en altura, es decir: la ciudad se hace más compacta. A medida que aumenta la densidad, los edificios son físicamente más compactos y tanto por sus propias características formales como por las interrelaciones entre edificaciones, se reducen las posibilidades que tienen los edificios de acceder a la energía renovable disponible. Demasiada proximidad física, entorpece la penetración de la luz diurna en los edificios y limita el acceso a la energía solar.

Y es aquí donde surge la duda en afirmar que toda ciudad compacta es una ciudad sostenible. No queda claro si se crece en un sistema unitario y monológico, que solo incrementa su densidad pero no sus interacciones o sus oportunidades sostenibles, o si se hace lugar, mediante la compacidad, a un sistema complejo y rico en soluciones adaptativas que interactúan y conviven entre sí.

## 2. Objetivo

El objetivo de este trabajo es determinar las características de la ciudad compacta tal y como está creciendo hoy mediante el estudio de una ciudad en plena densificación, la ciudad de Mendoza en la República Argentina. La normativa plantea el límite de lo posible, de ahí su importancia fundamental en este análisis. Se parte del análisis de los diferentes códigos de edificación vigentes en la ciudad de Mendoza y las restricciones y oportunidades que plantea cada uno para inferir si se están moldeando sistemas "complejos" o "complicados". Asimismo, se analiza el impacto que producen en la ciudad los edificios en altura resultantes, en particular en lo relativo al análisis de superficies expuestas a la radiación solar incidente y a sombras arrojadas hacia el entorno inmediato.

## 3. Metodología

- a- Identificación y selección de casos de estudio: se han analizado las inmediaciones de la Plaza España en la Ciudad de Mendoza, Argentina en donde coexisten cuatro edificios de alta densidad pertenecientes a distintos momentos históricos (Edificio Kolton I: década del 50, Kolton II: década del 70, Kolton III: década del 80 y Edificio Cioffi 2008). Los mismos presentan volumetrías, densidades y materializaciones diferentes debido a que responden a distintos códigos de edificación vigentes al momento de su construcción.
- b- Estudio comparativo de los dos códigos de edificación vigentes desde el año 1944 en la ciudad de Mendoza, Argentina. Análisis de los aspectos normativos referidos a: retiros obligatorios (frontales, laterales y corazón de manzana), alturas mínimas y máximas y factor mínimo y máximo de ocupación de suelo para determinar las restricciones y oportunidades que plantea cada uno en las construcciones que se rigieron por ellos.
- c- Análisis de los impactos resultantes en los aspectos de radiación incidente y sombras arrojadas para los casos de estudio. Cálculo de la superficie expuesta total y de la superficie expuesta al ecuador (orientación Norte para el Hemisferio Sur) Análisis de la radiación solar incidente y de los impactos derivados de la interacción entre casos. Estudio de las sombras arrojadas por los edificios en altura estudiados sobre su entorno inmediato de baja densidad.

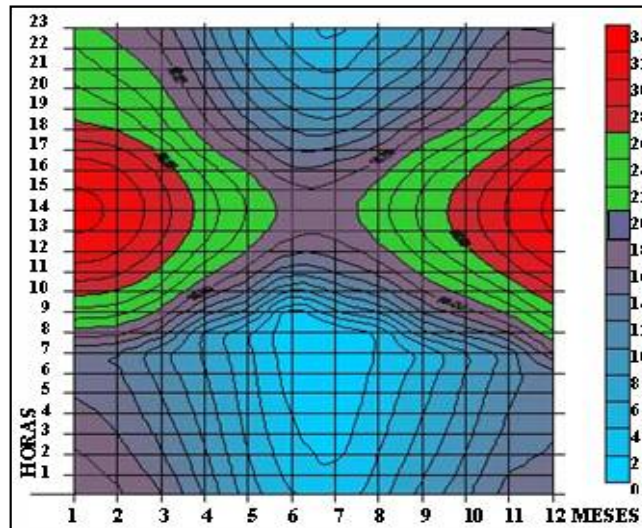
## 4. Caso de Estudio: La ciudad de Mendoza

La ciudad de Mendoza, Argentina está ubicada a 32° 40' Latitud Sur, 68° 51' Longitud Oeste y 827 metros sobre el nivel del mar. La necesidad anual de calefacción en Grados-Día (base 18°C) es de 1384°C día/año y la necesidad de enfriamiento anual en Grados-Día (base 23°C) es de 138°C día/año. La radiación global sobre superficie horizontal promedio anual es de 17.9 [MJ/m<sup>2</sup>.día]. Las temperaturas varían entre -6°C en Invierno y 37°C en verano, con variaciones diarias de aproximadamente 10 a 20°C. La ciudad presenta un clima templado continental.

