

INGENIERÍA CIVIL PARA UN MUNDO SOSTENIBLE



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS**

Editor: Juan Cagiao Villar

COLECCIÓN INGENIERÍA CIVIL N.º 4

Portada:

Antonio Fernández Pérez

Edición:

FUNDACIÓN INGENIERÍA CIVIL DE GALICIA

© De esta edición:

FUNDACIÓN INGENIERÍA CIVIL DE GALICIA

Realización gráfica:

Tórculo Artes Gráficas
Pza. Maestro Mateo, 9
A Coruña

I. S. B. N.: 978-84-613-3962-4

Depósito legal: C 3165-2009

PRÓLOGO

El nuevo marco: el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES)

En el acuerdo de Bolonia y los correspondientes a las siguientes reuniones, Praga, Berlín, Bergen y Londres, se reflejan unos acuerdos que únicamente atienden a temas de convergencia europea hacia un espacio común, o al menos comparable, de enseñanza superior, y no entran en temas específicos ni curriculares. Sin embargo, la obligada modificación que dichos acuerdos imponen a nuestros planes de estudios supone una oportunidad estratégica para modificar a fondo algunos conceptos básicos que, o bien no se contemplan en los actuales recorridos curriculares de nuestras Escuelas, o bien se plantean de una forma tangencial y casi anecdótica.

Uno de estos conceptos es el de la sostenibilidad, contemplado desde todos los puntos de vista: el desarrollo sostenible, la sostenibilidad como base y guía de la actividad constructiva, y la sostenibilidad de los propios planes de estudios.

¿Qué se entiende por desarrollo sostenible?

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) marca un punto inicial en el año 1980 con su “Estrategia para la Conservación del Mundo: conservación de los recursos biológicos para el desarrollo sostenible, definiendo el uso sostenible de los ecosistemas: *“deberíamos utilizar las especies y los ecosistemas a los niveles y del modo que se les permita renovarse de todos los modos indefinidamente”*, y el propio término de desarrollo sostenible como *“el desarrollo que permita alcanzar una satisfacción duradera de las necesidades humanas y mejorar la calidad de la vida humana”*.

Así, a mediados de los años 80 va tomando cada vez más fuerza la idea de sostenibilidad, tanto desde la perspectiva académica de los economistas como desde la perspectiva de los ambientalistas.

El año 1987 se considera un hito en la literatura del desarrollo sostenible porque se presenta en la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo el documento “Nuestro Futuro Común” (Informe Brundtland). En este documento se define por primera vez de forma general el concepto de desarrollo sostenible como *“el desarrollo que satisface las necesidades actuales de las personas sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para*

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

satisfacer las suyas". Esta fecha posee valor de referencia ya que se considera que éste es el primer documento importante de la agenda internacional del desarrollo en donde el desarrollo sostenible se plantea como meta: *"estamos viendo que se requiere un nuevo modelo de desarrollo, uno que suponga un progreso humano sostenido no solamente en unos pocos lugares para unos pocos años, sino para todo el planeta en un futuro lejano"*.

Esta definición incorpora dos conceptos clave: el concepto de "necesidades", en particular las necesidades esenciales de los más pobres del mundo, a los que debe concederse la mayor prioridad, y la idea de "limitaciones" impuestas por el estado de la tecnología y la organización social sobre la capacidad del medio ambiente para satisfacer las necesidades presentes y futuras. El hecho es que todavía muchos de nosotros vivimos por encima de la capacidad ecológica del mundo, por ejemplo, en nuestro modelo de uso energético.

El desarrollo sostenible requiere la promoción de valores que promuevan los estándares de consumo que están dentro de los límites de lo ecológicamente posible y a los cuales todos podamos razonablemente aspirar.

Desarrollo sostenible es uno de los términos en donde la confluencia de diferentes disciplinas, como la ecología, la economía, la ética, la política, la sociología, las ingenierías y la arquitectura, el derecho o la cultura, etc., están marcando facetas diferenciadas, facetas que guardan relación con la perspectiva propia de cada disciplina. Así, como expone Font: *"las diferentes disciplinas que se han ocupado de conceptualizar el desarrollo sostenible se interesan por cuestiones de diversa índole: la perspectiva ecológica pone el acento en la necesidad de mantener la biodiversidad y los ecosistemas; la economía se interesa, entre otras cuestiones, por la internalización de las externalidades; el discurso ético recurre a principios filosóficos universales, y la ciencia política se preocupa por la gobernabilidad y la justicia distributiva"*.

La evolución del paradigma de desarrollo sostenible se inicia verdaderamente entre los años 50 y 60, centrado, desde una perspectiva puramente económica, en el crecimiento y en el incremento de la producción. Posteriormente, en los años 70, se incorpora la dimensión social, cuyos objetivos fundamentales son proveer un desarrollo más social, reduciendo la pobreza e incrementando la equidad. Más tarde, en los años 80, se incorpora el objetivo ecológico, propiciando unas nuevas pautas de relación con los objetivos económicos, mediante los instrumentos de evaluación ambiental, de las técnicas de valoración y de los procesos de internalización de los costes ambientales en los procesos productivos. La relación entre los objetivos ambientales y los sociales se articula a través de mecanismos de participación pública y consultas, así como un respeto a la diversidad cultural y la pluralidad. Algunos autores están incorporando a sus estudios indicadores de gestión además de los habituales (económicos, sociales y ecológicos). Estos nuevos indicadores están relacionados con la dimensión político-institucional.

La propuesta teórica del desarrollo sostenible tiene implícita, como cabe suponer, una clara dimensión ética; dimensión que puede alcanzar valores tanto colectivos como individuales. Se trata por tanto de un compromiso intrageneracional e intergeneracional que requiere un necesario cambio cultural.

El papel del conocimiento científico y de la tecnología en el desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible es una actividad intensiva en conocimiento y puede contemplarse como un proceso de gestión adaptativa y aprendizaje social en el que el conocimiento desempeña un papel central.

El papel del conocimiento y del aprendizaje se debate permanentemente entre la necesidad de agregar informaciones y datos discretos al enorme caudal de los existentes, y la forma en que todos estos nuevos elementos se integran en un marco teórico más amplio que permita el entendimiento del significado de cada parte, pero también del conjunto.

La comunidad académica está cada vez más obligada a aportar soluciones a los problemas de la sostenibilidad. El mensaje de mayor calado que emerge de las discusiones a partir de la Cumbre de Johannesburgo de 2002 es que la comunidad científica tiene que complementar su papel histórico como identificadora de los problemas de la sostenibilidad para trabajar en soluciones prácticas.

Para Clark y Dickson *“la ciencia de la sostenibilidad todavía no es un campo ni una disciplina autónoma, sino, más bien, un escenario vibrante que está aproximando a los académicos y a los técnicos perspectivas globales y locales del norte y del sur, y disciplinas diversas como las ciencias naturales y las sociales, la ingeniería y la medicina. Su enfoque de los temas principales, de los criterios para el control de la calidad y sus integrantes comparten elementos sustanciales, y puede esperarse que sea durante algún tiempo”*.

Un escenario más evolucionado será el que propicie el desarrollo de una forma diferente de “practicar” la técnica. Así, Cash et al. señala que: “el nuevo contrato para la ciencia y la ingeniería que se ha venido reclamando en muchas discusiones sobre la sostenibilidad necesita ser contemplado como un verdadero contrato, no solamente para proyectos o estudios concretos, sino para todas las carreras profesionales”.

La sostenibilidad y la ingeniería civil

En la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992 surgió el programa de las Agendas 21 locales, cuyo principal objetivo es el de conseguir que haya una contribución efectiva desde los ámbitos locales al desarrollo sostenible global: actuar localmente, pensar globalmente.

La puesta en práctica de unas estrategias ambientalmente sostenibles no es una simple cuestión de tecnología o de comprensión ecosistémica, sino una cuestión política, institucional y de articulación y ejecución de una política pública.

En su comunicación “Desarrollo sostenible en Europa para un mundo mejor: estrategia de la Unión Europea para un desarrollo sostenible” (propuesta de la Comisión ante el Consejo

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

Europeo de Gotemburgo) la Comisión identifica las principales amenazas a la sostenibilidad en Europa y propone una estrategia centrada de manera prioritaria en ellas. Parte importante de estas amenazas a la sostenibilidad guardan una evidente relación con la construcción y gestión de las infraestructuras, el transporte, la construcción y el urbanismo, entre otros. En todos estos frentes el ingeniero de caminos, canales y puertos tiene competencias profesionales y debe por tanto ser consciente de estas amenazas y actuar en consecuencia. Así por ejemplo, en el ámbito de las ciudades, el papel del ingeniero de caminos municipal resulta cada vez más importante en su buen gobierno. Abarca diversas funciones, desde el urbanismo en general, el transporte metropolitano y el tráfico que genera, la gestión de residuos, el medio ambiente urbano, hasta el diseño, materialización y gestión de las distintas redes de servicios como las de abastecimiento y saneamiento, gas, energía, comunicaciones, etc. El planteamiento global por el que se debe regir la concepción y gestión de estos servicios es lógicamente el de la sostenibilidad de los mismos.

Como consecuencia, el ingeniero de caminos, canales y puertos ha de:

1. Pensar en clave de sostenibilidad (protección ambiental, cohesión social y productividad económica) como concepto añadido a los tradicionales de eficiencia, salud, seguridad, durabilidad, economía, etc.
2. Conseguir la información accesible y creíble de los atributos de sostenibilidad de los productos y materiales que selecciona.
3. Tener la confianza para hacer los juicios de valor y comprender mejor las implicaciones éticas de sus decisiones.

En este sentido, el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos aprobó en el año 2002 (año europeo del desarrollo sostenible) una declaración relativa al Compromiso Ético con el Desarrollo Sostenible que consideramos de un gran interés y que indica, entre otras cosas las siguientes:

“Las funciones de planificación, diseño, ejecución y explotación de infraestructuras, objeto principal de la actividad profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, tienen una incidencia mayoritaria en el medio ambiente y deben ser realizadas con una visión integrada del medio natural y de los factores sociales y económicos, pues, en definitiva, el encaje de estas tres dimensiones (medio natural, dimensión social y dimensión económica) constituye el Desarrollo Sostenible y, en particular, la ingeniería civil sostenible.”

Y desde el punto de vista que nos ocupa, el formativo, el Colegio afirma:

“En el campo de la formación, el Colegio apoyará la inclusión de los conocimientos generales y específicos sobre la sostenibilidad, dentro de la educación en la Universidad. Asimismo, facilitará conceptos estratégicos y éticos sobre el quehacer durable en la formación permanente de los ingenieros a lo largo de su vida profesional, y apostará por la investigación y la innovación en materia de sostenibilidad.”

La sostenibilidad y la universidad

A pesar de las evidencias y de las buenas intenciones, el concepto de sostenibilidad global era hasta hace relativamente poco tiempo extraño a la formación universitaria. La primera actuación de cierta envergadura en esta línea fue, en opinión de los autores, la creación en la Universitat Politècnica de Catalunya de la Cátedra UNESCO de sostenibilidad creada en 1996 por convenio entre la Universidad, el Gobierno Autónomo y la UNESCO. Con anterioridad ya se había venido hablando de la imperiosa necesidad de introducir estos conceptos como básicos de la formación universitaria moderna. Por ejemplo, la declaración de Talloires de Rectores de Universidades para un Futuro Sostenible de 1990 recoge que: *“las universidades y las instituciones equivalentes de educación superior capacitan a las generaciones futuras de ciudadanos y de expertos en todos los ámbitos de la investigación, tanto en los aspectos tecnológicos como en las disciplinas de las ciencias naturales, humanas y de la ciencia social. Consecuentemente es su responsabilidad extender el pensamiento medioambiental y promover prácticas ambientalmente éticas en la sociedad, de acuerdo con los principios presentes en la Carta Magna Europea de las Universidades y de las declaraciones siguientes de las universidades, y en la línea de las recomendaciones de la UNCED (Conferencia de las Naciones Unidas en desarrollo y ambientalización) para el desarrollo del educación.”* Posteriormente se suceden distintos acuerdos como la Declaración de Halifax (Canadá 1991), la Declaración de Swansea (Reino Unido, 1993), la Declaración de Kyoto (Japón, 1993), la University Charter for Sustainable Development (Barcelona, 1993) y la Student Declaration for Sustainable Future (Liverpool, 1995). Todas ellas pueden consultarse en la web de Sustainable Development on Campus. Como resumen conciso del pensamiento que se estaba instituyendo en aquella época es paradigmático el breve comentario de la Carta Copérnico de Rectores de Universidades Europeas (CRE) de 1994: *“las universidades educan muchas de las personas que desarrollan y gestionan las instituciones de la sociedad. Por esta razón, las universidades tienen una profunda responsabilidad en incrementar el conocimiento, las tecnologías y las herramientas para conseguir de un futuro sostenible”*.

La sostenibilidad y los nuevos planes de estudios

Consecuentemente con lo anteriormente expuesto, las universidades y dentro de ellas con mayor razón las escuelas de ingenieros en general y de ingenieros de caminos en particular, han de establecer los mecanismos necesarios para que sus egresados piensen en términos de sostenibilidad. Pero esto no significa exclusivamente la “enseñanza de asignaturas que incidan en los aspectos técnicos, sociales y económicos de la sostenibilidad”. Significa también que la totalidad del plan de estudios debe estar diseñado desde el punto de vista de la sostenibilidad curricular. Como hemos indicado anteriormente, esta cuestión fue tratada a fondo por la CRUE (Conferencia de Rectores de Universidades Españolas). En ese documento se establece que los profesionales del futuro han de ser capaces de:

1. Comprender cómo su actividad profesional interactúa con la sociedad y el medio ambiente, local y globalmente, para identificar posibles desafíos, riesgos e impactos.

