

# ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA SOSTENIBLE EN EUROPA

*José Roberto García Chávez*  
*Víctor Fuentes Freixanet*  
Coordinadores



EUROPEAN UNION



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

*Doctor Eduardo Abel Peñalosa Castro*

Rector general

*Doctor José Antonio de los Reyes Heredia*

Secretario general

UNIDAD AZCAPOTZALCO

*Maestra Verónica Arroyo Pedroza*

Secretaria de Unidad con Funciones de Rectora

*Doctor Marco Vinicio Ferruzca Navarro*

Director de la División de Ciencias y Artes para el Diseño

*Maestro Salvador Ulises Islas Barajas*

Secretario académico

*Maestro Luis Yoshiaki Ando Ashijara*

Encargado del Departamento del Medio Ambiente

Coordinación del proyecto europeo Erasmus Plus Jean Monnet

*Doctor José Roberto García Chávez*

*Doctor Víctor Fuentes Freixanet*

Consejo Editorial de la División CyAD

*Doctor Gabriel Salazar Contreras*

Presidente del Consejo Editorial

Departamento de Procesos y Técnicas de Realización

*Maestra Gloria María Castorena Espinosa*

Coordinadora del Consejo Editorial

Departamento del Medio Ambiente

*Maestra Irma López Arredondo*

Departamento de Investigación y Conocimiento

*Doctor Eduardo Langagne Ortega*

Departamento de Investigación y Conocimiento

*Doctor Francisco Gerardo Toledo Ramírez*

Departamento de Evaluación del Diseño en el Tiempo

Comité Editorial de la División CyAD

*Doctor Gabriel Salazar Contreras*

*Doctora Elizabeth Espinosa Dorantes*

*Maestro Luis Yoshiaki Ando Ashijara*

*Maestra Gloria María Castorena Espinosa*

*Diseñador industrial Eduardo Ramos Watanave*

# Arquitectura Bioclimática Sostenible en Europa

## Bioclimatic Sustainable Architecture in Europe

Coordinadores:

*José Roberto García Chávez*

*Víctor Fuentes Freixanet*

Autores:

*José Roberto García Chávez*

*Víctor Fuentes Freixanet*

*Luis Fernando Guerrero Baca*

*Lucía Martín López*

*Ricardo Aguayo González*

*Eduardo L. Krüger*

*María José Rojo Callizo*

*María Rosario del Caz Enjuto*



Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco  
División de Ciencias y Artes para el Diseño  
Departamento de Medio Ambiente  
Área de Arquitectura Bioclimática

Program Erasmus + Jean Monnet  
Proyecto 575265

**Bioclimatic Sustainable Architecture in Europe**  
**Arquitectura Bioclimática Sostenible en Europa**

D.R. Universidad Autónoma Metropolitana  
Avenida San Pablo, 180, Colonia Reynosa Tamulipas  
Alcaldía Azcapotzalco  
02200 Ciudad de México, 1ra edición, septiembre 2019  
ISBN: 978-607-28-1622-0

Coordinación editorial: *José Roberto García Chávez*  
Cuidado de la edición (una sola lectura): *Miguel Ángel Guzmán*  
Diseño y formación: *Rosana de Almeida*  
Producción editorial: Centro Editorial Versal, S.C.  
versal@versal.com.mx  
www.versal.com.mx

Fotografía de la portada: *José Roberto García Chávez*

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta, del contenido y gráfica de la presente obra sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del editor, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y en su caso de los tratados internacionales aplicables. La persona que infrinja esta disposición se hará acreedora a las sanciones legales correspondientes.

Editado en México

# Índice

Presentación: <i>José Roberto García Chávez</i>	6
Prólogo: <i>Valeriano Ruiz</i>	8
Introducción: <i>José Roberto García Chávez</i>	10
1. Fusión de culturas constructivas europeas y prehispánicas con tierra compactada <i>Luis Fernando Guerrero Baca</i>	12
2. Innovación europea <i>vs.</i> economía de medios latinoamericana Dos visiones en torno a la vivienda crecedera <i>Lucía Martín López</i>	36
3. Energía e impacto ambiental en Europa y en el ámbito global / La función de las energías renovables: alternativas de solución / Resiliencia y prospectiva / Hacia una sociedad de uso casi nulo de carbón <i>José Roberto García Chávez</i>	52
4. Acústica + confort + color + sostenibilidad <i>Ricardo Aguayo González</i>	94
5. Los orígenes de la arquitectura <i>Víctor Fuentes Freixanet</i>	116
6. Climate Chamber Studies: Experience in Germany and Proposal of A Research Platform for Brazil <i>Eduardo L. Krüger</i>	152
7. Capacidad de carga ambiental para el desarrollo sostenible de asentamientos humanos informales <i>María José Rojo Callizo</i>	178
8. Estrategias de mejora ambiental del entorno de los edificios, orientada a la mitigación del cambio climático / Caso de estudio <i>María Rosario del Caz Enjuto</i>	208

## 8. Estrategias de mejora ambiental del entorno de los edificios, orientada a la mitigación del cambio climático / Caso de estudio

*María Rosario del Caz Enjuto*

### **Resumen**

El texto expone los resultados parciales de una investigación más amplia sobre la regeneración urbana de barrios titulada (CITY-FiED) “RepliCable and InnovaTive Future Efficient Districts and Cities”. Concretamente sobre las posibilidades de mejora ecológica de los entornos de los edificios con el fin de hacerlos energéticamente más eficientes. El resultado principal de la investigación fue la obtención de una estrategia global de intervención conducente a la mitigación y adaptación al cambio climático.

La investigación realizada se dividió en tres partes: 1. Análisis de campos de intervención urbana sostenible en el nivel de ciudad. 2. Análisis de campos de intervención urbana sostenible más específicos, de barrio. 3. Aplicación de los parámetros definidos para los diversos campos considerados en ambos niveles (ciudad y barrio) a un caso específico: la urbanización de Torrelago, construida en los años setenta y situada en el municipio de Laguna de Duero (Valladolid, España). En los tres niveles los campos considerados fueron: climatología, morfología urbana y tipologías residenciales, movilidad y accesibilidad, ciclo del agua, consumo y producción energéticos en el espacio urbano, tratamiento de los espacios libres públicos y sistema de espacios verdes, y gestión de los residuos sólidos urbanos.

Con todos ellos se elaboró una matriz de parámetros, directrices u orientaciones para la intervención en la regeneración de

Escuela Técnica Superior  
de Arquitectura  
Universidad de Valladolid  
(Avenida de Salamanca, 18;  
47014 Valladolid; España  
charo@arq.uva.es)

barrios obsoletos, considerando especialmente (aunque no sólo) la mejora de la eficiencia energética de los mismos. Se trata, por tanto, de un trabajo referido al entorno de los edificios (no a los edificios propiamente dichos) y a un tipo de entorno ya consolidado (no de nueva construcción). No obstante, la metodología aplicada y las conclusiones extraídas pueden utilizarse tanto para la planificación de nuevos entornos edificados como para la regeneración de aquellos existentes.

Dada la extensión del trabajo, lo que aquí se presenta es una síntesis del mismo, aun cuando permite dar a conocer la metodología y su aplicación en el caso de la urbanización Torrelago.

**Palabras clave:** Mejora del entorno de los edificios, regeneración urbana, eficiencia energética.

#### **Abstract**

The text presents the partial results of a broader research on urban regeneration of neighborhoods entitled "RepliCable and Innovative Future Efficient Districts and Cities" (CITYFiED). Specifically, on the possibilities of ecological improvement of the environments of buildings in order to make them more energy efficient. The main result of the research was the obtainment of a global strategy of intervention leading to mitigation and adaptation to climate change.

The research carried out was divided into three parts: 1. Analysis of sustainable urban intervention fields at the city level. 2. Analysis of more specific sustainable urban intervention fields, at the neighborhood level. 3. Application of the parameters defined for the different fields considered at both levels (city and neighborhood) to a specific case: the Urbanization of Torrelago built in the 70s and located in the municipality of Laguna de Duero (Valladolid, Spain). The three levels were: climatology, urban morphology and residential typologies, mobility and accessibility, water cycle, energy consumption and production in the urban space, treatment of public free spaces and green spaces system and management of urban solid waste.

With all of them, a matrix of parameters, guidelines and patterns for the intervention in the generation of obsolete neighborhoods was elaborated, considering especially (though not only) the improvement of their energetic efficiency. It is, therefore, a work referred to the environment of buildings (not to the buildings themselves), and to a type of environment already consolidated (not new construction). However, the methodology applied and the conclusions drawn can be used both for the planning of new built environments and for the regeneration of existing ones.

Given the extension of the work, what is presented here is a synthesis of it, even though it allows to make known the methodology and its application to the case of the Torrelago Development.

**Keywords:** Improvement of the environment of buildings, urban regeneration, energy efficiency.

## Introducción

**E**n el contexto español, tras décadas de crecimiento exacerbado de las ciudades sin que existiera una demanda sostenida en el crecimiento poblacional, sino amparada, sobre todo en intereses inmobiliarios, la conveniencia de impulsar la regeneración de barrios obsoletos e ineficientes frente al desarrollo de nuevos barrios en nuevos suelos está actualmente en las agendas políticas como una de las medidas para la mitigación y adaptación al cambio climático. El foco se está centrando, prioritariamente, en la rehabilitación energética de los edificios, buscando mejorar su eficiencia; sin embargo, no deben eludirse tampoco las intervenciones de ahorro y eficiencia energéticas en los entornos urbanos y en las ciudades en su conjunto.

Éste es el caso del proyecto del que da cuenta este artículo. RepliCable and InnovaTive Future Efficient Districts and cities (CITYFIED), financiado por la Unión Europea a través

del Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration activities (Grant Agreement number 609129), tiene como propósito el desarrollo y la operación de tecnologías y metodologías innovadoras para la rehabilitación de edificios y barrios e incluye la renovación de tres distritos urbanos: en Laguna de Duero, Valladolid (España), Soma (Turquía) y Lund (Suecia) para emprenderse entre los años 2014 y 2017. La intervención en Laguna de Duero consiste en la regeneración de la urbanización Torrelago, situada al norte del municipio y construida entre 1977 y 1981, que consta de 31 edificios (1 488 viviendas) ordenados alrededor de un amplio espacio libre y una escuela de educación primaria. El área analizada cuenta con una superficie total de 70 436 m<sup>2</sup>.

Aunque el objeto principal de la intervención es la rehabilitación energética de los edificios, una parte del proyecto consiste en la definición de una estrategia para la mejora sostenible del entorno de los mismos. En el primer caso la Unión Europea subvenciona algunas obras (mejora energética de la envolvente de los edificios e instalación de un sistema de calefacción de distrito), pero para el segundo no están previstas obras que permitirían hacer monitorizaciones de los resultados, de manera que la metodología para la mejora sostenible del entorno de los edificios se circunscribe a un plano teórico.

## **Objetivos**

Globalmente, el proyecto europeo CITYFiED, llevado a cabo por un consorcio internacional constituido por 18 entidades internacionales (empresas, ayuntamientos y centros de investigación) y liderado por el centro tecnológico vallisoletano Cartif, tiene como objetivo general la aplicación e integración de distintas tecnologías innovadoras

**Aunque el objeto principal de la intervención es la rehabilitación energética de los edificios, una parte del proyecto consiste en la definición de una estrategia para la mejora sostenible del entorno de los mismos.**

dirigidas a lograr el incremento de la eficiencia energética en las áreas urbanas a través de la reducción del consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero. Para ello se está llevando a cabo diversas acciones en tres barrios de tres diferentes ciudades europeas. A saber: la rehabilitación energética de las fachadas de los edificios, la instalación de sistemas de calefacción de distrito (*district-heating*) basados en fuentes de energía renovables y la aplicación de tecnologías de la información y comunicación (TIC) y de redes inteligentes.

Además de esto, el proyecto incluye la definición de una metodología para la mejora del entorno de los edificios, si bien, en este caso, no se prevé la materialización de ningún tipo de intervención. Sin embargo, sí se prevé que dicha metodología puede servir como modelo para dirigir futuras intervenciones en el conjunto de los barrios y no solamente en sus edificios en procesos de regeneración urbana.

De acuerdo con esta última parte del proyecto CITYFiED, los objetivos del trabajo que aquí se presenta son:

Por un lado, la definición de una estrategia holística que, partiendo de los temas propios de la práctica urbanística ecológica, abordados de una manera u otra por la bibliografía especializada, aglutine todos ellos, definiendo campos y parámetros universales, que atiendan a todos los elementos que configuran el hábitat y que tienen repercusiones medioambientales. Y ello con la finalidad de que puedan ser tomados en consideración en países con condiciones y características diversas.

Por otro lado, la aplicación de esta estrategia a un caso concreto, el de uno de los llamados demostradores del proyecto: la urbanización Torrelago, en Laguna de Duero. Dicha aplicación permite evaluar el alcance de la estrategia: la necesidad de disponer de documentación precisa; de realizar mediciones y cálculos específicos, así como de

detectar las carencias, cuando no los impedimentos, que la legislación y el planeamiento urbanístico al que se supeditan las intervenciones tienen a la hora de establecer mejoras de tipo medioambiental como las que aquí se presentan.

### **Descripción de la metodología**

La metodología para la realización del análisis de caso de Torrelago incluye la definición inicial del conjunto de campos y parámetros por considerar para la definición de la estrategia de mejora ambiental del entorno de los edificios; la revisión del acervo específico y especializado sobre los parámetros que se considerarán; la revisión, asimismo, de los documentos de planeamiento general y de desarrollo (para consulta de datos estadísticos y de ordenación del ámbito de estudio); el trabajo de campo (para la identificación, comprobación y valoración *in situ* de los diversos factores de la estrategia); el manejo de las bases cartográficas municipales y la elaboración de unas bases propias en AutoCad (que permitan cuantificar diversos parámetros, como superficies, recorridos, etcétera); la realización de cálculos propios, como la evaluación de los efectos del viento dominante (programa Fluent 16 ©), cálculos de sombras, áreas de accesibilidad peatonal y ciclista, etcétera.

