



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



ESCOLA TÉCNICA SUPERIOR DE
ARQUITECTURA DA CORUÑA



ARQUITECTURA SOSTENIBLE. Criterios de reducción del impacto medioambiental desde nuevos enfoques del diseño arquitectónico contemporáneo.

ARMENTAL PIÑEIRO,
MIGUEL

DNI 44.839.261-W

REFERENCIA TFG:

Estr-15

TUTOR:

EMILIO MARTÍN
GUTIÉRREZ

CURSO 2015/16

FECHA DE

ENTREGA:

13 DE NOVIEMBRE
DE 2015

<i>RESUMEN.....</i>	4
<i>1. SOSTENIBILIDAD.....</i>	6
<i>1.1. Concepto de Sostenibilidad.....</i>	6
<i>1.2. Huella ecológica.....</i>	8
<i>1.3. Vertientes de la Sostenibilidad.....</i>	12
<i>1.4. Sostenibilidad aplicada a la Arquitectura.....</i>	14
<i>2. ARQUITECTURA SOSTENIBLE.....</i>	16
<i>2.1. Huella ecológica en la Arquitectura.....</i>	16
<i>2.2. Ciclo de Vida de los materiales.....</i>	18
<i>2.3. Sellos y certificaciones.....</i>	22
<i>3. DEMANDA Y CONSUMO.....</i>	23
<i>3.1. Estrategias de reducción.....</i>	25
<i>4. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.....</i>	29
<i>5. ARQUITECTURA PASIVA.....</i>	36
<i>6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO HACIA LA SOSTENIBILIDAD.....</i>	41
<i>BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.....</i>	45

RESUMEN.

Galego:

O obxecto de estudo deste traballo é a arquitectura e os cambios que está a experimentar e experimentará nun futuro próximo en relación coa situación medioambiental actual e o desenvolvemento sostible. Aínda sendo un tema de actualidade, cunha ampla información provinte de diversos campos de estudo, búscase un enfoque persoal coa proposición dunha serie de estratexias e conclusións arquitectónicas. Para acadalo plantéxase e estrutúrase a investigación en dúas partes dentro da temática conxunta sobre arquitectura sostible.

- Unha primeira parte expositiva do contexto ecolóxico, social e económico do presente e o rol da arquitectura dentro deste conxunto.
- A segunda parte busca a aportación persoal de ideas e prácticas que, como técnicos, podemos aplicar aos nosos proxectos, así como unha serie de conclusións sobre posibles liñas de investigación cara unha arquitectura máis sostible.

Castellano:

El objeto de estudio de este trabajo es la arquitectura y los cambios que debe experimentar en un futuro próximo en relación con la situación medioambiental actual y el desarrollo sostenible. Aún siendo un tema de actualidad, con amplia información proveniente de diversos campos de estudio, se busca un enfoque personal con la proposición de una serie de estrategias y conclusiones arquitectónicas. Para ello se ha planteado y estructurado la investigación en dos partes dentro de la temática conjunta sobre arquitectura sostenible.

- Una primera parte expositiva del contexto ecológico, social y económico del presente y el papel de la arquitectura dentro del conjunto.
- La segunda parte busca la aportación personal de ideas y prácticas que, como técnicos, podemos aplicar a nuestros proyectos, así como una serie de conclusiones sobre posibles líneas de investigación hacia una arquitectura más sostenible.

English:

The subject of enquiry is the architecture and the changes that must experiment in a close future in relation with the current environmental situation and sustainable development. Even that this is a nowadays topic, with a wide amount of information from all different fields of study, a personal perspective is sought with the proposition of a series of strategies and architectural conclusions. To reach that is considered and structured a research following two parts belonging to a common theme about sustainable architecture.

- The first one exposing the current ecological, social and economic context and the role of the architecture in it.
- The second one is focus on a personal contribution of ideas and practices that, as technicians, we can introduce in our projects, as well a series of conclusions on possible lines of research towards a more sustainable architecture.

1. SOSTENIBILIDAD.

"Llegar juntos es el principio; mantenerse juntos es el progreso; trabajar juntos es el éxito."

Henry Ford.

1.1. Concepto de Sostenibilidad.

La sostenibilidad como concepto está hoy en día en todos los foros de opinión y como trasfondo en muchas regulaciones, es por así decirlo algo que está de moda en estos momentos, pero en realidad proviene de décadas pasadas. ¿Pero que entendemos por sostenibilidad cuando hablamos sobre ello, en ocasiones demasiado a la ligera? Una definición literaria y explicación breve de lo que representa este concepto podría ser la siguiente: *"Cualidad de sostenible, especialmente las características del desarrollo que asegura las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de futuras generaciones"*.

La idea de la sostenibilidad asociada al desarrollo sostenible (como concepto general sin especificar campos concretos) es acuñada como término en la década de los ochenta del siglo pasado, concretamente en 1987 con la publicación del Informe Brundtland^[1] (o nuestro futuro común) elaborado por varios países del consejo de la ONU.

En ese momento de la historia se intensifica la preocupación por la necesidad de estudiar, medir y delimitar los impactos que tienen las actividades del ser humano en el medio ambiente. Se asienta la idea, que la propia definición de la palabra sostenibilidad lleva asociada, de relacionar el desarrollo de la población humana, creciente de manera exponencial, con su entorno y la utilización controlada y medida de los recursos naturales de los que disponemos. Este aprovechamiento y uso sensato de los recursos se ve que no es el mismo para todas las zonas poblacionales del globo, pues depende de la cultura y sociedad del pueblo que tiene acceso a ellos y por tanto intrínsecamente ligado a una tecnología, de ahí la necesidad de enmarcarlo en un contexto social y económico.

Si nos fijamos en la comparativa de la *Figura 1* vemos de manifiesto la repercusión que ha tenido en el último medio siglo sobre el medio el modelo de desarrollo actual. Consecuencia de ello es que en muchos países o zonas económicas se supera con creces la biocapacidad (capacidad de un área biológicamente productiva de generar recursos y absorber los residuos resultado de su consumo) del área geográfica perteneciente a ese país.

¹ Informe Brundtland: Nuestro futuro común. Informe elaborado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMMAD) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1987.

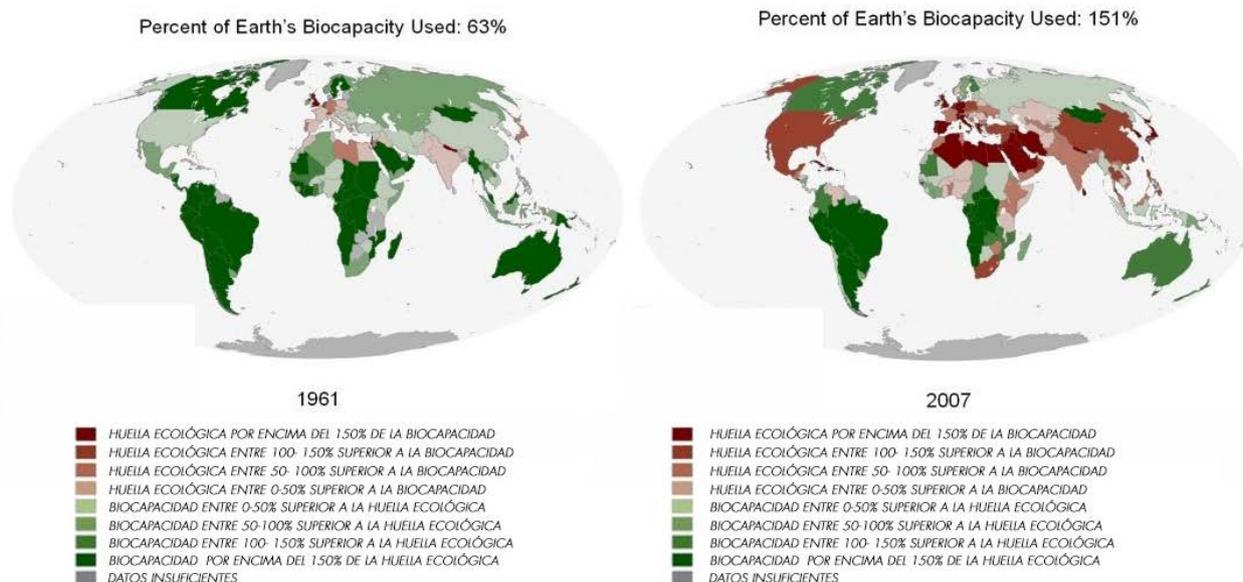


Figura 1- Comparativa de evolución del porcentaje de la huella ecológica de cada país con respecto a su biocapacidad entre los años 1961 y 2007. Datos de la edición del 2009 de las Cuentas Nacionales de Huella Ecológica y Biocapacidad. Fuente: Global Footprint Network. Fecha de consulta 12 de Noviembre de 2015.

No obstante se debe tener cuidado con el manejo de estos datos si no se profundiza en ellos. Como se puede ver en este caso, por ejemplo Brasil se muestra como uno de los países que tienen una huella ecológica por debajo del 150% de la capacidad de regeneración de la zona (Amazonas como tesoro de biodiversidad de la Tierra), pero ello no implica un desarrollo sostenible, pues un pilar de su sistema económico es la industria maderera asociada en numerosos casos a una tala abusiva. En el caso de los países que exceden la biocapacidad propia de su territorio las necesidades se satisfacen con la explotación de los recursos de los países ecológicamente acreedores.

Una idea que se debe tener clara y que aparece en este contexto de marco global es la interrelación y conexión de los problemas a escala del planeta, lo que ocurre en un determinado lugar geográfico tiene consecuencias no sólo en esa zona sino globales, y se les debe dar solución a una escala global.

Podemos ejemplificar y entender esta relación territorial a gran escala con el conocido proverbio chino que hizo suyo la idea de "Efecto Mariposa": *"el aleteo de las alas de una mariposa se puede sentir al otro lado del mundo"*.

1.2. Huella ecológica.

Durante las últimas cinco décadas el ritmo de crecimiento de la población mundial se ha incrementado de una manera exponencial siguiendo un modelo de desarrollo de explotación sin control de las fuentes de recursos naturales. Esta explosión demográfica, que tuvo su primer pico de crecimiento desmesurado coincidente con la Revolución Industrial de 1750-*Figura 2-* ha tenido un gran impacto en la naturaleza, excediendo la capacidad regenerativa del planeta.

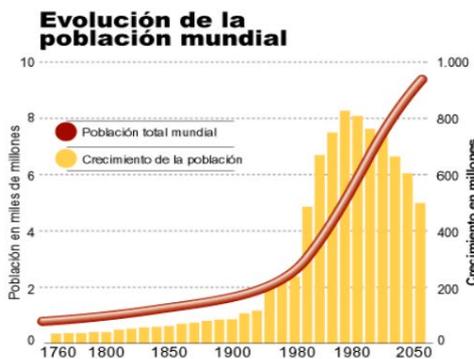


Figura 2-Evolución de la población mundial desde la Revolución Industrial. Previsión del descenso del crecimiento en el futuro. Fuente Organización Naciones Unidas (ONU).

La Revolución Industrial es también la causa de un cambio en la arquitectura; la arquitectura dependiente de las fuentes externas de energía fósil. En el momento actual necesitaríamos disponer de 1,5 veces la superficie del planeta para proporcionar los recursos, bienes y servicios ecológicos que consumimos cada año y de seguir con el índice de consumo actual llegados al 2050 la demanda sería la equivalente a 2 planetas- *Figura 3.*

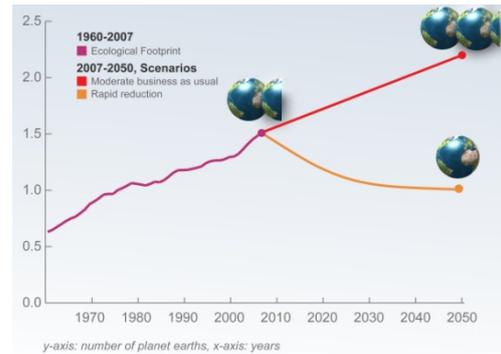


Figura 3-Evolución y previsión de la Huella Ecológica mundial, recursos necesarios a escala planetaria. Fuente WWF.

La huella ecológica como concepto fue acuñada en la Universidad de la Columbia Británica en 1990 por Mathis Wackernagel y William Rees. Es un indicador del impacto que ejerce una sociedad (poblaciones y por tanto cada una de las personas individualmente) sobre su entorno natural teniendo en consideración tanto los recursos necesarios consumidos como los residuos generados para mantener un determinado sistema social y económico; en resumen el total de superficie ecológicamente productiva para generar esos recursos y para absorber los residuos. La huella ecológica al igual que el grado de posibilidad de desarrollo sostenible, como se ha comentado anteriormente, ni es igual para cada población ni zona geográfica como también es un aspecto global (por ejemplo la huella de un país desarrollado afecta a uno en desarrollo puesto que afecta al sistema del conjunto global). Al margen del grado tecnológico de una determinada sociedad todas dependen de unos recursos energéticos y un flujo de materiales para la actividad de producción de cualquier bien o servicio, y esto proviene en última ins-

tancia de la naturaleza. Se necesitan sistemas ecológicos para absorber esos residuos y un espacio físico para infraestructuras, viviendas, equipamientos, etc., que todo ello conlleva una reducción en la superficie biológicamente productiva.

El estudio en profundidad de la huella ecológica es un proceso muy complejo que requiere tomar en consideración numerosos factores de carácter cualitativo (mucho más difíciles de contabilizar que los cuantitativos) como puede ser la contaminación de los suelos, del agua, de la atmósfera, pérdida de biodiversidad, así como posibles impactos en el uso excesivo del agua y la cantidad de suelos agrícolas (que van perdiendo productividad con el tiempo). Se debe tener en cuenta, por ejemplo, otros factores que no tienen que ver tanto con la producción y consumo de recursos como con la absorción de los residuos generados, siendo el caso más claro el del CO₂ que absorben los océanos y las masas vegetales.

En la página web del “Banco Mundial” se pueden consultar diferentes datos sobre emisiones de CO₂, pérdida de biodiversidad, desigualdad entre países, etc.^[2]

La diferencia entre la huella ecológica (demanda de recursos) y la biocapacidad (recursos disponibles) es lo que se denomina como déficit ecológico. En la *Figura 4* se muestra una representación de este déficit “per cápita” a escala del planeta. La gran mayoría de países están por encima de la capacidad de absorción y de generar recursos de la Tierra, habiendo casos tan extremos como los países de la península arábiga- Emiratos Árabes Unidos, Qatar o Kuwait-que tienen una huella “pequeña” en el caso de cultivos, pesca o tala, pero unos valores tremendamente desmesurados de emisión de dióxido de carbono, debido a la emergente industria y en gran medida la construcción de edificaciones.