La complejidad de este tipo de climas requiere de una variedad de respuestas por parte de la envolvente, para lograr adaptarse a las significativas variaciones diarias y estacionales que presentan las condiciones climáticas externas. Pero esto sólo es posible si la envolvente expuesta tiene acceso a las energías renovables disponibles. En la Figura 1 se observa el calendario de temperaturas promedio para cada mes

y hora del año. En el mismo se encuentra delimitada en verde la zona de confort entre los 21°C y los 27°C. Los colores rojos representan temperaturas superiores, y los azules temperaturas inferiores a dicha zona. En los meses de invierno notamos una importante necesidad de calefacción. Mayo, Junio y Julio presentan temperaturas cercanas a 0°C aproximadamente 6-8 horas al día y sólo las 2 horas en las que se encuentra comprendido el mediodía solar (entre las 13 y las 14 horas oficiales) las temperaturas pueden llegar a los 18°C.

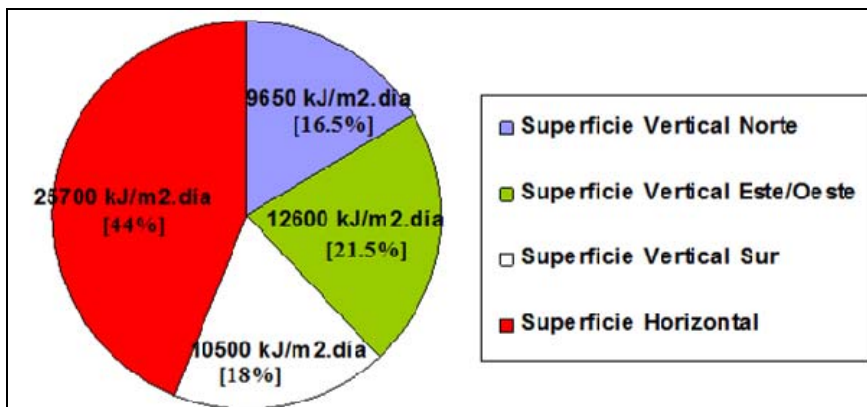
**Figura 1. Calendario de temperaturas promedio para cada mes y hora del año de la ciudad de Mendoza**



Fuente: De los autores a partir de información suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino

En el caso de la estación estival, el sol se encuentra en una posición casi perpendicular a la tierra en el mediodía solar. En consecuencia, las superficies horizontales (techos) son las que reciben mayor energía solar durante el día. En el mes de diciembre (verano) a las 12 horas solar, la altitud del sol es de 82° para la ciudad de Mendoza. En la Figura 2 se presenta la distribución de la radiación solar recibida en un día de verano en las distintas superficies verticales: Norte, Este/Oeste y Sur y en la superficie horizontal. Se puede observar que la superficie horizontal recibe 25.7 MJ/m<sup>2</sup> por día, equivalente al 44% del total de radiación incidente. Mientras que los paramentos verticales reciben cantidades casi equivalentes en el orden de los 10 MJ/m<sup>2</sup> en promedio.

**Figura 2. Radiación incidente diaria en verano para las distintas superficies verticales y para la superficie horizontal**

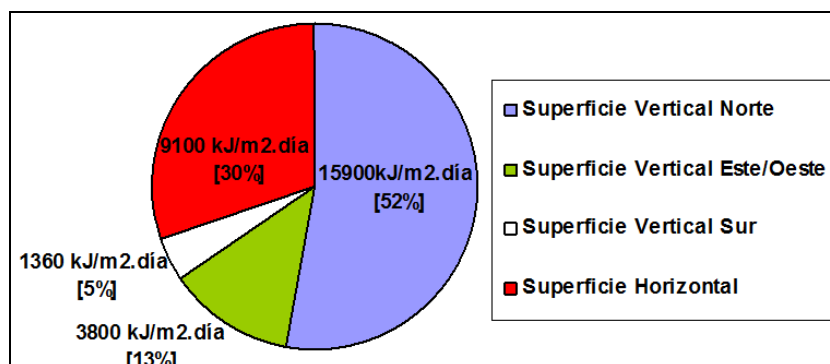


Fuente: De los autores a partir de información suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino

En el caso de la estación invernal, el sol se encuentra a una altitud de 32° en el mediodía solar en la ciudad de Mendoza. En consecuencia, las superficies verticales orientadas hacia el Ecuador (Norte) son las que reciben mayor cantidad de energía solar durante el día (52%).

En la Figura 3 se presenta la distribución de la radiación solar recibida en un día de invierno en las distintas orientaciones de superficies verticales: Norte, Este/Oeste y Sur y en la superficie horizontal. Se puede observar que la superficie vertical Norte recibe 15.9 MJ/m<sup>2</sup> por día, y la superficie horizontal 9.1 MJ/m<sup>2</sup> por día siendo estas las superficies que reciben la mayor cantidad de radiación incidente diaria.

**Figura 3. Radiación incidente diaria en invierno para las distintas superficies verticales y para la superficie horizontal**



Fuente: De los autores a partir de información suministrada por el Servicio Meteorológico Nacional Argentino

En la ciudad de Mendoza, sólo el 14% de los días presentan el cielo cubierto. En el resto de los días, en mayor o menor medida, el uso de sistemas de aprovechamiento de la radiación solar es factible en invierno, así como son necesarios en verano, los sistemas de protección a la radiación.