Dada la naturaleza teórica de este trabajo, a la que ya se ha aludido, para algunos de los parámetros que forman parte de la definición de la estrategia se han realizado mediciones específicas; sin embargo, para otros se han hecho estimaciones y valoraciones obtenidas a partir de las bases de datos y fuentes consultadas

Finalmente, y a la vista de toda la documentación acopiada, se llegó a la definición de la estrategia para la mejora ambiental del entorno de los edificios, que contiene 27 parámetros, agrupados en ocho campos, para analizar y poner en práctica. Son los siguientes:

### **Posición relativa del Sol y la Tierra en Laguna de Duero**

1. Carta solar esférica
2. Altura solar
3. Azimuts
4. Análisis de sombras

### **Factores climáticos**

5. Temperatura
6. Humedad
7. Viento
8. Climograma de bienestar

### **Morfología urbana y tipologías arquitectónicas**

9. Emplazamiento
10. Orientación
11. Densidad residencial / Consumo de suelo
12. Distribución de usos / Diversidad
13. Tipologías edificatorias

### **Movilidad y accesibilidad**

14. Sistemas de movilidad en el distrito y de conexión con la ciudad: peatonal, ciclista, transporte público, transporte privado
15. Reparto del espacio del viario de distrito por tipos de movilidades
16. Aparcamiento o estacionamiento

### **Ciclo del agua**

17. Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia o de las aguas grises
18. Retención e infiltración del agua de lluvia
19. Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua

### **Consumo y producción energéticos en el espacio libre**

20. Incorporación de sistemas energéticos de alternativa: captación solar (térmica o fotovoltaica), eólica, geotermia, en el espacio libre público y privado.
21. Sistemas de ahorro y eficiencia energéticas (calefacción por distrito, sistemas de iluminación eficientes, etcétera) en el espacio libre público y privado

### **Tratamiento de los espacios libres (públicos y privados)**

- 22. Cuantificación de espacios libres públicos
- 23. Distribución de espacios libres públicos ciudadanos y accesibilidad a los mismos
- 24. Cantidad, calidad y localización de la vegetación existente
- 25. Operación de técnicas de xerojardinería en los espacios libres

### **Gestión de residuos sólidos urbanos**

- 26. Sistemas de gestión de los RSU
- 27. Sistemas de aprovechamiento de la fracción orgánica de los RSU

## **Resultados: Estrategia de mejora ambiental del entorno de los edificios de la urbanización Torrelago**

### **1. Contextualización**

Laguna de Duero, donde se ubica la urbanización Torrelago, es un municipio perteneciente a la provincia de Valladolid (España), que cuenta con una población de 22 700 habitantes, aproximadamente. Su proximidad a Valladolid capital (apenas distan entre sí 10 km) ha condicionado su desarrollo y condiciona hoy día, en buena medida, su funcionalidad.

El desarrollo de la urbanización Torrelago, construida entre 1977 y 1981, se justifica por esta proximidad. Se trata de un conjunto de 31 torres de viviendas, con 12 plantas de altura, ordenadas alrededor de un amplio espacio libre comunitario y abierto, en el centro del cual se ubica una escuela.

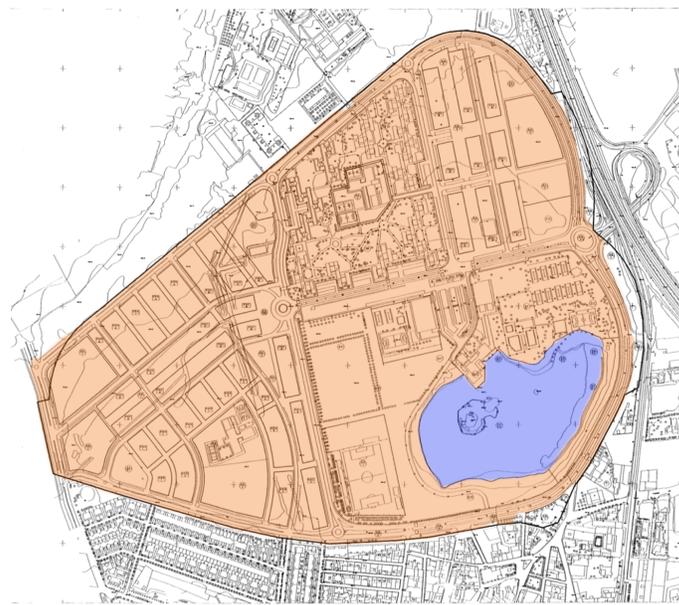
El barrio fue construido sobre el lecho de una laguna salina, que fue desecada en sus tres cuartas partes en los años setenta. Este hecho va a condicionar algunas de sus características, como se verá más adelante.

**Figuras 1 y 2. Localización de Valladolid dentro de España y de la comunidad autónoma de Castilla y León (izquierda), y relación entre los municipios de Valladolid y Laguna de Duero (derecha) / El centro urbano de Laguna se ha señalado con un círculo amarillo y el de Torrelago con uno azul**



Fuente: Elaboración propia (en adelante citada como EP) basada en un mapa político de España y fotografía aérea

**Figura 3. Localización de la urbanización Torrelago / En naranja se ha marcado el antiguo lecho de la laguna, mientras que en azul pueden verse los restos existentes de dicha laguna**



Fuente: EP basada en un plano del plan parcial de Torrelago.

## 2. Parámetros considerados

### 2.1. Posición relativa del Sol y la Tierra en Laguna de Duero

La relación variable de la Tierra respecto del Sol en las diversas épocas del año determina unos condicionantes básicos que deben tenerse en cuenta a la hora de plantear el diseño de los edificios y la ordenación de los tejidos urbanos. En palabras de Fariña Tojo: “Prácticamente todos los problemas más importantes del soleamiento que afectan nuestra materia (sombras, obstrucciones, horas de sol) se resuelven conociendo la posición del Sol en un momento determinado. Por tanto, resulta imprescindible establecer alguna forma de localizarlo” (Fariña, 1998). Los parámetros básicos son tanto la altura solar como el azimut.

Ambos parámetros, altura solar y azimut, se plasman en herramientas como las cartas solares, que representan el recorrido solar en una determinada latitud. Pueden utilizarse tanto en arquitectura como en urbanismo para determinar las sombras arrojadas por un edificio sobre otro o de los edificios u otros obstáculos sobre un espacio abierto (una plaza, un parque, un patio de manzana), pero también para calcular los vuelos de elementos horizontales en las fachadas (aleros, cornisas, cuerpos volados, porches) cuando necesitamos crear sombras para evitar la radiación solar excesiva. Existen varios tipos de cartas solares, pero las más conocidas son la estereográfica y la cilíndrica. Ambas permiten una lectura de la posición del Sol a cualquier hora del día, así como en cualquier día del año.

El diferente ángulo de incidencia de los rayos solares en invierno y en verano, debido a la altura variable del Sol según las estaciones del año, permite diseñar diferentes elementos incorporados a las edificaciones para el adecuado acondicionamiento bioclimático de las mismas. Por su parte, el conocimiento del azimut ayuda a tomar decisiones

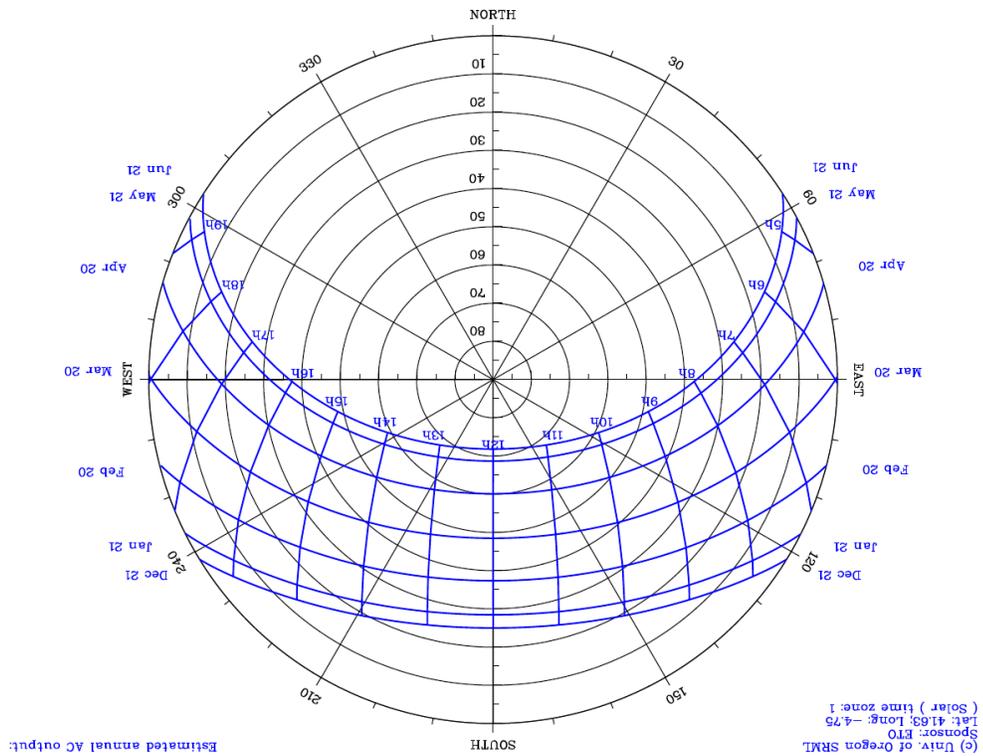
**Ambos parámetros, altura solar y azimut, se plasman en herramientas como las cartas solares, que representan el recorrido solar en una determinada latitud.**

sobre las orientaciones más favorables de las edificaciones desde el punto de vista bioclimático.

#### *Aplicación al caso de Torrelago (Laguna de Duero)*

Conocida su latitud, que es  $41^{\circ} 34' 59''$  norte, se han determinado los siguientes parámetros: 1. Carta solar esférica (fig. 4); 2. Altura solar (fig. 5); 3. Azimuts (fig. 6) y 4. Análisis de sombras (fig. 7).

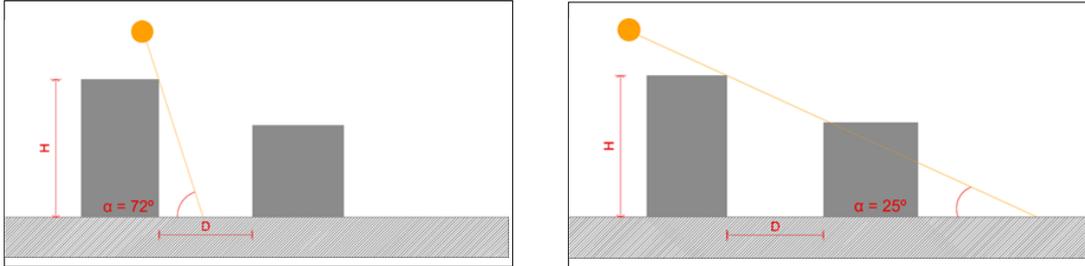
**Figura 4. Carta solar estereográfica de Laguna de Duero.**



Fuente: University of Oregon. Solar Radiation Monitoring Laboratory y reelaboración propia <<http://solardat.uoregon.edu/PolarSunChartProgram.php>>.

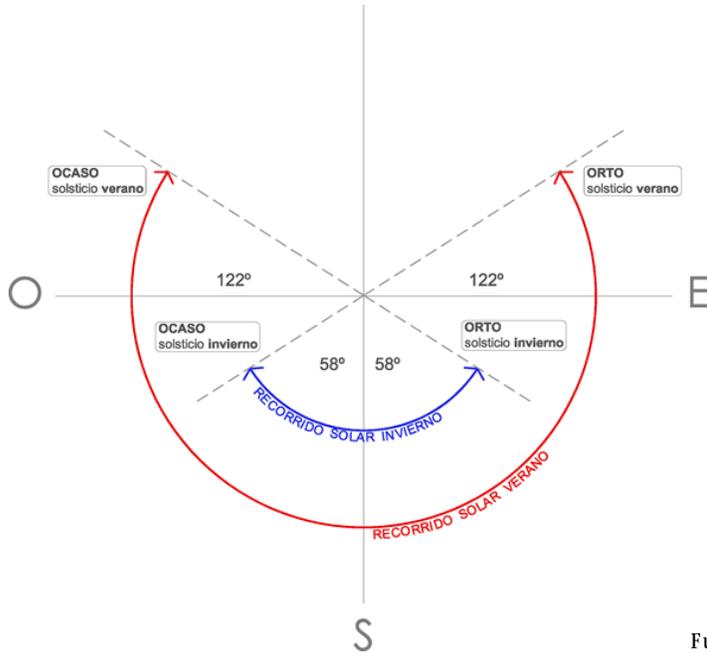
**Figura 5. Altura solar máxima en verano y en invierno para la latitud de Laguna de Duero y una fachada situada al sur**

(En las gráficas se han señalado los ángulos de incidencia solar correspondientes a las 12 de la mañana, cenit)



Fuente: EP a partir de la carta estereográfica.

**Figura 6. Ángulos de azimut solar para la localidad de Laguna de Duero medidos con origen la orientación sur (00 azimut)**

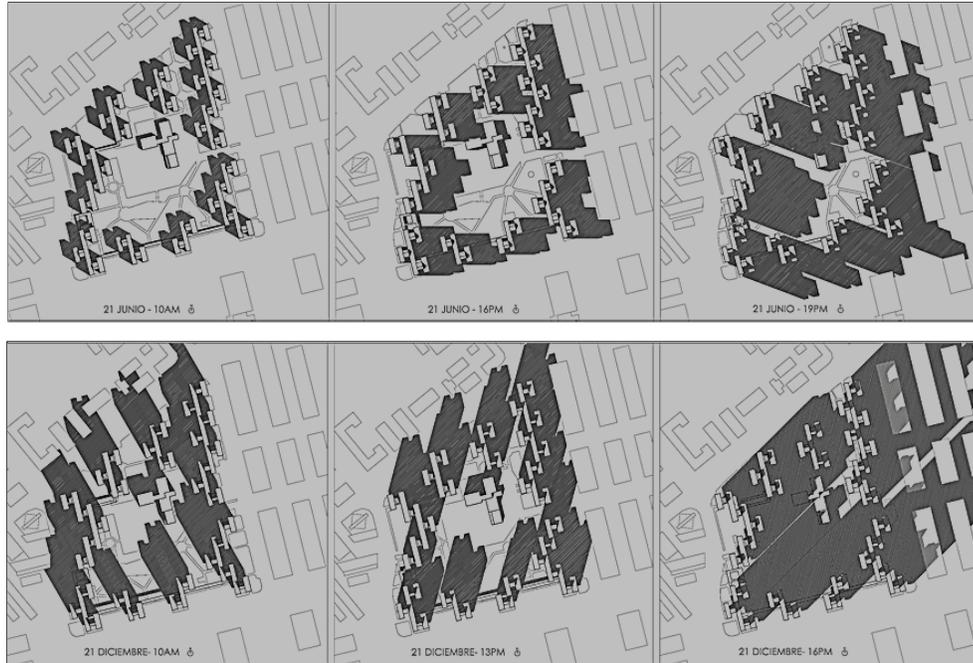


Fuente: EP.

**Figura 7. Análisis de sombras del barrio de Torrelago**

Arriba: sombras en el solsticio de verano (10 a.m., 4 p.m. y 7 p.m.)

Abajo: sombras en el solsticio de invierno (10 a.m., 1 p.m. y 4 p.m.)