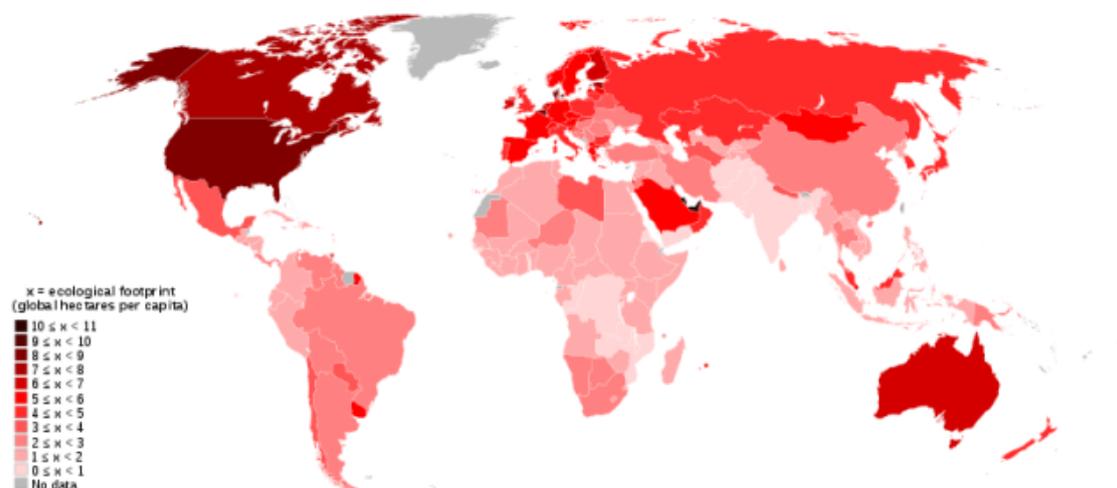


Figura 4-Huella ecológica mundial en el 2007. Fuente WWF

²Para ampliar información y consultar datos véase: <http://datos.bancomundial.org/indicador>

Todo este proceso de análisis y repercusión lo podemos observar de una manera sencilla en la *Figura 5*, donde se compara cuanta superficie equivalente a cada país es necesaria para mantener sus sistemas de desarrollo.



Figura 5-Equivalencia de superficie necesaria para mantener cada país. Fuente: WWF

Volviendo al campo específico de nuestra profesión la arquitectura, y sobre todo la manera de proyectar y los materiales que se emplean, tienen una gran repercusión en esta huella ecológica que dejamos en el planeta. En lo referente a la manera de proyectar la solución es la búsqueda como objetivo de la reducción, principalmente, de la demanda o bien, del consumo de una edificación (que se explican en el apartado 3). Es aquí donde entran en juego las ideas de la Arquitectura Bioclimática o de la Arquitectura

Pasiva que se tratarán en los apartados 4 y 5 respectivamente.

En la *Figura 6* de la página contigua se muestra una representación del estudio sobre la huella ecológica en relación con las emisiones de CO₂ de cada país según los datos del 2007 de la "Agencia de Información sobre la Energía de Estados Unidos de América" (*USA Energy Information Agency*).

Se aprecia de manifiesto la citada diferencia entre los países desarrollados y los no desarrollados o en vías de desarrollo. La infografía^[3] compara las emisiones totales por país (imagen izquierda) y las emisiones "per cápita" (imagen derecha) y ejemplifica el minúsculo valor de la huella ecológica de los países con menor desarrollo en comparación con los grandes deudores de un amplio porcentaje del impacto medioambiental global como son China o EEUU.

³ Infografía realizada por "stanfordkaystudio". Enlace web: www.stanfordkaystudio.com/information.html

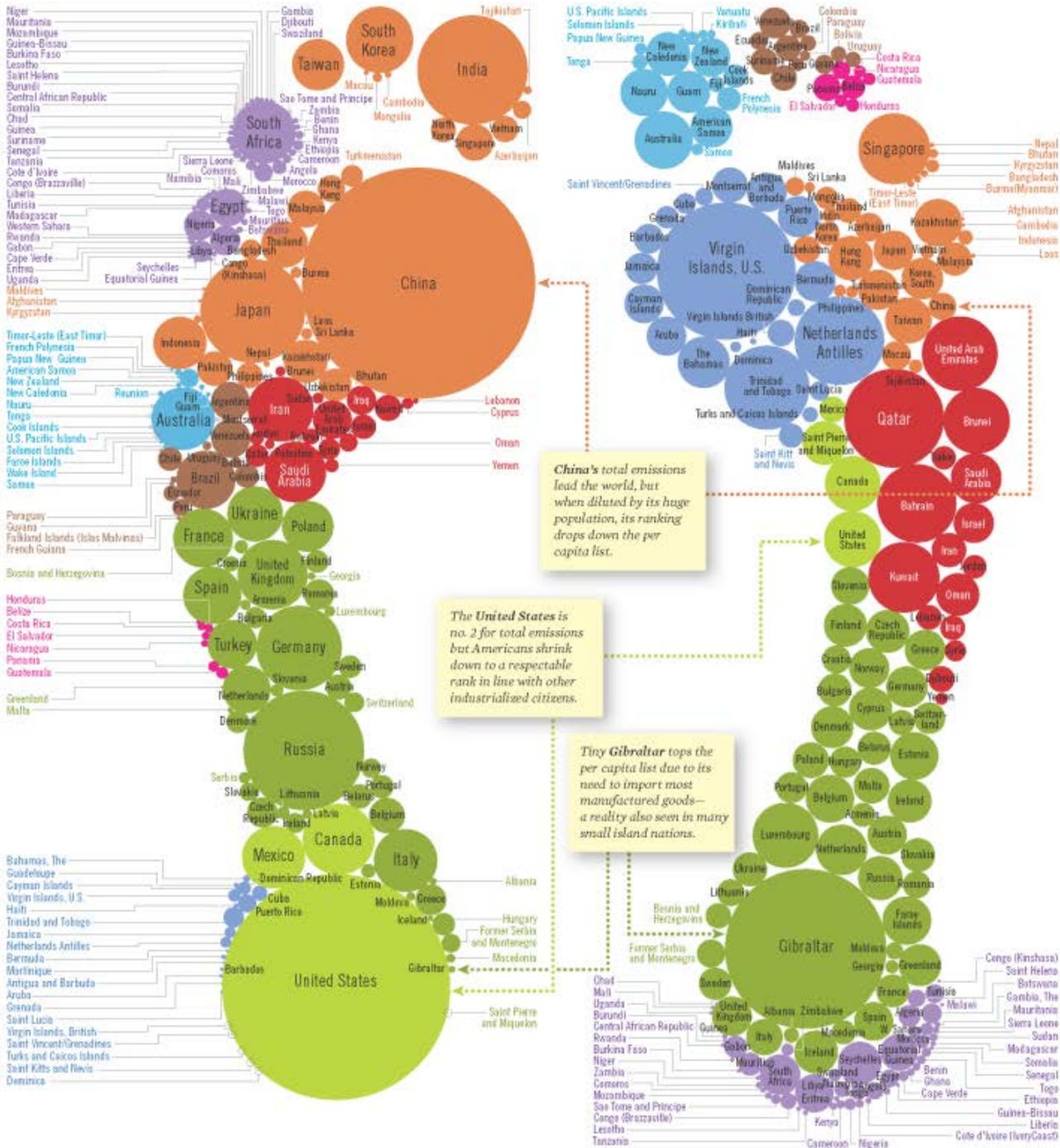
Tracking Carbon Emissions

A footprint comparison of total carbon dioxide emissions by nation and per capita shows there's plenty of room for smaller countries to reduce their carbon footprints.

By Stanford Kay

Total Carbon Emissions by Nation

Per Capita Carbon Emissions by Nation



KEY



DESIGN: STANFORD KAY STUDIO.COM

NOTE: BASED ON 2007 DATA. SOURCE: U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION

Figura 6- Comparativa de valores de huella ecológica entre países en relación con las emisiones totales de CO2 por país y per cápita. Fuente: stanfordkaystudio

1.3. Vertientes de la Sostenibilidad.

La idea de sostenibilidad en origen nació ligada a la ecología, por tanto es lógico que la primera asociación que hagamos al pensar en sostenibilidad sea con este concepto. Para entender el ideal de desarrollo sostenible debemos separar la noción general de sostenibilidad en tres vertientes diferentes, cada una con su influencia en la sociedad actual. Esta división más concreta es la siguiente:

- *Sostenibilidad ecológica*: la más conocida e identificada con la sostenibilidad. Es la máxima expresión de este pensamiento y tiene como principal objetivo la protección del medio ambiente y su rica diversidad biológica frente a problemas globales como el calentamiento global, sobreexplotación de recursos, pérdida de biodiversidad, etc.
- *Sostenibilidad económica*: búsqueda de un bienestar y protección de los recursos de índole económica para un bien común frente a una utilización y explotación por parte de intereses específicos.
- *Sostenibilidad social*: engloba una idea de un pensamiento común de trabajar juntos por un equilibrio en sociedad, con sus diferentes sectores, por una convivencia conjunta pacífica, sin desigualdades entre personas y países. El interés general por encima de lo particular.

De la lectura de esta triple división del concepto general apreciamos la relación con lo expuesto en el apartado primero sobre que la sostenibilidad es el punto de confluencia de un determinado sistema social, económico y ecológico (como puede apreciarse en la gráfica de la *Figura 7*).

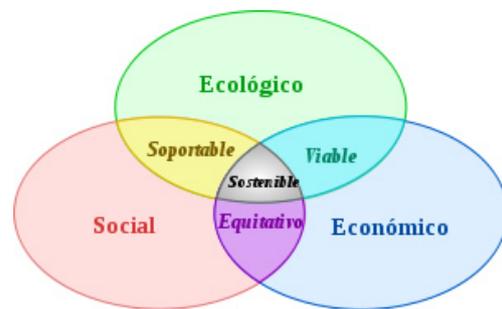


Figura 7-Puntos de confluencia hacia un Desarrollo Sostenible.

Consecuencia de ello por tanto es que el grado de posibilidad de un desarrollo en mayor o menor medida más sostenible depende de estos factores. El desarrollo sostenible en la teoría nos conduce hacia una sociedad con un equilibrio más justo entre las personas, a nivel económico y social también, lo cual llevaría a la extinción de las grandes desigualdades existentes hoy en día entre los diferentes países. Una sociedad concienciada con una mirada hacia el futuro y las nuevas generaciones, que haga un uso responsable de los recursos naturales; que busque el respeto del medio ambiente a largo plazo (soportable en el tiempo) y que se pueda mantener a la vez con un sistema económico que no puede ser el actual (debe ser viable en el tiempo).

Es posible realizar una comparativa del grado de desarrollo sostenible entre las diferentes ciudades del planeta siguiendo el método de los "Círculos de sostenibilidad" propuesto por "Global Compact Cities Programme"⁴.

En este tipo de gráficos- *Figura 8*- se muestran los valores definitorios de un país, representados en cuatro grandes sectores (ecología, economía, culturas y política); y a su vez divididos en áreas definitorias de cada campo. A cada uno de estos campos se le asocia un color en función de una escala de valores.

Urban Profile Process

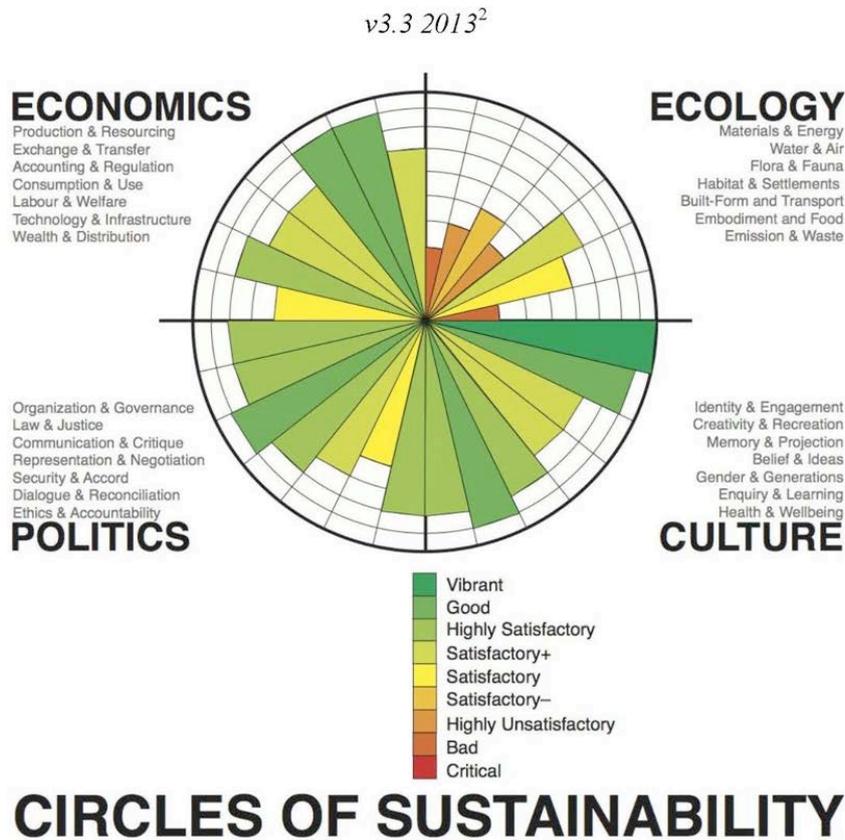


Figura 8- Gráfico general de estudio del grado de desarrollo sostenible por sectores en una ciudad. Fuente: Global Compact Cities Programme.

⁴ Para ampliar información y consultar datos véase: <http://citiesprogramme.com>

1.4. Sostenibilidad aplicada a la Arquitectura.

El tema de la sostenibilidad también es aplicable, y debe serlo, a la arquitectura, puesto que es un sector económico con una alta demanda de recursos tanto energéticos como de materias primas. Además debemos recordar, hablando del tema de la sostenibilidad económica, que la construcción era el principal motor de creación de empleo y riqueza en nuestro país. Llegó a cobrar un gran peso hasta el punto de que el modelo económico estaba, en gran medida, basado y dependía del campo de la *construcción* (construcción entendida desde una especulación inmobiliaria y no como el hacer arquitectura). En los gráficos de la *Figura 9* vemos el crecimiento del sector de la construcción como creador de empleo y su importancia dentro del PIB de España

La respuesta a este problema consiste en volver a la lógica de la búsqueda del bienestar social ligado a un progreso económico y no únicamente la focalización en este último.

La creación de nuevo tejido urbano como se venía haciendo en los últimos años en España supuso que se dejase de lado las intervenciones en las ciudades existentes, la búsqueda de ese bienestar y calidad de vida de la población como se pone de manifiesto en el preámbulo de la *Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas*. "El camino de la recuperación económica, mediante la reconversión del sector inmobiliario y de la construcción y también la garantía de un modelo sostenible e integrador, tanto ambiental, como social y económico, requieren volcar todos los esfuerzos en aquellas actuaciones, es decir, las de rehabilitación y de regeneración y renovación urbanas." Con un parque inmobiliario vacío tan grande el futuro del sector en nuestro país no es la "transformación urbanística de suelos vírgenes y en la construcción de vivienda nueva" sino la renovación del mismo; "necesita intervenciones de rehabilitación y de regeneración y renovación urbanas que permitan [...] el derecho constitucional a una vivienda digna y adecuada".

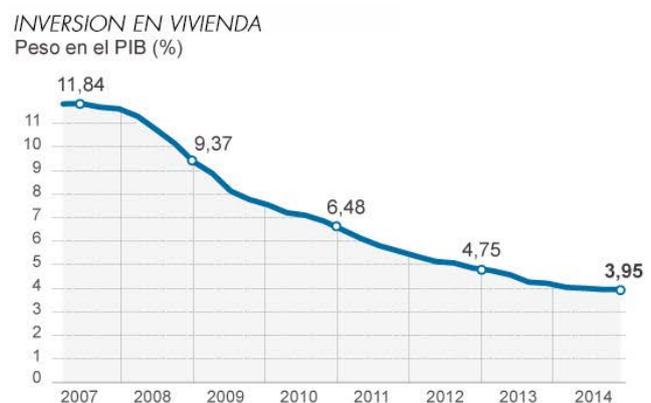


Figura 9-Peso del sector de la construcción en la economía. Evolución primeros años del siglo XXI y quiebra del modelo económico a partir del 2007. Fuente Instituto Nacional de Estadística (INE) y Banco de España.