Debido a la abundante disponibilidad de energía solar, se hace necesario analizar las posibilidades de acceso a la misma que presentan los edificios en la ciudad de Mendoza, especialmente en el actual proceso de densificación.

### 5. La ciudad de Mendoza y sus reglamentaciones

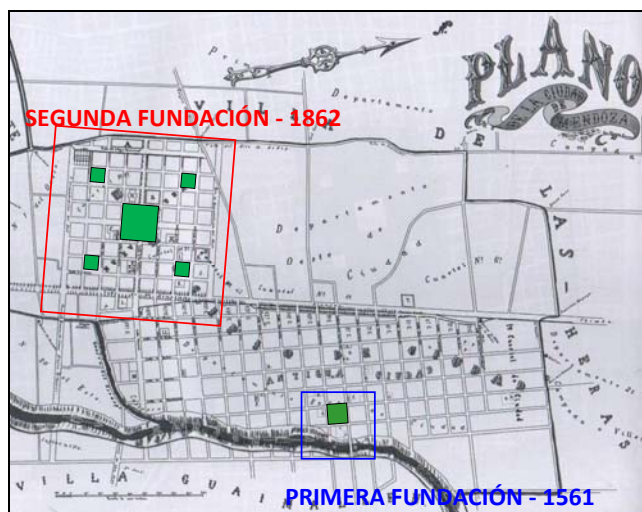
Para comprender la morfología actual de la ciudad de Mendoza debemos saber que ésta fue fundada en la época de la colonización española, en 1561. Y que, debido al alto grado de sismicidad de la zona, en 1861, un gran terremoto destruye la mayor parte de las edificaciones coloniales, lo que motiva la construcción de una “Ciudad Nueva” aproximadamente a 3 kilómetros de la antigua, girada 5° hacia el Este respecto de la trama anterior.

Ésta es la base de la ciudad actual, la cual surge a partir de un nuevo ordenamiento realizado, por el agrimensor francés Julio Balloffet y que incluye una plaza mayor (Plaza Independencia) característica de las fundaciones de ciudades nuevas y la particularidad de la disposición estratégica de cuatro plazas menores circundándola (plazas: España, Italia, Chile y San Martín).

En la figura 4 se presenta el plano de la ciudad de Mendoza de 1872. Allí se observan por un lado, en el sector inferior derecho (al Nor-Este) la plaza Pedro del Castillo, correspondiente a la primera fundación. Y, por el otro lado (hacia el Sur-Oeste) las cinco plazas correspondientes a la segunda fundación.

Si bien se intentó reemplazar la trama devastada por el terremoto con la nueva trama, ésta subsistió y hoy la ciudad está conformada por ambas, siendo el principal centro de actividades la plaza Independencia perteneciente a la segunda fundación.

Figura 4. Plano de la ciudad de Mendoza de 1872



Fuente: Ponte, R. (1987) Mendoza. Aquella ciudad de barro. Mendoza: Municipalidad de Capital. EDICION 2008.

El primer antecedente referido al control municipal de las alturas de la edificación se encuentra en la legislación de la "Nueva Ciudad" en 1863 en donde se establece una "altura de 5 varas alrededor de la Plaza Independencia". En 1902 aparece el Primer Reglamento Municipal de Construcciones, y a partir de aquí se producen modificaciones en el reglamento en 1927 cuando el mismo se transforma en Reglamento General de Construcciones y en 1944, hasta llegar al denominado Código de Edificación de 1972 aún vigente y actualmente en revisión.

A continuación se analiza la evolución de la normativa con respecto los siguientes parámetros: alturas, retiros, basamentos y ocupación del suelo para las modificaciones en 1944 al Reglamento General de construcciones de 1927, y para el código de edificación vigente desde 1970 debido. Dicha normativa es de interés para los casos en estudio que se presentarán más adelante.

#### 5.1 Normas antisísmicas (1944) y reglamentaciones referidas a la morfología urbana (1948-1952) modificatorias al Reglamento General de 1927

- Retiros y alturas.
  - Antecedentes: en 1941 se proyecta un "Plan Regulador para la ciudad de Mendoza", que entre muchas otras propuestas, sugiere la zonificación de la ciudad por altura de edificios, y por áreas edificables y espacios libres contiguos. También propone establecer retiros de frente o costado según zonas; y establecer un régimen parcial de alturas uniformes y de arquitectura ordenada. Este plan no fue llevado a la práctica debido a que la ideología del partido gobernante no concordaba con esta propuesta que estaba impregnada del idealismo social de los Congresos Internacionales de Arquitectura Moderna (CIAM); sin embargo si se aprovecharon algunas recomendaciones urbanísticas. El antecedente fundamental para la aplicación de las normas del 44 es el terremoto en San Juan que destruye totalmente a la ciudad (igual que a Mendoza en 1861).
  - Aplicación: quedan establecidas las alturas de los alzados de edificios a construirse según las avenidas, calles y frentes de plazas en las que se encuentren. Estas van de los 18 metros (mínimo) en la avenida principal hasta los 7 metros en calles secundarias. En la Plaza Mayor la altura mínima es de 15 metros y en Plaza España es de 7 metros.
  - Consecuencias en la construcción: las modificaciones referidas a la morfología urbana se deben a un auge en la construcción promovida por el gobierno y por la situación política-social del país perteneciente a un período de "Nacionalismo Popular". Aumentan significativamente las alturas

