

# **SIG para la Gestión Eficiente de la Información Urbanística Local**

Pilar Garcia-Almirall<sup>a</sup>, Montserrat Moix Bergadà<sup>b</sup> y Francesc Valls Dalmau<sup>c</sup>

## **Resumen**

La dificultad de hacer el seguimiento del grado de cumplimiento del planeamiento urbanístico con la realidad construida y cambiante en la ciudad, demanda el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la gestión local para desarrollar y mantener un conocimiento preciso de las características físicas, urbanas y económicas del parque inmobiliario, así como de las determinaciones de planeamiento que afectan a los valores de su potencial edificable y urbano. En este trabajo se propone implementar un nuevo proceso innovador para el estudio y la gestión de la ciudad con SIG, dónde se establecen las pautas para obtener el potencial urbanístico de un ámbito, un barrio o una ciudad, a partir de la comparación de la realidad existente con el planeamiento urbanístico, detectando de manera automática tanto las parcelas que no agotan su potencial como las que están sobreedificadas. Para ello se ha realizado un estudio piloto en el núcleo antiguo del barrio de Sant Andreu de Barcelona, el cual está en un proceso de modificación del planeamiento general vigente, afrontando el reto de desarrollar nuevas herramientas que permitan emular las consecuencias de las modificaciones y acometer una gestión eficiente de la información urbanística local.

## **Palabras clave**

planificación urbana, regeneración, participación, gestión local, SIG

---

<sup>a</sup> Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV), Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), e-mail: pilar.garcia-almirall@upc.edu

<sup>b</sup> Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV), Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), e-mail: montserrat.moix@upc.edu

<sup>c</sup> Centro de Política de Suelo y Valoraciones (CPSV), Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), e-mail: francesc.valls@upc.edu

## Introducción

Ante los cambios económicos y sociales, los procesos urbanos deben ser replanteados. La ciudad del futuro exige repensar la manera de hacer ciudad, orientar con precisión los modelos de regeneración urbana, y las tecnologías están ayudando a propiciar este nuevo escenario (Garcia-Almirall & Roca Cladera, 2003).

Los entes locales requieren, cada vez más, de herramientas de gestión de la información urbanística de alta precisión para acometer cálculos y evaluar escenarios de reordenación de los tejidos consolidados (Garcia-Almirall, 1997).

En el año 2007 el CPSV inició un estudio de los parámetros urbanísticos de Barcelona para el Gabinete de Estudios Urbanísticos del ayuntamiento de esta ciudad, se calcularon 15 parámetros distintos a nivel de manzana para los 10 distritos. En ese proyecto se evidenció la potencialidad que aportan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) frente al CAD tradicional –la herramienta de trabajo usada en aquel momento en el Gabinete era MicroStation–.

Más recientemente, en el año 2010 –con la incorporación del SIG en el trabajo diario del equipo técnico del Gabinete– se desarrolló un prototipo de gestión de la información con una metodología innovadora implementado en Geomedia Professional –software SIG implantado en el Ayuntamiento de Barcelona–. Los objetivos que se pretendía alcanzar con este proyecto eran:

- Implementar un proceso parametrizado para cuantificar automáticamente el grado de conformidad de la edificación al Planeamiento vigente en un entorno SIG.
- Facilitar el cálculo del volumen edificado y del potencial urbanístico de un ámbito para valorar diferentes escenarios de modificación de Planeamiento.
- Agilizar la gestión de la información urbanística para la toma de decisiones en el ámbito local.

Así, el objeto de esta ponencia se centra en los requerimientos de este SIG, la estructuración e incorporación de información y la metodología de los procesos de análisis desarrollados para poder cuantificar con precisión el cambio de la edificabilidad permitida del Planeamiento.

## Caso de estudio

Como caso piloto de estudio se ha escogido el núcleo antiguo del distrito de Sant Andreu de Barcelona, para el desarrollo y la aplicación de la metodología que incorpora procesos innovadores –aportados por los SIG– en la gestión urbanística del ámbito local. La elección de este núcleo ha sido motivada por el hecho que el Ayuntamiento de Barcelona está actualmente trabajando en la modificación del Plan General Metropolitano (PGM) y la existencia de dificultades que encuentra para realizar una estimación precisa del volumen edificado actualmente, el volumen potencial edificable dictado por el planeamiento vigente y el del nuevo planeamiento propuesto.

El ámbito de estudio se caracteriza por tener unas calificaciones urbanísticas de núcleo antiguo i ensanche, reuniendo una complejidad real en su trazado histórico y una realidad de urbanización y transformación importantes. Con una superficie de 90 hectáreas y 2.775 parcelas –que forman 148 manzanas–, el ámbito queda delimitado por las calles Concepción Arenal, Pare Manyanet, Segre y Joan Torres y se estructura alrededor de un eje central, la calle comercial de Gran de Sant Andreu (Figura 1).



Figura 1: Ámbito de estudio

## **Requerimientos del SIG**

La necesidad de cuantificar con exactitud los efectos de las modificaciones del Planeamiento conlleva disponer de cartografía fiable con el volumen de la edificación actual, así como también con el volumen edificable que marca la normativa urbanística. Estas bases deben permitir identificar las parcelas que exceden la volumetría edificable –sobreedificadas– o las que no agotan su potencial –subedificadas– y así poder identificar las parcelas con capacidad de incorporar edificación o nuevos usos necesarios en los núcleos ya consolidados.

Las principales virtudes de las herramientas SIG (Garcia-Almirall, 1995) son su capacidad de integrar y sumar todas estas bases georeferenciadas (urbanismo, catastro, edificación..), la enorme potencialidad de análisis geoespacial que ofrecen, el soporte a la toma de decisiones a la vista de simulaciones de cálculo de los efectos (físicos, económicos..) de los cambios en el planeamiento.