Fuente: EP.

Se realizan a continuación unas figuras de resumen en las que se superponen las tres figuras de verano (10 a.m., 4 y 7 p.m.) y las tres de invierno (10 a.m., 1 a.m. y 4 p.m.). El estudio realizado ayuda a detectar algunos puntos y fachadas que están de forma permanente en la sombra, tanto en invierno como en verano y en cualquier hora del día. La figura 8 muestra estas situaciones el 21 de diciembre (día más desfavorable del año) y el 21 de junio (día más favorable del año).

## 2.2. Factores climáticos

La comprensión de los factores climáticos de un determinado entorno es clave a la hora de diseñar estrategias de acondicionamiento bioclimático que hagan de dichos

**Figura 8. Puntos y fachas en sombra permanente en los solsticios de invierno y de verano**



entornos espacios más confortables. Obviamente, los factores climáticos de una determinada área no pueden variarse, pero sí es posible corregir sus efectos incorporando estrategias basadas en su conocimiento. Se exponen brevemente a continuación los parámetros climáticos considerados en la estrategia: 5. Temperatura; 6. Humedad y 7. Viento.

Con el fin de mejorar las condiciones de confort de los entornos urbanos y de reducir las demandas energéticas y, en consecuencia, las emisiones nocivas, es preciso que las planificaciones urbanas y los diseños de los edificios incorporen, de forma conjunta, como elementos metodológicos básicos, las tres variables climáticas más importantes: temperatura, viento y humedad. Aunque existen diversas herramientas para analizar conjuntamente estos tres parámetros en relación con las condiciones de confort

Fuente: EP.

**Es preciso que las planificaciones urbanas y los diseños de los edificios incorporen las tres variables climáticas más importantes: temperatura, viento y humedad.**

que se persiguen, la más conocida de ellas es el climograma de Olgyay, indicado sobre todo para espacios exteriores. Se propone, en consecuencia, para la definición de la estrategia de mejora del entorno de los edificios el parámetro 8. Climograma de bienestar.

### **Temperatura y radiación solar**

Seguramente la temperatura del aire y la radiación solar sean los factores climáticos más relevantes. Tradicionalmente, y hasta que se generalizara el uso de la energía barata y se desarrollaran sistemas técnicos sofisticados de calefacción y refrigeración de edificios, los edificios y las ciudades se construían adaptándose al clima, incorporando pautas derivadas de la observación a lo largo de los años. La arquitectura bioclimática actual hunde sus raíces en muchos de estos principios de la arquitectura tradicional. Así, para un clima templado, las estrategias bioclimáticas se sustentan en cuatro principios básicos: conservación de la energía térmica de los edificios, aprovechamiento de la energía solar (tanto activa como pasivamente), protección frente a la radiación solar excesiva (en los meses de fuerte radiación solar) y empleo de instalaciones eficientes de apoyo cuando las pautas bioclimáticas no basten por sí mismas.

El conocimiento preciso de las temperaturas del aire y de la radiación solar de un determinado lugar será necesario para determinar las pautas más adecuadas que se desarrollarán en atención a cada uno de los principios básicos definidos en la estrategia bioclimática correspondiente.

### **Humedad**

Junto con la temperatura del aire y el viento, la humedad es el tercer factor climático que influye en el confort de un determinado entorno. Así, la sensación de calor que podemos sentir en el espacio exterior no sólo depende de la temperatura, sino de la capacidad del cuerpo humano para transpirar: si hay un exceso de humedad los procesos

**Seguramente la temperatura del aire, la radiación solar sean los factores climáticos más relevantes.**

de evaporación a través de la piel quedan limitados, condicionando así la pérdida de calor. Pero si la humedad relativa es muy baja aumenta la evaporación desde las membranas de nariz y garganta, secando las mucosas del sistema respiratorio, además de reseca la piel y el cabello.

El grado de humedad relativa en una ciudad viene condicionado por muchos factores, entre ellos la proximidad a masas de agua (el mar, ríos, lagos, lagunas, etcétera), la existencia de masas vegetales (bosques, riberas arboladas), el grado de impermeabilización del suelo, etcétera. De ahí que el planeamiento urbano desempeñe un papel muy importante a la hora de favorecer o reducir la humedad relativa de un ámbito urbano, bien sea incorporando abundante vegetación en la ordenación de la ciudad (cuñas, cinturones o corredores verdes), así como elementos superficiales de agua, lo que reduce las soluciones de urbanización impermeables, por ejemplo. O, cuando lo que se pretende es reducir la humedad relativa, canalizando los vientos dominantes, privilegiando aquellas brisas que tiendan a secar el aire.

### **Viento**

En el urbanismo bioclimático la ordenación de los tejidos urbanos ha de atender también, y de manera complementaria con los dos factores climáticos señalados, el viento, tomando en consideración factores como la frecuencia y la velocidad del mismo, particularmente de los vientos dominantes en un determinado entorno. Al igual que con el resto de factores climáticos, la planificación urbana puede contribuir a paliar los efectos adversos de dichos vientos dominantes, al disponer de diversos tipos de barreras físicas, aunque las más recomendables son las vegetales, pues con ellas pueden controlarse los efectos de las turbulencias. O bien favorecer los efectos positivos, como son la eliminación de contaminantes u olores indeseables del aire o el refrescamiento del mismo.

Por ello, atendiendo el modo tradicional de construir, la adaptación al clima se observa en las diferencias morfológicas urbanas de los climas fríos frente a los cálidos. Mientras que en las primeras se busca la mayor entrada posible de radiación solar directa, acompañada de la defensa frente a los vientos dominantes, en las segundas se opta por favorecer la brisa y evitar la radiación solar directa.

### **Climograma de bienestar**

Se trata de un diagrama psicométrico; es decir, un diagrama que cuantifica variables psicológicas relacionadas con el confort climático a partir de los datos de temperatura y humedad relativa de un lugar. Con ellos se realiza una tabla con dos entradas: en abscisas se consignan los datos de humedades relativas y en ordenadas los de las temperaturas secas del aire. La zona de confort queda determinada, para individuos con ropa media, sin actividad y en un clima templado (40° de latitud norte) por las temperaturas entre 21.1 y los 26.7 °C y 20 y 80% de humedad. Si a la tabla se le añaden las condiciones de velocidad del aire, la zona de confort permite otros parámetros.

El diagrama permite cuantificar las operaciones necesarias para alcanzar el confort en aquellas situaciones climáticas que se encuentren fuera de la zona de confort marcada. Para ello se cuenta con varias posibilidades, que van desde el uso de mayor o menor cantidad de ropa (arropamiento, medido en la unidad denominada *clo*)<sup>1</sup> en el exterior de un lugar determinado hasta la inclusión de elementos de sombreamiento, de redireccionamiento del viento, de fomento de la evapotranspiración, etcétera.

#### *Aplicación al caso de Torrelago (Laguna de Duero)*

El clima de Laguna de Duero (municipio donde se ubica el barrio utilizado como caso de estudio) se encuadra dentro del tipo templado frío continental, con estación seca. Las principales características generales de este

<sup>1</sup> *Clo*: Unidad de medida utilizada para el índice de indumentaria, que procede del inglés *cloth* (vestimenta). Se define como el aislamiento térmico que proporciona la indumentaria normal de un varón, es decir, con chaqueta, camisa, ropa interior normal, todo ello de algodón, calcetines y zapatos. El cero (0) corresponde a la desnudez. La unidad equivale a un aislamiento térmico de  $0.155 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$  (metro cuadrado  $\times$  0° Kelvin por vatio);  $1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2 \times \text{K/W}$  (metro cuadrado por 0° Kelvin por vatio).

clima son precipitaciones anuales entre 350 y 550 mm, temperatura media anual entre 10 °C y 14 °C, irradiancia alta y heladas abundantes (ISA, 2010). Los datos proceden de la estación meteorológica más cercana al municipio, la del observatorio en Valladolid. Son perfectamente extrapolables, dado que el término municipal de Laguna de Duero colinda con el de Valladolid.

Los valores registrados para las temperaturas tanto media como media de las mínimas y media de las máximas dan idea de un clima con veranos calurosos e inviernos fríos, lo cual resulta en una notable amplitud térmica provocada por las diferencias entre las temperaturas registradas en invierno y en verano. Los meses más calurosos corresponden a julio y agosto, mientras que los más fríos suelen ser diciembre y enero.

Los valores correspondientes a la humedad relativa son normales, tal vez un poco bajos, pero ha de tenerse en cuenta que los datos corresponden a la estación del observatorio de Valladolid, situada en una zona con menos vegetación y menos aguas superficiales que Laguna de Duero, y por lo tanto con una humedad ambiental menor (ISA, 2010).

Para la caracterización de la dirección y velocidad de los vientos en el municipio se hace referencia a los datos obtenidos de la estación meteorológica de Villanubla, en Valladolid. Los vientos dominantes son de componente oeste y las velocidades medias mensuales son más altas en los meses de primavera, aunque sin llegar a cifras demasiado elevadas, ya que durante todo el año se mantienen entre 8 y 11 nudos.

A partir de los datos consignados de temperatura, humedad y viento se realiza el climograma de bienestar, que se encuentra en la zona climática denominada *continental*. Realizando un análisis comparativo con las zonas climáticas estudiadas por V. Olgay, se correspondería, con matices, con la zona llamada cálida-seca.

A la vista del climograma (figura 9) se detectan las necesidades de acondicionamiento del espacio público:



- En las zonas soleadas es recomendable el empleo de materiales y superficies de alta inercia y emisividad, dadas las necesidades para alcanzar el confort entre los meses de septiembre y junio.
- Sería necesaria la aportación de agua al ambiente en los momentos más cálidos de verano mediante la incorporación de vegetación, suelos permeables o láminas de agua, pues la humedad relativa desciende hasta 45% en los meses de verano.
- Aun cuando no tenga excesiva incidencia, es conveniente la protección contra el viento en otoño, invierno y primavera. También respecto de esta cuestión, las pantallas de árboles de hoja caduca son las más adecuadas.

### **2.3. Morfología urbana y tipologías arquitectónicas**

Los parámetros considerados en este campo de la estrategia se refieren a **9**. Emplazamiento del barrio, **10**. Orientación de las edificaciones del mismo, **11**. Densidad residencial. Consumo de suelo, **12**. Distribución de usos. Diversidad y **13**. Tipologías edificatorias. Todos ellos condicionan la sostenibilidad de los barrios, pues influyen decisivamente en los consumos energéticos y, por tanto, hoy por hoy, en las emisiones gaseosas nocivas para las personas y para el medio ambiente.

#### **Emplazamiento y orientación**

Es sobradamente conocido cómo los emplazamientos de los núcleos tradicionales, así como la orientación de las edificaciones de los mismos, atendían, entre otras, las condiciones del entorno. Una atención que se vio mermada, a la vez que el desarrollo tecnológico y el precio asequible de las energías primarias garantizaban unas buenas condiciones de confort, sin necesidad de buscar una adaptación al clima.

A lo largo de la historia de la ciudad pueden encontrarse diversos periodos en los que la planificación solar adquirió relevancia. En ella el componente esencial era la correcta orientación de los edificios para recibir la máxima cantidad de radiación solar posible en invierno. Baste mencionar las propuestas teóricas francesas de finales del siglo XIX y principios del XX de Agustín Rey y Tony Garnier o la arquitectura solar alemana del periodo de entreguerras, materializadas en la conocida Planta Zeilenbau. (Butti, 1985).

En la actualidad los problemas derivados de la combustión de sustancias de origen fósil para proporcionar confort a las edificaciones vuelven a poner en primer plano los planteamientos bioclimáticos tanto para los edificios como para los barrios, con el fin de hacerlos más eficientes.

#### **Densidad residencial / Consumo de suelo**

La densidad es un aspecto que implica cierta controversia, puesto que su exceso tiene tan graves consecuencias como su déficit, y además no existe un único índice de densidad ideal. Tan criticada fue la alta densidad de la ciudad industrial que no permitía unas condiciones de habitabilidad suficientes (higiénicas, de soleamiento y ventilación), como lo es ahora la baja densidad de muchos de los crecimientos urbanos de los últimos años, por consumir demasiado suelo, demasiada energía y carecer de vitalidad social y cultural. La densidad ha estado y sigue estando muy presente tanto en las críticas a la ciudad existente como en las soluciones o propuestas de futuro. Diversos autores relacionan la sostenibilidad de las ciudades con densidades medias/altas entre las 80 y las 150 viv./ha (Rueda, 2013, y Orduña, 2013).

#### **Distribución de usos / Diversidad**

La densidad por sí sola es insuficiente si no va acompañada de la diversidad. Los desarrollos urbanísticos excesivos

vamente zonificados son empobrecedores, inseguros e inducen desplazamientos motorizados.

La mezcla de usos en la ciudad se señala sistemáticamente como una de las pautas esenciales de la sostenibilidad urbana. La proximidad y diversidad de usos reduce la necesidad de desplazarse y posibilita que los desplazamientos puedan hacerse caminando, en bicicleta o en transporte público. Se reduce, en consecuencia, el número de viajes en coche y con ellos el consumo de gasolina y la emisión de gases nocivos a la atmósfera. Pero las ventajas van mucho más allá: la mezcla de residencia y actividades económicas, recreativas o culturales hace posible el encuentro fortuito, el intercambio, la seguridad debida a la vigilancia pasiva, la vitalidad de un espacio en el poder estar por derecho propio. Es decir, la esencia de la ciudad.

### **Tipologías edificatorias**

Muchos de los parámetros analizados hasta ahora pueden tener incidencia a la hora de seleccionar las tipologías edificatorias más adecuadas: bloques lineales, manzanas cerradas, torres, etcétera, pues cada una de ellas tendrá una repercusión diferente sobre el resto de los edificios y sobre los espacios libres. Es especialmente relevante el análisis de las sombras arrojadas por los edificios en función de su orientación, lo que permitirá determinar las separaciones más adecuadas entre ellos.