Esta nueva sociedad de la que estamos hablando y hacia la que debe haber una pretensión de caminar demanda e implica unos cambios en mayor o menor medida radicales del actual sistema social y económico. Una sociedad sostenible que tendría unos requerimientos diferentes a los que tenemos ahora; más concienciada con el ahorro energético, el aprovechamiento de los recursos naturales, reciclaje, etc. Los estándares de la arquitectura deben adecuarse a esos requerimientos y necesidades de esa sociedad, que son cambiantes a lo largo del tiempo, y cada momento histórico.

Como tal la arquitectura contemporánea con la que nosotros trabajamos, y por ende sus herramientas y los procesos que nos llevan desde la idea germen en la cabeza en los momentos iniciales a la culminación material de esa idea en un principio abstracta, también debe estar en evolución y adaptación a estas circunstancias. Por tanto podremos hablar de una "Arquitectura Sostenible" cuando se actúe de acuerdo a una lógica y unas necesidades sociales.

Como expone Álvaro Siza: *"Si se ignora al hombre, la arquitectura es innecesaria"* o Tadao Ando: *"La arquitectura sólo se considera completa con la intervención del ser humano que la experimenta"*.

Antes de entrar a profundizar en detalle sobre los aspectos de este y otros conceptos asociados nos viene bien recordar los principios de la arquitectura en su sentido más puro y las ideas intrínsecas a ello. La arquitectura surge como una respuesta a una necesidad básica del hombre como es la de refugio donde habitar, sea durante un lapso breve o como una residencia. Como expone Oscar Wilde en su obra la decadencia de la mentira, *"Si la naturaleza hubiera sido confortable, la humanidad no hubiera inventado nunca la arquitectura"*.

El hecho de hacer arquitectura no debe quedar en la idea asociada a un edificio, sino que abarca todas las escalas de vivencia del hombre, desde la territorial y urbana en la proyección de ciudades a la escala del detalle de diseño de objetos; todo al servicio del hombre.

Si buscamos por ejemplo en la RAE la definición de Arquitectura encontraremos lo siguiente:

"(Del lat. architectūra). Arte de proyectar y construir edificios." Transciende esa primera necesidad de cobijo para perderse en los entresijos del mundo del Arte. Si bien esto es cierto, y sabido y catalogada como una de las Bellas Artes, no se debe olvidar de lo que estábamos hablando, el tema de crear espacios para el hombre, cómodos y en los que se esté a gusto, por tanto con unas calidades espaciales y visuales; pues bien esto se aplica igualmente al tema de la sostenibilidad puesto que seguimos hablando de Arquitectura ante todo.

2. ARQUITECTURA SOSTENIBLE.

"Los arquitectos tienen que convertirse en diseñadores de los ecosistemas. No sólo los diseñadores de hermosas fachadas o hermosas esculturas, pero los sistemas de economía y ecología, en la que canalizan el flujo no sólo de personas, sino también el flujo de recursos a través de nuestras ciudades y edificios."
Bjarke Ingels.

Pero ¿cómo es esta arquitectura sostenible? Es aquella que tiene en cuenta el impacto que va a tener sobre el medio una construcción durante todas las etapas de su Ciclo de Vida ^[3], es decir desde la extracción de las materias primas y su transporte hasta la obra, hasta el impacto que tendrán los residuos y escombros derivados de su demolición, pasando por supuesto por la etapa de uso del edificio durante su *vida útil*. El objetivo primero que se pretende es la reducción de estos impactos ambientales, de la *huella ecológica* y de la demanda energética y de recursos de una edificación así como implementar la eficiencia en su diseño e instalaciones para lograrlo. Debemos lograr todo ello sin que sea en detrimento de las calidades espaciales y de salubridad y comodidad de sus usuarios; sin que sea en detrimento de la Arquitectura.

2.1. Huella ecológica en la Arquitectura

"La arquitectura debe ser comprometida."

Renzo Piano.

Existe una creencia común en asociar el que un edificio sea más o menos respetuoso con el medio ambiente por el nivel de consumo energético, y por ende de las emisiones directas o indirectas de gases de efecto invernadero. La realidad es que a la hora de clasificar una edificación como sostenible entran también en juego, por ejemplo, el tema de los materiales utilizados y su huella. Para hacer un estudio real de la huella ecológica de una construcción debemos analizar las siguientes seis etapas de su vida tal y como se clasifica en el libro "De la casa pasiva al estándar Passivhaus. La arquitectura pasiva en climas cálidos" pág 13 y 14 (ver bibliografía)

- *Planeamiento urbanístico:* importancia del impacto de las ordenanzas y las decisiones urbanísticas (por ejemplo la construcción cerca de entornos naturales, protegidos, edificabilidad, trazado de viales, etc).
- *Producto:* huella ecológica generada en la fabricación de un determinado material o componente de un diseño arquitectónico. Cada material tiene unos gastos de energía asociados a su producción y las diferencias entre uno y otro material pueden ser enormes en términos de energía necesaria.

- *Transporte de materiales:* impacto del transporte (vía aérea, terrestre o marítima) desde el lugar de fabricación al lugar de ejecución de la obra.
- *Construcción:* impacto del proceso de ejecución de una obra, desde la modificación del terreno hasta los residuos generados durante su duración.
- *Uso del edificio:* la más conocida, hace alusión sobre todo al consumo energético y de mantenimiento del correcto funcionamiento del edificio a lo largo de su vida.
- *Fin de vida:* impactos medioambientales “generados en la destrucción y reutilización del edificio o de partes del mismo”

A mayores se propone añadir la etapa de *Reciclaje de los escombros y materiales*, de considerable impacto cuando termina la vida útil de una construcción en relación con la huella ecológica. Gran parte de los materiales usados en la edificación tiene capacidad de poder ser reciclados en menor o mayor medida y darle un segundo uso. Como consecuencia de esta situación se ha creado en nuestro país una monografía publicada por el “Ministerio de Medio Ambiente” en 2002 bajo el nombre de “El Catálogo de Residuos Utilizables en Construcción”. Esto surge por la cuestión de la cantidad de materiales y recursos que demanda nuestro sector-cada vez más tecnológicos- y que muchos de ellos pueden proceder de un proceso de reciclaje y reutilización.

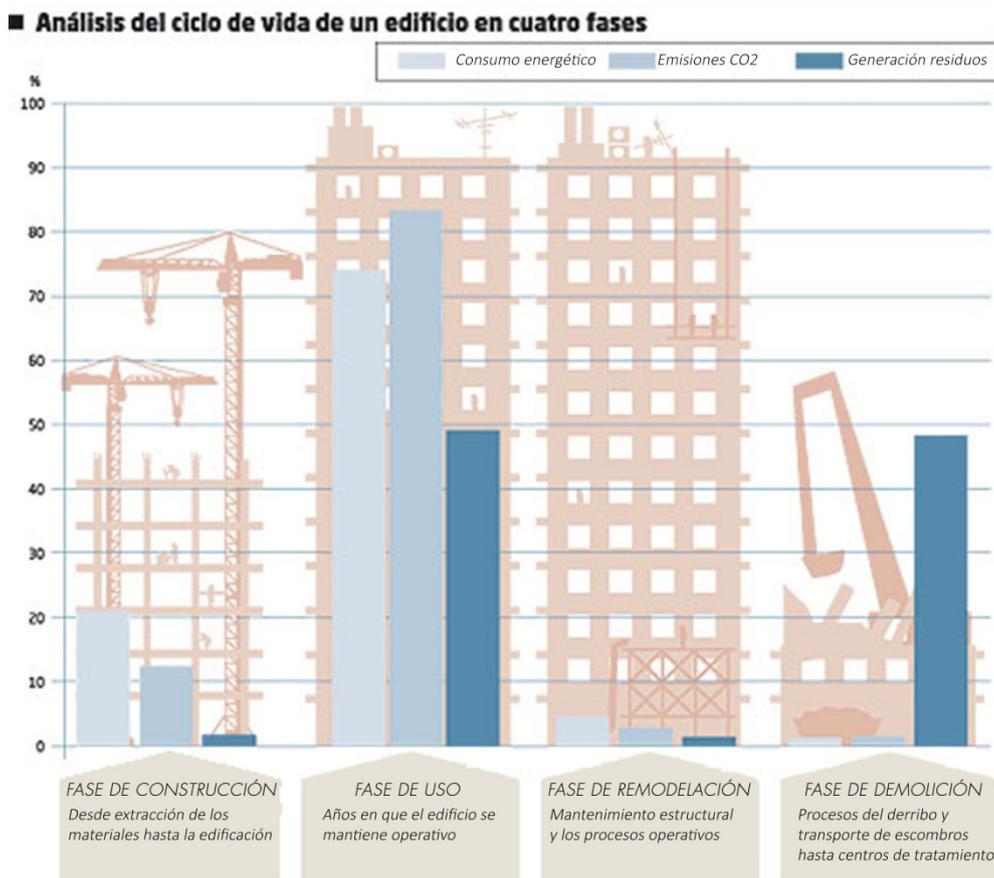


Figura 10-Análisis e impacto de la huella ecológica de una edificación durante su ciclo de vida.
Fuente: Investigación en Ingeniería de la Edificación y la Gestión Energética de la UIB.

En la *Figura 10* se representa el impacto ambiental de una edificación durante las etapas de construcción, uso y demolición en datos de consumo energético, generación de residuos y emisiones de CO₂.

2.2. Ciclo de Vida de los materiales.

"Cada vez estamos más lejos de la naturaleza. Ya no sabemos si hace frío o calor en un edificio. Hay que buscar materiales en la naturaleza."

Toyo Ito.

Sobre la elección de los materiales, y su ciclo de vida, para un proyecto se puede hablar largo y tendido, pues depende de muchos factores. Aún hoy en día según que materiales existe un desconocimiento en obra del origen primario, del transporte o del proceso de producción más allá de una ficha de características técnicas. En el desarrollo de este apartado se pasará a explicar los conceptos principales y que decisiones pueden repercutir el decantarse por la elección de un material u otro.

Algo fundamental si queremos enfocar nuestros proyectos desde un punto de vista sostenible es tener en cuenta el *Ciclo de Vida* de un material. A lo largo de la historia de la arquitectura se vinieron utilizando los materiales de la zona inmediata a donde se estaba trabajando, tales como la piedra, madera, arcilla, etc. Asimismo en la construcción el factor determinante era la climatología y estaba de manera intrínseca en cada planteamiento edificatorio, teniéndose

dose en cuenta para su aprovechamiento o para buscar protegerse frente a ella. Las diferentes soluciones que fueron surgiendo a lo largo de los años eran todas ellas de un bajo impacto medioambiental.

En la actualidad usamos materiales que provienen de todas las zonas geográficas del planeta (tenemos un catálogo global) y que tienen un gran impacto medioambiental en su proceso de fabricación (aluminio, poliestireno expandido o neopreno por citar los tres más importantes), lo que se conoce como *Energía Embebida de un material* ^[5]. Esta energía embebida normalmente no es tomada en consideración puesto que se dan situaciones en las que un material con un nivel muy alto de este valor tenga un precio muy económico, llegando a proceder en ocasiones del otro extremo del planeta, con un gasto a mayores de transporte que no repercute convenientemente en el precio final.

⁵Para ampliar información y consultar datos véase: Hammond, G. P. and Jones, C. I. (2008) "Embodied energy and carbon in construction materials".

La energía embebida y su conversión a emisiones de CO₂ equivalente puede ser también catalogada y medida según los diferentes capítulos de ejecución de una obra o por los elementos que la componen. En la *Figura 11* se muestran los porcentajes de emisión de cada uno de estos capítulos en la construcción, donde se aprecia la gran repercusión que tiene la estructura sobre el conjunto. Este porcentaje varía según el tipo de solución constructiva y de la eficiencia del edificio. Con edificaciones con menor demanda y consumo energético la importancia de la energía embebida de los materiales cobra mayor importancia.

Cuando hablamos del ciclo de vida de un material lo hacemos de un análisis (Análisis Ciclo de Vida, de ahora en adelante ACV) que estudia todas las etapas del proceso de producción de un determinado material, desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final como desecho. Tendríamos como etapas intermedias el manufacturado, transporte, construcción, uso y mantenimiento y el reciclaje. La metodología del ACV está estandarizada y recogida en las normas

UNE EN ISO 14040:2006 y

UNE EN ISO 14044:2006.

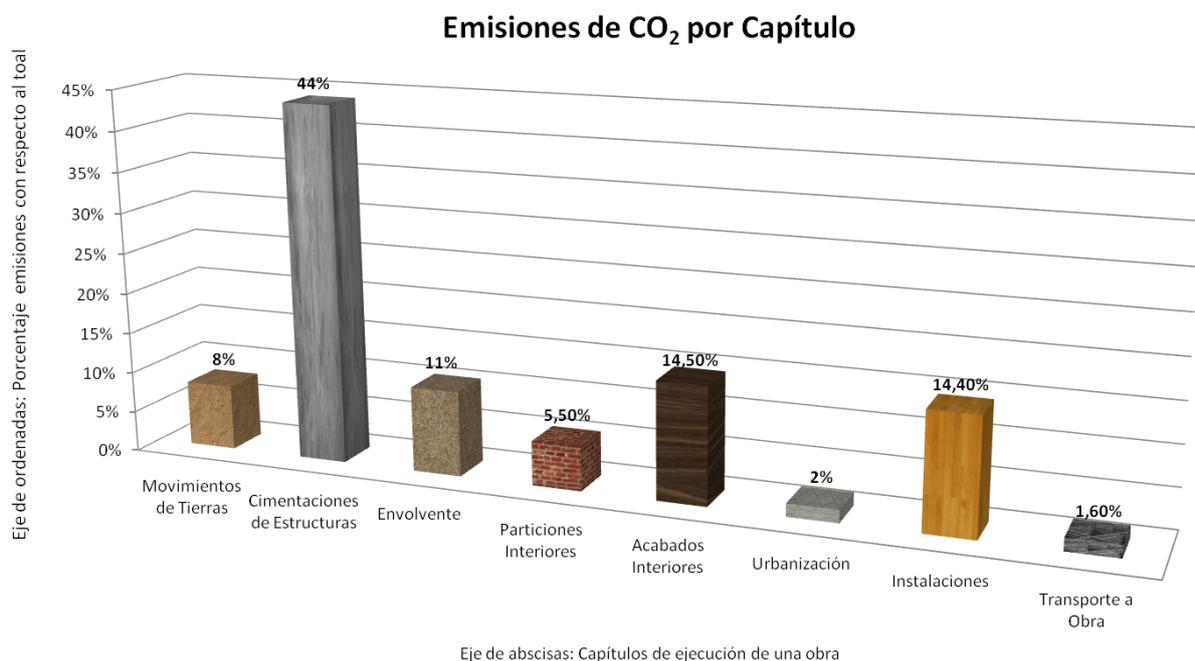


Figura 11--Porcentaje de emisiones de CO₂ correspondiente a cada capítulo de ejecución. Estudio expuesto en el II Congreso EECN: Energía Embebida y Huella de Carbono del edificio. Cálculo realizado con el programa de análisis de huella ecológica e2CO2.0. Fuente: Elaboración propia.

De una manera resumida podemos explicar que este proceso busca el estudio del impacto ambiental de cada material mediante la cuantificación del uso de recursos (energía, materias primas, agua; conocidas como "entradas") y de las emisiones ambientales ("salidas" al agua, suelo y atmósfera)-Figura 12.