### **Problemática en la información de base**

El sistema desarrollado se alimenta de cartografía facilitada por el Ayuntamiento de Barcelona –como el parcelario y la volumetría de la edificación existente–, aunque otra parte fundamental de la información –como es la volumetría edificable prevista por el Planeamiento– no está elaborada y, por lo tanto, ha sido imprescindible digitalizarla. La cartografía de la volumetría edificable inexistente en el PGM, se ha elaborado a partir las normas urbanísticas (Corporación Metropolitana de Barcelona, 1976) y la interpretación de las mismas sobre la compleja realidad del tejido urbano (Ribas Piera, 1982).

La incorporación de todas las bases al sistema ha conllevado realizar diversos procesos de verificación y validación (Garcia Almirall, et al., 2011) no exentos de problemas.

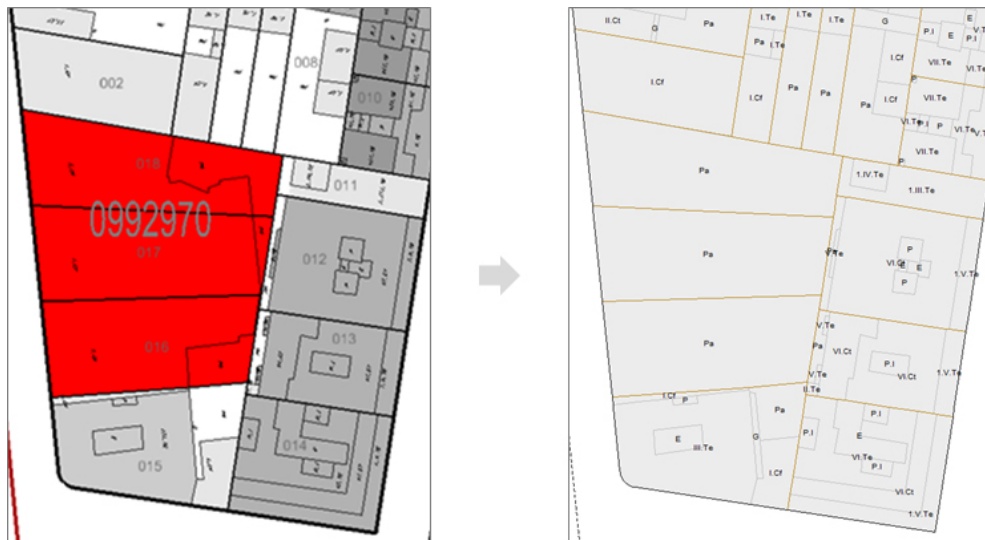
### ***Edificación existente***

Para poder cuantificar el techo total edificado en la actualidad ha sido necesario comprobar el estado de adecuación de la cartografía de la volumetría existente con la realidad, debido a que los cambios que se producen en la ciudad tardan un cierto tiempo en introducirse en las bases de datos –ya que deben seguir el protocolo establecido–.

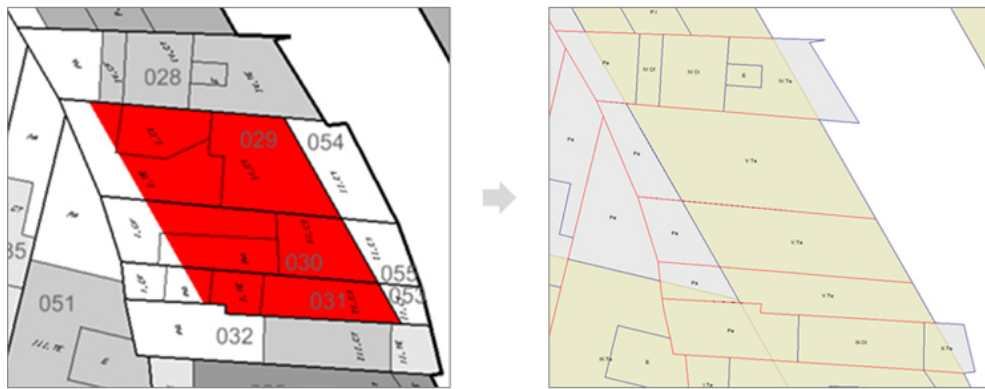
En este caso los técnicos del ayuntamiento optaron por realizar un trabajo de campo para identificar las desactualizaciones en las construcciones –detectando derribos recientes, nuevas construcciones todavía no recogidas en la cartografía, entre otras incidencias–, con la finalidad de tener una evaluación lo más ajustada posible al estado de la edificación actual.

Posteriormente estos cambios observados se introdujeron en el sistema adecuando la volumetría a la situación real para realizar un análisis más preciso. Los ejemplos siguientes (Figura 2) presentan dos de los casos localizados y las correcciones realizadas para su ingreso en la base de datos:

- Parcelas con edificación derribada
- Parcelas con nuevas construcciones



Parcelas con edificación derribada



Parcelas con nuevas construcciones

Figura 2: Ejemplos de cartografía desactualizada y su corrección

Pero el mayor problema que presenta la cartografía de la volumetría edificada es que en algunos tipos de subparcelas no se registra correctamente el número de plantas sobre rasante, por tanto esto hace inviable el cálculo del techo total con precisión suficiente. Así, los patios de ventilación (P), las cajas de escalera (E) o las galerías (G), no reflejan la altura de los cuerpos que los envuelven, sino que toman la del nivel de la edificación que tienen por debajo –generalmente el suelo, registrando 0 plantas sobre rasante–, introduciendo de esta manera errores en el sistema.

Las premisas adoptadas para corregir el número de plantas sobre rasante en estas subparcelas son:

- En las cajas de escalera (E) se iguala al volumen de la mayor altura entre los cuerpos adyacentes de su parcela (Figura 3).
- En los patios de luces (P) y las galerías (G) se colmata el volumen hasta la planta de menor altura de todos los volúmenes colindantes de la propia parcela (Figura 4).