reglamentarias mínimas, jerarquizando así calles, avenidas y plazas."Se advierte gran homogeneidad en las imágenes de los '40 y '50 debido a que se establece que estas alturas pueden edificarse de acuerdo al ambiente de su habitabilidad pero sobre su alzado se guardará armonía con los edificios contiguos"<sup>7</sup>

- Basamento y ocupación del suelo.

- No se hace alusión

## 5.2 Código de edificación (1970)

- Retiros y alturas. *"Sobre el basamento se permite la construcción de torres que deben tener retiros (frontales, laterales y posteriores), medidos desde el perímetro del basamento"*.

- Antecedentes: el retiro obligatorio frontal se promueve fundamentalmente para proteger la vegetación callejera, que en la ciudad de Mendoza posee características de "valor ambiental". La condición sísmica es otro fundamento importante.
- Aplicación: los retiros frontal y laterales son de 3 metros; el posterior es de 6 metros; debiendo quedar la torre inscrita en un ángulo vertical de 75° con su vértice a nivel del basamento. La altura máxima total del edificio debe ser igual o menor al ancho total de calle y se puede superar aumentando el retiro frontal (dentro de un ángulo de 45°). Si no se construye el basamento, la torre arranca desde el nivel de la cota de vereda con los mismos retiros fijados.
- Consecuencias en la construcción: Se impiden grandes edificios en terrenos muy chicos (por la limitación de la torre). Se preservan los centros de manzanas por el retiro posterior y se evitan edificios colindantes en altura.

- Basamento. *"Construcciones que pueden desarrollarse hasta los límites de los predios, siempre que no superen las alturas máximas que se determinan según el ancho de la vereda"*.

- Antecedentes: el argumento fundamental es la seguridad en los sismos en los edificios altos, y al mismo tiempo la protección de los árboles.
- Aplicación: la altura de basamento se toma con respecto a la cota de vereda, se considera como altura máxima a la de la cubierta de techo terminada. Si se supera la altura (que va de 4,50 metros para veredas menores a 3 metros; hasta los 12 metros de altura para veredas mayores a 8 metros), ésta debe estar inscrita en un ángulo de 45° cuyo vértice se encuentre en la línea de edificación.
- Consecuencias en la construcción: gran innovación en lo morfológico debido al escalonamiento que se genera en los edificios.

- Ocupación del suelo.

- *Factor de ocupación del suelo (F.O.S.):* es el porcentaje de la superficie útil de parcela que se puede ocupar con los usos establecidos; el resto se destina a espacios libres con tratamiento paisajístico. El objetivo es controlar la superficie de la parcela a ocupar por la edificación.
- Aplicación: se obtiene multiplicando el factor de ocupación por la superficie de la parcela. Se establece un F.O.S. mínimo y un máximo para cada zona, en relación a la superficie de la parcela.

<sup>7</sup> Ponte, R. (1987) Mendoza. Aquella ciudad de barro. Mendoza: Municipalidad de Capital. EDICION 2008.

- Consecuencias en la construcción: previene la ocupación continua o total de la parcela, y obliga a que queden espacios libres (patios).
- *Factor de ocupación total (F.O.T.):* es el cómputo de la superficie total edificable. El objetivo es controlar la superficie cubierta total edificable en la parcela.
- Aplicación: se obtiene multiplicando el factor de ocupación por la superficie de la parcela. Se establece F.O.T. mínimo y máximo para cada zona en relación a la superficie de la parcela.
- Consecuencias en la construcción: quedan definidas zonas de alta, media y baja densidad.

**6. Estudio de casos: Edificios en altura de alta densidad.**

Se han abordado las inmediaciones de la Plaza España, en el cuadrante Sur-Este de la Plaza mayor de la ciudad (Plaza Independencia). Los casos de estudio se sitúan en la manzana Oeste en relación con la plaza España. En la Figura 5 se localiza la manzana en análisis y los edificios de estudio en su alzado Este.