Las fases de estudio que establecen las normas son las siguientes^[6]:

- Definición del objetivo y el alcance.
- Inventario del ciclo de vida.
- Evaluación del impacto del ciclo de vida.
- Interpretación del ciclo de vida.

En general tanto en el pensamiento común como en muchas normativas y leyes que recogen el impacto ambiental de un determinado material o proceso industrial de fabricación se piensa únicamente en la contaminación atmosférica y en concreto en las emisiones de CO₂.

Este impacto al medio ambiente, como se ha expuesto al hablar de la huella ecológica, es mucho más complejo y abarca muchas más situaciones y problemas que la emisión de gases de efecto invernadero. Para simplificar en gran medida los análisis y las comparaciones de datos sobre la repercusión ambiental de otras emisiones se realizan equivalencias en CO₂. En la tabla de la Figura 13 se recoge la repercusión que una serie de materiales generan en el medio, calculados según el Programa *Simapró de Análisis de Ciclo de Vida*.

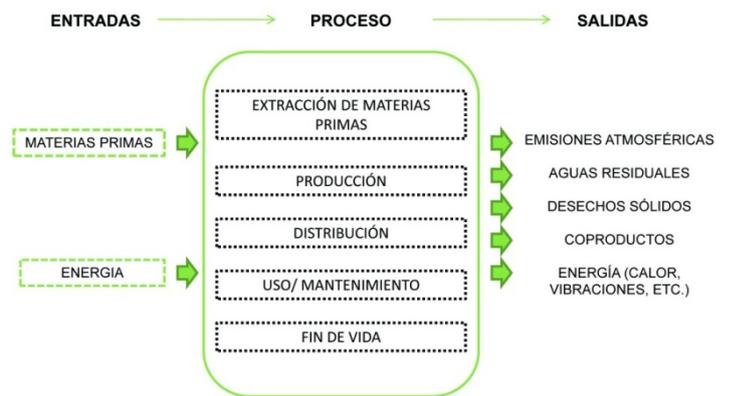


Figura 12-Etapas del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de un material. Fuente:

Material	Efecto invernadero	Acidificación	Contaminación atmosférica	Ozono	Metales pesados	Energía	Residuos sólidos
Cerámica	●	●	●	●	●	●	●
Piedra	●	●	●	●	●	●	●
Acero	●	●	●	●	●	●	●
Aluminio	●	●	●	●	●	●	●
PVC	●	●	●	●	●	●	●
Poliestireno	●	●	●	●	●	●	●
Poliuretano	●	●	●	●	●	●	●
Pino	●	●	●	●	●	●	●

● impacto pequeño; ● impacto medio; ● impacto elevado.

Figura 13--Impacto ambiental de los materiales. Fuente: IDEA. Cálculos con Programa Simapró de Análisis Cilco de Vida.

⁶Para ampliar información y consultar datos véanse: normas ISO 14040 e 14044

Todo lo expuesto está en relación y tiene una importancia en la concepción de una arquitectura sostenible. En lo referente a la elección de los materiales para un proyecto deberíamos explicar y remarcar una diferencia, la distinción entre *Bioconstrucción* o *Construcción Biológica* y las ideas de *Arquitectura Pasiva* y *Arquitectura Bioclimática*. A menudo se confunden los términos y se entremezclan sus ideas particulares.

Por Bioconstrucción se entiende un concepto contemporáneo que tiene como preocupación prevenir los problemas de salud asociados a determinados materiales “tecnológicos” y los campos electromagnéticos asociados a ellos. Se tratan también temas de toxicidad y huella ecológica, armonía entre la construcción y el entorno, ahorro de recursos naturales...llegando a tocar temas más abstractos como la filosofía del Feng Shui como se puede leer en el libro “*Bioconstrucción: Cómo crear espacios saludables, ecológicos y armoniosos*” (ver bibliografía).

Los materiales que se usan en la Bioconstrucción suelen distar de los utilizados normalmente en los proyectos de arquitectura contemporánea de los países industrializados. En muchos casos se recurre a los mismos elementos y las mismas técnicas de construcción de arquitecturas muy primitivas y elementales (muros de tapial, de piedra o cierres de troncos de madera, aislamiento a base de fibras vegetales o arcilla, etc.) pero siguiendo concepciones arquitectónicas de nuestro momento. En la *Figura 14* se muestra una lista de

algunos de estos materiales utilizados en la Bioconstrucción y su función dentro de la edificación. Todos ellos de muy bajo impacto ambiental, ecológicos y por norma general reciclados o fácilmente reciclables y asociados a un diseño de fácil construcción y desmontaje, por ejemplo estructuras de madera.

Por otra parte como preámbulo a lo que se ampliará más adelante expondremos la idea general de Arquitectura Bioclimática y Arquitectura Pasiva. La primera se caracteriza por la estrategia primaria de proyectar teniendo en cuenta el medio y su climatología, conseguir un reducido impacto ambiental y aprovechar las condiciones del entorno para lograr el confort interior. Por su parte la arquitectura pasiva se basa en la búsqueda de las ganancias térmicas pasivas, rehuyendo de los planteamientos activos de climatización

MATERIALES BIOCONSTRUCCIÓN

-Estructura y cerramientos	-Conducción de aguas
Bloques y ladrillos de tierra cocida	Polietileno alta densidad
Bloques tierra estabilizada	Polibutileno
Tierra prensada y adobes	-Bajantes
Madera	Polietileno
Piedra	Polipropileno
-Paramentos y morteros	Cerámica
Cal hidráulica/ cal grasa	Hierro fundido
Yeso	Acero Galvanizado
Arcilla	-Desagües
Madera	Zinc
-Aislantes	Barro Cocido
Fibras naturales (cáñamo, lino, algodón, corcho, paja, celulosa, coco)	Polipropileno
Arcilla expandida	-Pavimentos
-Acabados	Barro cocido
Pinturas silicato/ cal	Suelos continuos mortero
Barnices naturales	Madera

Figura 14 - Materiales usados en la Bioconstrucción.
Fuente: Elaboración propia.

2.3. Sellos y certificaciones

Una estrategia que nos puede ser útil a la hora de abarcar un proyecto de esta manera es la elección de materiales según las certificaciones y sellos de sostenibilidad, eso sí, nunca dejando de lado el tema de que la Arquitectura no es únicamente una construcción con un tipo u otro de materiales.

Los sellos en la construcción a mayores de garantizar que el producto cumpla con unos requerimientos técnicos de resistencia, durabilidad, etc. sirven para indicar la procedencia del mismo; si proviene de fuentes sostenibles (explotaciones madereras controladas por ejemplo), el origen primario de extracción o el tipo de tratamientos llevados a cabo. Existen una serie de sellos y certificados ambientales que no se limitan únicamente a los materiales si no a una edificación completa o incluso barrios de ciudades como son los sellos otorgados por LEED o BREEAM.

En general podemos decir que las normativas, tanto nacionales como internacionales, para la búsqueda de una construcción más sostenible se centran en el consumo energético de los edificios y el ahorro de energía mediante la utilización de sistemas de arquitectura pasiva y en la mejora de las instalaciones activas del edificio que, es de donde provienen los grandes gastos energéticos durante la vida útil de una construcción. El reflejo de la creciente concienciación social sobre el cuidado del medio ambiente se aprecia en esta serie de directrices expuestas, llegando a surgir diversas normas ISO (Organiza-

ción Internacional para la Estandarización) que tratan de englobar todos los aspectos relativos a la sostenibilidad en la edificación y cuantificarlos según unos estándares de eficiencia. Es necesario remarcar en este punto que estas normas son orientativas y depende del arquitecto la decisión de guiarse o no por ellas, a diferencia de las anteriormente citadas normativas nacionales o internacionales, que sí son de obligado cumplimiento.

Existen diversas herramientas para la evaluación y clasificación energética. Todas ellas evalúan el impacto ambiental de una construcción a lo largo de todas las etapas de su vida, desde la planificación hasta el uso del edificio, pasando por su construcción.

Es necesario, llegados a este punto, establecer que las certificaciones ambientales actuales están todas enfocadas hacia el futuro del planeta y la sostenibilidad en la construcción; pero no aportan ni proponen soluciones a seguir. Son herramientas de medición únicamente y por tanto un edificio que en su concepción arquitectónica no haya tenido en cuenta nociones elementales (como la orientación en la búsqueda de un soleamiento óptimo, el entorno y clima donde se asienta, protecciones solares, uso de ciertos materiales más apropiados al lugar, etc..) se puede obtener una clasificación medioambiental elevada dependiendo únicamente de la eficiencia y rendimiento energético de sus instalaciones activas para mantenimiento de un ambiente de confort interior,

frente a un planteamiento que haya buscado una arquitectura pasiva (apoyándose en las herramientas del entorno, como el clima local, para su construcción y por tanto con menores requerimientos energéticos suministrados por parte de las instalaciones).

3. DEMANDA Y CONSUMO.

El proceso de proyectar y lograr una arquitectura sostenible, como se ha venido explicando, abarca numerosos aspectos. Como un gran primer paso debería de producirse un cambio global en la mentalidad de nuestra sociedad y en nuestro modelo económico y de consumo hacia lo comentado en el primer apartado sobre desarrollo sostenible. Este cambio de actitud debe ser por parte de los arquitectos como responsables de la eficiencia y calidad de nuestros diseños, y también por parte de los usuarios que van a dar uso a la arquitectura proyectada. Los primeros reduciendo la demanda energética y los segundos con la reducción del consumo final.

Todo los aspectos tratados hasta el momento sobre materiales, su huella ecológica y su ACV; los planteamientos de diseño arquitectónico (Arquitectura Bioclimática y Arquitectura Pasiva, apartados 4 y 5) y temas de la elección de los diferentes sistemas de climatización y el mantenimiento del edificio durante su vida tienen una

gran repercusión en el valor final de la demanda y el consumo.

El tema de la demanda y del consumo en la edificación tiene una gran importancia, pues este sector demanda cerca de la mitad de energía final consumida en la Unión Europea (en torno al 45% del total).

En el gráfico correspondiente a la *Figura 15* se muestra el porcentaje de energía consumida por sector en la Unión. Observamos que el valor de consumo en la edificación (37%+7%) está muy por encima de un sector que "a priori" pensaríamos en él como un gran consumidor energético como son los procesos industriales de producción (un 21%) o incluso por encima del transporte (33%).

Cuota del consumo total de energía en la UE

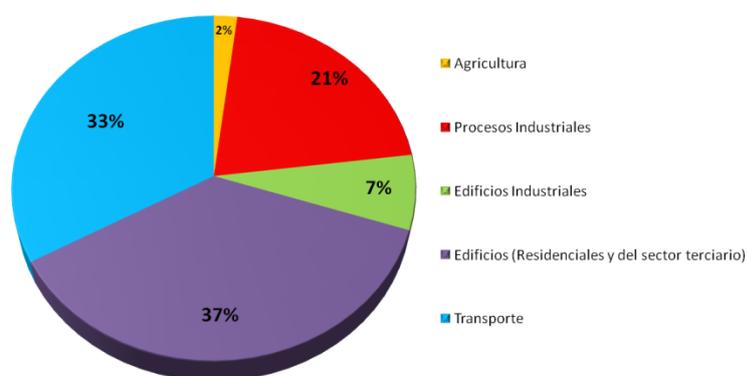


Figura 15- Porcentaje de energía final consumida por sectores en la Unión Europea. Datos: European Commission - 'EU energy and Transport in Figures - Statistical Pocket Book 2010'. Fuente: elaboración propia

Es necesario realizar esta distinción entre la demanda y el consumo final, que si bien están en directa relación, son conceptos diferentes que a menudo se confunden.

Por una parte la demanda energética de una edificación alude a la can-

tividad de energía (eléctrica, gas, etc.) que se debe suministrar a la misma para lograr mantener las condiciones de confort requeridas por el usuario y para las que fueron proyectados los espacios. El consumo sin embargo hace referencia a la cantidad de energía que se debe suministrar al sistema para atender la demanda. Ambos datos se expresan en Kwh/m², y por norma general el consumo es más elevado que la demanda, puesto que siempre existen unas pérdidas asociadas a los sistemas activos de climatización.

¿Y de qué dependen los valores finales de la demanda y el consumo? Primeramente la demanda está directamente relacionada con el proyecto arquitectónico en todas las fases, desde el diseño a los aspectos más "técnicos" de decisiones de materiales y espesores. Hay una serie de factores con un gran peso como son la localización geográfica pues determina las temperaturas (con la

repercusión directa en las necesidades de calefacción y aire acondicionado), la orientación de la edificación (de ello depende la radiación solar incidente y la luminosidad interior), las filtraciones de aire y la necesaria ventilación de los espacios, y las cargas internas del edificio. Estos factores junto con algunos otros (espesores de aislamiento, zonas acristaladas, etc.) determinan la demanda energética que debe solventarse con un consumo final.

En este consumo influyen ya otros aspectos como las necesidades personales de los usuarios según su sensación de confort y las medidas de ahorro que se tomen. En las construcciones habituales (dejando al margen la arquitectura bioclimática y pasiva) entra en juego el tema fundamental de la eficacia de los sistemas de climatización y cómo éstos pueden determinar una notoria reducción en el consumo. El consumo energético del sector (vivienda+ industria y sector terciario) se ve influenciado por los incrementos poblacionales y la situación socio-económica.

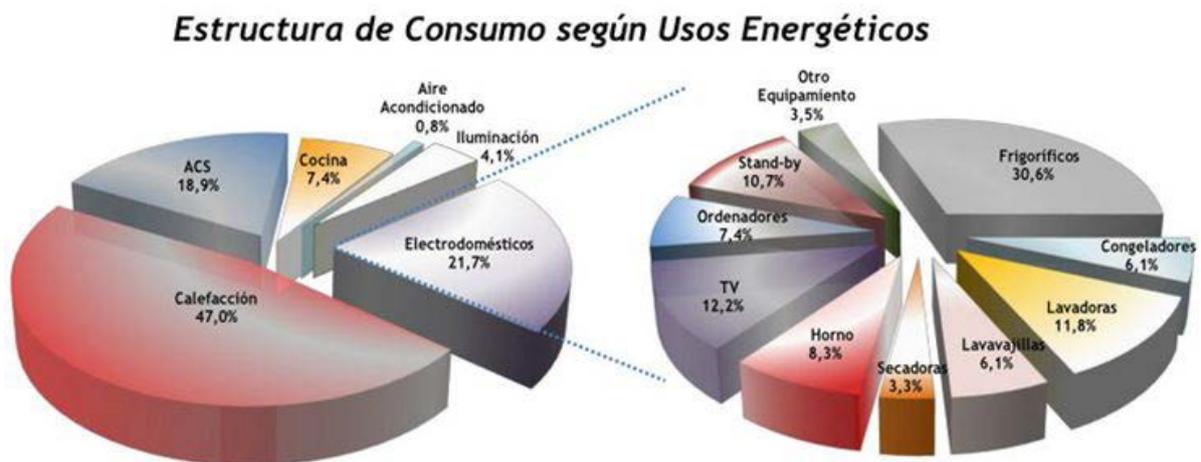


Figura 16- Consumos según usos energéticos en una vivienda en el Norte de España. Fuente: IDAE. Informe final proyecto SECH-SPAHOUSEC.

En España el IDAE ha realizado un estudio de la creciente demanda energética en los últimos años en nuestro país, el informe *“PROYECTO SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España”* ^[6]. En los gráficos y datos que acompañan al estudio se corrobora que las instalaciones de calefacción son las que más energía demandan dentro del conjunto de la vivienda, y este valor varía en función de las distintas zonas climáticas de España y del tipo de usuario. En la *Figura 16* se muestra el consumo medio según usos energéticos para una vivienda del Norte de la Península.