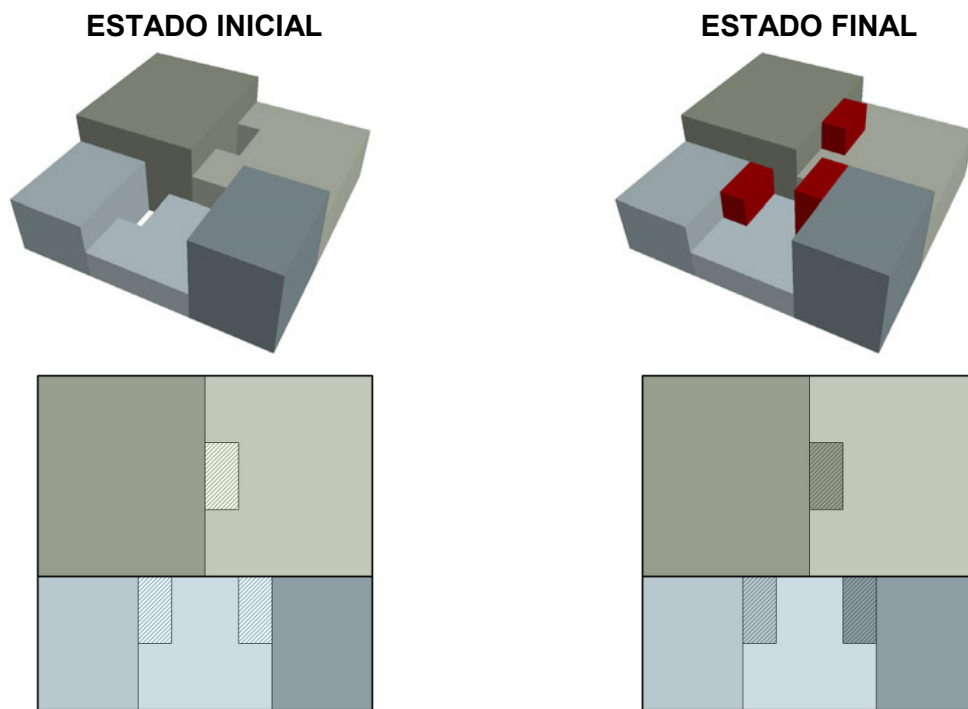


Figura 3: Tratamiento de las cajas de escalera

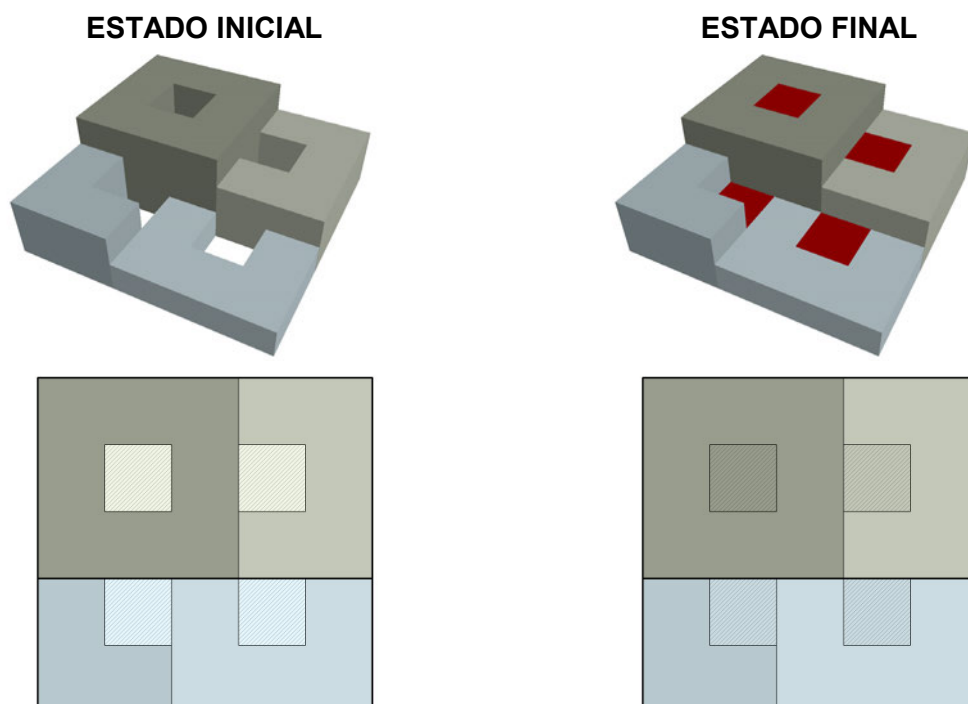


Figura 4: Tratamiento de los patios interiores



La corrección del número de plantas sobre rasante, se ha implementado con dos procesos análogos, uno para patios y galerías y otro para las cajas de escalera. En primer lugar se seleccionan las subparcelas de interés –por un lado las de tipo P o G y por el otro las E–, y a continuación se seleccionan los cuerpos que aportan la altura deseada, por tanto que tengan una altura superior a 0 y que a su vez no sean del tipo P, G o E –ya que éstos no siempre están situados en la planta baja, por tanto también tendrían una altura mayor que 0–. Con estos dos conjuntos de entidades se realiza una intersección espacial –con una pequeña tolerancia– para asociar el número de plantas de los volúmenes adyacentes al primer conjunto de entidades. Llegado este punto, sólo cabe discriminar entre las subparcelas que pertenecen a la misma parcela para escoger la altura mínima, en el caso de patios de ventilación y galerías, y la máxima para las escaleras.

A continuación se muestra el resultado para una manzana concreta del ámbito (Figura 5). En el gráfico 3D se representan en azul los patios y galerías y en rojo las escaleras, y en 2D se tematiza el número de plantas sobre rasante.