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

2. Entender la contribución de su trabajo en diferentes contextos culturales, sociales y políticos y como éstos afectan al mismo y a la calidad ambiental de su entorno.
3. Trabajar en equipos multidisciplinares, para dar solución a las demandas impuestas por los problemas socio ambientales derivados de los estilos de vida sostenibles, incluyendo propuestas de alternativas profesionales que contribuyan al desarrollo sostenible.
4. Aplicar un enfoque holístico y sistémico a la resolución de problemas socio ambientales y la capacidad de ir más allá de la tradición de descomponer la realidad en partes inconexas.
5. Participar activamente en la discusión, la definición, diseño, implementación y evaluación de políticas y acciones tanto en el ámbito público como privado, para ayudar a redirigir la sociedad hacia un desarrollo más sostenible.
6. Aplicar los conocimientos profesionales de acuerdo con principios deontológicos y valores y principios éticos universales.
7. Recoger la percepción, demandas y propuestas de los ciudadanos y permitir que tengan voz en el desarrollo de su comunidad.

Para formar estos profesionales es necesario:

1. La revisión integral de los currícula desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible que asegure la inclusión de los contenidos transversales básicos en sostenibilidad en todas las titulaciones, con el fin de adquirir las competencias profesionales, académicas y disciplinares necesarias. Lo anterior debe lograrse mediante el reconocimiento académico cuantificable de contenidos generales de sostenibilidad para todas las titulaciones y de contenidos específicos adaptados al contexto de cada titulación.
2. La inclusión de criterios de sostenibilidad en los sistemas de evaluación de la calidad universitaria.

Si nos fijamos en la titulación de ingeniero de caminos, canales y puertos, que, como dijimos antes, es una de las que forma profesionales con mayor incidencia en la consecución de estos principios, creemos que a corto plazo se debería fomentar:

1. Acciones de capacitación del profesorado que les capaciten para la inclusión de conceptos sobre sostenibilidad en sus asignaturas.
2. La introducción en las enseñanzas prácticas de procedimientos correctos desde los puntos de vista medioambientales y de prevención de riesgos.
3. La inclusión de itinerarios de especialización en sostenibilidad específicos para la titulación.
4. Acciones de educación ambiental no curricular que complementen la formación del estudiante, en forma de seminarios, jornadas, mesas de trabajo, voluntariado, etc. y que puedan tener valor en créditos de libre elección.

Prólogo

5. La elaboración de recursos y materiales de apoyo a la sostenibilización curricular.
6. La incorporación de asignaturas relacionadas con el cambio climático y los desastres naturales (gestión de situaciones y condiciones extremas).
7. La evaluación de los proyectos de fin de carrera y tesinas de licenciatura desde una perspectiva de la sostenibilidad, así como una oferta específica de carácter sostenibilista.
8. La promoción de actividades de investigación (proyectos, tesis,) encaminadas a mejorar los conocimientos técnicos del desarrollo sostenible en la rama de la ingeniería civil.

Pero las lecciones en desarrollo sostenible debe continuar una vez que el ingeniero sale de la escuela, en el ejercicio profesional, y por ello a la labor docente en la escuela debe ir sumada una acción por parte del colegio en la misma línea reforzando las buenas prácticas en ética y valores.

En definitiva, la sostenibilidad empieza por pensar en clave de sostenibilidad. Debe convertirse en un modo de vivir, de entender el mundo, de proyectar desarrollo. La Universidad, y la Escuela de Ingenieros de Caminos dentro de ella, a través de las distintas disciplinas, tienen la obligación moral de comunicar, transmitir, compartir esta enseñanza. Se trata de un compromiso supranacional con la sociedad y con el entorno. Desde el punto de vista de la formación universitaria, la sostenibilidad, tanto en la educación como luego en el diseño y el desarrollo de políticas globales y sectoriales, debe ocupar el escalón más elevado.

La ingeniería civil y la arquitectura son las disciplinas que más inciden en la transformación del medio en el que vive el hombre, creando lugares artificiales como los sistemas de ciudades y sus redes de comunicación, y es por ello que deben ser conscientes de la necesidad de fomentar un desarrollo armónico basado en una ética de la tierra, es decir, comprometida con conservar el lugar natural heredado, incluso mejorarlo.

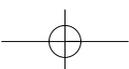
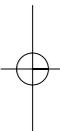
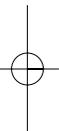
Los ingenieros de caminos deben salir de la Escuela con una formación sólida y comprometida con el desarrollo sostenible para que puedan transmitir esa forma de hacer a las empresas en las que desarrollen su trabajo. La implementación de un “modus operandi” sostenible debe abordarse de un modo técnico, es decir, debe poderse medir y evaluar, aunque su origen sea ideológico. Las ideas sin la técnica no son nada, y a la inversa, de modo que los especialistas, nuestros ingenieros, han de serlo simultáneamente en uno y otro aspecto.

Manuel Casteleiro Maldonado

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

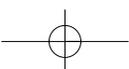
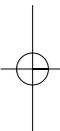
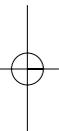
Juan Cagiao Villar

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



ÍNDICE

Capítulo 1	
LA INFLUENCIA DEL TERRITORIO Y SU BIODIVERSIDAD EN LAS POLÍTICAS DE PLANIFICACIÓN DE LA OBRA PÚBLICA EN ESPAÑA	13
Capítulo 2	
UN NUEVO URBANISMO PARA ABORDAR LOS RETOS DE LA SOCIEDAD ACTUAL	49
Capítulo 3	
EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA. UN INSTRUMENTO PARA LA INTRODUCCIÓN DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN LA PLANIFICACIÓN DEL TERRITORIO	85
Capítulo 4	
NATURALEZA, CAMINOS, CANALES Y PUERTOS	101
Capítulo 5	
ENERGÍA EN EL SIGLO XXI	119
Capítulo 6	
LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE. EJE DE LA TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO	155
Capítulo 7	
HORMIGÓN CON ÁRIDOS RECICLADOS	173
Capítulo 8	
APLICACIONES DE LOS MODELOS MEDIOAMBIENTALES ...	183



CAPÍTULO
2**UN NUEVO URBANISMO****PARA ABORDAR LOS RETOS DE LA SOCIEDAD ACTUAL****SALVADOR RUEDA***Director de la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona***1. INTRODUCCIÓN**

El artículo se compone de dos partes diferenciadas; en la primera se aborda el origen del urbanismo ideado por Ildefonso Cerdá y en la segunda, como si hiciéramos un corte en el tiempo, nos trasladamos a la formulación de un nuevo urbanismo.

Tanto en una como en otra se intenta explicar como el urbanismo, como instrumento transformador de la realidad, aborda los conflictos y disfunciones de dos épocas. Dos momentos históricos coincidentes con la aparición de dos eras: la industrial en el primer caso y de la información en el segundo. Al principio de la era industrial no parecía que los recursos fueran a tener límites, tampoco que los grandes sistemas de la Tierra pudieran “agotarse”. En la era de la información los límites ya se han hecho patentes y los grandes sistemas de la Tierra dan muestras continuas de cambios que ponen en peligro la sostenibilidad del mundo que conocemos, sobre todo del mundo de los humanos y su proyección al futuro.

2. EL ORIGEN DEL URBANISMO Y SUS INSTRUMENTOS CREADOS POR ILDEFONSO CERDÁ

Fue Ildefonso Cerdá quien inventó, a mitad del siglo XIX, el término urbanismo para abordar una realidad con graves disfunciones y que requería para su reducción un sentido inter-

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

disciplinario y la imaginación suficiente para usar y crear los instrumentos técnicos, económicos, legales y sociales que sirviesen de sostén al nuevo concepto.

Cerdá expone en su obra magna (Cerdá, I., 1867) “colocado en la alternativa de inventar una palabra, o de dejar de escribir sobre una materia que a medida que he ido profundizando en su estudio, la he creído más útil a la humanidad, he preferido inventar y escribir, que callarme, el uso de la palabra nueva no puede ser censurable siempre y cuando la necesidad lo justifique, y lo abone a un fin laudable”.

La nueva idea que trata de definir, se apoya en el concepto de sistema de forma más o menos clara: ... “Lo primero que se me ocurrió fue la necesidad de dar un nombre a ese marmagno de personas, de cosas, de intereses de todo género; de mil elementos diversos, que sin embargo de funcionar, al parecer, cada cual a su manera de un modo independiente, al observarlos detenida y filosóficamente, se nota que están en relaciones constantes unos con otros, ejerciendo unos sobre otros una acción a veces muy directa, y que por consiguiente vienen a formar una unidad¹.

“El conjunto de todas estas cosas, sobre todo en su parte material se llama ciudad; mas como mi objeto no era expresar esa materialidad, sino más bien la manera y sistema que siguen esos grupos al formarse, y como están organizados y funcionan después todos los elementos que los constituyen, es decir, que además de la materialidad debía expresar el organismo, la vida si así cabe decirlo, que anima a la parte material; es claro y evidente, que aquella palabra no podía convenirme. El origen del término lo busca en la palabra *urbs* romana, que expresaba todo lo que estuviese dentro del espacio circunscrito por el surco perimetral que los romanos abrían con los bueyes sagrados “(...) con la apertura del surco urbanizaban el recinto y todo cuanto en él se contuviese; es decir, que la abertura de este surco era una verdadera urbanización: esto es, el acto de convertir en *urbs* un campo abierto o libre.

“He aquí las razones filológicas que me indujeron y decidieron a adoptar la palabra urbanización, no sólo para indicar cualquier acto que tienda a agrupar la edificación y a regularizar su funcionamiento en el grupo ya formado, sino también el conjunto de principios, doctrinas y reglas que deben aplicarse, para que la edificación y su agrupamiento, lejos de comprimir, desvirtuar y corromper las facultadas físicas, morales e intelectuales del hombre social, sirvan para fomentar su desarrollo y vigor y para acrecentar el bienestar individual, cuya suma forma la felicidad pública.”

Éste es el origen del urbanismo, un nuevo concepto interdisciplinario que relaciona los componentes físicos con la actividad humana que se desarrolla en un espacio teóricamente cerrado. No obstante, esta visión de conjunto no ha constituido hasta nuestros días la regla utilizada por la mayoría de los autores de realizaciones urbanas. Las soluciones que se han dado estaban mediatizadas por visiones teleológicas y fragmentadas, por intentar resolver proble-

¹ Hoy el término “ciudad” va más allá de la parte material que le atribuye Cerdá, incluyendo también la funcionalidad (el organismo, la vida, según Cerdá), conformando un ecosistema en su conjunto.

Un nuevo urbanismo

mas concretos y parciales sin atender a la resolución de los conflictos que los enmascaran y provocar, en ocasiones, disfunciones secundarias de una envergadura que difícilmente justificaban la solución dada.

En mi opinión, lo verdaderamente interesante de la teoría de la urbanización de Cerdá es la aportación de una visión de conjunto de la *urbs* con el fin de resolver los conflictos más importantes de su época: la higiene, la movilidad, el acceso a la ciudad, el equilibrio entre la compresión y la descompresión urbana, etc., aportando, a la vez, soluciones de conjunto y de detalle a problemas que se van arrastrando a lo largo de la historia de la urbanización, como son la dialéctica relación-aislamiento, privado-público, privacidad-sociabilidad, etc.

La nueva concepción de ciudad y el nuevo enfoque metodológico que Ildefonso Cerdá imprime para aproximarse a la realidad, le obliga a crear nuevos instrumentos para abordar los conflictos que era necesario resolver en la Barcelona del siglo XIX.

Esta actitud metodológica antepone los fundamentos axiológicos de la urbanización a la proyección técnica o facultativa —como él decía— y se enfrenta con la problemática de una manera integral: analizando, valorando y profundizando en los aspectos políticos, económicos, sociales, higiénicos, administrativos y jurídicos de la urbanización (Bassols, M., 1995).

– Instrumentos de carácter legal y administrativo

Cerdá captó con toda intensidad que la urbanización suponía un cambio social de gran magnitud y que, para ordenar este cambio, se necesitaba una nueva legislación. Cerdá, ante la laguna existente, se ofrece para cubrirla con una importante reflexión que le permite aportar ideas, conceptos y técnicas jurídicas auténticamente transformadoras que chocarían con la mentalidad de la época y que aún hoy sorprenden por su vigor, su capacidad imaginativa y estrategia operativa.

Utilizando la analogía como criterio hermenéutico, construye la teoría de la planificación urbanística, estructurando las secuencias procedimentales de manera que, en sus perfiles básicos, no ha sido superada posteriormente (Bassols, M., 1995). El plano, que será la síntesis gráfica; los medios económicos, legales y administrativos que se tienen que utilizar para desarrollarlo (plan o estatuto-económico); y las ordenanzas de construcción y de policía urbana constituyen la síntesis de la planificación urbanística.

– Medidas de carácter económico

La aspiración de Ildefonso Cerdá en el orden económico se orientaba hacia la búsqueda de una fórmula o dispositivo de financiación de la acción urbanizadora. Él considera que la reforma y el Eixample de una ciudad es una obra de utilidad pública, y en dicha obra incluye un inventario que contempla tanto las obras de superficie como subterráneas. Establece los mecanismos para la financiación de redes urbanas y el reparto de cargas y beneficios.

No considera de justicia para la financiación de las obras ni el sistema de expropiación ni la imposición de impuestos extraordinarios, ni tampoco el sistema de empréstitos públicos, lo que implicaría “pagar muy caro a un propietario el derecho de hacerlo más rico.”