3.1. Estrategias de reducción.

Se pueden lograr grandes rebajas en las necesidades de demanda de las construcciones con una serie de planteamientos que deben ser abordados desde el principio del proyecto. Primeramente se hablará de las estrategias para nuevas construcciones y posteriormente del tema de la rehabilitación, a menudo olvidado y con una gran repercusión.

En lo referente a la primera cuestión podríamos ordenar el proceso en una serie de ideas y estrategias a seguir, que están directa y ampliamente relacionadas con las de la Arquitectura Bioclimática y la Pasiva, y que se ampliarán en sus respectivos apartados:

- Estudio del clima del lugar y hacer uso del mismo en nuestro favor: orientación buscando capta-

ción solar y luminosidad; forma de la construcción (compacta para protección frente a los vientos por ejemplo, aleros o protecciones solares para el verano); aprovechamiento del agua para temas de refrigeración y uso de la vegetación como protección, etc.

- Distribución de los espacios en función de los usos y organización de estancias en consideración a la orientación que les resulte más favorable.

- Soluciones de la arquitectura popular reinterpretables a una arquitectura contemporánea: galerías como captadores solares –efecto invernadero-, colores de las fachadas –reflectividad del espectro de colores, más claros más reflectivos-, materiales con inercia térmica, muros trombe, patios para refrigerar, etc.

- Importancia de un buen aislamiento térmico en la construcción así como asegurar la estanqueidad frente al aire. El invertir más en estos apartados no supone un sobrecoste elevado en el presupuesto final (entre un 5 y un 10%) frente a una vivienda convencional proyectada siguiendo los requerimientos del CTE DB HE 2013. En cambio sí suponen un ahorro muy significativo en el consumo energético de la edificación (entre un 80 y un 90%).

- Importancia y cuidado en los detalles constructivos y revisión de su correcta ejecución en obra. Evitar que en la solución proyectada existan puentes térmicos.

- En el caso de que únicamente mediante el diseño arquitectónico no se logre alcanzar un confort interior para los usuarios se tendrá que

lograr mediante sistemas de climatización activa. En esa situación se debe procurar buscar una alta eficiencia y rendimiento en las en las instalaciones de climatización.

En el apartado de la rehabilitación se pueden llevar a cabo muchas más intervenciones para la mejora de las condiciones de demanda y consumo y la mejora de la sensación de confort, de las que se suele pensar. Esta situación de no tener en cuenta la intervención en edificios existentes se manifiesta por ejemplo en la directiva 2010/31/UE de edificios de consumo casi nulo, la cual únicamente es de aplicación obligatoria para nueva construcción. Muchos de los apartados de mejora coinciden con los del apartado anterior, pero lógicamente sólo los que no son del aspecto del diseño, pues se trabaja sobre edificación ya existente.

La importancia que la rehabilitación energética de edificios tiene en España es enorme. Poseemos un parque inmobiliario muy amplio y muy antiguo, como extraemos del documento de la "Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas". "Aproximadamente el 55 % (13.759.266) de dicho parque edificado, que asciende a 25.208.622 viviendas, es anterior al año 1980 y casi el 21 % (5.226.133) cuentan con más de 50 años". Surge de esta manera la problemática de afrontar el cumplimiento del Decreto Europeo 20-20-20, el cual impone reducir un 20% las emisiones de CO₂; aumentar un 20% la producción de energía consumida desde fuentes renovables y mejorar en un 20% la eficiencia energética. Si pretendemos que realmente tenga alguna incidencia este decreto debemos intervenir sobre este amplio parque de inmuebles vacíos y adaptarlos a estos nuevos requerimientos de eficiencia.

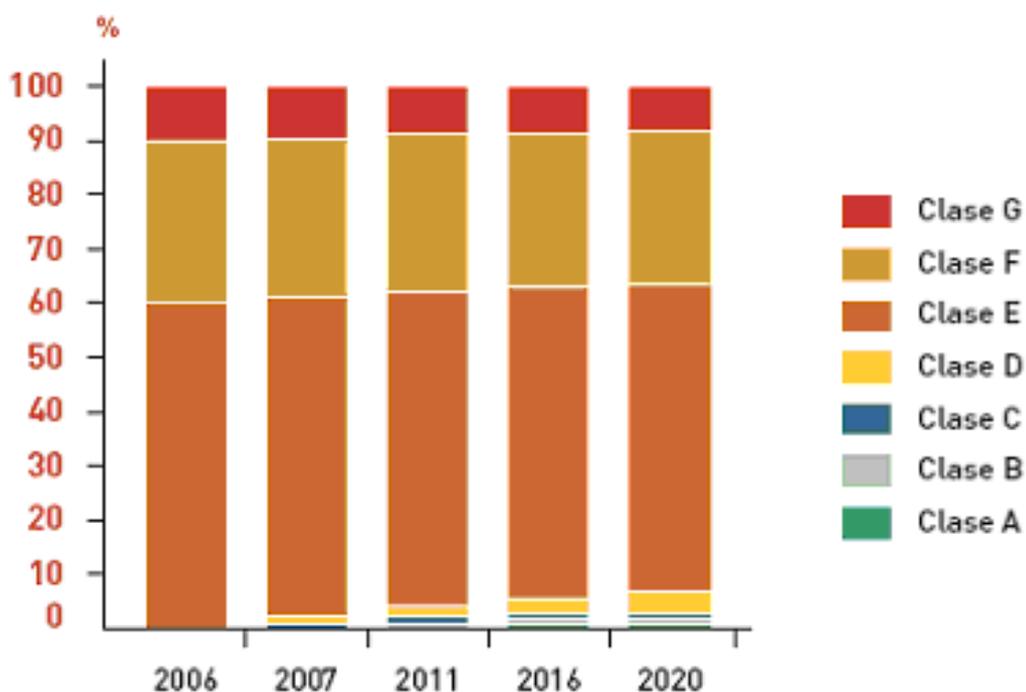


Figura 17- Estimación de la clasificación de los edificios españoles en 2020 tomando como criterio su consumo energético. Fuente: Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. Fuente: IDAE.

En la *Figura 17* se muestra un gráfico elaborado por el IDAE, con una clasificación energética estimada de los edificios para el año 2020, año de entrada del citado Decreto Europeo. Llama la atención que pese al objetivo a conseguir de edificaciones de consumo casi nulo, nos hallaríamos frente a un parque inmobiliario con una clasificación G, F y E para el 95% del total. En el gráfico de la *Figura 18* se representa una estimación de cómo mejoraría la eficiencia energética de los edificios en España según la situación en la que fueron proyectados (siguiendo la NBE-CT-79 o con anterioridad a ella).

Por tanto como serie de estrategias a la hora de afrontar una rehabilitación energética podemos citar las siguientes:

Mejora de la envolvente térmica: minimizar las pérdidas de calor durante el invierno o las ganancias energéticas durante los meses estivales. Esto lo conseguiremos con el incremento o, en algunos casos, colocación del apropiado aislamien-

to térmico de acorde a la zona climática, preferiblemente por el exterior para evitar posibles puentes térmicos o condensaciones intersticiales (sistemas SATE). Sería interesante la elección de un aislante térmico que también tuviese propiedades aislantes al sonido (poliuretano extruído, lana de roca).

Igualmente se deberán revisar los elementos vidriados y sus carpinterías, y si es oportuno sustituirlos por vidrios con cámara de aire o gas; acristalamientos dobles de baja emisividad o reflectantes y con diferente espesor; carpinterías con RPT (Rotura de Puente Térmico), que se adapten a las normativas, como el CTE, de estanqueidad y permeabilidad según zonas climáticas (mayor estanqueidad en climas fríos y más permeabilidad en climas cálidos); revisión de los puntos de entradas de aire y frío como cajas de persiana, con la posibilidad de añadirles aislamiento térmico. Por descontando se deben revisar los puntos en los que la estructura quede en contacto con

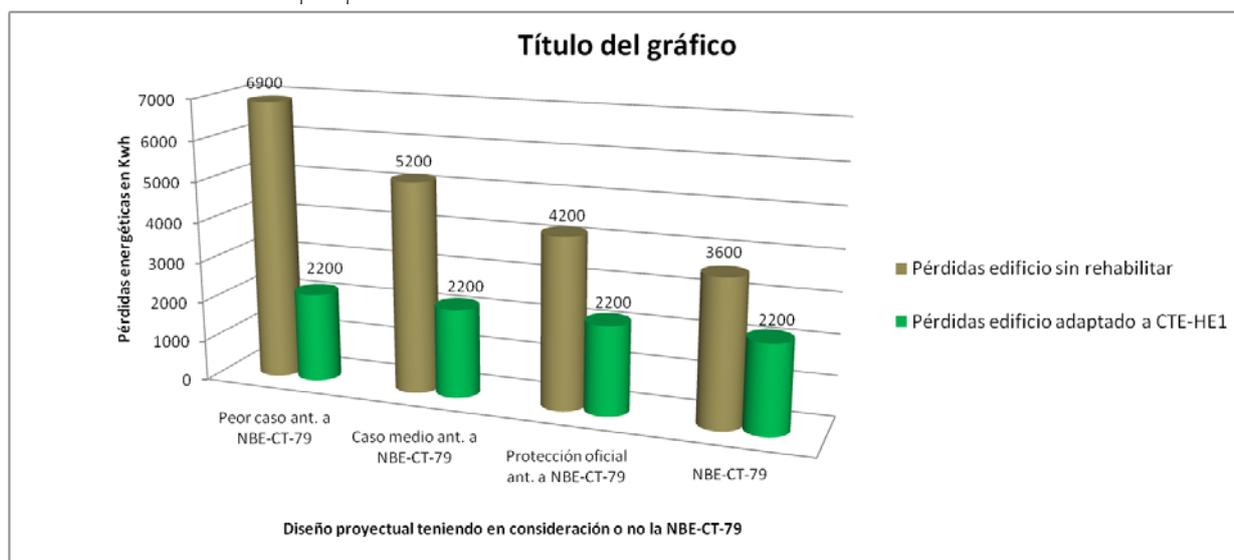


Figura 14- Cuantificación de las pérdidas energéticas de una vivienda y mejora del comportamiento térmico de la envolvente mediante rehabilitación energética siguiendo el CTE-HE1. Datos eHabilita.com. Fuente: elaboración propia.

el exterior y solucionar esos puentes térmicos.

Todos estos planteamientos que se pueden llevar acabo están destinados a reducir la demanda inicial de una construcción y como tal, está relacionado directamente también el consumo final. Cuando por una serie de circunstancias no sea posible realizar intervenciones de mejora energética del edificio, por ejemplo mejorar el aislamiento o dar solución a los puentes térmicos, se debe procurar una reducción del consumo. Esto lo conseguiremos principalmente con la mejora del rendimiento en los sistemas de calefacción, refrigeración, ACS (Agua Caliente Sanitaria) e iluminación. En caso de ser posible, por ejemplo se puede substituir las calderas y los aparatos de aire acondicionado por un sistema con bomba de calor.

Podemos poner por caso otra situación en la que, por el tipo de programa a albergar, una construcción tenga una alta demanda. Si esa demanda se suple con un consumo de energía proveniente de fuentes renovables, incluso generadas por la propia construcción, el balance energético final puede llegar a ser positivo.

4. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA.

“La arquitectura no es más que un árbol, debe crecer en concordancia con su entorno”. Toyo Ito.

Como ya se ha dicho podemos introducir la Arquitectura Bioclimática dentro del concepto de la Arquitectura Sostenible, ¿pero qué se entiende realmente por Arquitectura Bioclimática? Primeramente decir que no se trata ni de una tipología constructiva ni un proceso o diseño constructivo concreto si no de una técnica, una manera de enfocar y plantearse la arquitectura; es una búsqueda de la integración social y cultural. La arquitectura (como se ha explicado en el punto 1.3) en la versión más pura de su origen como una herramienta producto de la invención humana, buscaba la relación con el medio inmediato, adaptarse a él y mejorarlo para suplir carencias del hombre y necesidades primitivas como la búsqueda de un refugio frente al clima. Esta mentalidad, extrapolándola a nuestros días, sigue latente y en numerosas ocasiones las grandes obras y proyectos de arquitectura son aquellos que tienen en cuenta el lugar donde se asientan y la relación que establecen con su entorno más cercano. La técnica bioclimática se apoya en la física y en sus principios básicos, principalmente en la termodinámica pero también por ejemplo en la inercia térmica o en la refracción y reflexión del calor. En el esquema de la *Figura 19* se representan los procesos termo-

reguladores de evaporación, radiación, conducción y convección.

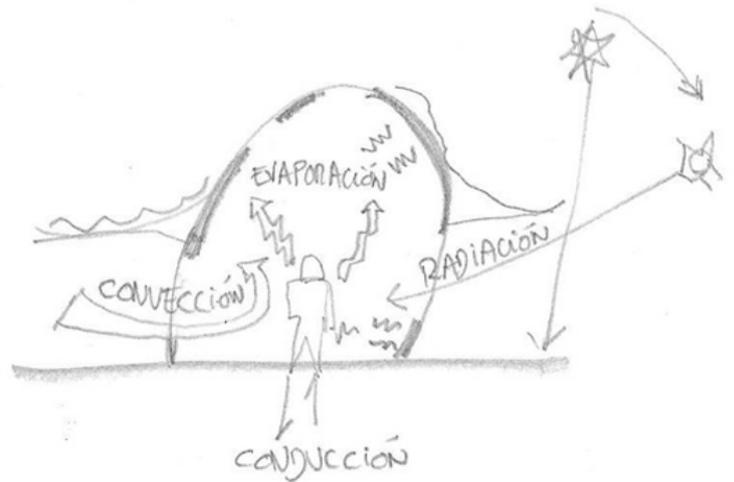


Figura 19- Esquema procesos termo-reguladores.
Fuente: Elaboración propia.

El objetivo principal que persigue la bioclimática es alcanzar el máximo confort interior con una mínima o nula aportación energética. Esto es posible gracias al aprovechamiento de las condiciones climáticas y geográficas del entorno y mediante un diseño arquitectónico inteligente y en estrecha relación con el medio. La situación final ideal es lograr una demanda energética nula del edificio y como consecuencia de ello que no exista consumo. No se trata de una búsqueda de reducción del consumo final, si no que directamente no haya consumo. Para llegar a esta meta podemos optar por seguir dos caminos paralelos. Por una parte podemos lograrlo con unas estrategias de diseño arquitectónico como son la forma y geometría, orientación, huecos, distribución, tipología constructiva... o bien con la elección de los materiales según la inercia térmica, la masividad, aislamiento, reflexividad, etc. De estos dos enfoques tiene un mayor peso el primero de los comentados puesto que, por

ejemplo, aunque dispongamos de muy buenos materiales aislantes no podremos suplir un mal diseño que necesite un aporte de climatización constante.

Cuando se proyecta una arquitectura bioclimática debemos llegar al término de poder hablar de autosuficiencia o incluso la excedencia en la producción de energía para su vuelco a una red común local. Hablar de ahorro energético implica directamente hablar de un consumo siempre, puede ser un ahorro más o menos significativo pero asociado siempre intrínsecamente a un gasto energético de las edificaciones.

La arquitectura bioclimática tiene como objetivos primarios el conseguir el bienestar de los usuarios (comfort), el ahorro energético y la búsqueda como hemos dicho de una relación positiva con el medio, aspectos fundamentales muchas veces olvidados frente a una arquitectura modelo o de consumo. Los campos de estudio de esta técnica arquitectónica son el confort (como ciencia metafísica, estudio de las causas de las diferentes zonas de confort y como poder establecer ambientes confortables en general para las personas) y la termodinámica.