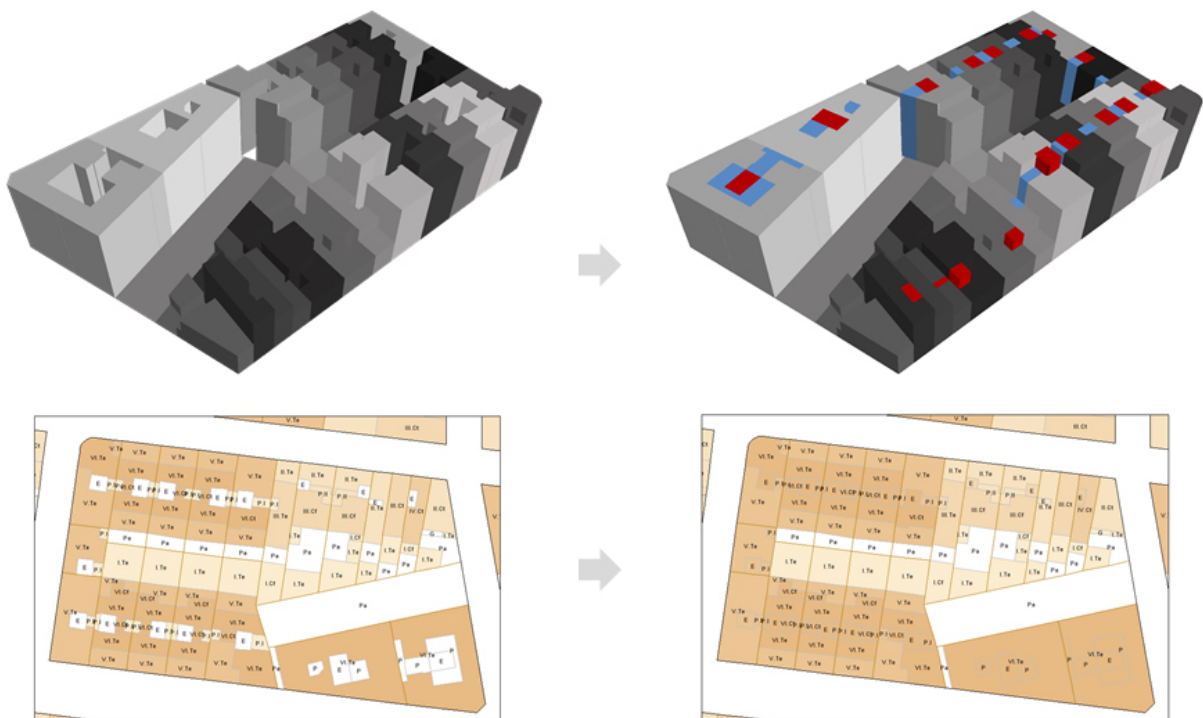


Figura 5: Corrección del número de plantas de las subparcelas

### ***Volumen de la edificación en planeamiento***

La cuantificación del techo edificable según el planeamiento presenta el gran problema de no tener disponible la base cartográfica, como ya se ha mencionado anteriormente. Por ello, el gran reto en primera instancia ha sido tener que interpretar las normativas urbanísticas –

tarea llevada a cabo en coordinación con un equipo de técnicos del Ayuntamiento de Barcelona– para poder generar la base de la volumetría edificable.

La creación de esta volumetría se ha realizado tomando como base los límites de las calificaciones urbanísticas y, siguiendo las directrices de los técnicos del ayuntamiento, se han digitalizado para todo el ámbito los límites de la profundidad edificable y los cambios de altura que se producen, etiquetando las alturas reguladoras máximas –también en los patios interiores de manzana–. Todo ello mediante un protocolo que permite incorporar posteriormente la base al SIG, sin duplicidades en los límites ni ambigüedades en la interpretación.

La digitalización se ha realizado en MicroStation por motivos prácticos. Por tanto, una vez creada la base, se ha importado a Geomedia siguiendo los siguientes pasos:

- Validación de la geometría y de la conectividad entre los límites de las zonas de calificación urbanística y las líneas de cambios de altura.
- Identificación de las caras formadas por todas esas líneas.
- Asignación de la etiqueta gráfica de las alturas edificables como un atributo de la entidad –que permitirá distinguir entre espacio privado y público, dado que la base de calificaciones urbanísticas contiene todas las claves del ámbito, sean zonas o sistemas–.
- Selección de las entidades que representan la volumetría edificable, por tanto sólo las que tienen el atributo de la altura de la ordenación.
- Imputación del número de plantas como atributo numérico según la etiqueta de la altura edificable, para efectuar cálculos posteriores (Figura 6).



Figura 6: Base de la volumetría edificable



## Consideraciones finales

Una vez la cartografía requerida ha quedado incorporada al SIG, se evidencia la existencia de casuísticas particulares que hay que considerar para el análisis posterior:

- Hay parcelas que quedan completamente fuera de las entidades gráficas que delimitan las calificaciones urbanísticas. Son parcelas afectadas en su totalidad por el vial proyectado, dado que en la mayoría de ocasiones el vial no está representado explícitamente. De esta forma resulta difícil detectar estas parcelas que también son objeto de cuantificación, siempre que linden con las zonas de interés (Figura 7).
- En el momento de calcular los totales por parcela hay que evitar que se produzcan compensaciones entre las alturas existentes y las del planeamiento (Figura 8).