#### *Aplicación al caso de Torrelago (Laguna de Duero)*

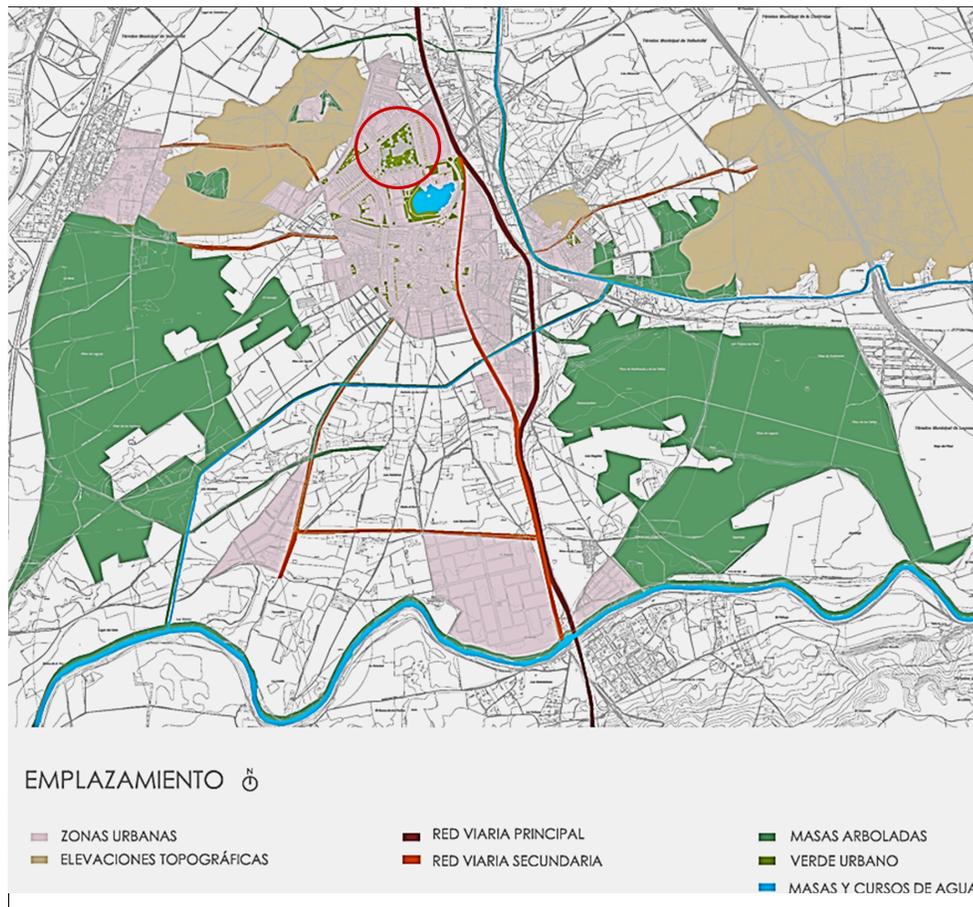
El municipio se emplaza a unos 700 metros de altura sobre el nivel del mar configurando un relieve notablemente suave. El núcleo se sitúa entre dos grandes masas de pinares que ocupan 25% de la superficie del término municipal. Otros elementos relevantes respecto del emplazamiento son el río Duero, que delimita por el sur el término municipal de Laguna, y, sobre todo, la laguna natural del municipio, en cuyo borde sur se sitúa el

casco antiguo, y se localiza el barrio de Torrelago al norte (figura 10).

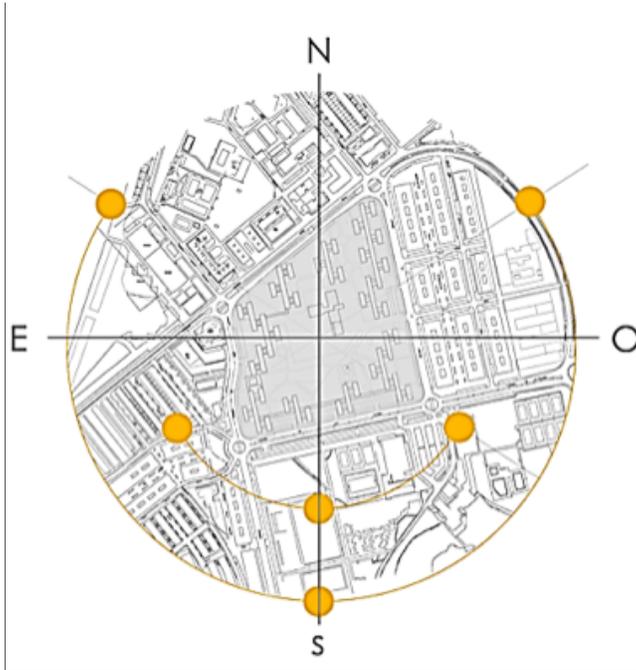
A juzgar por la desecación de dos terceras partes de la laguna en los años setenta, en la decisión sobre el emplazamiento de la urbanización de Torrelago no fueron tomadas en consideración las condiciones del lugar.

Tampoco las orientaciones de los bloques de viviendas de Torrelago no son las más deseables desde el punto de

**Figura 10. Emplazamiento de Torrelago (círculo rojo) en el término municipal de Laguna de Duero**



**Figura 11. Orientación de las edificaciones en Torrelago, con los azimuts del solsticio de invierno (el de más corto recorrido) y del solsticio de verano (el del recorrido más largo)**



Fuente: EP.

vista del mejor aprovechamiento bioclimático de la radiación solar, ya que los paramentos más soleados son, precisamente, los testeros ciegos orientados al sur. Por el contrario, todos los edificios presentan grandes superficies expuestas a la orientación oeste, lo que implica que los meses de verano se produce un sobrecalentamiento de las mismas durante muchas horas de la tarde (figura 11).

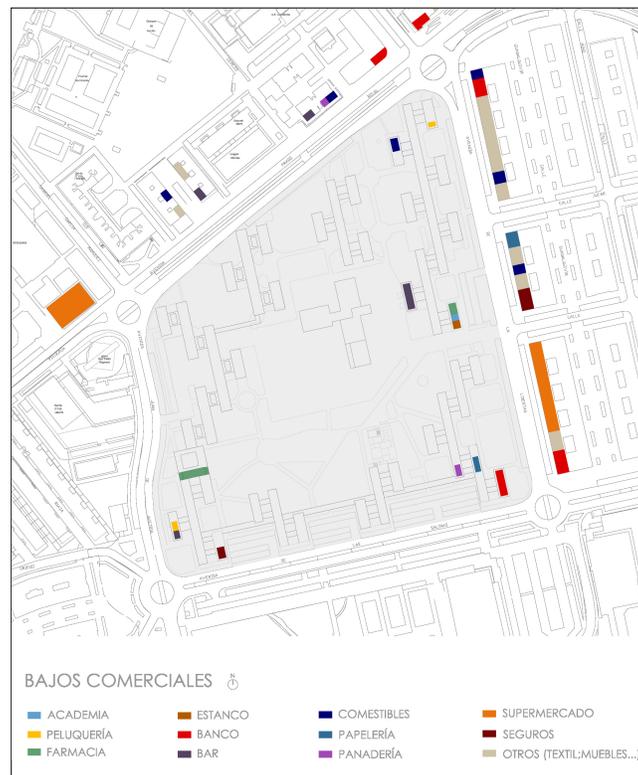
Sin embargo, Torrelago es la urbanización más densamente poblada de Laguna de Duero, con una gran diferencia respecto del resto de distritos del municipio. Medida en viviendas/hectárea, unas unidades que nos permiten hacer una valoración significativa, por ser las que utiliza la Ley de Urbanismo de Castilla y León, la densidad asciende

a 237 viv./ha, una cifra 3.38 veces superior a la que se admite como máxima para los nuevos desarrollos de suelo urbanizable la mencionada ley autonómica (70 viv./ha).

A pesar de su alta densidad, la urbanización de Torrelago es casi exclusivamente residencial, como también lo es el entorno próximo que la rodea, lo cual hace que el barrio se aleje de otro de los requerimientos ineludibles de la sostenibilidad urbana; la diversidad, la mezcla de usos y actividades quedan muy por debajo de lo deseable.

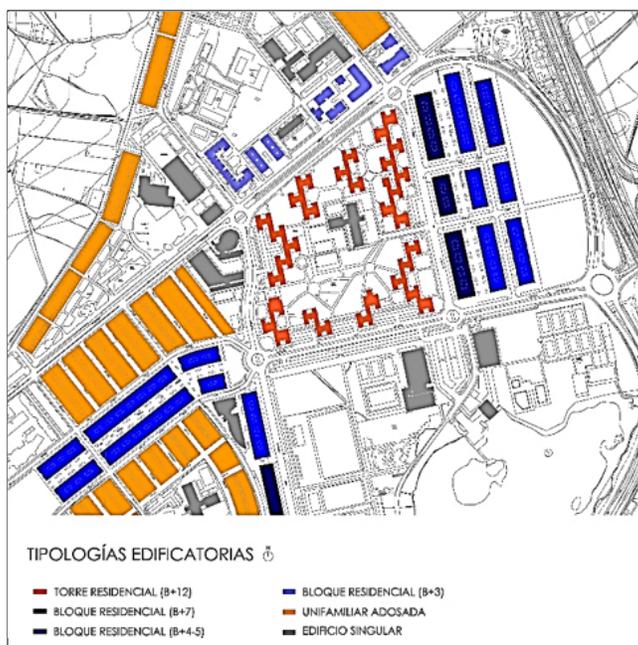
No obstante, puede observarse alguna pequeña actividad terciaria en el interior del barrio, situada, por lo general, en las plantas bajas de las torres. En los bordes norte

**Figura 12. Usos de las plantas bajas de los edificios de Torrelago y su entorno**



Fuente: EP.

**Figura 13. Tipologías edificatorias en Torrelago y su entorno**



Fuente: EP.

y este también han proliferado algunos comercios, a pesar de lo cual y dada la mencionada elevada densidad residencial de esta parte norte del municipio, la diversidad queda muy por debajo de lo deseable (figura 12).

Por lo que se refiere a las tipologías edificatorias y según se aprecia en la figura 13, Torrelago cuenta con una única tipología: torres de características similares, forma de H, con planta baja más 12 plantas de piso, con cuatro viviendas por planta, unidas entre sí formando conjuntos de dos, tres, cinco y ocho torres. La forma en H de los edificios, con el núcleo de comunicación ocupando el centro de la misma, permite que todas las viviendas sean pasantes y tengan exactamente la misma orientación: este-oeste.

Se trata de una tipología que permite alcanzar una muy alta densidad residencial con una baja ocupación del

suelo, aunque no por ello genera una menor huella ecológica que la de otros edificios más bajos, dado que este indicador tiene que ver con la densidad y no con la altura. Sin embargo, como ya se ha mencionado, la elevada altura de las torres genera problemas de sombras en el interior del espacio libre y también de los bloques residenciales colindantes situados en el borde este del barrio. Por otro lado, conviene resaltar que se trata de una tipología que no permite una fácil integración de otros usos y actividades, máxime cuando las plantas bajas son libres, a la vez que genera un impacto paisajístico reseñable en un municipio en el que el resto de las edificaciones son de baja o media altura.

#### **2.4. Movilidad y accesibilidad**

En la definición de la estrategia se han considerado los siguientes parámetros para incluir respecto de la movilidad y accesibilidad: **14.** Sistemas de movilidad de nivel distrito y de conexión con la ciudad: peatonal, ciclista, transporte público, transporte privado; **15.** Reparto del espacio del viario de distrito por tipos de movilidades; y **16.** Aparcamiento.

*Sistemas de movilidad de nivel ciudad: peatonal, ciclista, transporte público, transporte privado / Una necesaria planificación integral*

Aunque *a priori* no suele considerarse la mejora de la movilidad a la hora de plantear la mejora energética de un barrio existente, este campo tiene un gran peso tanto en el consumo energético como en la emisión de GEI. Por lo tanto, la mejora de las condiciones de accesibilidad al barrio y desde el barrio a elementos y espacios de centralidad mediante medios de alternativa al coche debería ser práctica ineludible en la regeneración de tejidos residenciales existentes.

El objetivo prioritario de una movilidad sostenible es la reducción de las necesidades de desplazamiento motorizado, dado que ello conllevará una menor demanda de energía y una reducción de las emisiones. En este sentido, crear proximidad es una de las claves para disminuir la necesidad de desplazamientos motorizados. El poder tener acceso caminando o en bicicleta a la mayor parte de los lugares en los que transcurre la vida cotidiana de los ciudadanos debe formar parte consustancial de la proyección de las ciudades. También el transporte público desempeña un papel decisivo. En los ámbitos rurales la apuesta está en la implantación de redes de transporte público a la demanda, que conecten los municipios pequeños con aquellos más grandes de los que dependen funcionalmente.

Para que la planificación integral de la movilidad sea sostenible es preciso atender tres principios básicos: **1.** Es necesario reducir significativamente el número de coches circulando por las ciudades. **2.** Han de establecerse de manera complementaria políticas de estímulo de los modos de movilidad de alternativa al vehículo privado (la marcha a pie, en bicicleta o en transporte público) y de disuasión del uso del coche. Y **3.** Los espacios y tiempos para los diferentes modos de movilidad han de plantearse de manera equitativa y no, como suele ser habitual, primando las exigencias del transporte motorizado frente a las del resto.

En cualquier caso, que se dispongan calles de tráfico integrados (coexistencia, tipo Woernerf, Naked Streets, etcétera) o de tráfico segregados (calles tradicionales), sería conveniente establecer medidas de pacificación o calmado del tráfico, evitando que los coches circulen a más de 30 km/h, disponiendo cruces a la cota del peatón, badenes, estrechamientos de calzada, etcétera.

#### **Reparto del espacio del viario de distrito por tipos de movilidades**

En el caso de disponer en los barrios vías de tráfico segregado,

**El objetivo prioritario de una movilidad sostenible es la reducción de las necesidades de desplazamiento motorizado.**

con bandas específicas para cada tipo de movilidad (peatonal, ciclista, motorizada), debería considerarse un reparto más equitativo de la sección de las calles. Por lo general, el reparto de las mismas suele ser ampliamente favorable a la movilidad rodada, destinando la mayor parte a los coches, bien sea en marcha (espacio de la calzada), bien parados (bandas de aparcamiento), y dejando el resto para las aceras y carril para bicicletas (en su caso). La acera, por otra parte, suele acoger no sólo la banda estricta de circulación de personas, sino el mobiliario y la iluminación urbanos y el arbolado (en su caso).

Sin embargo, y atendiendo los datos estadísticos que se desprenden de los estudios sobre movilidad urbana, sólo una parte (alrededor de un tercio de la misma, por término general) de la población utiliza habitualmente el coche en sus desplazamientos cotidianos, mientras que el resto va caminando, en transporte público o bicicleta. Atendiendo estas circunstancias, así como la necesidad de reducir los niveles de consumo energético y contaminación generados por los coches, sería deseable fijar un estándar mínimo de reparto de la sección de 50%-50%. Es decir, destinar como máximo la mitad de las secciones viarias a los coches, en marcha o parados, reservando la otra mitad para peatones, bicis, árboles, etcétera.