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

La base de su sistema de financiación es que los gastos tienen que correr a cargo de los que se benefician de las ventajas de la obra. Considera que nadie puede enriquecerse a costa de otros.

Introduce la técnica de la reparcelación y los perfiles del sistema de compensación, anticipándose en varias décadas (más de cuarenta años) a la primera formulación de este tipo, que tuvo lugar en Alemania con la aprobación, en 1902, de la ley que se conoce en el derecho urbanístico como Ley Adickes.

– Medidas de carácter organizativo

Cerdá va proponiendo nuevas fórmulas organizativas para el desarrollo de los objetivos tanto técnicos como económicos o jurídicos. Así, para dar cuerpo a la idea de reparcelación, se le ocurre construir una mancomunidad o comunidad transitoria entre todos los propietarios de porciones de terreno comprendidas en una manzana, integrada por la superficie bruta total (limitada por los ejes de las calles que lo rodean) y la superficie. Sea cual sea el número de propietarios partícipes, éstos forman una única entidad y tienen los mismos derechos *pro indiviso*. (Bassols, M., 1995).

También propone en las ordenanzas la creación del “Consejo de Salubridad y Construcción para asesorar a todos los Ayuntamientos del Eixample en aplicación de la ordenanza”. En este consejo debían estar representados todos los implicados: la Administración y el Gobierno, el derecho, la economía, la higiene, la estadística y los facultativos de la vialidad, la edificación y la industria.

Cerdá considera que la gestión urbanizadora no debe ser asumida por la Administración, y propone que, en analogía con la legislación de ferrocarriles, se adjudique la obra en subasta pública a una empresa privada, un concesionario.

– Instrumentos de carácter técnico o facultativo

La ciudad que proyecta el fundador del urbanismo se nos presenta, hoy en día, con una gran actualidad.

Las propuestas de carácter técnico que fue realizando a partir de la segunda mitad del siglo XIX son muchas y variadas y, sin pretender hacer una descripción exhaustiva de su obra facultativa, es interesante destacar algunas de sus propuestas conceptuales, realizadas en parte.

Cerdá, calificado de socialista científico por F. Estapé (1994) y en ningún modo como socialista utópico, o calificado de planificador liberal por A. Soria (1995), busca resolver diferentes conflictos que presenta la ciudad de principios del siglo XIX y pretende construir una sociedad lo más igualitaria posible y, como dice el propio Estapé, si no hubiese sido por intereses mezquinos, la Barcelona proyectada por Cerdá habría sido la primera ciudad jardín del mundo (aunque habría que matizar esta expresión). Fruto de esta búsqueda de la igualdad son sus estudios sobre el coste de la vivienda para hacer asequible una vivienda digna a los grupos más desfavorecidos, luchando contra los especuladores del suelo, o también los trabajos

Un nuevo urbanismo

sobre la alimentación, el presupuesto familiar, las condiciones de trabajo de las familias obreras, la densidad o la mortalidad, que quedaron recogidos en la *Monografía estadística de la clase obrera*. La resolución final ha sido una mixticidad de rentas en el mismo edificio construido, de forma que las plantas próximas a la calle eran ocupadas por rentas más elevadas que iban disminuyendo a medida que se subía en altura. Aquí radica, en mi opinión, una de las explicaciones de la vivacidad y estabilidad en el tiempo del Eixample de Barcelona.

Por otra parte, Cerdá pretende resolver los problemas de la falta de salubridad, fruto de la congestión y la ausencia de las infraestructuras y normas básicas de higiene, tanto en la edificación como en la infraestructura pública. Cerdá impone un piso de superficie generosa, aproximadamente 200 m², para procurar la intimidad del individuo en el hogar y las condiciones adecuadas de salubridad e higiene (aire, luz, ventilación, etc.).

En una primera etapa concibió la vivienda como pieza elemental de la ciudad, pero, posteriormente, consideró que la célula básica estructuradora era la manzana o intervía, que se convertía en una pieza del mosaico de una red de vialidad, en la que la continuidad del movimiento obligaba a ocuparse de las vías en su totalidad y no de una en una.

La importancia que la red adquiere para Cerdá lo obliga a estudiar con detenimiento los nudos y los enlaces, ya que precisamente en ellos es donde peligra la continuidad del movimiento.

Es interesante señalar la reducción al absurdo que hace Cerdá de los trazados radioconcentricos. Si la red es radial, sería lógico que las calles se fuesen ensanchando a medida que se acercan a los centros generadores de tráfico, del mismo modo que “se ensancha el cauce de un río o cada riachuelo que en él confluye” (Cerdá, I., 1861) y, además, sería “indispensable que hubiera en el centro suficiente holgura para el movimiento que allí habrá de reinar, y no se halle cuajado de edificios” (Cerdá, I., 1861).

En suma, el sistema radial o radiocéntrico, exige, para poder funcionar, un centro vacío y vías de sección creciente a medida que se aproximan a él. Pero, si el centro está vacío, ¿qué clase de centro es? (Soria, A., 1995).

Ésta es la razón de la cuadrícula del Eixample de Barcelona, apoyada en un gran eje longitudinal: la Gran Vía de les Corts Catalanes.

Como decíamos anteriormente, Cerdá propone la manzana como célula elemental del diseño propiamente urbano, en contraposición al edificio que se convierte en la unidad elemental del diseño arquitectónico. La base del diseño de la ciudad es, para el inventor del concepto de urbanismo, la red viaria en su totalidad, por una parte, y las manzanas, por otra. Donde precisamente se da una respuesta integrada a las necesidades de la habitabilidad y la vialidad es en las “intervías”, que deben constituirse en el módulo de crecimiento de la ciudad.

Cerdá es consciente de que “la forma y magnitud del “intervías” determina la forma y la magnitud del “solar”, el cual, a la vez, determina la forma y magnitud de los edificios” (Cerdá, I., 1861).

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

La famosa manzana abierta, con chaflanes y rodeada de vías anchas, constituye el intento de Cerdá de encontrar un nuevo equilibrio entre la vialidad y la habitabilidad. Al abrir la manzana y mejorar la habitabilidad de las viviendas —dotándolas de dos fachadas, una, a la calle y, otra, en un amplio jardín interior (intento de ruralizar la ciudad)— y al proyectar una cuadrícula de amplias avenidas, pretende facilitar la circulación, distribuyéndola uniformemente, y al achaflanar las esquinas, aumenta la superficie de las intersecciones con la finalidad de evitar atascos (Adrià, A., 1995).

Como se ha explicitado, la visión del concepto de urbanismo creado por Cerdá era una visión amplia e integradora, sistémica diríamos, con un afán de conseguir el equilibrio entre diferentes pares de nociones opuestas y complementarias: campo-ciudad, soledad y sociabilidad, quietud y movimiento, regularidad y variedad. (Soria, A., 1995).

De estos complementarios, destaca uno por su difusión: “Rurizado lo urbano; urbanizado lo rural”. Pero, como dice el autor antes citado, esta frase no se debe entender exclusivamente en términos espaciales o físicos. Por ejemplo, para Cerdá, ruralizar lo que es urbano no consistía tan sólo en introducir trozos de naturaleza en cada casa, manzana o barrio, sino en compatibilizar la quietud y el aislamiento propios del campo, con el movimiento y la sociabilidad propios de la ciudad.

Esta complementariedad también la plasma en la combinación entre los pequeños detalles y las visiones de conjunto. Como afirma Soria, Cerdá se adelantó a la noción que se ha puesto de moda ahora con la teoría del caos: “No siempre los grandes efectos provienen de grandes causas, sobre todo cuando se secundan y coadyuvan, llegan a producir efectos de la mayor trascendencia; y esto lo mismo en el orden físico que en el orden moral. La dificultad en tales casos consiste en encontrar y distinguir estas causas pequeñas y en saber darles la importancia que se merecen, lo cual no se improvisa, sino que es siempre obra del tiempo, de la observación y del estudio”. (Cerdá, I., 1861). Pero la visión sistémica que Ildefonso Cerdá imprimió a su obra fue subvertida ya en su tiempo, por efecto de la envidia, la especulación y las visiones parciales y de corto alcance.

Después no han sido muchos los urbanistas que han aportado visiones integrales, quizás porque no todos los encargos tenían la posibilidad de construir una nueva ciudad. Ahora bien, los planificadores de este siglo -sobre todo después de la aparición de un nuevo medio de locomoción, el automóvil, que ha determinado una nueva forma de urbanización-, han tenido la posibilidad de crear no una, sino muchas ciudades (si atendemos a la superficie construida) y los resultados no pueden ser más decepcionantes y más parciales.

3. LOS RETOS DE LA SOCIEDAD ACTUAL

Cerdá pretendía y lo consigue con el desarrollo del Ensanche, resolver las disfunciones y retos que la sociedad de mitades del siglo XIX tenía y que en síntesis se centraban en la higiene y la salubridad; la movilidad donde cada modo de transporte tuviera su red específica, un espacio suficiente para hacer frente a los retos de la nueva era industrial y la continuidad en el movimiento; la equidad territorial con una propuesta de reparcelación equilibrada y una

Un nuevo urbanismo

disposición formal de la edificación isomorfa y sin privilegios; la integración de rentas en el mismo edificio y el equilibrio relación-aislamiento (construido-verde) que no es más que el equilibrio entre funcionamiento urbano y descompresión urbana. El conjunto de propuestas quedarán plasmadas en un plano de dos dimensiones y en un compendio normativo.

Los urbanistas que lo han seguido, hasta hoy, no han modificado, en sustancia, los principios básicos de Cerdá, si acaso los han adaptado a los cambios (por ejemplo, la aparición del automóvil) y los han ampliado con los principios funcionalistas, separando los usos y las funciones urbanas, prescindiendo de la mezcla e integración de rentas en el propio edificio o en áreas adyacentes, etc.

Hasta hace unas décadas nuestras ciudades compactas, con una elevada mixticidad de usos y funciones, eran razonablemente eficientes y con una buena cohesión social. El campo y la ciudad se visualizaban como entidades perfectamente distinguibles y complementarias.

De un tiempo a esta parte, las cosas han sufrido cambios sustanciales en todas las escalas. Los retos que afrontan las sociedades del siglo XXI vienen y son fruto, en buena medida, de los cambios ocurridos en la manera de producir ciudad y también por el desarrollo de la tecnología que nos ha situado a las puertas de una nueva era: la era de la información y el conocimiento.

Los modelos de producir ciudad son hoy muy parecidos en todos los sistemas urbanos de la Tierra, también lo son los sistemas urbanos españoles.

Este proceso global de urbanización (en muchas ciudades españolas en tres décadas se ha duplicado y en ocasiones triplicado el suelo ocupado en toda su historia) supone tal consumo de recursos y tan elevado impacto contaminante sobre el conjunto de ecosistemas de la Tierra, que las incertidumbres creadas por ello nos llevan a afirmar que estamos inmersos en un proceso que no nos asegura el futuro y por ello es insostenible. Hoy se puede afirmar que las ciudades son los sistemas que mayor impacto generan en el Planeta y, por esto, sabemos que la batalla de la sostenibilidad la vamos a ganar o la vamos a perder en base a la organización y la gestión urbanas que desarrollemos a partir de ahora.

Reducir la presión sobre los sistemas de soporte es el primer eje de la sostenibilidad, es el camino para aumentar nuestra capacidad de anticipación hoy reducida por el aumento creciente de las incertidumbres fruto de la acción de transformación humana (sobre todo urbana) sobre los ecosistemas de la Tierra. La insostenibilidad se asienta en la creciente presión sobre los sistemas de soporte. La presión por explotación y/o impacto contaminante aumenta hoy, tal como se ha dicho, de manera explosiva debido a las lógicas inherentes al actual modelo de producir ciudad. Son lógicas que en lugar de reducir la presión sobre los sistemas de soporte (las propias en un proceso hacia la sostenibilidad), las aumentan puesto que son lógicas económicas y de poder que basan su estrategia competitiva en el consumo de recursos. Los indicadores macroeconómicos como el PIB y su crecimiento continuo así lo atestiguan. El PIB, como es sabido, orienta parte de su crecimiento en el consumo de recursos y es un indicador que señala el camino del crecimiento económico que actualmente se confunde con el de desarrollo. De ahí que hablar hoy de desarrollo sostenible sea una contradicción, puesto que el desarrollo supone un aumento creciente de la presión sobre los sistemas de soporte y la sos-

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

tenibilidad lo contrario. Desarrollo y sostenible, con la actual estrategia para competir basada en el consumo de recursos son palabras contradictorias, es decir, constituyen un oximorón. La única posibilidad de acercarlas vendría, necesariamente, de la mano de un cambio de estrategia competitiva, una estrategia basada en el aumento de la información y el conocimiento que sustituyera a la actual fundamentada en el consumo de recursos.

La información y el conocimiento en los sistemas urbanos se concentran en las personas jurídicas: actividades económicas, instituciones, centros tecnológicos y del saber, y en las asociaciones, siendo estas (las personas jurídicas) las que establecen el nivel de complejidad organizativa y las relaciones multivariadas entre ellas, con distintos grados de especialización.

Aumentar la complejidad urbana significa aumentar la diversidad de las personas jurídicas y, con ello, el nivel de conocimiento que atesoran. Cuando se alcanza determinada masa crítica, un número mayor de actividades prosperan por las sinergias que proporciona una complejidad creciente. La atracción de inversiones aumenta a medida que lo hace la diversidad de personas jurídicas, es decir, en la medida que aumenta el capital económico y social.