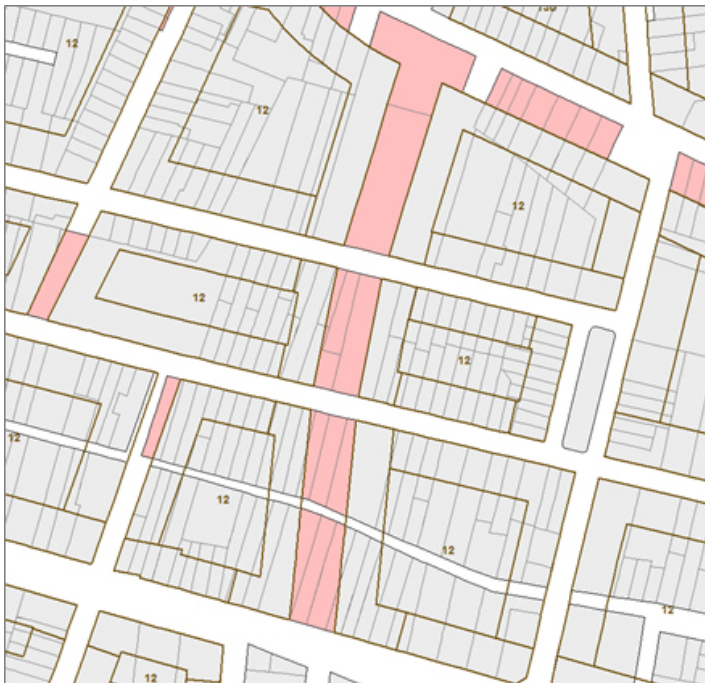


Figura 7: Parcelas afectadas de vial

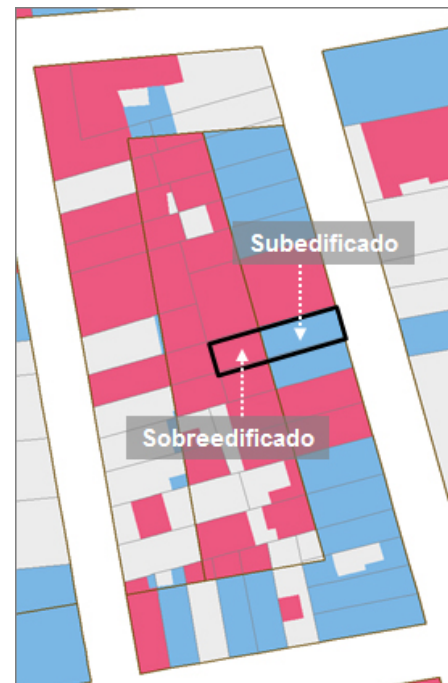


Figura 8: Alturas no compensables

Finalmente es necesario garantizar la actualización constante de la información por parte de los diferentes agentes involucrados –servicio de topografía, catastro, urbanismo, licencias, etc.– para que los análisis siempre tengan la validez deseada y sirvan para la toma de decisiones.

## Proceso de análisis

En primera instancia se ha implementado el proceso para identificar las parcelas sobre las que se tendrán que cuantificar las disconformidades con el planeamiento: las parcelas objetivo. Éste proceso se ha planteado con las siguientes consideraciones:

- En una primera fase se agrupan las claves de las calificaciones urbanísticas en familias, para poder discriminar más fácilmente entre zonas y sistemas.
- A continuación se seleccionan las parcelas mediante una unión espacial con las zonas de interés –claves 12, 13, 14 y 15–, tomando una cierta tolerancia por la imprecisión existente entre los límites del parcelario y los del planeamiento.
- Finalmente, a través de las parcelas, se obtienen las subparcelas objetivo (Figura 9), ya que la edificación existente está referida a éstas, por lo que serán las entidades de referencia.



Figura 9: Parcelas objetivo

A continuación se detecta la discrepancia entre la edificación actual y la que marca la ordenación mediante dos procesos complementarios:

- Por un lado están las partes o fragmentos de la parcela –y por extensión de sus subparcelas– incluidas dentro de la ordenación. Éstas se identifican mediante una intersección espacial entre las subparcelas y el planeamiento.
- Y por el otro lado se encuentran los fragmentos de la parcela que quedan afectados por el vial, por lo tanto fuera de zona. En general el vial no está incluido como entidad en la base de planeamiento, por ello éstas se obtienen con una diferencia espacial, también entre las subparcelas y el planeamiento (Figura 10).



Figura 10: Identificación de las discrepancias entre las parcelas y el planeamiento

La imagen siguiente (Figura 11) muestra la disconformidad en número de plantas entre la edificación existente y la del planeamiento por fragmentos de parcela: en gris los fragmentos dentro de ordenación, en tonalidades rojas las sobreedificaciones, en azules las edificaciones que están por debajo de la ordenación y en verde las afectaciones por sistema.



Figura 11: Disconformidad entre las alturas de la edificación existente y las de ordenación

En el proceso final se obtienen las superficies totales y las disconformes para cada parcela, según se detalla a continuación:

- Superficie edificada actual a partir de las subparcelas:

$$\text{Superficie Edificada}_{\text{Parc}} = \sum_{\text{Subp} \in \text{Parc}} PE_{\text{Subp}} \cdot A_{\text{Subp}}$$

- Superficie edificable según el planeamiento a partir de los fragmentos de parcela que están dentro de las zonas de ordenación:

$$S. \text{ Edificable}_{\text{Parc}} = \sum_{\text{FragZ} \in \text{Parc}} PP_{\text{FragZ}} \cdot A_{\text{FragZ}}$$

- Superficie sobredificada respecto al planeamiento a partir de los fragmentos de parcela que están dentro de las zonas de ordenación cuando la diferencia entre el número de plantas actuales y el del planeamiento es superior a 0:

$$S. \text{ Sobredificada}_{\text{Parc}} = \sum_{\text{FragZ} \in \text{Parc}} (PE_{\text{FragZ}} - PP_{\text{FragZ}}) \cdot A_{\text{FragZ}}$$

- Superficie subedificada respecto al planeamiento a partir de los fragmentos de parcela que están dentro de las zonas de ordenación cuando la diferencia entre el número de plantas actuales y el del planeamiento es inferior a 0:

$$S. \text{ Subedificada}_{\text{Parc}} = \sum_{\text{FragZ} \in \text{Parc}} |PE_{\text{FragZ}} - PP_{\text{FragZ}}| \cdot A_{\text{FragZ}}$$