En numerosos casos se echa una mirada atrás hacia arquitecturas primitivas o vernáculas como una búsqueda de la esencialidad de los principios arquitectónicos, cierto es que es una arquitectura que, como hemos dicho, surge de la relación directa del entorno y para suplir las

necesidades del hombre, pero no podemos plantearnos enfocar las soluciones de la arquitectura bioclimática como un reflejo de estas construcciones, puesto que las necesidades del hombre del siglo XXI no son las del hombre de siglos, o milenios, pasados. Lo que si podemos hacer es reinterpretar las soluciones y técnicas evolucionadas a lo largo de la historia mediante la prueba y error.

Estas arquitecturas primitivas buscaban la supervivencia frente a los distintos climas, nuestra arquitectura debe buscar el confort de los usuarios. Esto se alcanzó con la vivienda del siglo XX basada en una dependencia total y casi exclusiva de la energía suministrada por recursos naturales no renovables (petróleo fundamentalmente, así como gas natural o carbón). El modelo de vivienda contemporánea actual sigue dependiendo en gran medida de las fuentes externas de energía como se muestra en el esquema de la *Figura 20*. Se logró ese confort, generado de una manera dependiente de fuentes externas a la arquitectura, se fue perdiendo una relación ancestral arquitectura-clima. De esta manera comenzaron a surgir soluciones que se podrían ubicar en cualquier lugar del mundo sin tener en cuenta latitudes ni altitudes (basándose exclusivamente en un supuesto "infinito" de energía la misma construcción puede ubicarse en una ciudad nórdica como en una desértica de la península arábiga por poner dos casos extremos, en el primer caso logrando el confort mediante siste-

mas de calefacción y en el segundo de refrigeración).

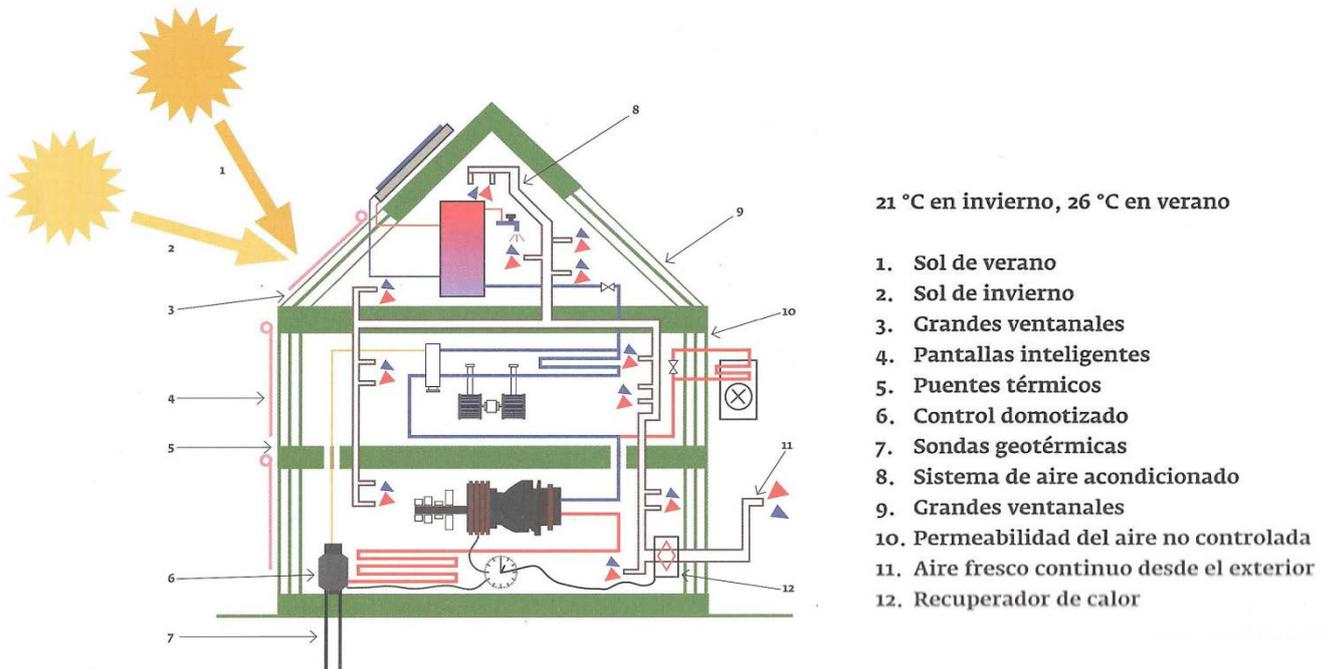


Figura 20- Esquema de funcionamiento de una vivienda contemporánea. Fuente: De la casa pasiva al estándar Passivhaus (pág. 138).

La arquitectura bioclimática al ser fundamentalmente una técnica no impone restricciones en lo referente a materiales, técnicas o tipologías específicas para lograr reducciones energéticas; si bien es cierto que sí han surgido una serie de tipologías y estándares para la construcción asociados a la bioclimática que podremos resumir en los siguientes conceptos /clasificación:

- Edificio de bajo consumo: construcción cuyo consumo energético es menor que el de una edificación tradicional contemporánea. El valor máximo de consumo anual para que un edificio entre o no en esta categoría depende del país así como la puesta en común si se debe contabilizar igualmente la energía necesaria para su construcción y

para la fabricación de los materiales -ACV-.

- Edificio pasivo: surge como fruto de la experiencia del Instituto Passivhaus de Darmstadt y aquí si se establecen unos valores máximos de consumo energético adaptado a la geolocalización de cada país.

- Edificio Energía Cero: posee un balance energético final anual de cero, la demanda de los sistemas de climatización y de funcionamiento de la edificación son aportados por fuentes de energía renovables instaladas en la construcción.

- Edificio Energía plus o edificio activo: el balance energético es positivo a lo largo del año, se produce más energía de la consumida y se vuelca a la red común.

- Edificio autónomo: la situación más complicada de llevar a cabo, construcción que funciona independiente de cualquier infraestructura de alcantarillado, suministro eléctrico o de gas, agua y comunicaciones.

Ahora bien, ¿de qué manera logramos llegar al objetivo de reducir la demanda únicamente utilizando las estrategias del medio? Como una introducción general para lograr este objetivo se han indicado una serie de puntos de referencia en el apartado 3.1, que ahora se pasarán a poner en relación con nuestro papel como arquitectos y el importante rol que tenemos en la búsqueda de la sostenibilidad.

Como punto de partida inicial se debe estudiar con detenimiento el lugar en el cual se va a actuar. Aún estando dentro de una determinada zona climática existen diferentes microclimas a tener en cuenta así como las características topográficas del emplazamiento y los elementos que pueda haber en él, como por ejemplo masas vegetales. A continuación se expondrán una serie de puntos a tener en cuenta en una concepción bioclimática de un proyecto y como aprovecharlos para lograr un grado óptimo de confort interior.

- *Zona geográfica.*

La situación geográfica donde vamos a intervenir determina toda la serie de factores que deberemos tener en cuenta a la hora de afrontar un proyecto con un enfoque bioclimático. La ubicación y sus condi-

ciones establecen unos criterios de diseño y elementos que deberemos considerar.

- *Clima.*

Según la zona geográfica nos enfrentaremos a un clima u otro y por tanto a unos requerimientos diferentes de confort para cada situación. Para referenciar cada zona geográfica a un clima podemos seguir la clasificación climática de Köppen [explicar abajo]. Para cada uno de los diferentes climas existen soluciones que, basándose en la geometría y la compacidad o dispersión, se adecuan a sus condicionantes y consiguen minimizar las pérdidas o ganancias térmicas como se ejemplifica en el boceto de la *Figura 21*.

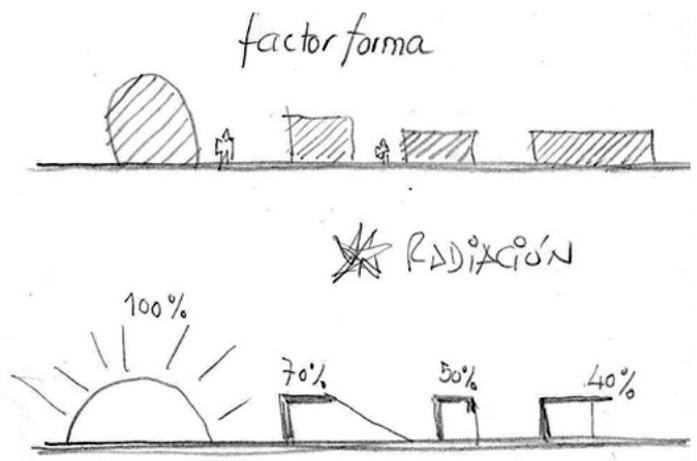


Figura 21- Relación factor forma en función de climas (desde lo más frío a lo más cálido) o de la radiación solar incidente. Fuente: Elaboración propia.

- *Sol.*

Si nos situamos en cualquiera de los dos hemisferios habrá variaciones en la incidencia solar a lo largo del año y de sus estaciones, no así si nuestra ubicación es próxima al ecuador -*Figura 22*. Durante los meses estivales la incidencia de los rayos solares tiene un ángulo mucho mayor con referencia a la línea de tierra y su proyección abarca un

área muy concentrada. Por el contrario durante el invierno el ángulo de incidencia es menor y la proyección de los rayos solares es más cercana a la línea horizontal de referencia -Figura 23. El recorrido solar siempre es de Este a Oeste pero hay variaciones en el recorrido generados por la inclinación de la Tierra. La fachada que recibe la mayor incidencia solar en el hemisferio norte es la Sur; de manera contraria sucede en el hemisferio sur siendo la de mayor captación la Norte -Figura 24.

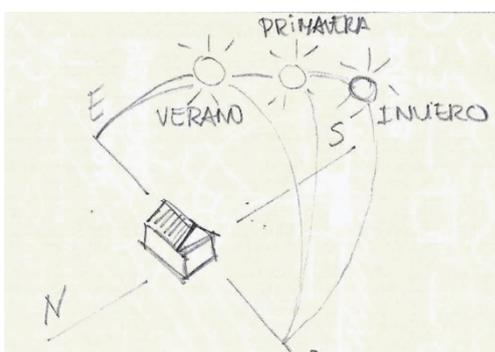


Figura 22- Variación de la inclinación solar a lo largo de las estaciones del año. Fuente: elaboración propia.

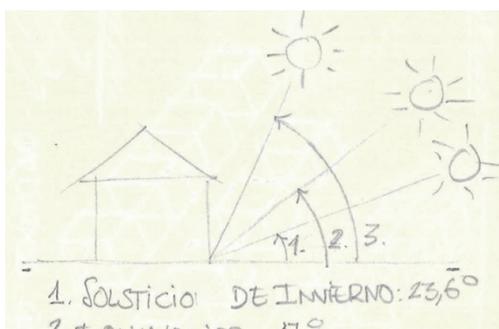
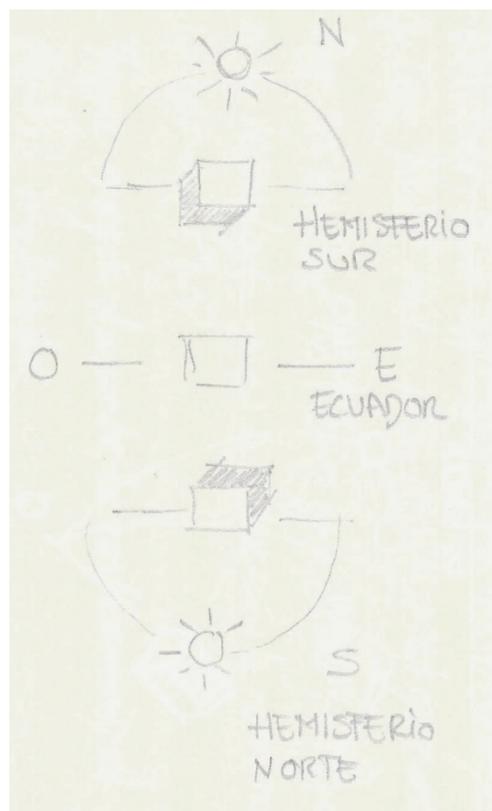


Figura 23-Variación del valor de inclinación solar a lo largo en los equinoccios y en el solsticio de verano y de invierno para una ubicación de 43º longitud Norte correspondientes al Norte de España. Fuente: elaboración propia.

- *Viento:*

Importancia de cuáles son los vientos dominantes y los más intensos, que no tienen por qué coincidir.



Búsqueda de la protección frente a ellos o aprovechamiento para temas de refrigeración y control de temperatura interior. La geometría arquitectónica puede actuar de barrera frente al viento o canalizarlo para que no incida de sobre manera en la edificación.

- *Agua.*

La cercanía a un área de acumulación o de movimiento de aguas influye de manera considerable en la climatología, reduciendo la temperatura ambiente y aumentando de sobremanera la humedad. Podemos usar en nuestro favor las propiedades físicas del agua (evaporación y gran inercia térmica) para acumular o perder calor.

Mediante la evaporación del agua se reduce la temperatura del lugar y si a mayores conseguimos lograr un flujo de aire encima de la superficie de agua conseguiremos corrientes

frías para refrigerar las viviendas –
Figura 25.

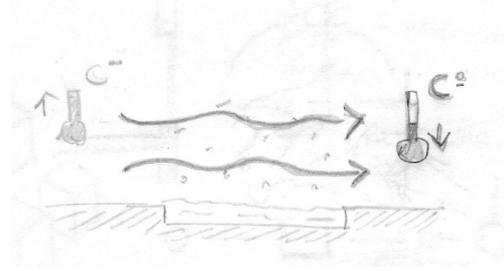


Figura 25- Esquema de enfriamiento de la temperatura ambiente mediante la evaporación del agua. Fuente: elaboración propia.

Una estrategia para acumular calor durante los momentos en los que no podamos captar la incidencia solar es acumularlo en contenedores con agua. Debido a su gran inercia térmica el calor tardará mucho en disiparse.

Asimismo mediante la ubicación de láminas de agua cercanas a nuestra construcción podemos lograr aumentar la iluminación interior gracias a la reflectividad que posee el líquido—*Figura 26.*

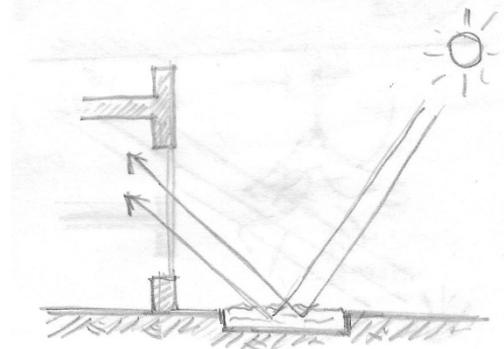


Figura 15- Empleo de superficies de agua para aumentar la iluminación interior. Fuente: elaboración propia.