La incorporación a la nueva era de la información y el conocimiento es el nuevo reto de la sociedad del siglo XXI. Este reto, combinado con el de la sostenibilidad ha de permitir el traspaso de la actual estrategia para competir basada en el consumo de recursos, por otra basada en la información y el conocimiento. Ha de permitir una mayor eficiencia en todos los componentes del sistema urbano a la par que se produce un efecto de desmaterialización de artefactos y procesos.

Reducir el consumo de recursos y a la vez aumentar la información y el conocimiento, forman parte de la misma ecuación. El modelo de ciudad sostenible no es posible alcanzarlo sin el desarrollo del modelo de la ciudad del conocimiento y la ciudad del conocimiento sin el desarrollo del modelo de ciudad sostenible, no tiene futuro. Aún abrazando el modelo urbano propuesto debemos preguntarnos si el urbanismo actual aborda los dos retos enunciados.

4. EL MODELO DE CIUDAD MEDITERRÁNEA², COMPACTA, COMPLEJA, EFICIENTE Y ESTABLE SOCIALMENTE³

El modelo de ciudad mediterránea, su preservación y su adaptación a los tiempos modernos se revela, cada vez más, como el modelo urbano que puede dar respuesta a los retos plantea-

² España cuenta con un modelo urbano que se extiende, salvo excepciones, a lo largo y ancho de su geografía. Es un modelo que con las modificaciones y adaptaciones necesarias se muestra como uno de los más adecuados para abordar los retos enunciados. Como todo modelo, expresa ciertas regularidades de una determinada realidad, en este caso urbana, que permite sintetizarla y visualizarla de manera singular. Así como se acepta que el modelo de clima mediterráneo se extiende a Australia, California y Sudáfrica, del mismo modo se puede aceptar que el modelo de ciudad mediterránea se extienda al conjunto de ciudades españolas aunque estén en la vertiente atlántica.

³ La Estabilidad social está aquí definida en términos ecológicos como la capacidad del sistema social de soportar perturbaciones sin perder su cohesión.

dos. Por otra parte, el modelo urbano se acomoda a un modelo de ordenación del territorio que potencie, a la vez, que el campo sea más campo y la ciudad más ciudad. Es decir, frente a la dispersión se propugna la compacidad. Frente a la especialización territorial y la simplificación de los tejidos y al crecimiento en manchas monofuncionales que suponen la destrucción del tejido urbano organizado y la degradación del paisaje tanto urbano como territorial, se propugna la complejidad. Frente al despilfarro de recursos y al impacto contaminante derivado se propone la eficiencia en los flujos metabólicos. Y, finalmente, frente a los procesos de segregación social y la expulsión de ciudadanos a periferias, cada vez más extensas, para poder acceder al mercado de la vivienda, etc. se propugna la estabilidad y la cohesión social.

Compacidad, complejidad, eficiencia y estabilidad son los cuatro ejes del modelo de ciudad que se propugnan, con el fin de producir ciudad y no urbanización, con el objeto de caminar hacia un modelo de ciudad más sostenible, acomodándolo a la nueva era de la información y el conocimiento.

5. LA CONCEPCIÓN DE UN NUEVO URBANISMO QUE ABORDE LOS RETOS DE LA SOCIEDAD ACTUAL

La pregunta es si el urbanismo, como decíamos anteriormente, responde a los retos actuales y a las disfunciones que están relacionadas con estos. Claramente, no. La energía, el agua, los flujos materiales, la explosión de la distribución urbana, el uso masivo del vehículo privado, las telecomunicaciones, etc. Son, entre otras, variables que atienden a los retos de la sociedad actual y que no podían ser ni siquiera imaginados por la sociedad del siglo XIX. El caso es que el urbanismo actual, anclado en un urbanismo que bebe del funcionalismo (discutible hasta en su raíz epistemológica, puesto que separa lo que es consustancial a la idea de ciudad: la reunión de complementarios), tampoco es capaz de abordar las variables que, a distintas escalas, es urgente tener en cuenta.

Se impone un nuevo urbanismo, uno que se acomode a una ciudad más sostenible y a una ciudad que, a su vez, dé salida a la estrategia para competir basada en la información, es decir, que atienda a las premisas de la sociedad del conocimiento de un modo más eficiente.

El urbanismo actual, que tiene su concreción proyectual en un plano de dos dimensiones a cota cero, viene limitado por el propio instrumento proyectual. En el plano urbanístico no cabe, prácticamente, nada más. Las variables antes mencionadas no tienen cabida y por ello no se resuelven en la ecuación urbana. Seguramente, que no quepan tiene su raíz en que no están presentes en el acervo conceptual de la mayor parte de urbanistas.

El nuevo urbanismo denominado “urbanismo de los tres niveles⁴” es el urbanismo que proyecta no uno sino tres planos con el mismo detalle y a la misma escala que los urbanis-

4 Rueda, S. *Un nuevo urbanismo para una ciudad más sostenible*. Conferencia Escuela Superior de Arquitectura de Sevilla (marzo 2006).

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

tas actuales proyectan el plano urbanístico en superficie. Proyectar un plano en altura y un plano del subsuelo, aparte del plano en superficie, permite que el conjunto de variables que atienden a los retos actuales puedan ser plasmados de un modo o de otro. Tres planos a escala urbanística (no a escala arquitectónica y/o proyectual), proyectados en horizontal y luego religados en vertical tienen que proporcionarnos el armazón de los modelos urbanos anunciados.

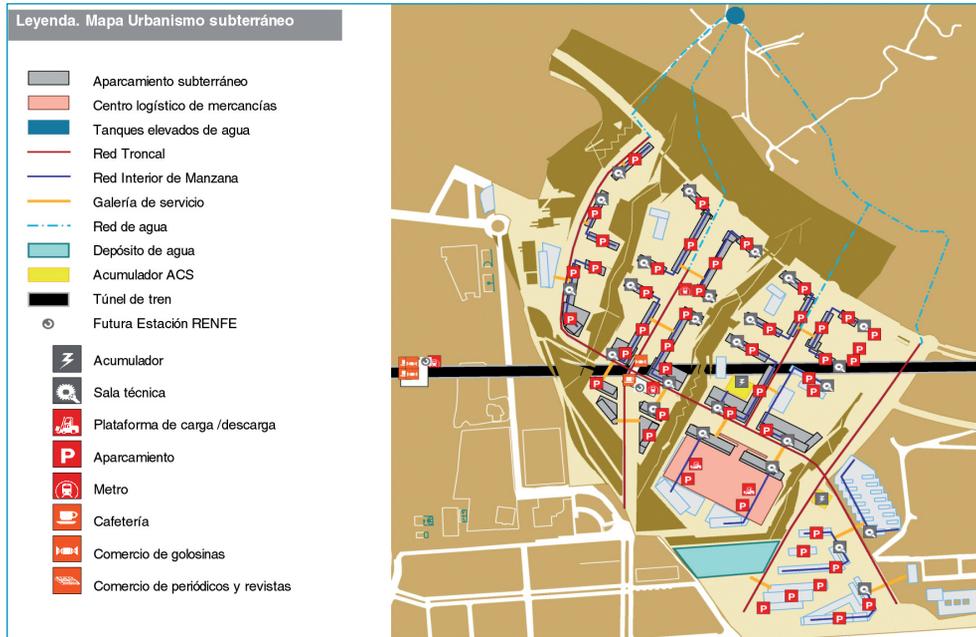
Figura 1. El Urbanismo en Altura. Viladecans Sector de Llevant



Fuente: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona sobre una ordenación de Font, A.

Tenemos, pues, tres planos que dan lugar al urbanismo en altura, al urbanismo en superficie, y al urbanismo subterráneo. El desarrollo de los mismos proporcionará, como lo hizo el urbanismo ortodoxo, un conjunto de instrumentos de carácter legal, económicos y organizativos acomodados a un nuevo statu quo y a la resolución de los nuevos retos.

Aparte de la concreción formal del urbanismo de los tres niveles, con la realización de los tres planos, el nuevo urbanismo se centra en la resolución de las variables ligadas a los nuevos retos antes citados, sin olvidar los planteados por Cerdá y otros urbanistas que quedan en parte resueltos con los instrumentos actuales.

Figura 2. El Urbanismo Subterráneo. Viladecans Sector de Llevant

Fuente: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona sobre una ordenación de Font, A.

Los objetivos principales del nuevo urbanismo serían, en los distintos ámbitos, los siguientes:

A) En el ámbito de la biodiversidad y la preservación de valores geográficos y naturales:

- El urbanismo en altura permite la creación de una capa de biodiversidad que se añade a la capa en superficie, restituyendo, en parte, la capacidad biológica que la urbanización le ha arrebatado.

La definición de dos niveles de verde urbano, uno en altura y otro en superficie, conectados con árboles de gran porte, enredaderas, etc., modifica la concepción actual de la biodiversidad urbana, pudiéndose conectar con otros programas interesantes como la creación de paisajes sonoros ligados a la avifauna insectívora (cantora), a programas de autocompostaje de la materia orgánica residual doméstica o proporcionar beneficios energéticos derivados de la inercia térmica de las cubiertas verdes.

- La planificación urbanística debería incluir, entre los Planes especiales, uno dedicado a la definición del verde urbano.
- El urbanismo de los tres niveles se acomoda desde el diseño mismo, a las condiciones naturales del lugar, puesto que se trata de aprovechar al máximo lo que la naturaleza

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

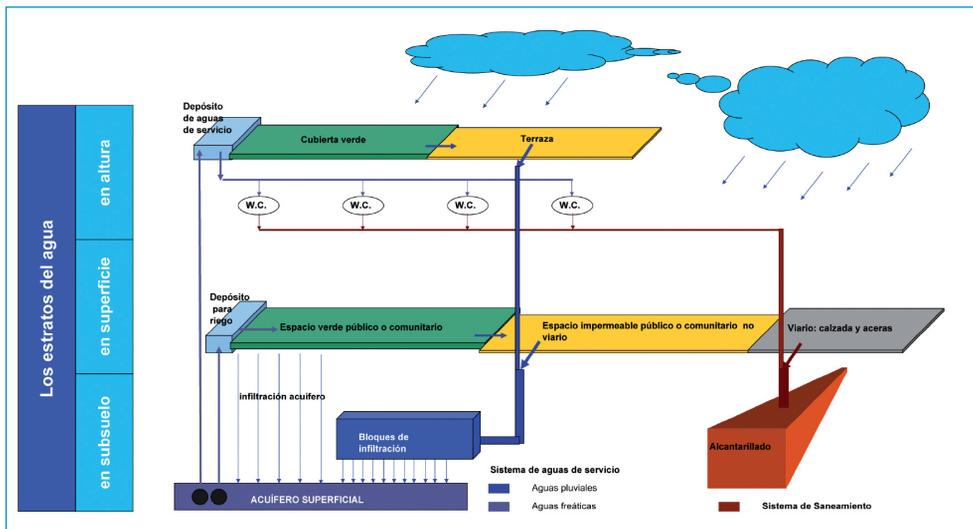
ofrece, sea sol, lluvia, una capa de agua subterránea o la condición de un substrato rocoso. El nuevo urbanismo se obliga a respetar las peculiaridades geográficas del territorio con el fin de preservar los valores naturales existentes, y la capacidad de carga del territorio.

B) En el ámbito del metabolismo urbano:

El nuevo urbanismo integra los flujos metabólicos minimizando su consumo y su impacto tanto en la edificación como en el espacio público.

- La autosuficiencia del agua con un consumo que se aproxime a la capacidad de captación y reutilización. La captación y almacenamiento del agua de lluvia, o también del acuífero, tanto en altura como en el subsuelo, combinado con tecnología y técnicas de gestión de ahorro y reutilización nos acercan a la idea de autosuficiencia para un bien escaso como es el agua.

Figura 3. El Urbanismo de los Tres Niveles y el ciclo del agua. Propuesta conceptual de aprovechamiento de aguas pluviales para recirculación a través del acuífero en el Prat Nord



Fuente: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona

- La autosuficiencia energética con captación de energías renovables: solar, eólica, geotérmica, etc., almacenamiento (en el subsuelo, por ejemplo, con depósitos estacionales) y dispositivos e instalaciones que actúan como sistemas pasivos para el ahorro y la eficiencia energética: aljibes de agua en altura, cubiertas verdes, etc., y que vienen derivados de otros sectores (agua, biodiversidad, etc.) o del propio ámbito de la arquitectura bioclimática.

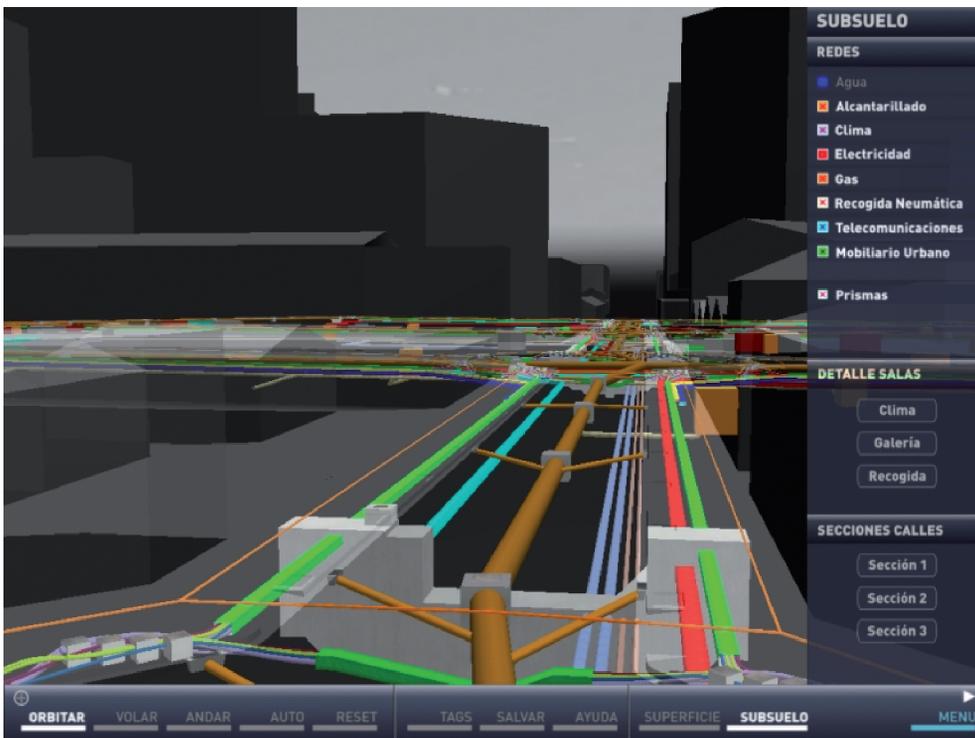
Un nuevo urbanismo

- La autosuficiencia de materiales y su reciclaje, potenciando el uso de materiales locales y la jerarquía en la gestión de residuos denominada de las 3R (reducir, reutilizar, reciclar) ya sea en el proceso urbanizador, en el posterior funcionamiento del área urbana o también en la deconstrucción de ésta, cuando haya acabado su vida útil.