- Superficie sobredificada fuera de ordenación a partir de los fragmentos de parcela que quedan fuera de las zonas seleccionadas –por lo tanto en sistemas–:

$$S. \text{ en Sistemas}_{\text{Parc}} = \sum_{\text{FragS} \in \text{Parc}} PE_{\text{FragS}} \cdot A_{\text{FragS}}$$

Considerando:

- PE** Número de plantas sobre rasante de la edificación existente
- PP** Número de plantas edificables que fija el planeamiento
- A** Superficie de la entidad (suelo ocupado)

Siendo los subíndices:

- Parc** Conjunto de parcelas dentro del ámbito de estudio
- Subp** Subparcelas de una parcela **Parc**
- FragZ** Fragmento de la intersección entre la parcela **Parc** y el Planeamiento (zonas)
- FragS** Fragmento de la intersección entre la parcela **Parc** y el Planeamiento (sistemas)



En la imagen siguiente (Figura 12) se puede apreciar –en tonalidades rojas– el techo edificado total que excede del techo edificable para la totalidad de la parcela –superficie sobreedificada total–.

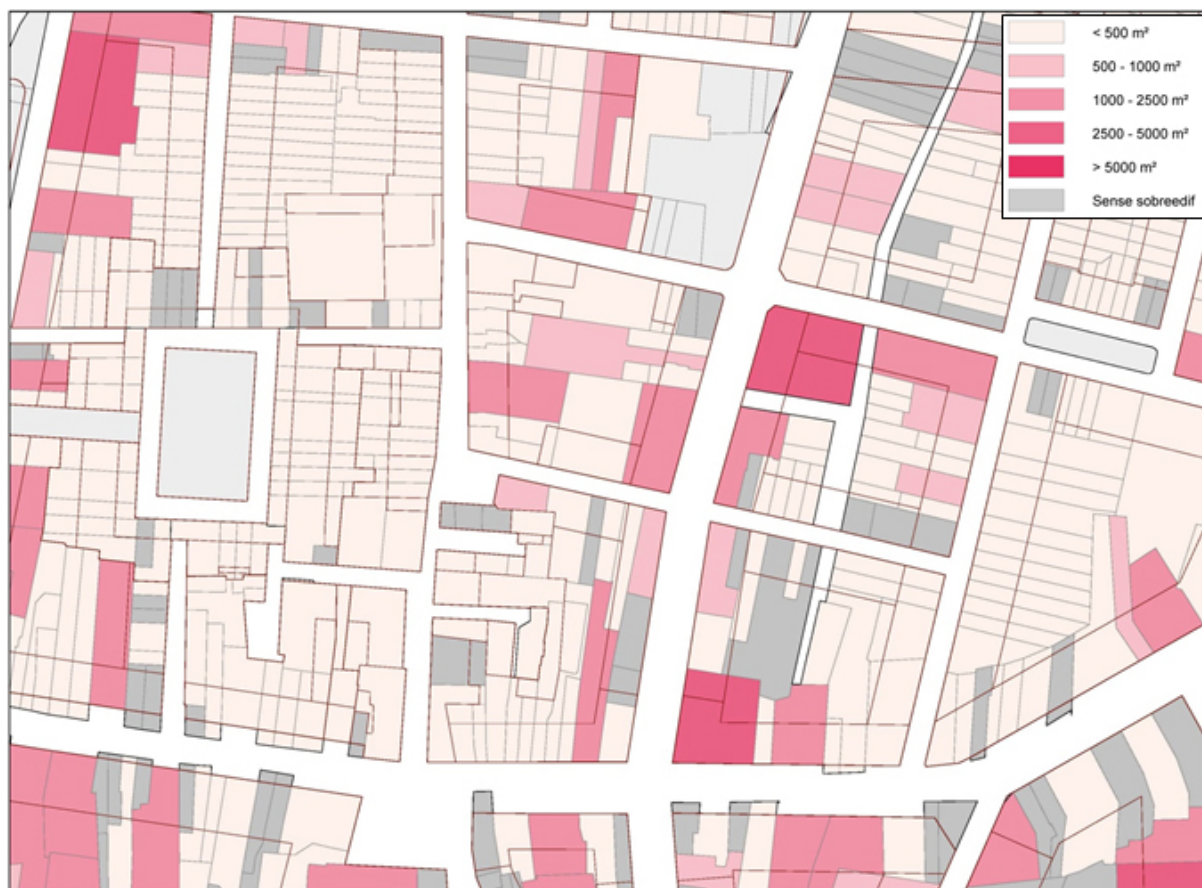


Figura 12: Superficie sobreedificada por parcela

La figura siguiente (Figura 13) muestra la diferencia de la edificación actual con la volumetría del planeamiento en el ámbito de estudio –en crema las alturas que marca el planeamiento, en rojo las sobreedificaciones y en verde las subedificaciones–.