**Figura 5. Esquema de las cinco plazas y manzana en estudio. Fotografías de Plaza España y de los edificios en altura a analizar**



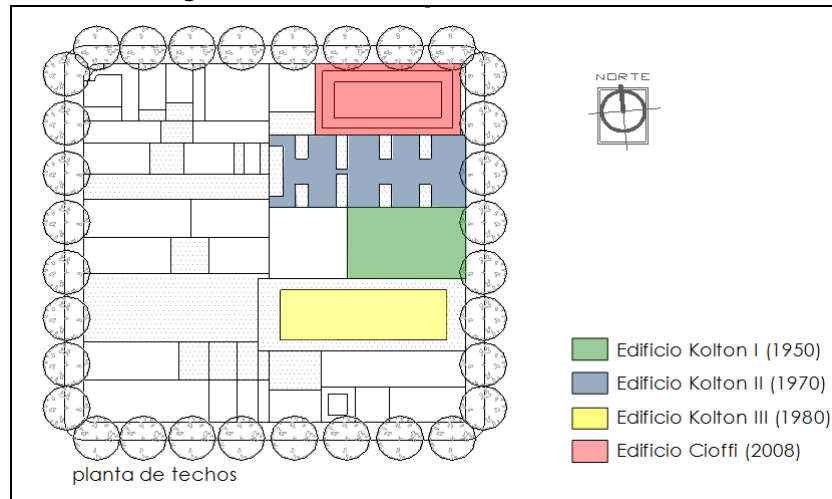
Fuente: De los autores

Se identifican para su análisis los cuatro edificios de alta densidad pertenecientes a distintos momentos históricos: Edificio Kolton I (década del 50), Edificio Kolton II (década del 70), Edificio Kolton III (década



del 80) y Edificio Cioffi (2008). En la Figura 6 se identifican los mismos en planta y se les asigna a cada uno un color de referencia.

**Figura 6. Edificios de alta densidad en estudio**



Fuente: De los autores

#### 6.1 Superficies expuestas a radiación solar

Con respecto a la relación de los edificios y las reglamentaciones vigentes en su momento de construcción observamos que los dos edificios más antiguos (Kolton I y Kolton II) se rigen por las modificaciones en el Reglamento General de Edificación en 1944.

El primer edificio: Kolton I, perteneciente a la década del 50, presenta una volumetría compacta al ras de la línea de edificación. Esto concuerda con la reglamentación de la época en donde se establece una altura mínima en los alzados de plazas y avenidas principales, para lograr la jerarquización de zonas. En la Plaza España la altura mínima es de 7m.

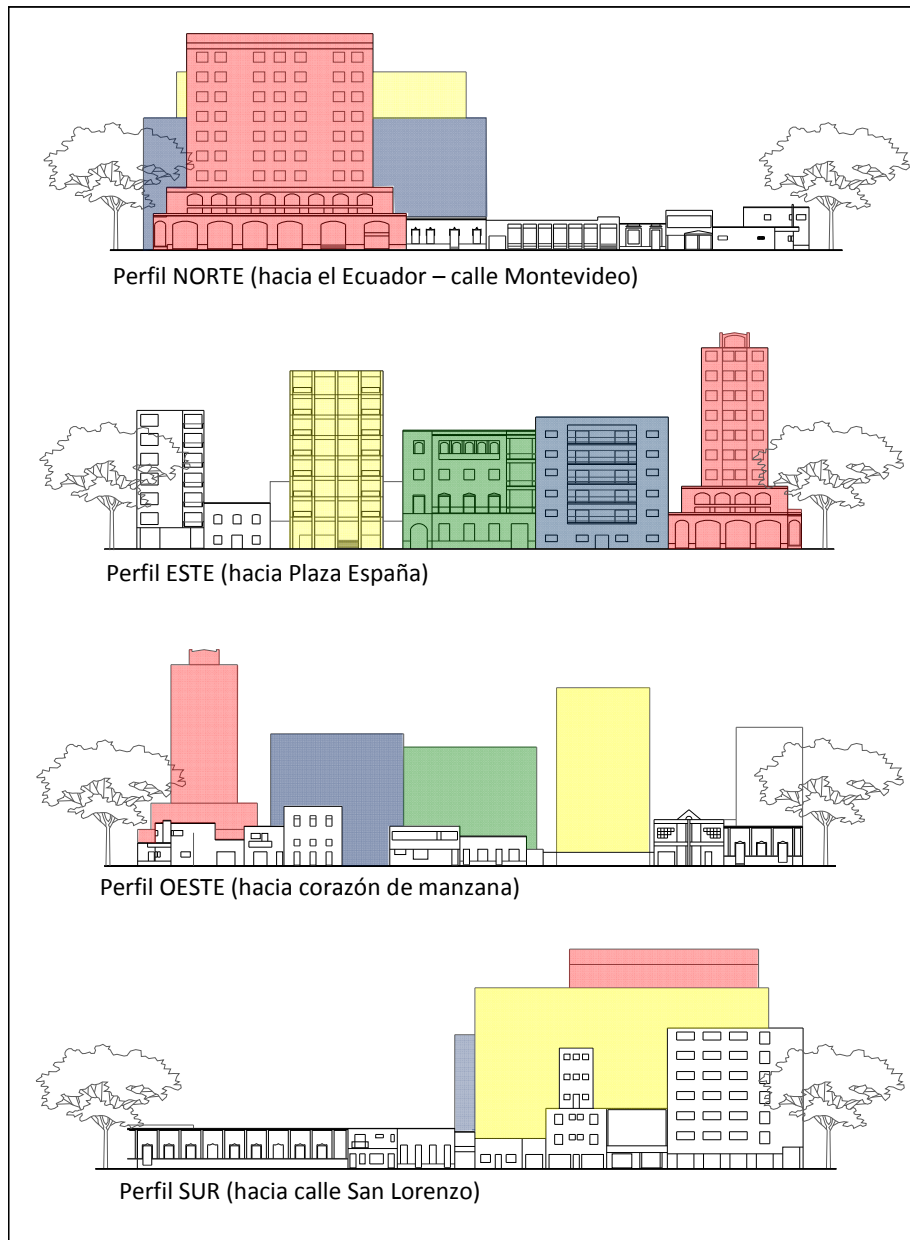
El edificio analizado tiene 18m de altura y presenta características historicistas en su alzado. El edificio Kolton II, construido en los 70, no llega a regirse por el código de edificación de 1972, ya que no existe ningún tipo de retiros. Si se observan en la planta de techos los dientes de los patios interiores, de impronta moderna, necesarios para dar luz y ventilación a los ambientes de un edificio de seis plantas y 51 metros de profundidad.