C) En el ámbito de los servicios y la logística urbana:

- Se ordenan los servicios de agua, gas, electricidad y telecomunicaciones en galerías.

Figura 4. Proyecto subsuelo 22@



Fuente: Anima Grafics

- Se ordena la distribución urbana a través de plataformas logísticas liberando de ésta al espacio público y reduciendo las fricciones actuales que las dobles y triples filas conllevan.
- El tamaño de las plataformas está en función de la masa crítica para asegurar su rentabilidad y ello está íntimamente relacionado con la densidad de actividades. En el Ensanche de Barcelona, un área de 9 manzanas (400 x 400 m) es más que suficiente para albergar una plataforma logística. Lo interesante de estas instalaciones es que caben en

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

espacios pequeños a compartir con aparcamientos subterráneos y dan la libertad para distribuir en horario nocturno (con vehículos y maquinaria eléctrica silenciosa) sin interrumpir el funcionamiento del espacio público durante el día.

- Con la tecnología actual y sobre todo la futura, debería ir pensándose en combinar las galerías de servicios con el transporte de paquetería con robots móviles.

D) En el ámbito de la movilidad y la funcionalidad:

- Establecer redes propias para cada medio de transporte, fomentando las redes de transporte masivo público en el subsuelo y en superficie.

Desde Cerdá, la célula básica estructuradora, la pieza elemental de la ciudad ha sido la manzana o intervía. Las dimensiones de las mismas (alrededor de 100 m de lado) están acomodadas a los viajes a pie, pudiendo cambiar de dirección cada centenar de metros. Dimensiones mayores, supongamos 1000 m, supondrían un esfuerzo psicológico difícil de asumir a la vez que restringiría la diversidad de paisajes y de oportunidades de contacto.

Con la aparición del automóvil, el viario (pensado al principio para los viajes a pie y con animales) se acomoda al nuevo artefacto y se destina la mayor parte del mismo al tráfico rodado. Las consecuencias, ya se han visto, han supuesto un deterioro de la calidad urbana y puede afirmarse que el tráfico motorizado es uno de los factores que mayores disfunciones le genera al sistema urbano.

Las características del automóvil, en particular su velocidad en la ciudad, permiten dibujar una nueva pieza elemental que trasciende los 100 m de la manzana típica y que podríamos denominar supermanzana. Esta nueva célula básica tiene unos 400 m de lado y cubre una función similar a la de la manzana para el peatón. Los 15 o 20 Km/h de velocidad media del vehículo en la ciudad es 4 o 5 veces superior a los 4 Km/h de un peatón, lo que permite que la toma de decisiones ante dos caminos alternativos tenga una “carga” temporal similar en ambos casos. La concatenación de supermanzanas da como resultado una red de vías básicas (o si se quiere al revés, una red de vías básicas da lugar a una malla de supermanzanas) por donde transcurre el tráfico motorizado por donde circula el vehículo de paso (es el móvil cuyo objetivo es incompatible con el conjunto de usos y funciones del espacio público), y si lo hacen los residentes, la C/D y los vehículos de emergencia, los peatones y, en su caso, las bicicletas. Son áreas 10 (10 Km/h).

- Reducir las infraestructuras de movilidad en vehículo privado a las mínimas imprescindibles.
- Reducir a la mínima expresión el aparcamiento en superficie.

E) En el ámbito del espacio público:

- Multiplicar los usos y funciones del espacio público en superficie, con el fin de que el ciudadano ocupe “toda” la ciudad y pase de la categoría de peatón a ciudadano, libe-

rando la mayor parte del espacio público, hoy destinado a la circulación y al aparcamiento del vehículo privado⁵.

Con el desarrollo de supermanzanas se pueden liberar superficies de espacio público por encima del 75%. El análisis y la simulación de tráfico, realizado por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, en distintos tejidos urbanos pone en evidencia que, sin mermar la funcionalidad del sistema, se pueden multiplicar los usos y funciones del espacio público reduciendo los usos para el tráfico motorizado y el aparcamiento a la mínima expresión.

Figura 5. Intensidad media horaria en hora punta (9 -10 am.). Supermanzanas en el Distrito de Gracia de Barcelona



Fuente: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona

⁵ Con una distribución del uso del espacio público distinto al actual (garantizando en cualquier caso la funcionalidad urbana), un 30% máximo para el vehículo privado y un 70% para el resto de usos, se consigue que el conjunto de indicadores de sostenibilidad y calidad urbana se vean favorecidos de manera significativa.

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

- Incorporar una nueva dimensión de espacio público en altura y en el subsuelo.
- Incorporar en el diseño del espacio público el conjunto de variables del entorno: confort térmico, luz y sombras, canalización del aire, paisaje de colores o de sonidos.

El espacio público es el receptor del conjunto de actividades urbanas, en él cristalizan las características de la ciudad y en buena medida la definen. La interacción de los elementos urbanos dan lugar a un determinado paisaje visual y sonoro, a un marco de intercambio y de convivencia, a un conjunto de usos y funciones, etc.

En los sistemas naturales la interacción entre sus componentes da lugar a una regulación de las variables de entorno: luz, temperatura, humedad relativa, caminos, etc. En la ciudad, un control similar lo encontramos en el interior de los edificios, donde los arquitectos con su diseño controlan las variables de confort. No sucede lo mismo en el espacio público. El nuevo urbanismo se propone controlar las variables de entorno: confort térmico, ruido, contaminación atmosférica, seguridad, accesibilidad, etc. desde la planificación⁶.

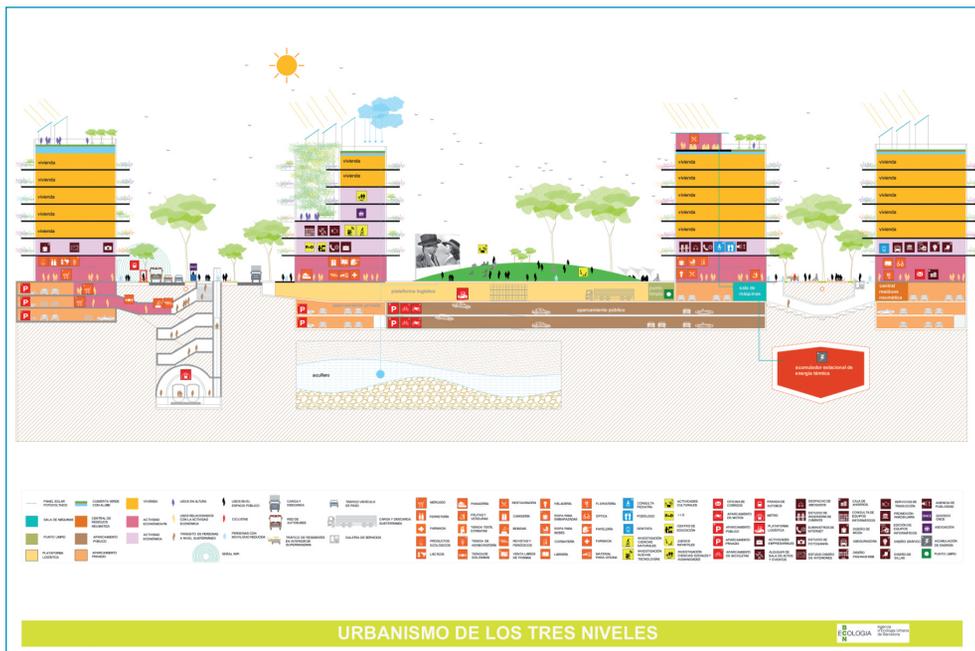
F) En el ámbito de la complejidad urbana y la sociedad del conocimiento:

- El urbanismo de los tres niveles se acomoda al modelo de ciudad mediterránea, compacta, compleja, eficiente y cohesionada socialmente puesto que condiciona y hace factible la proximidad entre usos y funciones a la vez que potencia intencionadamente la mixticidad de éstos, multiplicando la complejidad organizativa. Se busca ampliar las áreas de centralidad, creando nuevas áreas centrales que aumenten la información organizada del conjunto.
- Las mezclas adecuadas de actividad diversa y residencia permiten aumentar la complejidad organizativa puesto que potencia la proliferación de actividades de proximidad ligadas a la residencia y además incrementa los índices de autocontención y autosuficiencia en la ocupación (proximidad de la residencia al trabajo).
- La sociedad de la información y el conocimiento se articula fundamentalmente a través de la complejidad urbana, es decir, en las personas jurídicas que atesoran el conocimiento que se amplifica en la medida que lo hace la complejidad de la red que para cada ámbito manifiesta una determinada masa crítica. El aumento de la complejidad atrae a nuevas personas físicas y jurídicas con conocimiento que a su vez hacen aumentar la diversidad y la densidad de conocimientos distintos. Luego, las piezas estructurales: edificios, redes, servicios, espacio público, etc. y funcionales, de la mano de las tecnologías de la información y la comunicación se acoplan y potencian el intercambio de información y conocimiento.
- Los flujos de información, como los metabólicos, deben también, integrarse en la concepción de las distintas piezas urbanas y su desarrollo. Empezando por la compatibili-

⁶ Próximamente, la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona expondrá la metodología para el cálculo de un indicador sintético que se aproxima a la idea de calidad del espacio público.

dad de los usos y funciones que proporcionan una mayor mixtidad urbana, debería continuarse con la aplicación de la información (diseño, tecnología, arte, etc.), como valor añadido, a cada uno de los elementos urbanos: edificios, espacio público y mobiliario urbano, transporte, etc., con el fin de hacer compatibles la complejidad, la competitividad y una mayor calidad urbana y de vida.

Figura 6. El Urbanismo de los Tres Niveles



Fuente: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona

6. CRITERIOS, CONDICIONANTES E INDICADORES DEL NUEVO URBANISMO

La planificación urbanística cuenta, como decíamos, con un documento normativo que fija los parámetros y condicionantes que guían la transformación del territorio a urbanizar. Los estándares y condicionantes proceden de marcos normativos de escala y naturaleza distintos que atienden a variables que son de carácter eminentemente social y económico.

Para abordar los nuevos retos es necesario cambiar el enfoque y los parámetros de referencia que, sin olvidar las variables del urbanismo ortodoxo, den cobertura a los criterios de la sostenibilidad en la era de la información.

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

Para que el conjunto de condicionantes e indicadores tengan coherencia entre sí es necesario que, éstos, atiendan a un modelo urbano de ocupación del territorio. Un modelo intencional cuyos objetivos tengan en cuenta los criterios de sostenibilidad y, a su vez, los relacionados con la calidad urbana y de vida. El modelo, ya comentado, que en nuestras latitudes mejor se ajusta a estas premisas es el modelo de ciudad compacta y compleja, eficiente en el consumo de recursos y estable socialmente.

Armar un panel de indicadores que se acomode al modelo de ciudad mediterránea, compacta y compleja, viene a complementar la propuesta formal del urbanismo de los tres niveles.

El cálculo de los indicadores permite saber el grado de acomodación de éstos al modelo intencional y puede aplicarse no sólo a los nuevos desarrollos sino, también, a los tejidos consolidados.

7. INDICADORES RELACIONADOS CON LA MORFOLOGÍA Y LA ESTRUCTURA URBANA

El primer paquete de condicionantes e indicadores está relacionado con la compacidad, es decir, con el grado de proximidad entre usos y funciones urbanas y también con el grado de equilibrio del tejido urbano. Con la compacidad se tiene una primera idea de la densidad de población, de la densidad de actividades y de la masa crítica que haga viable, o no, una red de transporte público, entre otras.

Hoy son pocos los gestores del territorio, ya sean políticos o técnicos, que no reivindiquen la compacidad. Algunos consideran a la compacidad como algo consustancialmente bueno en el proceso urbanizador y, por ello, hacen propuestas de rascacielos sin más, sin tener en cuenta ningún otro parámetro.

La compacidad es una condición necesaria pero no suficiente. Alguien podría proponer edificios de centenares de plantas separados por una calle de ocho metros. Ya se intuye que el resultado iba a sufrir un buen número de disfunciones. Las preguntas ahora son ¿cuáles son las razones para corregir la compacidad?, ¿cómo corregirla?

La compacidad corregida relaciona el volumen construido de una determinada superficie urbana y el espacio de estancia, es decir, el espacio de relación y el verde urbano. Es un indicador de equilibrio entre lo construido y los espacios libres, o siguiendo la terminología de Ildefonso Cerdá, entre espacios de relación (actividad, funcionalidad y organización urbana) y espacios de aislamiento (espacios descompresores de la tensión urbana, relax, ocio, contacto con el verde).