- *Utilización de la vegetación:*

La presencia de masas vegetales juega un papel muy importante en la arquitectura bioclimática a mayores de la de por si clave labor de absorción de contaminación y emisión de oxígeno. La vegetación puede

servirnos de herramienta natural de control solar. Mediante la adecuada colocación de arboles de hoja caduca podemos disponer de sombra durante el estío y de captación de los rayos solares al interior de la vivienda en los meses en los que el árbol ha perdido sus hojas –*Figura 27.*

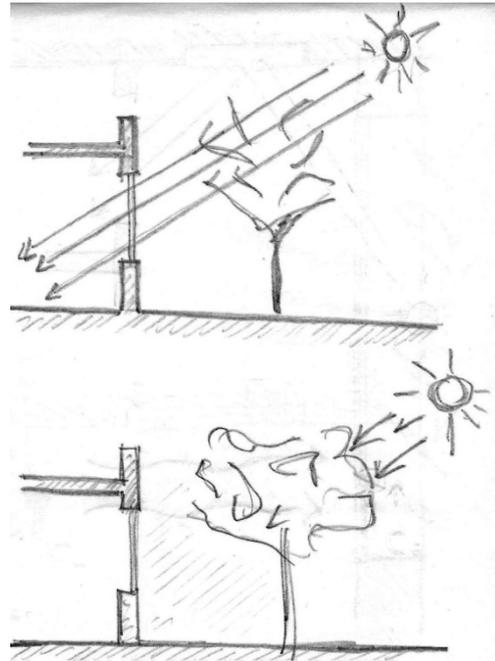


Figura 16- Empleo de la vegetación caducifolia para lograr ganancias térmicas en invierno y protección solar en verano. Fuente: elaboración propia.

La vegetación también tiene su rol en la modificación de la temperatura y humedad ambiente, en las zonas en las que exista diversidad vegetal habrá una menor temperatura ambiente y una mayor humedad. Asimismo la vegetación nos puede servir como protección frente a los vientos dominantes, colocando en las zonas de mayor incidencia una barrera natural de arboles o arbustos –

Figura 28.

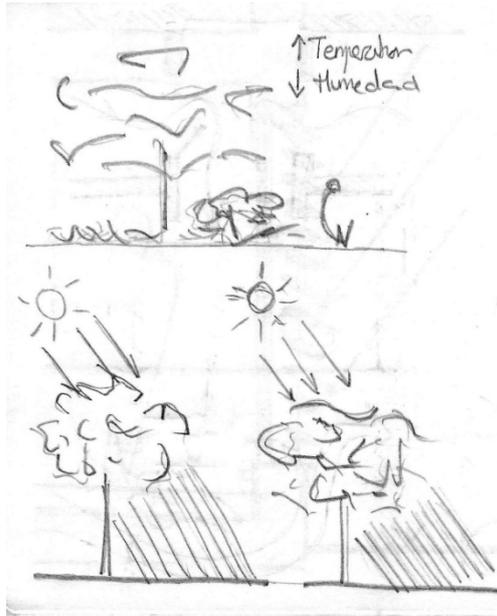


Figura 28- Modificación de la temperatura y humedad ambiente mediante empleo de la vegetación. Cantidad de sombra arrojada según la densidad copas árboles. Fuente: elaboración propia.

5. ARQUITECTURA PASIVA.

“La auténtica esencia de la arquitectura consiste en una reminiscencia variada y en desarrollo, de la vida orgánica natural. Éste es el único estilo verdadero en arquitectura”.
Alvar Aalto

El estudio de técnicas pasivas solares para lograr calefactar los espacios vivideros no es algo reciente. Proviene de la arquitectura popular, que debía aprovechar los recursos del medio local para edificar y el sol para calentar las viviendas. En la época de los 70 del siglo pasado comienzan a surgir diversos estudios sobre cómo utilizar la radiación solar para climatizar espacios interiores. Podríamos decir que la culminación de esta preocupación es el surgimiento Passivhaus Institute en los años 90. Este estudio a lo largo de las décadas tiene como resultado la creación de un estándar de construcción de carácter internacional a día de hoy.

Sus principios y técnicas como es lógico se basan en lo que se ha venido explicando hasta este momento pero centrándose sobre todo en el ahorro energético introduciendo ideas bioclimáticas de las que deriva. Estos principios se resumen en los cinco siguientes puntos como se recoge en la dirección de la plataforma española PEP^[7]:

- **Envolvente térmica:** un gran aislamiento térmico para evitar pérdidas y ganancias no buscadas de calor; todas los elementos del

edificio en contacto con el exterior - fachadas, cubierta y solera-deben estar perfectamente aislados. Los espesores deben estar de acorde y adaptarse a los diferentes climas.

- **Huecos:** son los puntos críticos en lo referente a intercambio de calor exterior-interior y por donde se producen las mayores pérdidas. Los huecos deben estar en correlación con la orientación y la dimensión debe ser adecuada a cada punto cardinal, siendo por norma general más adecuado las grandes aberturas al Sur y pequeñas y pocas al Norte para favorecer la ventilación cruzada. Las carpinterías deben ser de baja transmitancia térmica y los vidrios de doble o triple acristalamiento con cámara de gas inerte y baja emisividad, que evitan pérdidas y condensaciones.

- **Ausencia de puentes térmicos:** zonas críticas puntuales que pueden dar lugar a condensaciones, para ello se recomienda la continuidad de la envolvente térmica y el cuidado de las juntas entre elementos constructivos.

- **Calidad del aire interior:** mediante la ventilación mecánica con recuperador de calor (VMRC) con eficiencias superiores al 75% y baja velocidad de impulsión para mejora del control acústico.

- **Hermeticidad:** con esto se logra la máxima eficiencia energética evitando cualquier entrada de aire exterior incluso por los lugares más pequeños, teniendo especial cuidado en las juntas entre elementos. Para cumplir el estándar se realiza una prueba de presión o ensayo Blower Door colocando un ventila-

dor en la puerta principal y generando una diferencia de presión entre interior y exterior, conjuntamente con un análisis termográfico se pueden apreciar las zonas de entrada de aire frío exterior.

Para obtener el certificado Passivhaus la edificación, normalmente una vivienda unifamiliar debido a la mayor libertad de diseño de sistemas pasivos, debe cumplir con unos valores relacionados con estos cinco puntos comentados. La demanda de calefacción y aire acondicionado debe ser menor de 15 Kwh/(m²a), la demanda de la construcción de energía primaria (climatización, agua caliente y electricidad) debe ser menor a 120 Kwh/(m²a) y la estanqueidad con un valor de 50 Pa con menos de 0.6 renovaciones de aire por hora; como consecuencia directa de ello las construcciones no precisan de sistemas de climatización convencionales. Estos requisitos se contemplan para obra nueva, para rehabilitación los valores son menos restrictivos y más flexibles debido a la dificultad de lograr una gran eficiencia en según qué edificios o por temas de edificio histórico por ejemplo. Es fácil encontrarse numerosos casos de construcciones pasivas en Europa. En España esta cifra se reduce a únicamente veinte casos en todo el territorio nacional y sólo un edificio público: la Biblioteca Municipal de Villamediana de Iregua (LaRioja).

En el punto 5 sobre arquitectura bioclimática se proponía, a título personal a modo de guía, una serie de puntos a considerar al enfocar un proyecto de arquitectura con un

enfoque bioclimático. A continuación se expondrá, siguiendo con la misma idea, lo propio para las técnicas pasivas en la arquitectura que se complementa con lo referenciado al estándar Passivhaus.

- *Control solar:*

Así como nos interesa en según qué climas (continental, montaña, oceánico o tundra) la captación de la mayor radiación solar posible para la ganancia de temperatura mediante un método pasivo, en otros (mediterráneo, tropical, ecuatorial, desértico) nos convendrá más evitar la incidencia solar. En ciertos climas nos interesa buscar la entrada del sol durante el invierno y la protección frente al mismo en verano.

Como arquitectos debemos buscar el equilibrio en la forma, dimensión y situación de los huecos para lograr esta captación. Proponemos, para nuestra zona geográfica, que los huecos en las fachadas Este y Oeste sean predominantemente verticales, pues cuando el sol incide sobre esos paramentos los rayos poseen una dirección oblicua y no vertical como ocurre con la zona Sur que coincide con las horas en las que el Sol está más alto –*Figura 29*.



Figura 29- Criterio de diseño de huecos en función de la orientación. Fuente: elaboración propia.

Mediante la preocupación y el cuidado en el diseño podemos proyectar zonas en vuelo que generen sombras sobre las fachadas, brise-soleil, mallorquinas o sistemas de lamas verticales u horizontales para control solar a lo largo del día – Figura 30 y 31.

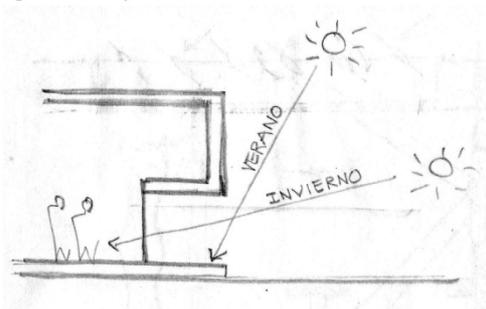


Figura 17- Empleo de vuelos en los volúmenes para el control solar

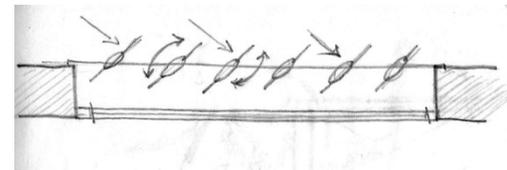
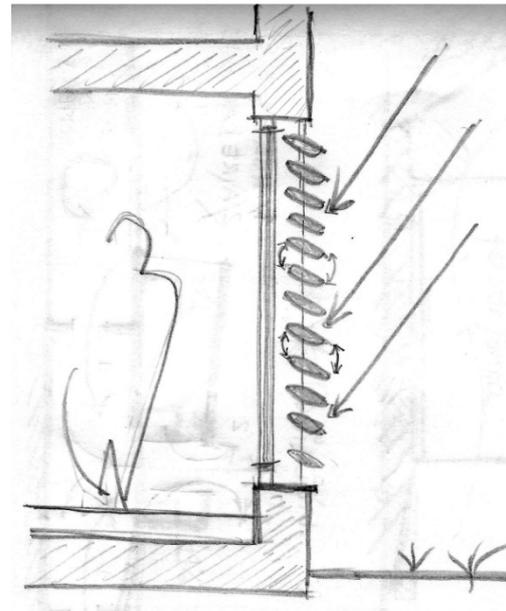


Figura 31- Control solar mediante lamas orientables horizontales (sección vertical sup.) o verticales (sección horizontal inferior). Fuente: elaboración propia.

- Ventilación:

Podemos lograr mediante el diseño y ubicación de huecos en fachadas contrarias una ventilación natural para refrigerar la edificación durante las noches de verano. Asimismo podemos aprovechar la física para crear corrientes de efecto chimenea para mover las masas de aire caliente interior mediante la introducción de aire fresco exterior procedente de zonas en sombra- Figura 32.

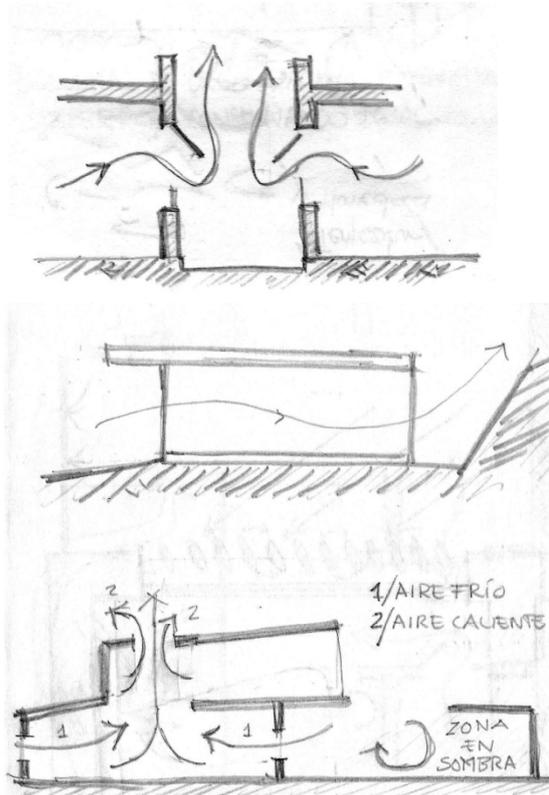


Figura 32- Empleo de ventilaciones cruzadas y efecto chimenea del aire para lograr un control de la temperatura interior. Fuente: elaboración propia.

- *Empleo de la geometría:*
Según el tipo de clima optaremos por una solución compacta o más dispersa. En el caso de encontrarnos en un clima frío nos convendrá minimizar la superficie envolvente de la pieza con lo que buscaremos pues una geometrización más compacta, más pura. Por el contrario en un clima soleado precisaremos de una geometría fraccionada para crear sombras arrojadas sobre los volúmenes. En la *Figura 33* se plantea un esquema de distintas organizaciones geométricas para un mismo valor volumétrico.

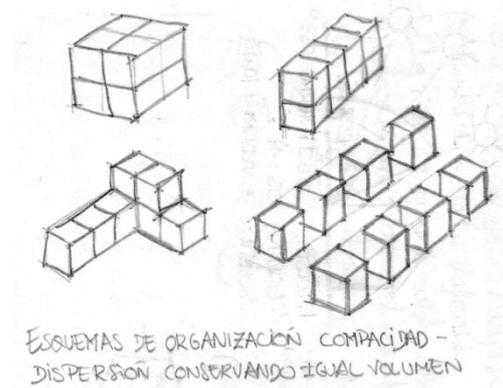


Figura 33- Esquema de organización para un mismo volumen. Fuente: elaboración propia.

- *Materiales:*

La elección de materiales tiene una gran importancia e influye de manera muy notable tanto en la calidad arquitectónica como la posibilidad de lograr el confort deseado mediante la pasividad. A mayores de lo comentado en el apartado 2.2 sobre la elección de materiales con criterio según su ciclo de vida, es innegable que son unos grandes determinantes de la imagen arquitectónica final de nuestros proyectos. Es bien sabido que cada material posee unas características físicas y químicas que lo diferencia de los demás, pues bien, podemos usar esas propiedades como herramientas a la hora de buscar o rehuir ganancias térmicas.

En primer lugar, y "a priori" más obvio, la elección de colores. Sabemos que si tocamos algo de color oscuro sobre el que incide los rayos solares estará muy caliente, y por el contrario si es de color blanco o claro apenas estará caliente. Los colores más cercanos al negro absorben mayor cantidad de longitudes de ondas del espectro de luz y se calientan más, y los colores claros reflejan mayor longitud de onda.

Esto es aplicable a todos los materiales pero no todos los materiales absorben igual la radiación solar, es aquí donde entra un segundo punto. Cada material posee unos valores de reflectividad y de conductividad térmica; a mayor valor menos se calentará. Por el contrario los materiales con una gran inercia térmica y baja conductividad absorberán mayor cantidad de calor. Si se proyecta teniendo en cuenta esto podemos conseguir que las estancias ganen temperatura durante el día con la radiación solar y que los materiales desprendan paulatinamente durante la noche el calor acumulado.

Otra característica de los materiales y más concretamente de su acabado puede sernos útil. Cuanto más rugoso sea el acabado de un material se considera más cálido, pues tiene más superficie de intercambio con el aire y adquiere mayor temperatura superficial. Por consiguiente un material liso por norma suele ser mucho más frío –Figuras 34,35 y 36–.