En cambio, los restantes dos edificios, se rigen mediante el código de edificación de 1972 que actualmente sigue vigente. El edificio Kolton III, de la década del 80, presenta un retiro frontal de 5 metros, posterior de 6 metros y laterales de 3 metros.

Con una altura de 27 metros (ocho plantas) claramente se adapta a la nueva normativa, quedando la torre inscrita en un ángulo vertical no mayor a 75°. Por último el edificio Cioffi, construido en el 2008 en la esquina noreste de la manzana analizada, consta de un basamento de 5.50 metros de altura en la línea de edificación que da al Norte y se separa 1.50 de la línea de edificación en la vereda este. El escalonamiento que refleja la volumetría del edificio es un claro ejemplo del cumplimiento del código de edificación.

Los casos analizados presentan su alzado principal hacia el Este. En la Figura 7 se observan los perfiles en todas las orientaciones, identificando con color la superficie expuesta de cada edificio. Los colores utilizados siguen la referencia establecida para la Figura 6, siendo el color Verde para el edificio Kolton I, el color azul para el edificio Kolton II, el color amarillo, para el edificio Kolton III y el color rosa para el edificio Cioffi.

Figura 7. Edificios en estudio. Superficies expuestas en las distintas orientaciones



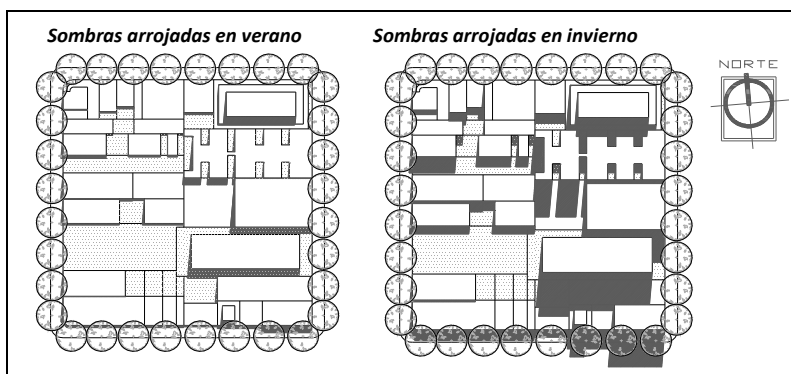
Fuente: De los autores

## 6.2 Sombras arrojadas

A fin de completar el análisis desarrollado en referencia a los edificios en altura que presenta la manzana en estudio y el impacto de las sombras arrojadas a su entorno inmediato se presenta la Figura 8. En la misma se observan las sombras proyectadas en verano y en invierno al mediodía solar. En verano las sombras no son significativas, por lo que la necesidad de hacer frente al recurso solar disponible mediante protecciones solares, es equivalente a una situación de densidad homogénea.

En el caso de invierno, dichas sombras afectan los terrenos colindantes impidiéndoles el acceso al recurso disponible, en este caso necesario para una aproximación natural al confort térmico. Las grandes diferencias en cuanto a la densidad incrementan las desventajas observadas, ya que las edificaciones más perjudicadas por las sombras son las de baja densidad mientras que entre las de alta densidad las dificultades son menores.

Figura 8. Sombras arrojadas al entorno inmediato por los edificios en altura



Fuente: De los autores

Debido a que en este trabajo nos interesa comprender la situación particular de la convivencia de distintos edificios en altura colindantes, los resultados se centrarán principalmente en los impactos que se ocasionan entre ellos para el acceso al recurso en invierno, que es cuando las sombras intervinientes impiden el acceso pleno al recurso para cada uno de los casos de estudio.