### **La cuestión del aparcamiento**

Dentro de los planes integrales de movilidad sostenible, la cuestión del aparcamiento es clave, pues primar el derecho a aparcar en cualquier lugar estimula la circulación rodada. En este sentido la política de aparcamiento en una ciudad debe establecer reglas y diferencias claras entre tres tipos de aparcamientos: el aparcamiento rotatorio, el aparcamiento disuasorio y el aparcamiento para residentes. El primero es un tipo de aparcamiento temporal (puede conllevar el pago de tarifas o no) que debería restringirse en aquellos ámbitos donde se estime oportuno

**Primar el derecho a aparcar en cualquier lugar estimula la circulación rodada.**

reducir la presencia de coches circulando. Por el contrario, debería primarse el aparcamiento disuasorio, localizado en ámbitos periféricos, de borde de zonas muy densas (como cascos históricos), desde los que habría que facilitar los recorridos a pie, en bicicleta o en transporte público. Por último, el aparcamiento para residentes requiere una evaluación cuidadosa, pues si bien es cierto que en determinados barrios y zonas residenciales es imprescindible, la disposición de muchas plazas de aparcamiento en otros puede tener el efecto rebote de estimular el uso del coche.

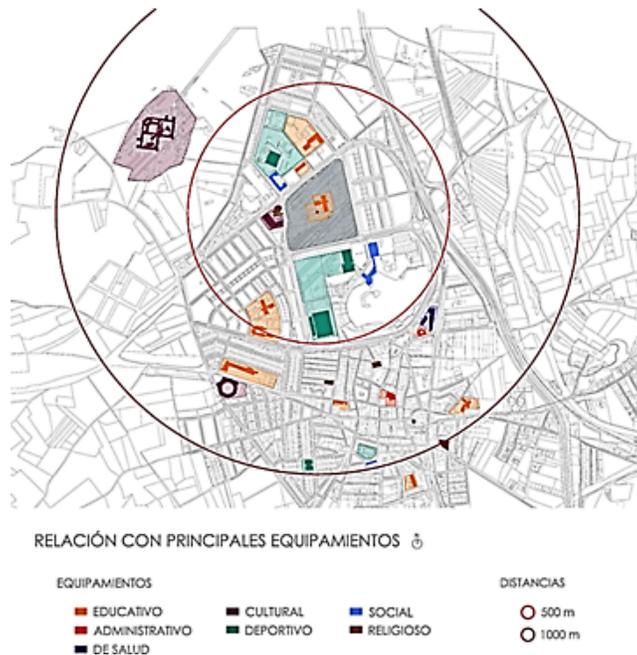
#### *Aplicación al caso de Torrelago (Laguna de Duero)*

Tras los análisis realizados, se comprueba que en el interior del barrio de Torrelago el espacio es de uso exclusivamente peatonal, dado que todo el barrio está contenido en una suerte de *manzana* de grandes dimensiones. Por su parte, el viario de borde que rodea la manzana está destinado prioritariamente al tránsito rodado, como lo indica la escasez de pasos de cebra existentes a lo largo de estas vías. Tampoco existen en el espacio viario del entorno medidas de calmado de tráfico, como cruces a la cota del peatón, badenes para reducción de la velocidad del tráfico rodado y otras medidas.

En las figuras 14 y 15 se analizan las posibilidades de accesibilidad peatonal a los principales equipamientos, así como al sistema de espacios libres públicos caminando un tiempo prudencial. Se han trazado dos círculos, de 500 y 1 000 m de radio, que se corresponderían con unos tiempos de caminata de 6 y 12 minutos, respectivamente. Como puede apreciarse, dado el tamaño y características del municipio, así como la localización de Torrelago, las posibilidades de realizar los desplazamientos cotidianos a todas las dotaciones (tanto equipamientos como espacios libres públicos) son muy altas, por lo que sería recomendable mejorar e incrementar los espacios para los peatones

(sea en viario de tráfico segregado como integrado), a fin de hacer que esta opción de desplazamiento saludable y ecológico sea la verdadera protagonista del sistema de movilidad.

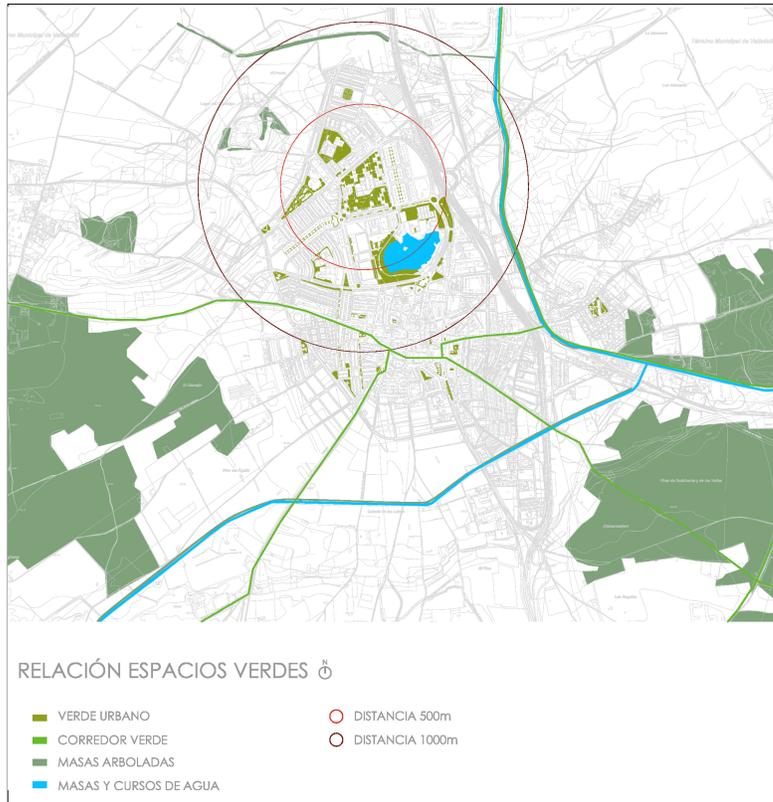
**Figura 14. Posibilidades de accesibilidad peatonal a los principales equipamientos**  
(Radios de 500 metros y de 1 000 metros, 6 y 12 minutos caminando, respectivamente)



Fuente: EP.

Del mismo modo, se analizaron las posibilidades de accesibilidad en bicicleta, comprobando que, al trazar sendos círculos de 2 000 y 5 000 metros, correspondientes a unos tiempos aproximados de 12 y 30 minutos a una marcha normal, quedaba cubierta prácticamente la totalidad del espacio urbanizado del municipio. Si a esto añadimos sus buenas condiciones topográficas y morfológicas, se pone de manifiesto que las condiciones de Laguna de

**Figura 15. Posibilidades de accesibilidad peatonal al sistema municipal de espacios verdes (radios de 500 metros y de 1000 metros, 6 y 12 minutos caminando, respectivamente)**



Fuente: EP.

Duero para el uso de la bicicleta son excelentes, por lo que convendría plantear un sistema de itinerarios ciclistas (no necesariamente compuesto en su integridad por carriles de bicicletas exclusivos) mucho más amplio que el existente.

Por último, se han analizado las posibilidades de desplazamiento en transporte público. En este caso lo primero que hay que señalar es que Laguna de Duero no cuenta con un sistema de transportes públicos urbanos en autobús (aunque hay taxis), pero sí cuenta con posibilidades adecuadas de conexión con Valladolid (respecto de la que tiene una dependencia funcional alta) en autobús interurbano. Existen dos paradas en los bordes de Torrelago,

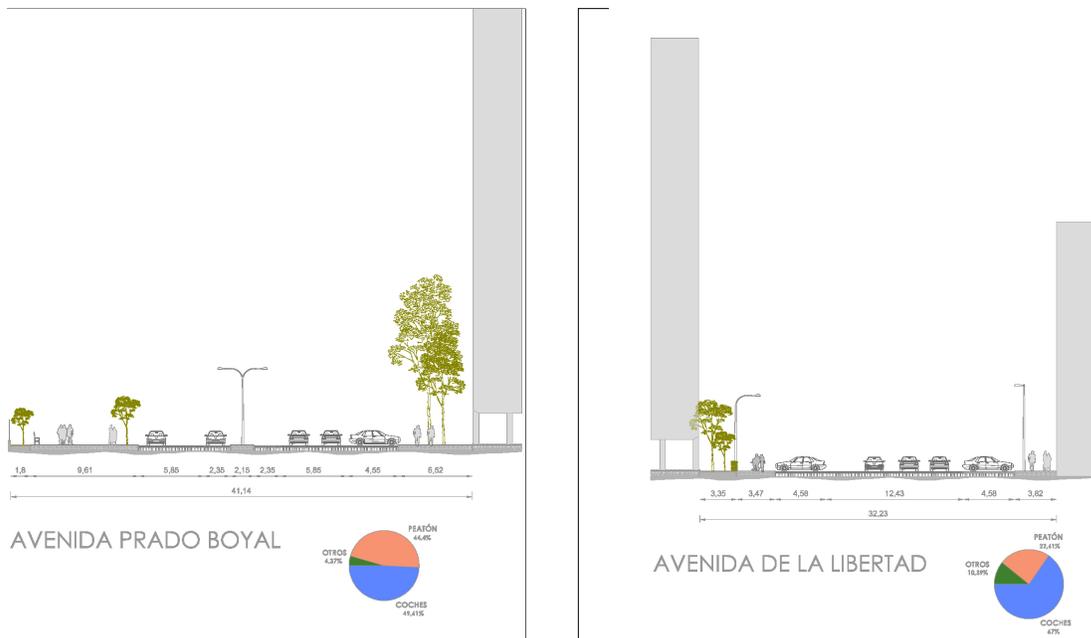
amén de otras en la avenida de Madrid, con frecuencias razonables.

Por otro lado, al analizar el reparto del espacio viario de las cuatro vías que bordean la urbanización Torrelago, se aprecia que en dos de ellas casi se cumple el estándar de reparto sostenible y equitativo (50%-50%), mientras en las otras dos el reparto es muy desigual, pues los coches ocupan casi las tres cuartas partes del espacio disponible. En las figuras 16 y 17 se han seleccionado dos de los tipos.

### El aparcamiento

Éste es un problema de espacial y difícil resolución de Torrelago. Dicho problema radica en que las torres carecen de aparcamiento subterráneo privado, dado que la realización de sótanos en los edificios supuso en su día un

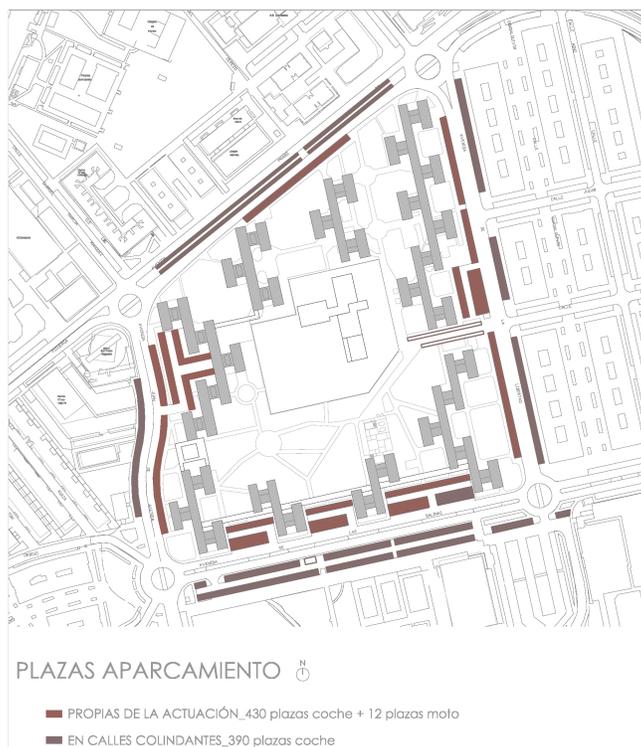
**Figuras 16 y 17. Análisis de la distribución modal de las secciones viarias por modos de movilidad**



problema técnico importante, al estar éstos situados sobre el lecho de la laguna originaria.

Así pues, todas las plazas de aparcamiento disponibles están en el espacio público, bien en pequeñas playas de aparcamiento dispuestas en los bordes exteriores de las torres para este fin, bien en bandas de aparcamiento en el viario de borde (figura 18). La presencia de coches aparcados en todo el entorno del barrio es muy elevada, dado que muchas familias disponen de dos coches, dada la dependencia funcional de Laguna de Duero respecto de Valladolid.

**Figura 18. Análisis de la distribución de plazas de aparcamiento en espacio público**



Fuente: EP.

Sin embargo, si se pretende reducir el uso del automóvil (como se recomienda por cuestiones sociales, medioambientales y económicas ya comentadas), no es conveniente incrementar el número de plazas de aparcamiento, sino mejorar otros modos de movilidad urbana (peatonal y ciclista) e interurbana (incrementando la frecuencia y número de autobuses de conexión con los destinos habituales de trabajo o esparcimiento).

## **2.5. Ciclo del agua**

La contribución a la sostenibilidad relacionada con el ciclo del agua se sustancia con otros tres parámetros de la estrategia. Son los siguientes: **17.** Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia o de las aguas grises, **18.** Retención e infiltración del agua de lluvia y **19.** Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua.

### **Aprovechamiento y reciclaje del agua de lluvia o de las aguas grises**

Una gestión sostenible del agua en los ámbitos urbanos pasa por hacer que el ciclo urbano de potabilización-depuración se acerque más al ciclo natural del agua (evaporación-condensación-precipitación). Ello implica recoger, almacenar y tratar localmente las aguas de lluvia (a las que se pueden sumar las aguas grises, con un ligero tratamiento previo); por hacer más permeables los suelos urbanizados (con el fin de fomentar la infiltración de agua en el subsuelo y frenar las escorrentías), disponiendo pavimentos filtrantes o suelos terrizos; o por reducir el consumo de agua potable (lo que implica utilizar la calidad de agua adecuada a cada uso).

En diversas ciudades europeas se plantean los llamados estanques de retención dentro de los barrios (en los

**Una gestión sostenible del agua en los ámbitos urbanos pasa por hacer que el ciclo urbano de potabilización-depuración se acerque más al ciclo natural del agua.**

parques, en el interior de las manzanas, etcétera) como sistemas de almacenamiento y depuración natural de las aguas de lluvia y aguas grises. El funcionamiento de estos estanques se basa en la capacidad autodepurativa del medio hídrico y edáfico, además en la fitodepuración, fenómeno que se produce en las raíces de ciertas plantas, que tienen capacidad para limpiar el agua. En este sentido, las macrofitas acuáticas pueden limpiar el agua con un grado bajo o incluso medio, de contaminación del agua. También es conveniente generar un movimiento continuo del agua para que ésta se oxigene y puedan actuar las bacterias aerobias.