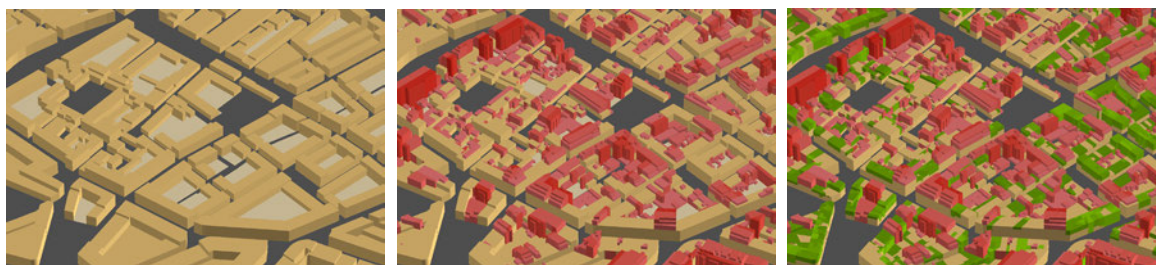


Figura 13: Diferencia entre la edificación con el planeamiento

La imagen de conjunto siguiente (Figura 14) muestra el resumen de los resultados obtenidos, donde se aprecia:

- En una gradación de colores verdes los fragmentos según su grado de subedificación
- En una gradación de colores rojos los fragmentos según su grado de sobrededificación
- El color beige los fragmentos en los que su altura coincide con el planeamiento

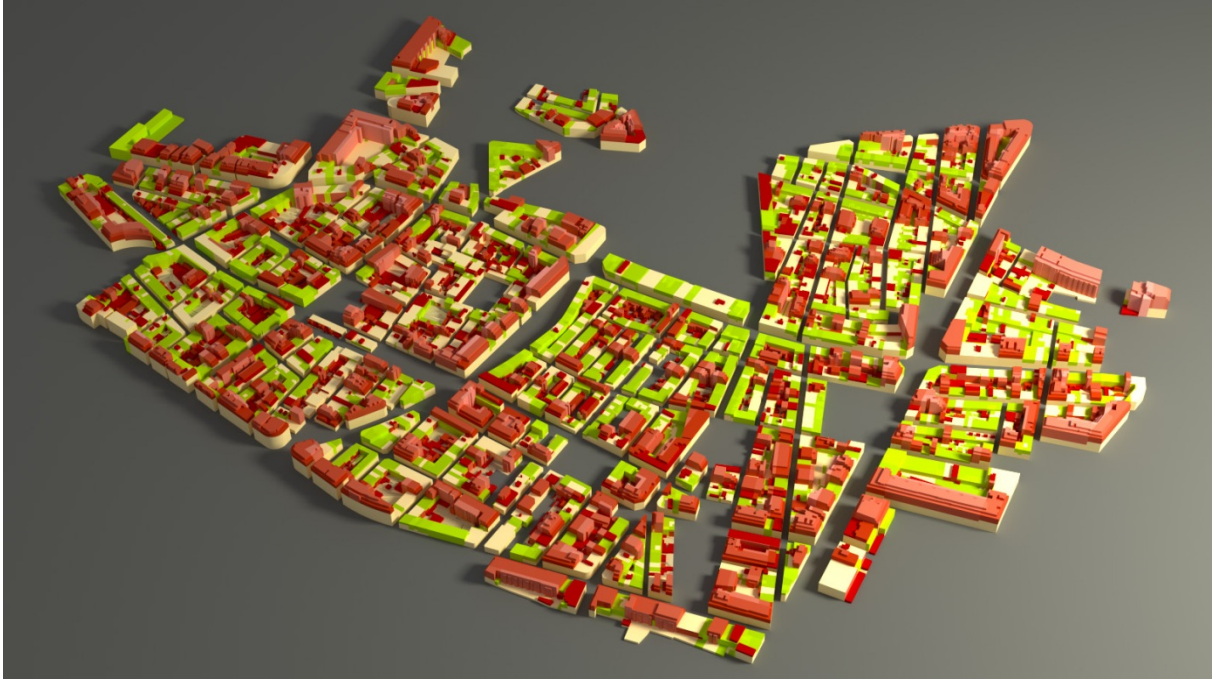


Figura 14: Resultados del conjunto del ámbito de estudio

Finalmente, la imagen siguiente (Figura 15) muestra una captura de pantalla de Bing Maps con la opción *bird's eye* comparada con los resultados obtenidos para la misma zona.

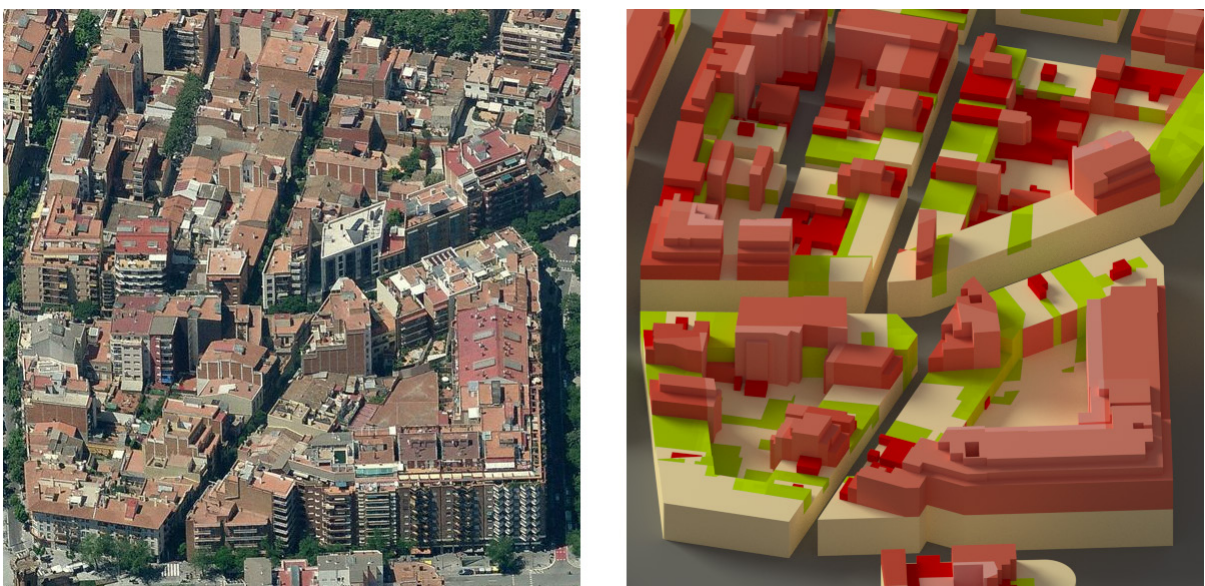


Figura 15: Captura de pantalla de Bing Maps comparada con los resultados obtenidos



## Conclusiones

La ciudad del futuro exige repensar la manera de hacer ciudad. Disponer de sistemas capaces de reunir la información relativa a remodelación de la estructura física, con sistemas inteligentes de infraestructuras y servicios (Leal Maldonado, 1988) y la inteligencia colectiva de los ciudadanos para conseguir unas ciudades más adaptables, más usables, más generadas por sus usuarios y por tanto más valoradas y confortables (Roca Cladera, et al., 2003).