### 7. Resultados

En la Tabla 1 se presentan para cada edificio en estudio, las áreas resultantes para cada orientación, las superficies expuestas al Norte y techo (que presentan una mayor posibilidad de un aprovechamiento pasivo de la energía solar), y las superficies expuestas totales.

Tabla 1. Superficies expuestas por orientación, hacia el Ecuador (Norte) y techos, y superficies expuestas totales (en m2)

	Kolton I	Kolton II	Kolton III	Cioffi
Norte	0.0	475.0	561.0	997.4
Sur	558.0	661.1	1174.5	788.4
Este	360.0	400.0	378.0	394.3
Oeste	360.0	400.0	378.0	326.8
Techo	620.4	801.0	609.0	760.0
Norte y techo	620.4	1276.0	1170.0	1757.4
Total	1898.4	2737.1	3100.5	3266.9

Fuente: De los autores

En la Tabla 2 se presenta, para cada caso de estudio, la radiación incidente diaria de acuerdo a la orientación de la superficie expuesta para invierno.

Tabla 2. Radiación incidente promedio diario en invierno para cada caso de estudio (en MJ/m2.día)

INVIERNO	Kolton I	Kolton II	Kolton III	Cioffi
Norte	0.0	7552.5	8919.9	15858.7
Sur	725.4	859.4	1526.9	1024.9
Este	1368.0	1520.0	1436.4	1498.3
Oeste	1368.0	1520.0	1436.4	1241.8
Techo	5645.6	7289.1	5541.9	6916.0
Norte y techo	5645.6	14841.6	14461.8	22774.7
Total	9107.0	18741.0	18861.5	26539.8

Fuente: De los autores

De los resultados obtenidos se observa que el caso que tiene menos posibilidades de acceso a la radiación solar incidente es el edificio Kolton I. En este edificio, del total de la superficie, el 32.7% de la misma corresponde al techo y no presenta superficie expuesta al Norte. Cabe aclarar que este fue el primero en construirse y si bien no presentaba ventanas al Norte, la aparición de los siguientes edificios limitó su apertura a la incidencia solar.

El edificio Kolton II, construido dos décadas después, no presenta retiros laterales porque en ese momento no se exigían por normativa, y como resultado, colinda con el alzado Norte del edificio Kolton I. Esta situación plantea un problema para el aprovechamiento pasivo de la energía solar en donde sólo es posible la misma a partir del techo con una radiación incidente calculada de 5645.64 MJ/m<sup>2</sup>.día promedio en invierno para el mes de junio. Dicho valor se incrementa a 9107.04 MJ/m<sup>2</sup>.día si consideramos la radiación incidente directa y difusa en todas las orientaciones.

En el edificio Kolton II, la superficie expuesta a la radiación solar en el Norte, techos y patios interiores es de un 46.6% de la superficie total. Dicha superficie hasta el año 2008 era superior (59.4%) debido a que no habían edificios en altura contiguos en la orientación Norte. A partir de la construcción del edificio Cioffi, dicho porcentaje se reduce, pero sin embargo, el edificio no queda bloqueado hacia el Norte, beneficiándose en principal medida por el basamento y retiros exigidos por normativa al nuevo edificio.

Debido a que el edificio presenta un esquema de organización lineal en peine (mediante patios interiores) en el eje Este-Oeste, principalmente la mitad Norte del edificio está beneficiada por las posibilidades de acceso al sol del mismo. Esto implica que dicha mitad ganará calor en forma pasiva a través de su envolvente.

La radiación incidente a través del alzado Norte es de 7552.5 MJ/m<sup>2</sup>.día, y la correspondiente a la superficie horizontal (techo) es de 7289.1 MJ/m<sup>2</sup>.día, sumando un total de 14841.6 MJ/m<sup>2</sup>.día promedio en invierno para el mes de junio. Dicho valor se incrementa a 18741.03 MJ/m<sup>2</sup>.día si consideramos la radiación incidente directa y difusa en todas las orientaciones.

En el tercer edificio construido, el Kolton III, la superficie expuesta a la mayor incidencia solar (hacia el Norte y en los techos) es de un 37.7% de la superficie total. Si bien este edificio se construyó bajo el último código de edificación, respetando los retiros mínimos obligatorios, el hecho de encontrarse tras tres edificios hacia la orientación Norte, reduce sus posibilidades de captación solar. La radiación incidente a través del alzado Norte es de 8919.9 MJ/m<sup>2</sup>.día, y la correspondiente a la superficie horizontal (techo) es de 5541.9 MJ/m<sup>2</sup>.día, sumando un total de 14461.8 MJ/m<sup>2</sup>.día promedio en invierno para el mes de junio. Dicho valor se incrementa a 18861.4 MJ/m<sup>2</sup>.día si consideramos la radiación incidente directa y difusa en todas las orientaciones. Estos valores son similares a los del edificio Kolton II.