#### **Retención e infiltración del agua de lluvia**

Frente a los demasiado frecuentes acabados superficiales impermeables en espacios públicos y privados, una gestión ecológica del ciclo del agua conllevaría la minimización de las superficies impermeables y su sustitución por otras que permitan la filtración lenta del agua. A lo que habría que añadir otras medidas, como la incorporación de elementos urbanos y paisajísticos que ralenticen las escorrentías del agua y favorezcan la retención y filtración en la tierra (por ejemplo pequeñas presas, aterrazamientos, tanques de arena; la canalización del agua de lluvia recogido por las cubiertas de los edificios hacia jardines de lluvia o pequeños caces integrados en el diseño de los espacios libres, así como la incorporación de sistemas de acumulación de agua de lluvia en el diseño de parques y espacios verdes públicos y privados.

#### **Aprovechamiento de las posibilidades de confort higrotérmico del agua**

En climas de veranos calurosos el aire puede estar muy seco a lo largo de muchos meses del año, lo que provoca una sensación térmica de sobrecalentamiento en los entornos urbanos, que incide en la necesidad de refrigerar

artificialmente las viviendas y espacios de trabajo. Esto genera incrementos de consumos energéticos y de emisiones que bien podrían mitigarse incorporando humedad al aire de manera natural.

El proceso fundamental por el que la humedad influye en el bienestar higrotérmico es el enfriamiento adiabático o enfriamiento evaporativo. Este proceso se produce mediante la evaporación de agua en el aire, de modo que disminuye la temperatura seca al mismo tiempo que aumenta el contenido de humedad del aire. Así se explica el fenómeno de la refrigeración del aire en presencia de agua. De forma contraria, al eliminarse del aire una cantidad de vapor de agua, aumentaría la sensación de calor por el efecto de la desecación del aire (Hernández, 2013).

En este sentido, sería conveniente incorporar en los entornos de las viviendas y espacios de trabajo láminas de agua, vegetación, suelos terrizos o vegetales, etcétera, que permitan incrementar la presencia de vapor de agua en el aire y reducir la sensación de sobrecalentamiento.

#### *Aplicación al caso de Torrelago (Laguna de Duero)*

No existe en el distrito de Torrelago ningún sistema que permita el almacenamiento, tratamiento natural y posible aprovechamiento de las aguas de lluvia ni de las aguas grises. Sin embargo, dada la cantidad y condiciones del espacio libre existente en el interior del barrio, sería muy sencillo implantar algún sistema. Por ejemplo: estanques de retención, jardines de lluvia, aljibes, etcétera.

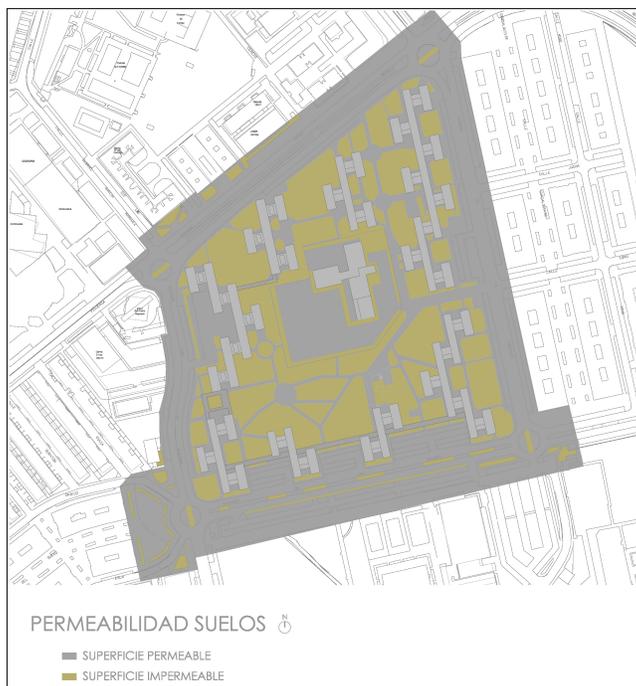
Por otro lado, en relación con la retención e infiltración de agua de lluvia, como puede observarse en la figura 19, a pesar de que, aparentemente, existe una gran cantidad de espacio libre en el barrio, la proporción real entre superficies permeables e impermeables es favorable a esta última (pues hay que considerar las cubiertas de los edificios y las calles perimetrales, alrededor de 35%-65%). Sería deseable alcanzar una proporción al menos de 50%-

**El proceso fundamental por el que la humedad influye en el bienestar higrotérmico es el enfriamiento adiabático o enfriamiento evaporativo.**

50% entre superficies permeables e impermeables, para lo que podrían plantearse varias opciones: sustituir el firme de las playas perimetrales de aparcamiento por pavimento filtrante, disponer una mayor superficie de suelo permeable en el patio de la escuela o en alcorques corridos amplios en el viario, o bien sustituir las actuales cubiertas de los edificios por cubiertas verdes.

Por último, en la urbanización Torrelago no existen láminas de agua, difusores, fuentes u otro tipo de elementos de este tipo que permitirían incrementar el confort de los espacios libres e, incluso, de los edificios (al menos de las plantas más bajas). Sin embargo, sería muy sencillo incorporarlos, por la disponibilidad de espacio libre y por las características de éste.

**Figura 19. Permeabilidad de suelos en Torrelago y las calles de borde del barrio**



Fuente: EP.

## **2.6. Consumo y producción energéticos en el espacio libre**

Aun cuando el consumo y la producción energéticos no suelen producirse en los espacios libres de los barrios y ciudades, sino, sobre todo, en las edificaciones, es aconsejable no desdeñar sus posibilidades. Se plantean, así, otros tres nuevos parámetros para la definición de la estrategia. Son los siguientes: **20.** Incorporación de sistemas energéticos de alternativa de captación solar (térmica o fotovoltaica), eólica, geotermia, etcétera, en el espacio libre público y privado; y **21.** Sistemas de ahorro y eficiencia energética (calefacción por distrito, sistemas de iluminación eficientes) en el espacio libre público y privado.

### **Incorporación de sistemas energéticos de alternativa de captación solar (térmica o fotovoltaica), eólica, geotermia, en el espacio libre público y privado**

El ahorro y la eficiencia energéticos constituyen una de las tres bases fundamentales sobre las que se sustenta una política energética sostenible. Las otras dos son el impulso decidido de las energías renovables y la reducción activa de los impactos medioambientales generados por el modelo energético actual (basado fundamentalmente en el uso de combustibles de origen fósil).

Centrándonos en la primera de ellas y en el campo que nos ocupa (el de la mejora de los entornos urbanos de los barrios), es fundamental planificar los nuevos asentamientos, o bien mejorar los barrios existentes, incorporando pautas bioclimáticas en el diseño de los espacios. Partiendo del conocimiento de los componentes climáticos esenciales (temperatura, humedad y viento) podrán diseñarse los espacios libres para que sean confortables de manera natural, no forzando el uso de energía para lograr artificialmente dicho confort.

La segunda de las bases de una política energética sostenible es el incremento del uso de las energías de alternativa a

las de origen fósil, dados los notables efectos adversos que este tipo de energía genera (desde su contribución al cambio climático hasta los problemas de salud derivados de la mala calidad del aire de los entornos urbanos).

El espacio libre, tanto público como privado, ofrece enormes posibilidades para la instalación de sistemas de aprovechamiento de ciertos tipos de energías de alternativa: paneles solares térmicos y fotovoltaicos, pequeños aerogeneradores, sistemas de geotermia para calefacciones comunitarias. Es cierto que su adquisición puede suponer una inversión inicial superior a la de los sistemas convencionales, pero dicha inversión se amortiza en un tiempo relativamente corto por los ahorros en combustibles, sometidos a una imprevisibilidad constante.

**Sistemas de ahorro y eficiencia energéticos  
(calefacción por distrito, tipos de iluminación)  
en el espacio libre público y privado**

En los ámbitos urbanos pueden utilizarse diversos sistemas de ahorro y eficiencia energéticos. Para empezar, sería preciso incorporar a la legislación urbanística, así como a las normativas urbanísticas contenidas en los documentos de planeamiento, pautas de planificación y arquitectura bioclimática que instaran a tener en cuenta las condiciones del lugar a la hora de proyectar, como el emplazamiento, la orientación o las características microclimáticas mencionadas. Todo ello redundaría en una menor demanda energética.

A ello podrían añadirse sistemas como la calefacción por distrito, un sistema mucho más eficiente que el de las calefacciones individuales y que en algunas ciudades, como Copenhague, sirve a más de 90% de los barrios de la ciudad. Además, habría que considerar la instalación de sistemas de captación solar pasivos y activos (térmicos y fotovoltaicos) en espacios libres y equipamientos públicos, la iluminación pública de bajo consumo, etcétera.

**En los ámbitos urbanos pueden utilizarse diversos sistemas de ahorro y eficiencia energéticos.**

### *Aplicación al caso de Torrelago (Laguna de Duero)*

El tipo de energía utilizada en el espacio libre de Torrelago (para alumbrado público, riego y demás) es convencional: eléctrica, suministrada por la red. No existe ningún tipo de dispositivo para el aprovechamiento de la energía solar (térmica o fotovoltaica) ni eólica o geotérmica. Tampoco las edificaciones cuentan con sistemas energéticos de alternativa ante el tipo señalado.

En el caso de los sistemas de ahorro y eficiencia energéticos el distrito sí cuenta con algunas de estas pautas, pues una de las principales medidas de mejora del proyecto CITYFIED ha consistido en la operación de un sistema de calefacción por distrito abastecido con biomasa para proporcionar calefacción y agua caliente a todas las viviendas del distrito (ver figuras 20 y 21).

Sin embargo, el distrito no cuenta con sistemas de iluminación pública de bajo consumo o tipo LED ni con elementos de protección frente a la radiación solar excesiva que se produce en los meses más cálidos del año.

## **2.7. Tratamiento de los espacios libres (públicos y privados)**

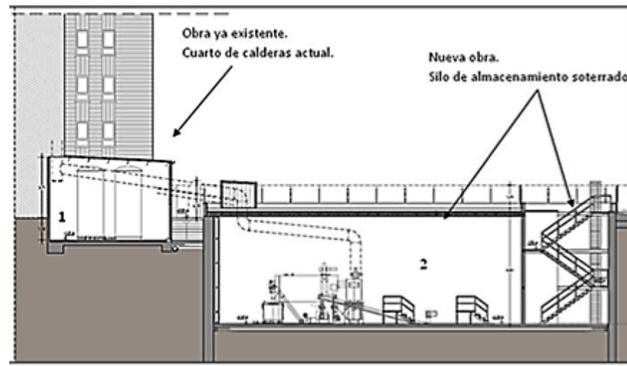
De los campos seleccionados en el trabajo para definir la estrategia de mejora ambiental del entorno de los edificios para la mitigación del cambio climático, el de la incorporación de vegetación quizá sea uno de los que más oportunidades ofrece. De ahí que se hayan definido cuatro parámetros para incorporar a dicha estrategia. Son los siguientes: **22.** Cuantificación de espacios libres públicos, **23.** Distribución de espacios libres públicos ciudadanos y accesibilidad a los mismos, **24.** Cantidad, calidad y localización de la vegetación existente, **25.** Establecimiento de técnicas de xerojardinería en los espacios libres.

**Figuras 20 y 21. Sistema de calefacción por distrito instalado en Torrelago como parte del proyecto CITYFIED.**

(A la izquierda: emplazamiento; estado reformado de la urbanización / A la derecha: silo y calderas soterrados)



EMPLAZAMIENTO, ESTADO REFORMADO  
URBANÍSTICA, VEGETACIÓN Y ZONAS AJORNADAS, NUEVOS ACCESOS PARA VEHÍCULOS



La urbanística, desde su nacimiento, a mediados del siglo XIX, ha considerado siempre la incorporación de parques y vegetación en las ciudades como una de sus prioridades. Para ello ha ido estableciendo a lo largo del tiempo tanto estándares mínimos de dotación de superficie de espacio verde o árboles por habitante (incorporados a las legislaciones) como tipologías de espacios que hoy día conforman un repertorio amplio y codificado.

En los últimos años viene planteándose la renaturalización urbana o reverdecimiento urbano como una pauta ineludible para que las ciudades sean más resilientes y más sostenibles. Se refieren ambos conceptos a la generalización o extensión de los espacios vegetales en la ciudad para hacer de ésta un ámbito más natural. Para eso se

**La urbanística ha considerado siempre la incorporación de parques y vegetación en las ciudades como una de sus prioridades.**

parte de la vieja idea urbanística de que los espacios verdes en las ciudades deben formar sistemas, redes. Esos sistemas no sólo estarán compuestos por aquellas tipologías clásicas de espacios verdes (parques, jardines, riberas de los ríos, bulevares, cuñas o anillos verdes) sino por otra serie de espacios secundarios (públicos y privados) que pueden servir para completar lo que se denominan biotopos. Por lo tanto, el concepto de renaturalización va mucho más allá del concepto de sistema y pretende llevar naturaleza a cada rincón del ámbito urbano.

En estos espacios secundarios que pueden *reverdecerse* podemos incorporar desde cubiertas verdes de las edificaciones hasta espacios baldíos de las ciudades, desde zonas de aparcamiento con pavimentos semipermeables a paredes cubiertas de vegetación, desde las bandas verdes o terrizas en el viario hasta espacios libres asociados a equipamientos.

### **Cuantificación de espacios libres públicos**

¿Qué cantidad de espacio verde es necesaria o suficiente? Es habitual en la práctica urbanística cuantificar las cosas, de ahí que la bibliografía especializada esté cargada de datos sobre cantidades. Cantidad de espacios libres públicos mínimos con los que deben contar las ciudades, cantidad de metros cuadrados de vegetación por persona, número mínimo deseable de árboles por habitante. Esta bibliografía ofrece los estándares e indicadores necesarios. Por su parte, la legislación urbanística ha incorporado dichas recomendaciones en sus artículos de obligado cumplimiento. En Castilla y León la legislación urbanística exige reservar 5 m<sup>2</sup>/habitante de espacio verde con carácter genérico (para la ciudad en su conjunto) y, de manera específica, 15 m<sup>2</sup> y 20 m<sup>2</sup> por cada 100 m<sup>2</sup> edificables en suelos urbanos no consolidados y suelos urbanizables, respectivamente. Sin pretender hacer una exposición exhaustiva de estándares y recomendaciones procedentes

de diversas fuentes, sí conviene citar a la OMS, que recomienda un mínimo de 10 m<sup>2</sup>, y es deseable una dotación de 15 m<sup>2</sup> por habitante (estándares para la ciudad en su conjunto). Por su parte P.J. Salvador Palomo cita el caso de Quebec, que cuenta con 1 árbol/habitante, un estándar muy elevado para nuestras ciudades (Salvador Palomo, 2003).