En las ciudades consolidadas y los núcleos históricos son los tejidos más complejos, donde la regeneración urbana (física y social) suele ser necesaria y donde los parámetros de transformación resultan decisivos para asegurar una autentica mejora urbana y su viabilidad (Rueda Palenzuela, 1999).

La toma de decisiones en estos ámbitos exige combinar la información de la remodelación de la estructura física, con una concepción de la ciudad que atienda criterios de calidad urbana, sostenibilidad y seguridad, también las necesidades sociales de los ciudadanos (Alguacil, et al., 1997).

Un primer paso ha consistido en abordar la gestión eficiente de la información urbanística:

- Generar una cartografía precisa y medible del potencial edificable
- Implementar un proceso parametrizado para evaluar el estado de la edificación respecto al Planeamiento vigente en un entorno SIG.
- Facilitar una herramienta para la emulación de los efectos de escenarios posibles de modificación de Planeamiento.
- En definitiva un instrumento de toma de decisión relativa al cálculo del volumen edificado y del potencial urbanístico de un ámbito

En nuevas investigaciones se propone abordar una mayor complejidad de información relativa a las características edificables usos y actividades de la edificación, dotaciones, infraestructuras y servicios, densidades de población, entre otros...Con el objetivo de construir un modelo de datos orientado al cálculo de los potenciales de crecimiento o transformación (de vivienda, comercio, terciario...) relativos a sectores o conjuntos de remodelación y mejora urbana.

- Incorporar el modelo del terreno, la topografía, las rasantes de las calles, la altura reguladora. Facilitar un cálculo preciso de la volumetría sería de gran ayuda a los técnicos municipales (licencias y planeamiento).
- Precisar los usos y actividades puede ser de utilidad para promover cambios de uso o su diversificación en determinados ejes o tejidos monocultivos.

- Estudiar probabilidad de que suceda un proceso de densificación (remontas) atendiendo a la antigüedad y al número de plantas admitida.
- Emular las plusvalías generadas por los aumentos de edificabilidad

La tendencia de la sociedad actual, con una intensificación del uso de las tecnologías, específicamente las tecnologías de la información, abre vías a la participación ciudadana interconectadas a las redes sociales, en la toma de decisiones también en urbanismo y en la gestión de la ciudad (Guimet Pereña, 2012).

En definitiva, se augura una mejora tecnológica en las herramientas de planificación urbana pueden contribuir a proponer formas de estructurar usos actividades, densidades y recorridos, la conectividad con parques y espacios abiertos. Unos elementos que son beneficios en las ciudades densas y pueden favorecer un estilo de vida confortable para la ciudadanía.

## **Agradecimientos**

Los autores quieren agradecer la colaboración en el proyecto del equipo del Gabinete de Estudios Urbanísticos del Sector de Urbanismo e Infraestructuras del Ayuntamiento de Barcelona. Asimismo quieren agradecer a la empresa Intergraph España la cesión del software necesario para el desarrollo del mismo, en el marco del programa Registered Research Laboratory (RRL).

## **Referencias bibliográficas**

Alguacil, J., Hernández, A., Medina, M. & Moreno, C., 1997. *La Ciudad de los ciudadanos*. Madrid: Centro de Publicaciones, Ministerio de Fomento.

Corporación Metropolitana de Barcelona, 1976. *Normas urbanísticas: plan general metropolitano de ordenación urbana de la entidad municipal metropolitana de Barcelona*. Barcelona: Corporació Metropolitana de Barcelona.

Garcia Almirall, P., Valls Dalmau, F. & Moix Bergadà, M., 2011. *SIG en la Gestión de la Información Urbanística en el ámbito local*. Barcelona: Centro de Política de Suelo y Valoraciones.

Garcia-Almirall, P., 1995. *Análisis y Evaluación de la Realidad Urbana sobre Plataforma SIG*. Barcelona: Centre de Política de Sòl i Valoracions, Departament de Construccions Arquitectòniques I, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya.

Garcia-Almirall, P., 1997. *La Valoració Urbana en base a les Noves Tecnologies de SIG. L'exemple de L'Hospitalet de Llobregat (Tesis Doctoral)*. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (UPC).

Garcia-Almirall, P. & Roca Cladera, J., 2003. *A New Setting For Reflecting On Urban Matter. Integration Of GIS Technology In Advanced Internet*. Lyon, Aguilé.

Guimet Pereña, J., 2012. City of the future. Technology and social participation as fundamentals for a new conception of city design and Management. Junio.XVII(45).

Leal Maldonado, J., 1988. *Los espacios colectivos en la ciudad: planificación de usos y servicios públicos*. Madrid: Instituto del Territorio y Urbanismo, Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

Ribas Piera, M., 1982. *Los denominados standards urbanísticos y su aplicación al planeamiento*. Barcelona: Urbanística III, Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya.

Roca Cladera, J., Burns, M. & Garcia-Almirall, P., 2003. The Social and Economic Attractiveness of the Urban Environment: An Exercise in the Valuation of Public Space in Barcelona. En: *The Human Sustainable City. Challenges and Perspectives from the Habitat Agenda*. Hants (UK): Ashgate Publishing Limited, pp. 505-518.

Rueda Palenzuela, S., 1999. *Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles*. Barcelona: Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.