Se entienden por espacios de estancia, los espacios verdes, parques, jardines, plazas, paseos, calles peatonales y aceras con anchos mayores a 5 metros, pues éstas permiten que dos personas pueden permanecer hablando sin interrumpir el paso de dos carritos de ruedas de personas con movilidad reducida.

Un nuevo urbanismo

Este indicador corrige la compacidad absoluta, compensándola con una dotación de espacio para la convivencia. Una compacidad corregida de entre 10 y 50 metros (sobre la malla de referencia) garantiza, al menos, un espacio de estancia de 20 m² por persona.

Con este paquete de indicadores relacionados con la morfología urbana se pretende sentar las bases para construir ciudad y no urbanización, consiguiendo una masa crítica de personas y actividades que haga viable y justifique el transporte público, los servicios y equipamientos básicos y las dotaciones comerciales imprescindibles para desarrollar la vida cotidiana desde patrones de proximidad. A su vez, se pretende que haya un equilibrio entre compresión y descompresión urbana, entre espacios ligados a la funcionalidad y la organización urbanas y espacios relacionados con la convivencia y el contacto con la naturaleza.

– Listado de indicadores relacionados con la morfología urbana.

DENSIDAD DE VIVIENDAS	
INDICADOR / CONDICIONANTE:	Densidad mínima de 60 viviendas/Ha
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Vivienda/Ha La malla de referencia 100x100 m
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 50% del área urbanizada
COMPACIDAD ABSOLUTA	
INDICADOR / CONDICIONANTE:	Valores superiores a 5 m
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Volumen edificado/malla de referencia La malla de referencia 100x100 m
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 50% del área urbanizada
COMPACIDAD CORREGIDA	
INDICADOR / CONDICIONANTE:	Valores entre 10 y 50 m
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Volumen edificado/espacio de estancia La malla de referencia 100x100 m
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 50% del área urbanizada

8. INDICADORES RELACIONADOS CON EL ESPACIO PÚBLICO

El espacio público es uno de los dos componentes que dan sentido profundo a la idea de ciudad. El espacio público, la “casa” de todos, es el que da carta de naturaleza al ciudadano.

Antes de la aparición del vehículo motorizado, la población ocupaba el espacio público sin restricciones. El ciudadano lo era, sobre todo, porque ocupaba sin cortapisas la ciudad, es decir, el espacio público. Las imágenes filmadas por los hermanos Lumière en el París de principios del 20, muestran un movimiento de personas a pie, con bultos, a caballo y carros y carretas. Todos coinciden en el viario, llenándolo con movimientos caóticos, donde lo más importante era la ausencia de restricciones. El mercado, la fiesta, el juego... eran posibles sin que ello supusiera una merma de la funcionalidad urbana.

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

Cuando aparece el vehículo a motor, el modo de ocupar el espacio público es incompatible con el objetivo principal del nuevo artefacto: ir de un punto a otro de la ciudad a la mayor velocidad posible. A alguien se le ocurrió que el centro de la calle fuera para el nuevo artefacto y que las cintas (aceras) contiguas a los edificios se reservaran para los que iban a pie. Sin darse cuenta, el “ciudadano” (el que ocupaba el espacio público sin restricciones) pasó de serlo para convertirse en “peatón” (alguien que tomaba carta de naturaleza como modo de transporte).

El vehículo, por sus características, se apropió de, prácticamente, la totalidad de los tramos de la célula básica urbana (la manzana) y así ha permanecido hasta hoy. Los nuevos desarrollos urbanos destinan, directa o indirectamente, el 60, el 65 y hasta el 70% de la calle al coche.

Con el fin de devolverle al ciudadano su carta de naturaleza, se propone restringir el derecho de paso al vehículo en el interior de una nuevas células urbanas pensadas para el coche: supermanzanas de aproximadamente 400x400 m. La concatenación de supermanzanas da lugar a una red de vías básicas por donde circula el vehículo de paso, constituyendo una malla de polígonos de 400x400 m, en cuyo interior las personas dejan de ser meros peatones para ser, de nuevo, ciudadanos.

Figura 7. Una nueva célula básica para los flujos motorizados y una isla urbana para el resto de usos del espacio público



Fuente: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona

Se busca, también, que la calle corredor tenga itinerarios con un alto grado de interacción, haciendo que el reparto del espacio se decante hacia los ciudadanos que van a pie y que el número de actividades por tramo sea el más elevado posible. Una interacción elevada (por ejemplo, 5 actividades por tramo) y un buen reparto del espacio público favorable para el peatón, permite la continuidad de los itinerarios y de los tejidos evitando roturas y desiertos urbanos o los “no lugares”, que son críticos y en tantas ocasiones, inseguros.

Los arquitectos e ingenieros consiguen en los interiores edificados el control de las variables de confort. La temperatura, la luz, la humedad, el ruido, la calidad del aire, etc., pue-

Un nuevo urbanismo

den ser controladas de manera precisa al objeto de proporcionar el bienestar de los habitantes del edificio. No sucede lo mismo con las variables de entorno en el espacio público. Una vez asegurada la funcionalidad urbana (por ejemplo, con un modelo de movilidad basado en supermanzanas) es posible crear en los interiores de la red básica (preparada para la motorización), un conjunto de islas urbanas donde la luz esté regulada; el ruido y la contaminación atmosférica se reduzcan y el número de horas de confort térmico se incrementen por el efecto combinado de la vegetación, el agua y las características de los materiales. En el interior de las supermanzanas es posible idear la creación de paisajes sonoros con mayor información (por ejemplo, sonidos relacionados con el juego de los niños, con el canto de las aves, los saltos de agua o el movimiento trémulo de las hojas de ciertos árboles, etc.) que los generados por el ruido del tráfico.

Del mismo modo, es posible recrear paisajes de olor con una información mayor. El olor a tierra mojada (el que proviene de la descomposición de restos vegetales), hojas, pequeñas ramas y tallos, etc.) o el de las plantas olorosas del mediterráneo: romero, espliego, tomillo, jazmín, cítricos, etc. permiten sustituir el olor desagradable generado por los inquemados de los carburantes.

- Listado de indicadores relacionados con el espacio público.

VIARIO DESTINADO AL PEATÓN Y OTROS USOS	
CONDICIONANTE:	Viarío público peatonal >75% en relación al total del viario público
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$\Sigma \frac{\text{sup. viaria peatonal y otros usos (m}^2\text{)}}{\text{superficie total de viario (m}^2\text{)}} \times 100$
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Barrio y/o entidad urbana residencial
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Índice global para cada barrio/entidad urbana
CONTINUIDAD ESPACIAL Y FUNCIONAL DE LA CALLE CORREDOR	
CONDICIONANTE:	Tramos de calle (metros lineales) con interacción de la secuencia espacial alta o muy alta superior al 25%
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 25% de los metros lineales totales
CONFORT TÉRMICO	
CONDICIONANTE:	Obstrucción de la radiación solar del arbolado en el viario público (proyección vertical de sombra)
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$\Sigma \frac{\text{sup. obstrucción (sombra arrojada en m}^2\text{)}}{\text{superficie total de viario público (m}^2\text{)}} \times 100$
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 80% de los metros lineales totales

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

CONTAMINACIÓN ACÚSTICA				
CONDICIONANTE:	NIVEL SONORO DIURNO		NIVEL SONORO NOCTURNO	
	Nivel	Cobertura	Nivel	Cobertura
	< 65 dBA	60% población	< 55 dBA	60% población
	65 - 70 dBA	15% población	55-60 dBA	15% población
	>70 dBA	25% población	>60 dBA	25% población
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle			
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Cumplimiento global según tabla del condicionante			
CALIDAD DEL AIRE				
CONDICIONANTE:	NO2 (ug/m³)		PM10 (ug/m³)	
	Nivel	Cobertura	Nivel	Cobertura
	30-35	60% superficie	30-35	60% superficie
	35-40	35% superficie	35-40	35% superficie
	>40	5% superficie	>40	5% superficie
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Malla de referencia de 100x100 metros			
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Cumplimiento global según tabla condicionante			

9. INDICADORES RELACIONADOS CON LA MOVILIDAD

El gran error de los planificadores del siglo XX fue permitir y dar derecho de paso, por todos los tramos urbanos, al vehículo motorizado, como si fuera un móvil más, sin tener en cuenta sus características. Los flujos vehiculares cuando mejor funcionan es cuando se eliminan los giros, las paradas, etc., es decir, cuando no tienen interrupción. Por eso se crearon las autopistas.

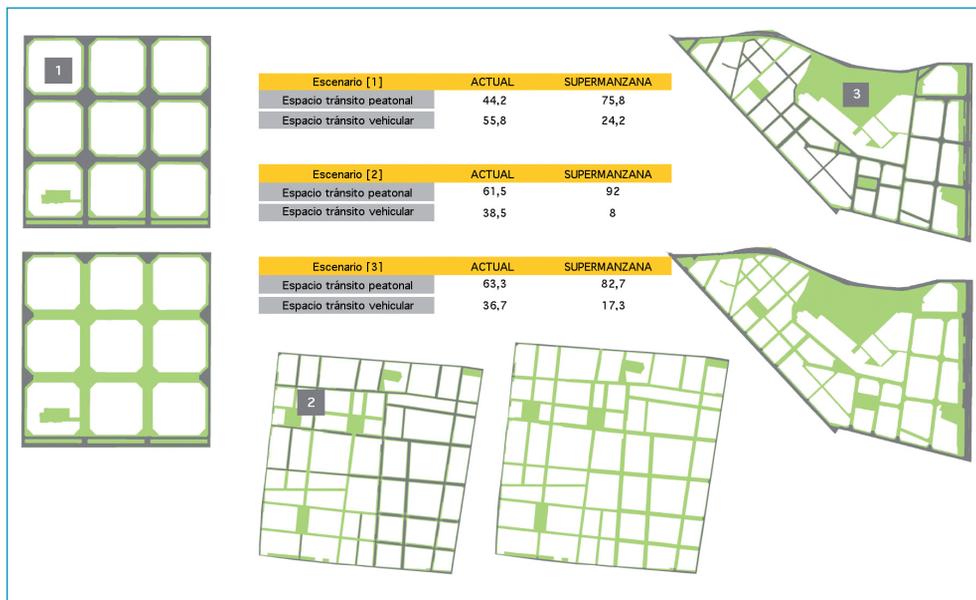
Reducir las interrupciones y permitir el acceso a los usos urbanos es una ecuación mal resuelta cuando se permite que el coche pueda girar en cada cruce. También estaría mal resuelta si sólo lo dejáramos girar, por ejemplo, cada tres kilómetros. Permitir el giro en cada cruce supone multiplicar el número de fricciones sobre el flujo: los propios giros, los semáforos, las dobles filas..., haciendo que la marcha se ralentice y el sistema multiplique, a su vez, las disfunciones. Con giros muy distantes se aumenta en demasía la distancia al destino deseado.

Cuando la célula básica urbana organizadora de los flujos motorizados deja de ser la manzana para dar paso a una nueva célula de unos 400x400 m, la ecuación buscada mejora substancialmente. La distancia al destino es razonable y el flujo mejora con una onda verde semafórica regulada cada 400 m, con una reducción de giros, con un aumento de la velocidad, etc. Una distancia de 400 m para un vehículo que va, como mínimo, a una velocidad en la ciudad más de cuatro veces la velocidad a la que va un peatón (4 km/h), el giro a 400 m para el coche, tiene un sentido similar al giro a 100 m para el que va a pie. Esta distancia, pues, cobra

sentido no sólo físicamente sino, también, psicológicamente, pues la resolución de la ecuación está íntimamente relacionada con la percepción del usuario del vehículo.

Como decíamos, el conjunto de las células básicas de 400x400 m cuando se conectan dan lugar a una red de vías básicas por donde circula la motorización, en especial el vehículo de paso. El resto de vías se reservan para otros usos y funciones urbanas. Una estructura como ésta permite liberar entre el 60 y el 70% del espacio público y si es en nuevos desarrollos los porcentajes pueden ser superiores. En Vitoria-Gasteiz, por ejemplo, con una estructura en supermanzanas se pasa de 700 vías con motorización, como uso principal, a 150 únicamente.

Figura 8. Relación espacial y porcentual del viario público con y sin supermanzanas. Ejemplo para tres tipos de tejidos urbanos.



Fuente: Agencia de Ecología Urbana de Barcelona

Una reducción del número de vehículos circulando; necesaria para poder liberar espacio, reducir la contaminación atmosférica, el ruido, la emisión de gases de efecto invernadero, reducir los accidentes de tráfico, reducir el número de horas laborales perdidas, etc., obliga a planificar los transportes alternativos, transportes que han de tener una conexidad (distancia a la parada, al carril bici, etc.) adecuada y una mayor conectividad. Cada modo de transporte debe tener su propia red, a ser posible segregada.

La accesibilidad de todos, también de las personas con movilidad reducida, es un condicionante obligatorio. En las supermanzanas, con una red de calles interiores de sección única, se garantiza el paso de todos sin interrupciones.

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

El aparcamiento es uno de los problemas actuales más acuciantes. Ocupar la vía con aparcamientos es un despilfarro del espacio público que, seguramente, no será entendido en un futuro próximo. Todavía se entiende menos que la legislación obligue, por ley, a reservar un determinado número de plazas de aparcamiento.