### **Distribución de espacios libres públicos y accesibilidad a los mismos**

La urbanística contemporánea ha heredado del funcionalismo dos modos de proceder en el tema de la planificación del verde urbano: la noción del estándar y las tipologías de los espacios verdes. Es decir, el asegurar una dotación mínima de espacio verde por habitante, que se lograría mediante una distribución equitativa de las áreas verdes en el conjunto de la ciudad, de tal modo que puedan conseguirse tiempos adecuados de acceso compatibles con el rango y la función de cada tipo de área. Y, por lo que se refiere a la tipología, la bibliografía internacional señala cuatro niveles jerarquizados de los espacios verdes públicos urbanos: el verde anexo a la unidad residencial (vivienda o manzana unifamiliar), el verde de la vecindad (espacios libres de pequeña entidad), el verde del barrio y el parque urbano. Cada uno de estos modelos tipológicos está llamado a desarrollar una función específica en el ámbito de la estrategia recreativa para los habitantes urbanos. Una buena política de áreas verdes exige la integración de los diversos tipos de áreas en una red densa y continua, a la que puedan tener acceso los diferentes grupos sociales, sin discriminación de cualquier tipo (relacionado con la accesibilidad no discriminatoria), y en la que estén integrados los equipamientos urbanos: escuela, centro cívico, área comercial, etcétera.

Además, es precisa la conexión del verde de la ciudad con el espacio periurbano próximo y más alejado, como estrategia de mejora de la calidad del medio ambiente

urbano, como estrategia de incremento de la resiliencia y como estrategia de mejora de la función recreativa del verde urbano. En este sentido, cumplen un importante papel los llamados pasillos o corredores urbanos. Ya Frederick Law Olmsted (considerado precursor en cuanto a la ordenación de sistemas verdes urbanos) preveía los denominados Park Ways como conectores indispensables. Sin tener que alcanzar las anchuras de más de 40 metros de los Park Ways de F.L. Olmsted, para S. Rueda las calles con un buen sustrato permeable y una presencia arbórea diversa actúan como nexo entre las diversas áreas naturales. Para que una vía pueda considerarse corredor urbano, las cifras orientativas recomiendan densidades superiores a 4 árboles/10 metros lineales, niveles de ruido inferiores a 60 dBA (esta medida garantizaría su funcionamiento como corredor ecológico) e índices de permeabilidad del suelo altos.

#### **Cantidad, cualidad y localización de la vegetación en los barrios**

Se analizan a continuación las principales capacidades de la vegetación en relación con la mejora de las condiciones del espacio libre y se proponen pautas sobre cantidad, cualidad y localización de la vegetación en los barrios para potenciar dichas capacidades:

- Capacidad como sumidero de CO<sub>2</sub>. Esta capacidad no es igual en todas las especies vegetales, pues depende de la masa foliar, características de la planta, su porte, etcétera, como demuestra el trabajo de investigación llevado a cabo por M.E. Figueroa Clemente y su equipo en la Universidad de Sevilla (Figueroa, 2007), quienes analizan la capacidad de diversas especies forestales, agrícolas y urbanas como sumideros de CO<sub>2</sub>. Los estudios de este tipo resultan enormemente útiles a la hora de seleccionar especies frente a la urbanización de nuevos espacios o mejora de los existentes. Aunque, con

criterio general, conviene disponer arbolado en todas las calles de un barrio, si lo que se pretende es aprovechar su capacidad de absorción de CO<sub>2</sub>, deberían plantarse de forma ineludible en las calles de tráfico más intenso.

- Proveedor de sombra. Esta cualidad es enormemente relevante en climas con veranos calurosos, pues permite hacer más habitable el espacio público (especialmente el viario y las plazas). En función del clima del lugar convendrá disponer arbolado de hoja perenne o caduca para aprovechar las ventajas de esta cualidad en verano sin sufrir sus efectos negativos en invierno, cuando lo que interesa es permitir la máxima radiación solar de los espacios públicos.
- Repercusión en las condiciones higrotérmicas (temperatura y humedad) de los entornos edificados. La vegetación tiene una influencia notable en la modificación de los parámetros que definen las condiciones higrotérmicas de un ámbito. Estos son: reducción de la incidencia de la radiación de onda corta en el suelo y minimización de la emisión de radiación de onda larga (infrarrojos) del suelo a la atmósfera. Esto conlleva la reducción de la temperatura en las áreas vegetadas. A ello se añade la capacidad de transpiración que se produce en las hojas de las plantas, que, sumada a la sombra que generan los árboles, produce un enfriamiento del aire al añadirle vapor de agua. Así pues, si a una superficie permeable (que funciona mucho mejor que una impermeable desde el punto de vista de la regulación de la humedad) se le añade vegetación, el efecto se multiplica. Conviene, en este sentido, incorporar vegetación por doquier en los barrios: arbolado en las calles, arbustos y rastreras en parterres y espacios libres, en las cubiertas y paramentos verticales de los edificios, en las isletas y demás elementos del viario, etcétera.
- Barrera contra el ruido. La principal fuente de contaminación acústica en la ciudad es el tráfico rodado. A

mayor volumen de tráfico, mayor nivel de ruido. La capacidad de las plantas para reducir la contaminación acústica depende de las características, densidad y estructura de las plantas utilizadas, así como de la localización de la barrera vegetal respecto a la fuente emisora de ruido.

En este sentido las superficies vegetadas deben situarse próximas a los focos de emisión del ruido. Además, funcionan mejor si están compuestas por vegetación de diverso porte. A mayor densidad de las especies, mayor absorción. Las barreras vegetales aumentan enormemente su efectividad si se combinan con la topografía. En vías con mucho ruido conviene disponer taludes vegetados.

- Barrera contra el viento. Con velocidades de vientos iguales o superiores a los 10 m/s conviene poner pantallas vegetales. Las barreras vegetales tienen ciertas ventajas sobre otro tipo de barreras no vegetales, pues disminuyen los efectos de las turbulencias o la aceleración del viento en los bordes de dichas barreras, ya que la vegetación absorbe la energía cinética del aire en movimiento.

### **Operación de técnicas de xerojardinería en los espacios libres**

En los países de climas secos (como ocurre con buena parte del territorio español) la demanda de agua de riego que puede conllevar la extensión de zonas arboladas podría suponer un problema, por ello es necesario racionalizar su consumo. Aunque de manera empírica muchas culturas han desarrollado métodos de jardinería con bajos consumos de agua (véase, por ejemplo, los jardines árabes), a partir de los años ochenta se desarrolló en Estados Unidos una técnica, denominada *xeriscape*, para una concepción y gestión de zonas ajardinadas como bajo consumo de agua. Esta técnica se ha traducido al español como *xerojardinería* y se basa en siete principios esenciales:

- La planificación y el diseño, por el cual el parque o jardín debe dividirse en zonas diferenciadas según la agrupación de especies vegetales con similares necesidades de agua.
- El análisis del suelo (capacidad de drenaje, de retención del agua, de penetración de la humedad), que permitirá la selección adecuada de plantas.
- La selección de plantas: principalmente autóctonas o especies adaptadas.
- Las zonas de césped prácticas, es decir, el césped utilizado no como relleno, sino buscando su mayor beneficio funcional: para prevenir la erosión en zonas de pendiente, por ejemplo. En cualquier caso, es preciso reducir las superficies de césped por su alta exigencia de agua, sustituyéndolas por especies tapizantes xerófilas.
- Riego eficiente. Sustituir el riego por aspersión (pues demanda gran cantidad de agua) por el de goteo o los microaspersores, que llevan el agua a las raíces de las plantas.
- El uso de acolchados o cubiertas para el suelo (*mulching*, según el término inglés). Esta suerte de mantillo no sólo conserva la humedad del suelo, previene la erosión y protege las raíces del frío o el calor excesivos, sino que también ayuda a reducir las malas hierbas, que compiten por el agua. Las mejores cubiertas son las orgánicas, como acículas de pino, trozos de corteza, restos de vegetación, compost, etcétera.
- Mantenimiento adecuado, que reduzca al mínimo el uso de fertilizantes, pesticidas y otros productos para mantener la vitalidad de las plantas.

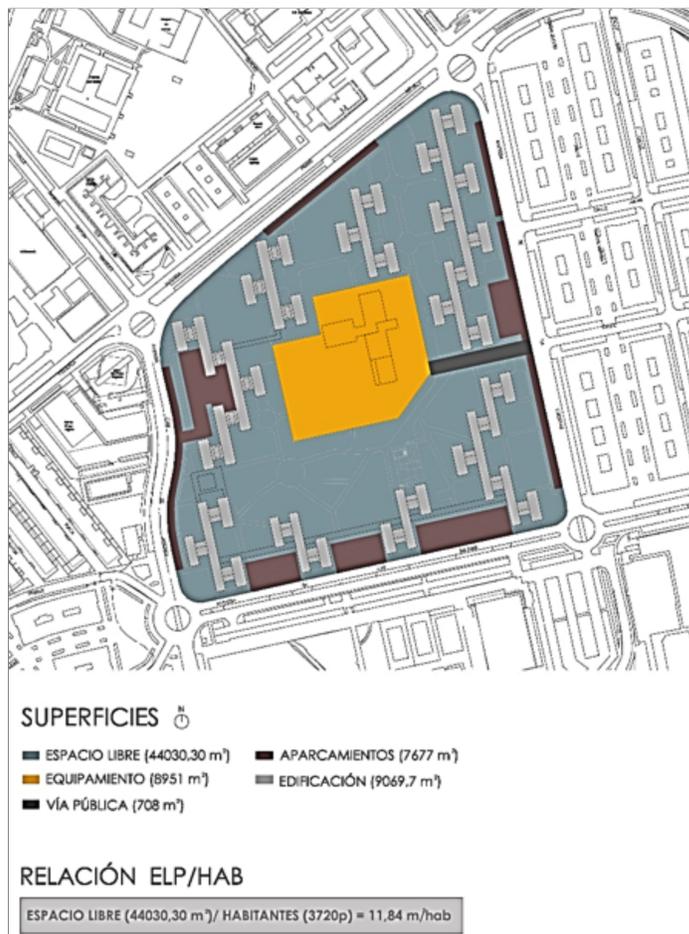
#### *Aplicación al caso de Torrelago (Laguna de Duero)*

Realizado el cálculo de la cantidad de espacio libre del barrio de Torrelago por habitante, se obtiene la cifra de 11. 82 m<sup>2</sup>/habitante. Como puede observarse, a pesar de que el barrio cuenta, aparentemente, con una gran cantidad de espacio

libre, este indicador está por debajo del estándar deseable fijado por la OMS (15 m<sup>2</sup>/habitante). Esto se debe a que el barrio tiene una densidad poblacional alta. No obstante, el barrio está muy próximo al gran parque del municipio, el que está en torno a la laguna, lo cual palió en buena medida el déficit detectado.

**Figura 22. Superficie de espacio libre/habitante**

(El barrio cuenta con 1 488 viviendas / Para los cálculos realizados se han considerado 2.5 hab./viv.)



Fuente: EP.

Según podía observarse en la figura 10, en la que se mostraban la distribución de espacios verdes en torno al barrio y la accesibilidad a los mismos desde las viviendas de dicho barrio, la accesibilidad de Torrelago a los principales espacios libres del municipio es potencialmente muy buena, aunque, obviamente, esta cuestión también depende de las cualidades del viario, de la existencia o no de itinerarios ciclistas, etcétera.

Otras conclusiones que pueden extraerse a la vista de la figura son las siguientes: pese a que Torrelago tiene unas potencialmente buenas condiciones de accesibilidad a zonas verdes de diferente carácter y rango, no ocurre lo mismo con otros barrios del municipio. Por otro lado, aunque existen algunos corredores verdes que enlazan el centro urbano de Laguna de Duero con los bosques al este y oeste del municipio, se echa en falta la existencia de mayor número de corredores verdes que enlacen los diversos espacios verdes entre sí (especialmente los principales, situados alrededor de Torrelago) y éstos con los espacios naturales periurbanos. Se observa la carencia de elementos tan valiosos como cuñas verdes o anillo verde.

Un análisis relevante llevado a cabo en Torrelago fue la identificación, evaluación y localización del arbolado existente (según se recoge en la figura 23), pues nos permite valorar su funcionamiento de acuerdo con las capacidades mencionadas.

**Funcionamiento como sumidero de CO<sub>2</sub>.** De acuerdo con la documentación aportada en la figura 23, la mayoría de las especies existentes en Torrelago tiene una capacidad media de absorción de CO<sub>2</sub>.

Como regulador de las condiciones higrotérmicas, según se ha indicado en el apartado anterior, la proporción suelos permeables/suelos impermeables no es la más deseable. No obstante, dada la cuantiosa presencia de arbolado en el espacio libre, puede considerarse que las

**Figura 23. Muestra la tipificación de especies: caducifolias (C) / Perennifolias (P), el porte de las mismas, la especie, la distribución**



VEGETACIÓN 

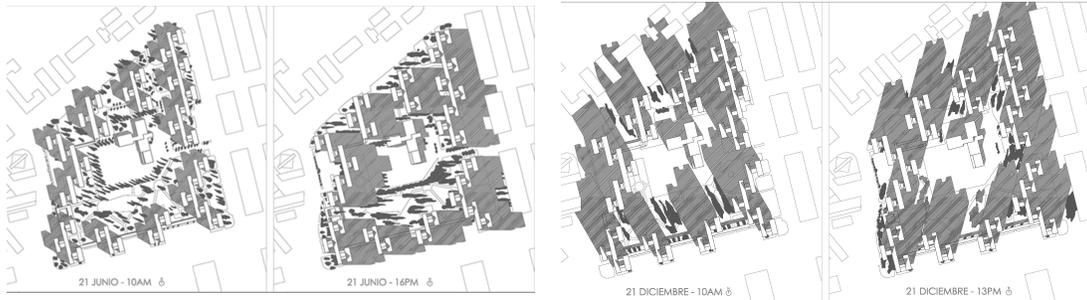
- |                 |                   |             |                   |
|-----------------|-------------------|-------------|-------------------|
| — ALIBUSTRE (P) | — PRUNO (C)       | — ARBUSTO   | — PARQUE INFANTIL |
| — CHOPO (C)     | — ACACIA (C)      | — SETO BAJO | — ÁREA PEATONAL   |
| — PLÁTANO (C)   | — PINO, CEDRO (P) | — CÉPED     |                   |

Fuente: EP

condiciones higrotérmicas (humedad, temperatura, evapotranspiración) proporcionadas por ambos elementos (permeabilidad del suelo y presencia de vegetación) son adecuadas.