Por último, el edificio Cioffi, recibe de la superficie expuesta total un 53.8% de la radiación solar en el Norte y techos. Esta construcción se beneficia claramente debido a que el terreno donde se encuentra está en la esquina, sobre la calle Montevideo, recibiendo así la mayor radiación hacia el Norte. Esta situación hace que la radiación incidente en la superficie Norte se duplique con respecto a los casos Kolton II y III. La radiación incidente a través del alzado Norte es de 15858.7 MJ/m<sup>2</sup>.día, y la correspondiente a la superficie horizontal (techo) es de 6916 MJ/m<sup>2</sup>.día, sumando un total de 22774.7 MJ/m<sup>2</sup>.día promedio en invierno para el mes de junio. Dicho valor se incrementa a 26539.8 MJ/m<sup>2</sup>.día si consideramos la radiación incidente directa y difusa en todas las orientaciones.

## 8. Conclusiones

La relación entre forma urbana y sostenibilidad es uno de los debates más difíciles de definir en la actualidad. Los criterios bajo los cuales las ciudades deben desarrollarse son aspecto centrales en esta preocupación. Sin embargo, mientras la teoría trata de definir parámetros ideales de sostenibilidad la ciudad sigue su curso de crecimiento bajo los límites que le impone la normativa. Este trabajo es una aproximación al gran dilema de la compacidad urbana en su carácter sostenible a partir del trabajo en una ciudad particular en vías de densificación y, en ella, puntualmente, el análisis de cuatro edificios.

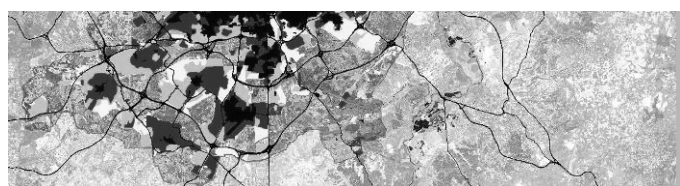
En el caso de estudio, se observa que si bien la normativa vigente presenta ciertas fortalezas en lo referido a exigencias morfológicas entre edificios, que benefician en su interacción el acceso al recurso solar, existen todavía muchos temas por tratar. Entre ellos están los corazones de manzana, antiguos pulmones verdes de la ciudad, que hoy han sido construidos y han perdido sus funciones ambientales y sociales. Asimismo, sería conveniente que se delimitaran las áreas en donde se priorizará el crecimiento urbano debido a que en la actualidad se va densificando en forma desordenada.

Todo esto está también en relación con los procesos económicos muy variables, especialmente en los países en desarrollo, que generan crecimientos rápidos seguidos de años en los que no se realizan grandes renovaciones edilicias. Por este motivo se corre el riesgo de que la convivencia entre alta y baja densidad se mantenga por muchos años (por más de 60 años si tomamos como referente el caso de estudio, en el que el primer edificio en altura se construyó en la década del 50 y aún queda más de la mitad de la manzana por densificar) generando mayores impactos que si se logra reglar esta variable en distintas zonas de la ciudad dirigiendo su crecimiento.

Se concluye afirmando que se observa una complejización positiva de la normativa edilicia entre 1944 y la actualidad en el caso de estudio, sin embargo todavía no hemos llegado a la complejidad necesaria para poder afirmar que la densificación de la ciudad presenta una tendencia clara hacia la sostenibilidad.

### Bibliografía

- Bastías, L.;** Ganem, C.; Cantón A. (2008) "Evaluación subjetiva de la inserción de edificios en altura dentro de la trama consolidada. El caso de la ciudad de Mendoza". Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente – AVERMA Vol. 12 Pag. 1.147 – 1.154. Salta: INENCO-UNSa.
- Edwards, B.** (2004) Tr. Sanmiguel Sousa, S. Guía básica de la sostenibilidad. Barcelona: G.G.
- García Vázquez, C.** (2004) Ciudad Hojaldre. Barcelona: G.G.
- Jenks, M.;** Burton, E.; Williams, K. (1996) The Compact City: A sustainable urban form? New York: E&F Spon.
- Manzini, E.** (1991) "Physis y diseño. Interacciones entre naturaleza y cultura". Revista Temes de Diseño N°5. Pag.107-117. Barcelona: ELISAVA.
- Pesci, R.** (1999) La ciudad de la urbanidad. Buenos Aires: Artes Graficas Sifer S.R.L.
- Ponte, R.** (1987) Mendoza. Aquella ciudad de barro. Mendoza: Municipalidad de Capital. (Ed. 2008.)
- Rowe, C.;** Koetter, Fred. (1998) Ciudad collage. 2da ed. G.G.
- Rueda, S.,** Rieradevall, J., Doménech. X., Closes, D. y Reales, L. (1999) La ciutat sostenible. Centre de Cultura Contemporànea de Barcelona: Barcelona.
- Stengers** (1985) en Manzini, E. (1991) "Physis y diseño. Interacciones entre naturaleza y cultura". Revista Temes de Diseño N°5. Pag.107-117. Barcelona: ELISAVA.



SCTV

BARCELONA 2009