Los coches deberían aparcarse en lugares interiores, a poder ser en el subsuelo. La distancia del lugar de residencia al aparcamiento no debería ser inferior a la distancia de ésta a la parada más próxima de transporte público. El esfuerzo debería ser, como mínimo, igual. En el propio edificio de residencia, como máximo, se debería contar con una plaza por vivienda. Por el contrario, el número de plazas para bicicletas debería ser, como mínimo, de dos.

En el nuevo urbanismo (el de los tres niveles), el urbanismo subterráneo permite acoger los flujos de mercancías a través de plataformas logísticas y los flujos metabólicos a través de galerías de servicios. Se trata de una ordenación global del subsuelo para planificar los usos derivados de su función como contenedor de estructuras urbanas (plataformas logísticas, almacenes), como contenedor de infraestructuras urbanas (redes de servicios, transporte subterráneo) y como reserva de espacio por tratarse de un bien escaso, fundamental para incorporar aspectos claves relacionados con la sostenibilidad y las redes de información y comunicación.

Con una ordenación del subsuelo (ciertos anillos de servicios pueden ser construidos, también, en altura) en los términos explicitados, se reducen las disfunciones de la distribución urbana en superficie y las derivadas del soterramiento, sin más, de los servicios en las aceras y el viario.

- Listado de indicadores relacionados con la movilidad.

ESPACIO PÚBLICO PARA LA MOTORIZACIÓN EN RELACIÓN AL VIARIO PÚBLICO TOTAL	
CONDICIONANTE:	Viario público vehicular <25%
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$\frac{\text{superficie de viario peatonal}}{\text{superficie de viario público total}} \times 100$
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Barrio y/o entidad urbana residencial
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Índice global para cada barrio/entidad urbana
ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA	
CONDICIONANTE:	Espacio de tránsito peatonal totalmente accesible
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	100% de los metros lineales totales
ACCESO A PARADAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE SUPERFICIE	
CONDICIONANTE:	Acceso a una o más paradas de transporte público a menos de 300 metros.
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 90% de la población

ACCESO A LA RED DE BICICLETAS	
CONDICIONANTE:	Acceso a la red de bicicletas a menos de 300 metros.
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 90% de la población
ACCESO Y DOTACIÓN DE APARCAMIENTO PARA EL VEHÍCULO PRIVADO	
CONDICIONANTE:	Acceso a aparcamiento público en subsuelo a menos de 300 metros. Reserva de plazas mínimas según uso de parcela y tipología de equipamiento.
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 90% de los metros lineales totales
ACCESO Y DOTACIÓN DE APARCAMIENTO PARA BICICLETAS	
CONDICIONANTE:	Acceso a aparcamiento de bicicletas a menos de 300 metros. Reserva de plazas mínimas según uso de parcela y tipología de equipamiento.
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 90% de los metros lineales totales
REDES DE SERVICIOS URBANOS	
CONDICIONANTE:	Ordenación de las redes de servicios urbanos
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	-
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Esquema de infraestructuras
RESERVA DE SUPERFICIE PARA PLATAFORMAS LOGÍSTICAS	
CONDICIONANTE:	Reserva de superficie para plataformas logísticas
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	-
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	-

10. INDICADORES RELACIONADOS CON LA COMPLEJIDAD Y LA ORGANIZACIÓN URBANA

La reserva de espacios para locales comerciales, oficinas u otros servicios, se garantiza mediante el porcentaje de edificabilidad mínima para usos no residenciales, es decir, servicios terciarios, servicios avanzados y servicios públicos. El objetivo reside en acoger una determinada densidad de actividades, para garantizar valores mínimos de complejidad urbana.

La proximidad entre complementarios y la mezcla de funciones, en contraposición al monocultivo residencial y las áreas funcionales, permite una mayor probabilidad de intercambio entre personas jurídicas y, por tanto, una mayor complejidad de la organización urbana. Además, genera patrones de proximidad para poder satisfacer las necesidades cotidianas.

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

Una mayor diversidad y mixticidad de usos aumenta el capital social y económico de un territorio, a la vez que aumenta su competitividad y atracción.

La información y el conocimiento residen en las organizaciones urbanas, es decir, en las personas jurídicas. Éstas harán, cada vez más, que la información constituya el factor principal en la posición competitiva de los territorios en substitución de la estrategia competitiva actual, basada en el consumo de recursos. Con la presencia e incremento de actividades densas en conocimiento (actividades @), la ciudad atrae a un mayor número de personas, de elevada formación y especialización (también inversiones), con beneficios en todos los órdenes: culturales, económicos y sociales.

En la estrategia competitiva que modela la ciudad del conocimiento interesa, especialmente, poder contar con aquellas actividades que mejor controlan el presente y más anticipan el futuro, aquellas que más densidad de información tienen y mayor información controlan.

La convivencia entre residencia, oficinas y tiendas mitiga los contrastes de concurrencia entre la noche y el día y entre los días laborables y los días festivos, favoreciendo así, una ocupación del espacio público durante las 24 horas. Para conseguir proximidad trabajo-residencia, se requiere que la actividad económica se integre en los barrios residenciales y que se prevean espacios que puedan acoger actividades de formatos y tipologías diversas (oficinas, pequeños negocios familiares, etc.).

También se debe potenciar la calle corredor y el frente de calle en planta baja como polo de atracción, eliminando huecos y espacios que puedan generar “desierto” o “vacío” urbano. La disposición continua de actividades en planta baja, atrae al ciudadano al espacio público a la vez que ejerce, de manera indirecta, determinado control sobre éste, mejorando los índices de seguridad. Se establece una preferencia en las plantas bajas para usos no residenciales.

Los locales comerciales pueden entenderse como una prolongación de la calle ya que permiten la permeabilidad de los consumidores y/o espectadores, fomentando múltiples trayectorias entre el ámbito público y el ámbito semipúblico, sobre todo en aquellas calles con ambos frentes de calle comerciales y sin viario vehicular intermedio.

- Listado de indicadores relacionados con la complejidad urbana.

COMPLEJIDAD URBANA	
CONDICIONANTE:	Diversidad urbana superior a 4 bits de información por individuo.
	Más de 6 bits en áreas de centralidad
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i$
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Malla de referencia 200x200 metros
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 50% del área urbanizada

REPARTO ENTRE ACTIVIDAD Y RESIDENCIA	
CONDICIONANTE:	Aprovechamiento (m ² c) de servicios terciarios y servicios avanzados superior al 20%, en relación al total de aprovechamiento lucrativo
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$\frac{\text{Aprovecham. lento terciario y servicios avanzados (m}^2\text{c)}}{\text{Aprovecham. lento lucrativo total (m}^2\text{)}} \times 100$
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Malla de referencia 100x100 metros
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 50% del área urbanizada (con uso lucrativo)
ACTIVIDADES DENSAS EN CONOCIMIENTO	
CONDICIONANTE:	Aprovechamiento (m ² c) para uso exclusivo de servicios avanzados (actividades densas en conocimiento) superior al 10% en relación al total de aprovechamiento lucrativo.
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Malla de referencia 100x100 metros
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Índice global
DIMENSIONADO DE LOS LOCALES COMERCIALES EN PLANTA BAJA	
CONDICIONANTE:	En planta, superficies útiles entre 50 y 200 m ² para el 80% de los locales ubicados en edificios con uso principal residencial
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$\frac{\text{n}^\circ \text{ locales con sup. entre 50 y 200 m}^2}{\text{n}^\circ \text{ total de locales}} \times 100$
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Malla de referencia 200x200 metros
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	80% de los locales en planta baja
ACTIVIDADES DE PROXIMIDAD	
CONDICIONANTE:	Aprovechamiento (m ² c) para actividades cotidianas superior al 10% en relación al total del aprovechamiento lucrativo.
FÓRMULA DE CÁLCULO:	
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Malla de referencia 100x100 metros
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	10% actividades de proximidad

11. INDICADORES RELACIONADOS CON LA BIODIVERSIDAD

Cualquier plan de ocupación urbana debería integrar una red de espacios verdes interconectados entre sí y con el exterior. Esta red es el sustento de la biodiversidad y constituye la pieza clave para la descompresión urbana y el contacto cotidiano de la población con la naturaleza. Deberían asegurarse superficies verdes suficientemente amplias para acoger el mayor número y diversidad de organismos posible. Estas se conectan con corredores verdes con más o menos volumen verde.

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

La red verde en la ciudad tiene beneficios, no sólo para los organismos que lo habitan, sino también para los ciudadanos que disfrutan de un mayor confort en esos espacios de estancia, y para las variables relacionadas con el ciclo hídrico, la mitigación de las temperaturas de la isla de calor, etc.

Para que la vida prospere, el suelo debe ser permeable. La impermeabilización y el sellado del suelo son incompatibles con la vida. La superficie permeable de un área urbana se presenta como Índice Biológico del Suelo. La permeabilidad del suelo es básica para reducir las distorsiones del ciclo hídrico.

Al conjunto de áreas verdes se le añaden los conectores, arbolado viario y corredores verdes urbanos que estructuran una verdadera red biológica.

En los nuevos barrios, debe respetarse la matriz biofísica del territorio y evitar la tala de arbolado, conservando zonas de arbolado y también aquellos ejemplares de especial belleza y tamaño. En ningún caso, el número de árboles será menor al número de árboles originales del área intervenida. Es recomendable la creación de organizaciones específicas que gestionen un Banco de Arbolado Urbano para la elaboración de catálogos completos de espacios verdes y hábitats de interés y para completar el arbolado de la red verde.

El arbolado viario es el principal elemento vegetal que da percepción del volumen verde en la escena urbana y además contribuye a mejorar las condiciones de confort climático. También contribuye a la consolidación de la red verde en altura.

La selección de árboles y arbustos también puede ayudar a favorecer la presencia de aves frugívoras, si se opta por vegetales que produzcan frutos comestibles para los pájaros. Otras especies, como las coníferas, ofrecen buenos refugios. Esto hace recomendable que las plantaciones no sean demasiado homogéneas y que distribuyan con cierto criterio los tipos de vegetales en el espacio, creando microambientes variados.

Un corredor verde en el ámbito urbano realiza una función similar a los corredores en los ecosistemas naturales, aunque su entidad sea menor, pues el tamaño del mismo y el tamaño de las áreas verdes a unir también es menor.

Por último, es conveniente generar una nueva capa biológica en altura que complemente la creada en superficie. Las cubiertas verdes incrementan la superficie de verde en horizontal. Las dos capas (en altura y en superficie) pueden ser conectadas con árboles de gran porte y con vegetación reptante.

Las cubiertas verdes permiten retener el agua de lluvia, favorecen el aislamiento térmico del edificio, disminuyen la emisión de calor por reducir el albedo, pueden ser accesibles y atractores de organismos diversos, especialmente avifauna.

- Listado de indicadores relacionados con la biodiversidad.

ACCESO A ESPACIOS VERDES													
CONDICIONANTE:	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Acceso simultáneo a espacios verdes</th> </tr> <tr> <th>Superficie espacio verde</th> <th>Distancia</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Espacio verde > 10Ha.</td> <td>4km.</td> </tr> <tr> <td>Espacio verde > 1Ha.</td> <td>2km.</td> </tr> <tr> <td>Espacio verde > 5.000m²</td> <td>750m.</td> </tr> <tr> <td>Espacio verde > 1.000m²</td> <td>200m.</td> </tr> </tbody> </table>	Acceso simultáneo a espacios verdes		Superficie espacio verde	Distancia	Espacio verde > 10Ha.	4km.	Espacio verde > 1Ha.	2km.	Espacio verde > 5.000m ²	750m.	Espacio verde > 1.000m ²	200m.
Acceso simultáneo a espacios verdes													
Superficie espacio verde	Distancia												
Espacio verde > 10Ha.	4km.												
Espacio verde > 1Ha.	2km.												
Espacio verde > 5.000m ²	750m.												
Espacio verde > 1.000m ²	200m.												
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Metros lineales totales												
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 80% de los metros lineales totales con acceso a las cuatro dimensiones de espacio verde												
ÍNDICE DE PERMEABILIDAD (ÍNDICE BIÓTICO DEL SUELO)													
CONDICIONANTE:	Índice de permeabilidad superior al 30%												
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$\Sigma \frac{\text{área suelo} \times \text{factor de permeabilidad}}{\text{superficie de la malla}} \times 100$												
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Malla de referencia 100x100 metros												
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 50% del área urbanizada												
DOTACIÓN DE ARBOLADO VIARIO SEGÚN SUPERFICIE OCUPADA													
CONDICIONANTE:	Asignación de un árbol por cada 20m ² de superficie ocupada												
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Malla de referencia 100x100 metros e índice global												
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	1 árbol por cada 20m ² . Si no se alcanza éste índice, compensación del déficit en un Banco de Arbolado Urbano.												
CORREDORES VERDES URBANOS													
CONDICIONANTE:	Definición de corredores verdes urbanos												
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$\frac{\text{metros lineales de corredor verde urbano}}{\text{metros lineales totales}} \times 100$												
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle												
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 5% de la trama estrictamente urbana												
CUBIERTAS VERDES													
CONDICIONANTE:	Reserva de un 30% de superficie para cubierta verde												
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Barrio												
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Índice global para cada barrio												

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

RESERVA DE ESPACIO LIBRE INTERIOR DE MANZANA	
CONDICIONANTE:	Reserva de un 30% de espacio libre interior de manzana
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Manzana
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	100% de las manzanas con uso principal residencial

12. INDICADORES RELACIONADOS CON EL METABOLISMO URBANO

Los nuevos desarrollos urbanos (también los tejidos en rehabilitación) deberían tender a la autoproducción energética con energías renovables. Se conoce la potencialidad de generar energía térmica y eléctrica con energía solar, y debería ampliarse con otros recursos locales menos utilizados: flujos de materia orgánica residual y otros flujos residuales, geotermia, energía mareomotriz, etc. La suma debería tender a la autoproducción energética que junto al ahorro y la eficiencia diera como resultante la autosuficiencia en energía.