**Como proveedor de sombra.** En las figuras adjuntas pueden observarse las sombras arrojadas por la edificación y por el arbolado sobre el espacio libre y sobre el patio del colegio en los solsticios de verano e invierno en

**Figura 24. Estudio de sombras de la vegetación y el arbolado en el solsticio de verano (arriba) y en solsticio de invierno (abajo).\***



\* Obsérvese que se han descartado en el estudio los árboles de hoja caduca.

diversas horas del día. Es importante destacar que, mientras que la elección de especies (caducifolias y perennifolias) es adecuada sobre todo alrededor del colegio (donde podemos localizar acacias y chopos, de hoja caduca), es menos adecuada en algunos de los pequeños espacios situados entre los edificios, donde predominan las especies de hoja perenne. Esta circunstancia, unida a las potentes sombras arrojadas por las torres, hacen que el espacio libre permanezca durante demasiadas horas al día, y especialmente en invierno, en sombra, lo cual no hace atractivo su uso.

Fuente: EP.

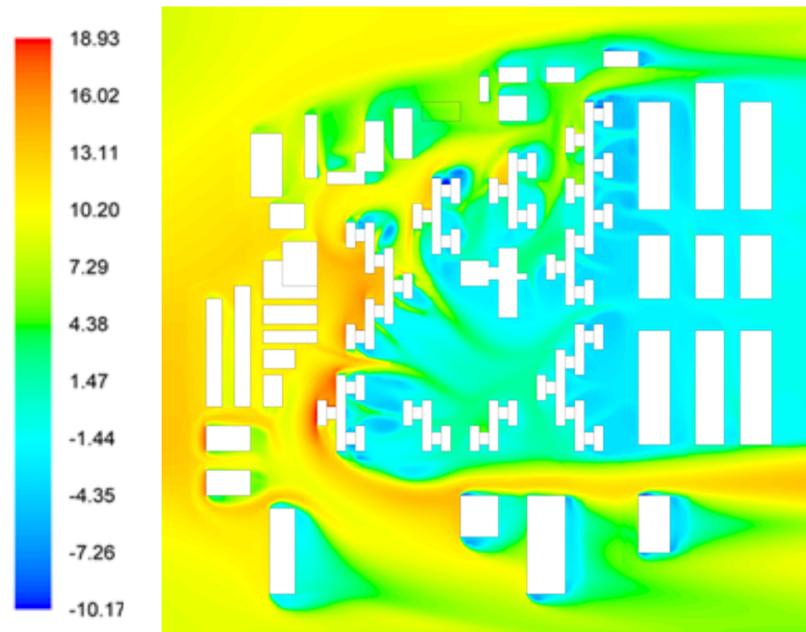
**Como barrera contra el viento.** Hay algunos condicionantes en Torrelago que hacen que la vegetación no tenga mucha relevancia como barrera contra el viento. Estas circunstancias son las siguientes: la tipología edificatoria característica (torres de 12 plantas), la morfología urbana (es decir, la forma en la que dichas torres se van enlazando, formando módulos de tres, cinco y ocho torres, desplazados unos sobre otros en dirección N-S y, por último, la dirección de los vientos dominantes (en este caso, oeste-sur-oeste). Estas tres situaciones son las que verdaderamente condicionan los efectos producidos por el

viento, ya que el arbolado siempre queda por detrás de las pantallas edificadas, entre las que el viento va formando diversos *pasillos*, como puede observarse en la figura 25.

Por otro lado, la disposición de alineaciones arboladas en el ajardinamiento de los espacios libres y del viario tampoco tiene excesiva relevancia. En la cara exterior oeste del barrio el arbolado es de poco porte y no forma alineaciones continuas. En el resto de los bordes exteriores la posible repercusión queda anulada por los efectos de la edificación. Solamente puede tener cierta incidencia la doble alineación perimetral de árboles (chopos y acacias) en el borde oeste del perímetro de la escuela, especialmente si se tiene en cuenta que los chopos tienen un importante desarrollo (figura 26).

Por último, el arbolado en alineación en las calles al

**Figura 25. Simulación de distribución de presiones de viento**



Fuente: EP basada en GIR / Arquitectura y Energía, con Fluent 16 ©.

**Figura 26. Valoración de la vegetación respecto de los efectos de los vientos dominantes**



Fuente: EP.

norte y al sur del barrio puede funcionar (dada su orientación más o menos similar a la de los vientos dominantes) más bien como canalizador del viento, algo que no tiene especial relevancia medioambiental en este caso.

Como pantalla acústica, según lo indicado en apartados anteriores, la capacidad de que la vegetación actúe como pantalla para reducir la contaminación acústica en Torrelago es claramente insuficiente, puesto que las posibles pantallas vegetales no son densas y no están próximas a

**Figura 27. Valoración de la vegetación respecto de los efectos de las principales fuentes de ruido**



las principales fuentes de ruido (las vías rodadas y las playas de aparcamiento); no existe junto a esas fuentes emisoras de ruido vegetación de diverso porte (plantas rastreras, tapizantes, setos y alineaciones arboladas) ni tampoco hay taludes vegetados, que ayudarían a incrementar los efectos beneficiosos de las posibles pantallas (ver figura 27).

Respecto de la puesta en práctica de técnicas de xerojardinería en los espacios libres, es preciso señalar que, en la actualidad, no se aplican algunas de las técnicas propias de la xerojardinería en Torrelago. El césped se presenta como la especie predominante para tapizar la mayor parte de las superficies y el riego de las mismas se realiza

por aspersión. Tampoco la planificación del parque se hizo con las premisas de la xerojardinería, no existen *mulches*, etcétera. Sin embargo, la mayoría de las especies arbóreas está adaptada al clima.

## **2.8. Gestión de residuos sólidos urbanos**

Para este último campo de la estrategia se han definido dos parámetros: **26.** Sistemas de gestión de los RSU y **27.** Sistemas de aprovechamiento de la fracción orgánica de los RSU.

### **Sistemas de gestión de los RSU**

El plan estatal marco de gestión de residuos (Pemar, 2016-2022), que desarrolla las directivas europeas correspondientes, establece como objetivos intermedios para los residuos que en 2020, de acuerdo con la “Hoja de ruta hacia una Europa eficiente en el uso de los recursos”: la reducción de la generación per cápita de los residuos, el reciclado y la reutilización como opciones económicamente atractivas para los operadores, el desarrollo de mercados funcionales para las materias primas secundarias, la recuperación de energía limitada a los materiales no reciclables, práctica eliminación del depósito de residuos en vertederos.

Una adecuada gestión municipal implica, en primer lugar, la separación de la basura en diversas fracciones (materia orgánica, vidrio, papel y cartón, envases y productos nocivos o peligrosos), así como de otro tipo de residuos (de obra, por ejemplo). Es preciso concienciar a los vecinos de la necesidad de su colaboración para hacer una separación de las diferentes fracciones de las basuras domésticas en el origen, pues esto permite un tratamiento más eficaz de las mismas y la recuperación de buena parte de su valor intrínseco. Para ello conviene facilitar dentro de los barrios la accesibilidad a distintos tipos de contenedores donde

**Una adecuada gestión municipal implica, en primer lugar, la separación de la basura en diversas fracciones.**

depositar la mayor parte de fracciones posible de residuos. Al menos fracción orgánica, envases y embalajes, vidrio, papel y aceites domésticos usados.

### **Sistemas de aprovechamiento de la fracción orgánica de los RSU**

Una de las fracciones de los RSU más valiosa, además de la más abundante, es la materia orgánica, bien para la fabricación de compost, bien para la biometanización. El segundo de los procesos es complejo y ha de realizarse en ámbitos específicos, pero el compostaje puede hacerse a escalas mucho menores, incluso dentro del ámbito doméstico. Es decir, podría plantearse cierta descentralización, implantando sistemas de compostaje de la fracción orgánica de los residuos en el ámbito municipal, con el fin de incorporar el compost obtenido en la gestión de parques y jardines municipales. A tal efecto podrían instalarse compostadoras en los espacios libres privados o en los públicos. Al margen de la utilidad ecológica de las mismas, es interesante destacar su papel didáctico frente a la concienciación de los niños sobre la necesidad de responsabilizarse individualmente en la sostenibilidad medioambiental.

#### *Aplicación al caso de Torrelago (Laguna de Duero)*

Como muestra el gráfico adjunto, en las proximidades de las viviendas de Torrelago existen contenedores suficientes para la recogida de cinco fracciones: orgánico / sin clasificar, envases, papel, vidrio y aceites usados.

Por lo que se refiere al aprovechamiento de la fracción orgánica de los RSU, hay que señalar que no se lleva a cabo en el distrito aprovechamiento alguno de los restos orgánicos de las basuras. Este tipo de residuos se recoge en contenedores separativos y se transporta para su posterior tratamiento al Centro de Tratamiento de Residuos Urbanos de la provincia de Valladolid. Los restos vegeta-

**Figura 28. Localización de contenedores para la recolecta selectiva de residuos sólidos urbanos**



los procedentes del mantenimiento de los jardines del barrio (siegas, podas) son gestionados por la comunidad de propietarios de Torrelago y trasladados al punto limpio del municipio para su posterior compostaje. En el caso de las cenizas de la calefacción centralizada de biomasa Cartif se hace responsable de su eliminación durante un

periodo de 20 años a partir de la instalación de la caldera de biomasa, durante los cuales tiene el compromiso de destinarlas al compostaje.

Sin embargo, sería deseable la instalación de algún sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos dentro del barrio, algo bastante sencillo, pues podrían disponerse pequeñas compostadoras repartidas en algunos puntos del espacio libre interior del mismo.

### **Conclusiones**

La mitigación y adaptación al cambio climático van necesariamente ligadas al ahorro y la eficiencia energéticos, en tanto que las fuentes energéticas utilizadas son mayoritariamente de origen fósil. Pero, con demasiada frecuencia en el campo de la arquitectura, estos ahorros se relacionan con las edificaciones y no tanto con los entornos donde éstas se asientan. En este sentido, así como los estudios, herramientas de diseño, certificaciones, ponen el foco en los edificios, es mucho menos frecuente que aborden los barrios en su conjunto. Sin embargo, las posibilidades de reducción de las demandas energéticas en los espacios que dan soporte urbano a los edificios son muy amplias, como ha tratado de ponerse de manifiesto en este trabajo.

Todos los campos de actuación definidos en la estrategia de mejora ambiental del entorno de los edificios, así como los 27 parámetros establecidos, tienen potencialidades de ahorro energético, directa o indirectamente, en mayor o menor medida. Por ello, no deben ser obviados a la hora de abordar la regeneración de un barrio existente o la planificación de uno de nueva planta. Por el contrario, deberían formar parte de una visión holística de intervención, que integrara edificaciones bioclimáticas en entornos bioclimáticos. Las sinergias producidas entre

unas y otras medidas potenciarían la capacidad de adaptación y mitigación del cambio climático.

Aun cuando las medidas concretas por aplicar en los diferentes barrios, en función de su localización, sus características climáticas, su morfología o las tipologías, puedan llegar a diferir sustancialmente, la metodología, los campos y los parámetros que se considerarían en la estrategia son generalizables, pues se basan en conceptos universalmente utilizados y validados por las publicaciones especializadas. La aportación de este trabajo ha consistido en la elaboración de una síntesis propia, a la que se han incorporado algunos campos y parámetros que habitualmente quedan fuera de una estrategia de ahorro y eficiencia energéticos, pero que sin embargo sí tienen relevancia.

Por último, cabe concluir que los parámetros que configuran esta estrategia, aunque se han abordado poniendo el acento en sus potencialidades de mitigación del cambio climático, tienen otros muchos beneficios, tanto medioambientales como sociales y económicos, por lo que se alinean con el paradigma de la sostenibilidad.

## Referencias

- Butti, K., y J. Perlin. *Un hilo dorado. 2500 años de arquitectura y tecnología solar*. Madrid: Hermann Blume, 1985. Or., 1980.
- Dunham-Jones, E., y J. Williamson. *Retrofitting Suburbia. Urban design solutions for redesigning suburbs*. Nueva Jersey: John Wiley & Sons, 2009.
- Decreto 22/2004, de 29 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Urbanismo de Castilla y León y sus posteriores modificaciones.
- E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson. *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*. Londres: Earthscan, 2010.
- Fariña Tojo, J. *La ciudad y el medio ambiente natural*. Madrid: Akal Arquitectura, 1998.
- Figueroa Clemente, M.E. *Los sumideros naturales de CO<sub>2</sub>: una estrategia sostenible entre el cambio climático y el protocolo de Kioto desde las perspectivas urbana y territorial*. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, 2007.
- Hernández, A. (coord.), et al. *Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2013.
- Higueras, E. *Manual de buenas prácticas bioclimáticas para Vitoria-Gasteiz, 2012*  
<<http://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/http/contenidosEstaticos/adjuntos/es/22/80/52280.pdf>>.  
Acceso en enero de 2016. <<http://solardat.uoregon.edu/PolarSunChartProgram.php>>. Acceso en enero de 2016.
- ISA (*Informe de Sostenibilidad Ambiental*). Plan General de Ordenación Urbana de Laguna de Duero, 2011.
- Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo de Castilla y León y sus posteriores modificaciones,
- Ley 7/2014, de 12 de septiembre, de Medidas sobre rehabilitación, regeneración y renovación urbana, y sobre sostenibilidad, coordinación y simplificación en materia de urbanismo. Junta de Castilla y León.
- Ley 8/2013, de 26 de junio, de Rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. Gobierno de España.
- Meiss, A., M.R. del Caz y A. Álvaro (2013). "Rehabilitación de barrios de vivienda social. El ARI de La Rondilla en Valladolid", en *Ciudad y Territorio / Estudios Territoriales*, núm 45, 2013, pp. 65-80.
- Mostafavi, M, y Doherty. *Ecological Urbanism*. Karlsruhe: Lars Müller Publishers, 2011.
- Olgay, V. *Design with Climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton University Press, 1963.
- Orduña Gañán, M.A., y M.R. del Caz Enjuto. "Barrios y sostenibilidad: la aplicación de criterios sociales, medioambientales y económicos en el diseño y evaluación de procesos de regeneración urbana sostenible". V Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo. Departament d'Urbanisme i Ordenació del Territori. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona-Buenos Aires, junio de 2013, pp. 789-806.

- Plan General de Ordenación Urbana de Laguna de Duero, 2011.
- Plan Parcial de Ordenación del Sector 2, Torrelago. Laguna de Duero (Valladolid), 1995.
- Rueda, S. *Sistemas de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas (2013)*  
<[http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/3093A86A-128B-4F4D-8800-BE9A76D1D264/111504/INDI\\_CIU\\_G\\_Y\\_M\\_tcm7177731.pdf](http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/3093A86A-128B-4F4D-8800-BE9A76D1D264/111504/INDI_CIU_G_Y_M_tcm7177731.pdf)>. Acceso en enero de 2016.
- Salvador Palomo, P.J. *La planificación verde en las ciudades*. Barcelona: Gustavo Gili, 2003.
- Sukopp, H., y P. Werner. *Naturaleza en las ciudades. Desarrollo de flora y fauna en áreas urbanas*. Madrid: Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1991.



EUROPEAN UNION



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA  
METROPOLITANA