De manera similar debe buscarse el autosuministro hídrico con recursos locales: pluviales, residuales, subterráneos y, en su caso, superficiales, que unido al ahorro y la eficiencia proporcionen la autosuficiencia necesaria para la demanda urbana.

La eficiencia relacionada con el ciclo del agua está sujeta, básicamente, a dos grandes aspectos: el primero, la optimización de la demanda de agua doméstica, pública y comercial a partir de la aplicación de medidas de ahorro, y el segundo, en la sustitución de parte de la demanda por agua no potable procedente del aprovechamiento de aguas de lluvia, residuales, subterráneas y otras posibles fuentes vinculadas al entorno urbano.

Para cada realidad territorial es necesario establecer la cantidad de energía y agua básicas por persona. Ello permite el desarrollo de indicadores de autogeneración y autosuministro, a la vez que permite el desarrollo de políticas potenciadoras del ahorro y la eficiencia.

Para la ciudad de Sevilla⁷ se estableció una demanda anual básica para una vivienda ocupada por tres personas de 6.600 kWh en viviendas plurifamiliares y de 7.900 kWh en viviendas unifamiliares. El consumo de agua medio optimizado por persona y día fue de 104 litros, de los que 68 serían de agua potable y 36 de agua no potable.

En relación a los flujos residuales se propone la planificación de las infraestructuras para la selección adecuada de los distintos flujos residuales, tanto los residuos ordinarios como los especiales que se canalizan estos últimos a través de puntos limpios. Se propone, también, que

⁷ Ver Indicadores de Sevilla en www.ecourbano.es

Un nuevo urbanismo

el impacto de las infraestructuras de recogida tenga el menor impacto sobre el espacio público, lo que conlleva a tener los espacios adecuados en el interior de los edificios y/o a desarrollar las canalizaciones necesarias en el subsuelo (recogida neumática).

Es importante, también, usar materiales reciclados reutilizables y renovables en el proceso de las obras, minimizando, con ello, el impacto de la construcción sobre el ciclo de los materiales.

La introducción de sistemas de autocompostaje de la materia orgánica (a veces es necesario una pequeña planta comunitaria de compostaje en función del tamaño del nuevo desarrollo urbano) y huertos urbanos pueden permitir el reciclaje de, prácticamente, la mitad de los residuos in situ, es decir, en el propio lugar de consumo, lo que supone una reducción significativa del impacto ambiental de los flujos residuales orgánicos: por transporte, emisión de gases de efecto invernadero, lixiviados, etc.

– Listado de indicadores relacionados con el metabolismo urbano.

AUTOGENERACIÓN ENERGÉTICA			
CONDICIONANTE:	Autogeneración energética de las viviendas <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td> Edificios (residenciales) menores de seis plantas (hasta B+5) Agua Caliente Sanitaria (ACS): 70%; demanda térmica Calefacción: 40%; demanda térmica Refrigeración: 60%; demanda térmica Espacios comunes: 100%; demanda eléctrica </td> </tr> <tr> <td> Edificios (residenciales) mayores de seis plantas (>B+%) Cubrir las necesidades térmicas (ACS y calefacción) en detrimento de la captación fotovoltaica. Se deberá contemplar un aporte de 30KWh/año por cada m² de superficie ocupada (aportación de energía final equivalente para una vivienda media) </td> </tr> </table>	Edificios (residenciales) menores de seis plantas (hasta B+5) Agua Caliente Sanitaria (ACS): 70%; demanda térmica Calefacción: 40%; demanda térmica Refrigeración: 60%; demanda térmica Espacios comunes: 100%; demanda eléctrica	Edificios (residenciales) mayores de seis plantas (>B+%) Cubrir las necesidades térmicas (ACS y calefacción) en detrimento de la captación fotovoltaica. Se deberá contemplar un aporte de 30KWh/año por cada m ² de superficie ocupada (aportación de energía final equivalente para una vivienda media)
Edificios (residenciales) menores de seis plantas (hasta B+5) Agua Caliente Sanitaria (ACS): 70%; demanda térmica Calefacción: 40%; demanda térmica Refrigeración: 60%; demanda térmica Espacios comunes: 100%; demanda eléctrica			
Edificios (residenciales) mayores de seis plantas (>B+%) Cubrir las necesidades térmicas (ACS y calefacción) en detrimento de la captación fotovoltaica. Se deberá contemplar un aporte de 30KWh/año por cada m ² de superficie ocupada (aportación de energía final equivalente para una vivienda media)			
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Índice global		
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 35% de autogeneración energética (energía solar)		
AUTOSUMINISTRO HÍDRICO			
CONDICIONANTE:	Autosuministro hídrico de la demanda urbana		
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Índice global		
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 35% de autosuministro de aguas potables		

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

Tejido plurifamiliar intensivo (PFI).			
Más de 100 viviendas por hectárea			
Uso del agua	Potable	No potable	Total
Doméstico	64	18	82
Público		14	14
Comercial	4	4	8
Total por calidades	68	36	104
Tejido plurifamiliar semiintensivo (PFSI).			
Entre 45 y 100 viviendas por hectárea			
Uso del agua	Potable	No potable	Total
Doméstico	68	28	96
Público		14	14
Comercial	4	4	8
Total por calidades	72	46	118
Tejido unifamiliar (UF).			
Menos de 45 viviendas por hectárea			
Uso del agua	Potable	No potable	Total
Doméstico	70	90	160
Público		14	14
Comercial	4	4	8
Total por calidades	74	108	182

Consumo medio optimizado por calidades de agua y uso (en litro, persona y día) especificado en el Plan de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de Sevilla.

RECOGIDA SELECTIVA DE LOS RESIDUOS URBANOS	
CONDICIONANTE:	Minimización de los impactos derivados de la gestión y las afectaciones del sistema de recogida sobre el espacio público
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Índice global
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Canalización de los flujos residuales en el subsuelo
POTENCIAL DE CIERRE DEL CICLO DE MATERIA ORGANICA	
CONDICIONANTE:	Reserva de espacios para los procesos de compostaje comunitario y huertos urbanos
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Índice global
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Recuperación de más del 50% de la materia orgánica doméstica. Aplicación del compost generado en los espacios libres.
ACCESO A PUNTOS LIMPIOS	
CONDICIONANTE:	Acceso a un punto limpio a menos de 600 metros
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 90% de cobertura (metros lineales totales)

13. INDICADORES RELACIONADOS CON LA ESTABILIDAD Y LA COHESIÓN SOCIAL

La habitabilidad debe exceder el estricto ámbito de las condiciones físicas de la vivienda, para extenderse hacia la consideración de que la calidad de vida urbana depende del acceso próximo a servicios básicos y equipamientos. La propuesta de ordenación debe vincular la edificación al acceso en tiempo, distancia y calidad de los servicios esenciales. Entre los equipamientos básicos se cuenta, también, las zonas verdes urbanas.

La diversidad en los equipamientos debe dar cobertura a las necesidades de los servicios a los ciudadanos en atención a dos criterios básicos: función y escala. La función corresponde a las necesidades sectoriales de los nuevos residentes (educación, sanidad, cultura, atención social, etc.) y la escala corresponde al radio de servicio del equipamiento. Estos nuevos espacios deben garantizar vínculos sociales de intercambio entre los vecinos y el resto de ciudadanos.

El suelo necesario para los equipamientos debe responder a una lógica escalar y no lineal, atendiendo al déficit de la ciudad consolidada y a la atención propia de las necesidades generadas por los nuevos residentes.

Por otro lado, es conveniente, para potenciar la cohesión social, la mezcla de rentas, a ser posible en el mismo edificio. La inclusión de porcentajes adecuados de viviendas protegidas es el mejor método para potenciar la mezcla. Se propone un abanico de entre el 30 y el 50% de viviendas protegidas en cualquier desarrollo urbano. Con ello se reducen los problemas ligados a la segregación social que tiene efectos perversos no sólo en el tejido social, sino también sobre el económico, el espacio público, los equipamientos, etc. Dotaciones de VPO superiores se han demostrado nefastas para el desarrollo de los nuevos tejidos urbanos.

Por último, señalar la conveniencia de prohibir los condominios urbanos. Los condominios cerrados, fragmentan el espacio urbano a partir del levantamiento de barreras físicas que impiden la libre circulación peatonal y vehicular de los ciudadanos favoreciendo el aislamiento. La permeabilidad visual hacia el interior también suele obstruirse.

La forma de producir urbanización causa una elevada segregación social que tiene, entre otras consecuencias, una creciente inseguridad. El espacio público interior de manzana se regula por normas de carácter interno. Con ello, se pierden los elementos fundamentales de la convivencia, siendo el miedo y la desconfianza los que predominan en franjas horarias cada vez mayores.

En los condominios cerrados, el espacio público pierde todo su sentido de bien público y de libre acceso, ya que éste queda apropiado por una minoría. Se produce un uso restringido de plazas, servicios comunes y parques y jardines. Ésta tipología edificatoria no favorece la cohesión social fruto de la homogeneidad económica y social de sus ocupantes. El contacto, el intercambio y la comunicación entre ciudadanos queda prácticamente anulada.

Ingeniería Civil para un Mundo Sostenible

- Listado de indicadores relacionados con la estabilidad y la cohesión social.

ACCESO SIMULTÁNEO A EQUIPAMIENTOS Y SERVICIOS BÁSICOS																																								
CONDICIONANTE:	Acceso a equipamientos y servicios básicos según tipología y distancia recorrida a pie																																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Equipamiento/servicio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Mercado de abastos</td> <td><10 (600 m.)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Centro de salud</td> <td><10 (600 m.)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Centro bienestar social (centro de día / residencia mayores)</td> <td><10 (600 m.)</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Centro cívico asociativo</td> <td>< 5 (300 m.)</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Centro cultural</td> <td><10 (600 m.)</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Escuela infantil</td> <td>< 5 (300 m.)</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Centro Educación Primaria</td> <td><10 (600 m.)</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Centro Educación Secundaria</td> <td><10 (600 m.)</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Espacio deportivo (vecinal/barrio)</td> <td><10 (600 m.)</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Servicios de la administración</td> <td><10 (600 m.)</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Paradas de transporte público</td> <td>< 5 (300 m.)</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Red de bicicletas</td> <td>< 5 (300 m.)</td> </tr> </tbody> </table>	Equipamiento/servicio			1	Mercado de abastos	<10 (600 m.)	2	Centro de salud	<10 (600 m.)	3	Centro bienestar social (centro de día / residencia mayores)	<10 (600 m.)	4	Centro cívico asociativo	< 5 (300 m.)	5	Centro cultural	<10 (600 m.)	6	Escuela infantil	< 5 (300 m.)	7	Centro Educación Primaria	<10 (600 m.)	8	Centro Educación Secundaria	<10 (600 m.)	9	Espacio deportivo (vecinal/barrio)	<10 (600 m.)	10	Servicios de la administración	<10 (600 m.)	11	Paradas de transporte público	< 5 (300 m.)	12	Red de bicicletas	< 5 (300 m.)
Equipamiento/servicio																																								
1	Mercado de abastos	<10 (600 m.)																																						
2	Centro de salud	<10 (600 m.)																																						
3	Centro bienestar social (centro de día / residencia mayores)	<10 (600 m.)																																						
4	Centro cívico asociativo	< 5 (300 m.)																																						
5	Centro cultural	<10 (600 m.)																																						
6	Escuela infantil	< 5 (300 m.)																																						
7	Centro Educación Primaria	<10 (600 m.)																																						
8	Centro Educación Secundaria	<10 (600 m.)																																						
9	Espacio deportivo (vecinal/barrio)	<10 (600 m.)																																						
10	Servicios de la administración	<10 (600 m.)																																						
11	Paradas de transporte público	< 5 (300 m.)																																						
12	Red de bicicletas	< 5 (300 m.)																																						
FÓRMULA DE CÁLCULO:	$\frac{\text{tramos de calle con acceso simultáneo}}{\text{tramos de calle totales (metros lineales)}}$																																							
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Tramos de calle																																							
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Más del 80% de los metros lineales totales con acceso simultáneo a todos los equipamientos																																							
RESERVA DE VIVIENDAS PROTEGIDAS																																								
CONDICIONANTE:	Aprovechamiento (m ² c) de vivienda protegida entre el 30 y el 50% en relación al total de aprovechamiento residencial.																																							
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Índice global																																							
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Aprovechamiento entre 30-50%. Índice global																																							
CONDOMINIOS CERRADOS																																								
CONDICIONANTE:	Prohibición de condominios cerrados																																							
APLICACIÓN FÓRMULA DE CÁLCULO:	Identificación de parcelas																																							
EVALUACIÓN (MÍNIMO REQUERIDO):	Ninguna parcela en condominio cerrado																																							

RESUMEN

Abordar los retos de la sociedad actual, es decir, los relacionados con la sostenibilidad en la era de la información, obliga a repensar los modelos de ocupación urbana y los instrumentos de transformación, entre ellos el urbanismo.

Un nuevo urbanismo

El nuevo urbanismo (el urbanismo de los tres niveles) tiene por objeto incorporar las variables ligadas a los nuevos retos, sin olvidar los preexistentes. El nuevo urbanismo se conforma, por una parte, de una propuesta formal que se desarrolla en tres planos a escala urbanística, uno en altura, uno en superficie y otro en el subsuelo, y, por otra, de un panel de indicadores que definen las reglas del juego del conjunto de variables principales para resolver los retos planteados.