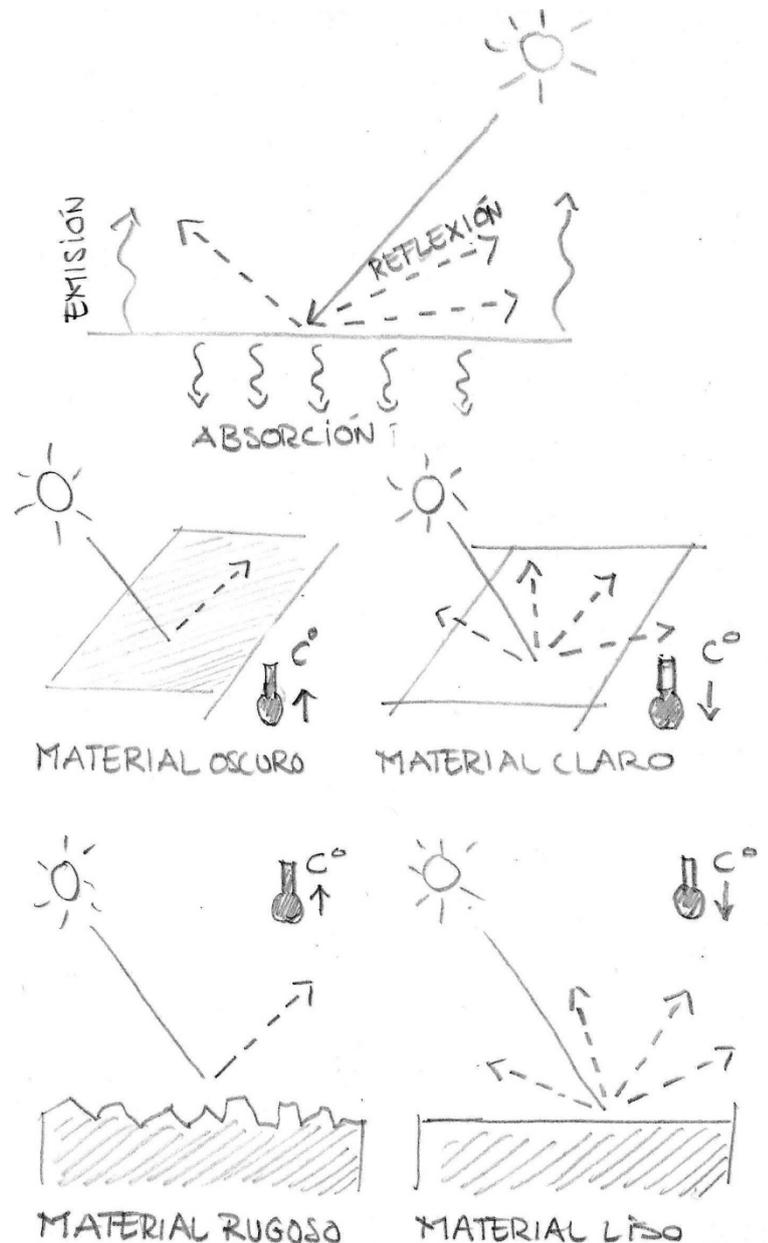


Figura 18,35 y 36- Propiedades físicas; albedo y temperatura superficial; acabado material y temperatura superficial. Fuente: elaboración propia.

6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO HACIA LA SOSTENIBILIDAD.

“No puedes simplemente poner algo nuevo en un lugar. Tienes que absorber lo que ves a tu alrededor, lo que existe sobre la tierra, y luego utilizarlo, junto con el pensamiento contemporáneo, para interpretar lo que ves.” Tadao Ando.

Habiéndose expuesto en la primera parte del trabajo (puntos 1, 2 y 3) la situación medioambiental actual y la necesidad futura de un desarrollo sostenible global, y poniéndose en relación el rol y peso que tiene la arquitectura en que ese ideal pueda culminarse se han propuesto una serie de estrategias a incorporar en los proyectos de arquitectura (puntos 4 y 5). En estos últimos apartados se ha realizado una separación siguiendo dos planteamientos distintos. Por un lado las ideas que están en mayor relación con el diseño proyectual, la idea arquitectónica y la relación con su entorno que se han referenciado a la arquitectura bioclimática; por otro lado en el punto siguiente se ha dispuesto una serie de estrategias ligadas a la búsqueda de una arquitectura pasiva. Ahora bien, ¿existe esa frontera, a menudo estipulada, entre la arquitectura bioclimática y la pasiva? A título personal se busca ese límite difuso entre ambas y ponerlas en relación con el concepto de arquitectura sostenible. Estas estrategias dispuestas a modo

de una sencilla guía deben de tenerse presentes desde el comienzo del proyecto, desde el primer trazo a lápiz, desde la primera idea dibujada en un croquis...

Llevando las ideas tanto pasivas como bioclimáticas a la práctica, sí se aprecia una diferencia que no tiene que ver con el objetivo final a lograr, que como se ha comentado es lograr edificaciones autosuficientes o con una demanda energética mínima que sea suministrada por fuentes renovables. Este contraste es notable en relación a los campos de aplicación real de estas concepciones. Las ideas que los planteamientos de arquitectura bioclimática defienden sobre relación con el entorno, aprovechamiento del mismo a nuestro favor y protección frente adversidades climáticas tienen una mayor capacidad de poder ser aplicadas en los casos de una tipología de vivienda unifamiliar o adosada. En estas situaciones, por norma general, se dispone de una amplia parcela en la que buscar la mejor orientación, las vistas, la protección y la utilización de la vegetación.

Ahora bien, ¿qué ocurre cuando no nos encontramos en este caso? ¿Cuándo debemos intervenir en una parcela dentro de un núcleo urbano? Entrarían más en juego las ideas expuestas sobre la arquitectura pasiva como el control solar o la elección de materiales. La situación sería más complicada en escenarios de actuación en parcelas entre medianeras, lo cual nos limitaría todavía más las posibilidades de aplicación de las estrategias arquitectónicas pasivas.

En el caso de una rehabilitación también cobrarían un mayor peso estas últimas.

Esta situación de intervención dentro de una malla urbana nos da pie a introducir una de las posibles líneas futuras de trabajo en arquitectura sostenible, la rehabilitación de inmuebles. La construcción de una obra nueva conlleva un gasto energético muy alto así como también un valor notable en la huella ecológica, por el contrario cuando rehabilitamos una edificación existente el gasto energético asociado a la fase de construcción no contabiliza para la nueva intervención. Con los datos expuestos en este trabajo sobre la cantidad de edificación vacía en España, el futuro próximo de nuestra profesión, como conclusión personal, pasará en gran medida por realizar una rehabilitación energética en esos inmuebles para adaptarlos al menos a los requerimientos europeos.

La directiva 2010/31/UE de la Unión establece que cada país debe estipular sus propios valores de referencia para lo que considera una edificación de consumo casi nulo. Deberíamos aplicar, sea de obligado cumplimiento o no, técnicas de reducción de la demanda tanto en obra nueva como en rehabilitación. Esto debe de acompañarse por una serie de ayudas estatales para el sector para promover el crecimiento de empleo y económico.

Por otro lado la planificación urbanística, siguiendo ideas de arquitectura sostenible, de nuevos sectores de

ciudad puede ser otra línea de trabajo futuro. Las ideas de arquitectura bioclimática para una vivienda pueden ser extrapoladas a una escala mayor de ciudad. En Europa nos encontramos en numerosos casos con ciudades que poseen trazados medievales irregulares conviviendo con trazados y agrupaciones en manzanas propios de los ensanches. En el caso de una intervención en una zona histórica nos podemos encontrar con grandes dificultades a la hora de realizar un proyecto con consideraciones pasivas, al tener que aplicar seguramente normativas de protección especial. En la situación de actuación en un ensanche o una zona de la ciudad realizada en el siglo XX, nos encontraremos en muchos casos con sectores de urbe planeados para un rápido crecimiento y siguiendo unas disposiciones más o menos reguladas y supeditadas a unas infraestructuras.

¿Por tanto de qué manera se pueden plantear nuevos trazados urbanos siguiendo ideas sostenibles? A continuación se expondrán una serie de estrategias y pasos de reflexión personal que se pueden tener en cuenta a la hora de proyectar una nueva área urbanística.

Las ideas fundamentales de la búsqueda de una relación positiva con el entorno deben estar presentes y por tanto, se deben de estudiar las particularidades de la zona de actuación. Estudio de la topografía y del soleamiento para la búsqueda de una orientación óptima de acuerdo a la tipología edificatoria que se plante. De nada nos servirá lograr una

teórica buena orientación si, por ejemplo, a determinada hora del día tenemos una colina proyectando una gran sombra sobre la edificación. Se deben de incorporar las zonas verdes a nuestro trazado urbano, pensar en la relación arquitectura-entorno. Al realizar un planeamiento urbanístico no debemos centrarnos en lograr la máxima edificabilidad posible, eso doblega la arquitectura frente a una especulación inmobiliaria que busca lograr la máxima rentabilidad. La ciudad debe tratarse de espacios en los que vivir, y por tanto deben de ser agradables. Debemos tener en cuenta el trazado de vías según el soleamiento, los vientos dominantes (evitar calles que formen túneles de viento), emplear los materiales más adecuados de acuerdo a cada zona, la cantidad de radiación solar que incida sobre ellos (elección según mayor o menor masa térmica en los materiales), la proyección de sombras o reflejos de un edificio sobre otros o sobre las calles, etc. Al final como decía Wright: *“La arquitectura debe pertenecer al entorno donde va a situarse y adornar el paisaje en vez de desgraciarlo”, “La arquitectura es vida, o por lo menos es la vida misma tomando forma y por lo tanto es el documento más sincero de la vida tal como fue vivida siempre.”*

y Le Corbusier: *“Los materiales del planeamiento de la ciudad son: cielo, espacio, árboles, acero y cemento. En ese orden y en esa jerarquía.”*

Otra línea posible de actuación que como técnicos tenemos es la prescripción de los materiales que queremos emplear. De esta decisión

depende en gran medida el balance final de la construcción, podemos crear una edificación que tenga una demanda muy baja, pero si para ello se emplearon materiales con una alta energía embebida, poco reciclables o provenientes de la otra punta del globo obtendremos un balance ecológico negativo. Por tanto como arquitectos debemos tener la suficiente pericia para lograr arquitecturas bellas, con calidad espacial y que sean confortables para los usuarios que la vayan a disfrutar, empleando materiales a poder ser locales o de bajo impacto. Tenemos conceptos como el explicado de bioconstrucción que buscan que las construcciones tengan el menor impacto ambiental, pero personalmente se considera que nuestro objetivo no deber ser un planteamiento tan “radical” como lo es ese y con las limitaciones constructivas y técnicas que lleva asociado. Debemos ser capaces de lograr una arquitectura contemporánea de bajo impacto, que los materiales provengan de una radio cercano, en la medida de lo que sea posible, al lugar de intervención y que la huella ecológica sea la menor posible. Una vía sencilla para esto es por ejemplo la utilización de materiales con un certificado o sello ecológico. Pongamos por caso una construcción con una estructura de madera, si ésta no puede provenir del lugar cercano al proyecto, podemos seleccionar maderas que tengan el sello de acreditación FSC (Forest Stewardship Council) o Rainforest Alliance, que indicarán que la procedencia de la madera es de una plantación sostenible.

A mayores sobre el tema de la elección de la elección de materiales y poniéndolo en relación con el tema de la pasividad, debemos de remarcar que la arquitectura debe poseer esa calidad y buscar el confort interior y también exterior. Nuestras obras arquitectónicas tienen un gran peso dentro del entorno y son vividas y disfrutadas tanto por su usuario más inmediato como por otros temporales, al caminar por una ciudad nos estamos relacionando con ella, con sus construcciones...

Podemos concluir como colofón que, al final, lo que debe de haber es un cambio mental en la sociedad, y nosotros como organizadores de los espacios de la vida tenemos un gran papel de cara hacia un desarrollo sostenible. Aplicando una serie de sencillas ideas desde las primeras frases del proyectos podemos lograr

obras con una estrecha relación con el entorno, que sean más agradables de experimentar y de vivir, y que a mayores no requieran de un aporte energético tan grande como ocurre hoy en día. Está en nuestra mano el llevar a la sociedad hacia un futuro mejor. Al final, como nos decía Carlos Raúl Villanueva: *"la arquitectura es acto social por excelencia, arte unitario, como proyección de la vida misma, ligada a problemas económicos y sociales y no únicamente a normas estéticas (...) su principal misión es resolver hechos humanos."* O como nos legaba, esta gran frase sintetizadora de lo expuesto, el gran maestro Le Corbusier: *"La arquitectura es el punto de partida del que quiera llevar a la humanidad hacia un porvenir mejor."*

BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA.

Libros:

Aresta Rebelo, Marco. *Arquitectura biológica. La vivienda como organismo vivo*. Diseño Editorial. Buenos Aires. (2014). 1ª Edición.

Martínez Martínez, Ángel. *BIOCONSTRUCCIÓN: Cómo crear espacios saludables, ecológicos y armoniosos*. Ediciones I. Madrid. (2015).

Wassouf, Micheel. *DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS*. Gustavo Gili, SL. Barcelona. (2014).

Publicación científica electrónica:

España y Portugal, Gobiernos. *Manual de Diseño Bioclimático Urbano. Manual de recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*. Aresta Rebelo, Marco. *Arquitectura biológica*. (2013).

Mercader, M. P.; Ramírez de Arellano, A.; Olivares, M. *Modelo de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en edificación*. (2012).

Rúa Aguilar, Mª José. Tesis doctoral: *Método de valoración de viviendas desde la perspectiva medioambiental*. (2011).

Conferencias:

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1972). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano: Cumbre de la Tierra de Estocolmo*. O.N.U. Estocolmo.

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1987). *Nuestro futuro común: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Informe Brundtland) Cumbre de la Tierra de NY*. O.N.U. Nueva York.

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (1992). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano: Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro*. O.N.U. Río de Janeiro.

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (2002). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano: Cumbre de la Tierra de Río de Johannesburgo*. O.N.U. Johannesburgo.

Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. (2012). *Conferencia de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas "Río + 20"*. O.N.U. Río de Janeiro.

Legislación Estatal:

España. Ley Orgánica 8/2013, de 26 de junio, de derechos y deberes de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. *Boletín Oficial del Estado*, 27 de junio de 2013, núm. 153, preámbulo.

España. CTE "DB-HE Ahorro de energía". Versión Diciembre 2014.

Página web de Internet:

II Congreso EECN: Energía Embebida y Huella de Carbono del edificio. Construible.es. URL: <https://www.construible.es/comunicaciones/ii-congreso-eeen-energia-embebida-y-huella-de-carbono-del-edificio> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

eHabilita. Rehabilitación eficiente. URL: <http://www.ehabilita.com/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Ecointeligencia. URL: <http://www.ecointeligencia.com/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Global Footprint Network. URL: <http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/GFN/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Passive House Institute (P.H.I.). URL: <http://passivehouse.com/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015. *Plataforma Edificación Passivhaus (P.E.P.)*. URL: <http://www.plataforma-pep.org/>. Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Passivhaus (casa pasiva): Razones por las que el futuro estará dominado por esta nueva forma de construcción. CasaPasiva.es. URL: <http://casa-pasiva.es/casa-pasiva-passivhaus/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

PROYECTO SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (I.D.A.E.). URL: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Revista Ecohabitar. Bioconstrucción- Permacultura- Transición. URL: <http://www.ecohabitar.org/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

World Wildlife Fund for Nature (W.W.F.). URL: <http://www.wwf.es/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Blog:

García L, M^a Dolores. *Bioconstrucción SOMESO*. URL: <http://abioclimatica.blogspot.com.es/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Sitio de Internet:

Conceptos y técnicas de la Arquitectura Bioclimática. URL: <http://www.ecohabitar.org/wp-content/uploads/2013/09/Conceptos-y-tecnicas-de-la-Arquitectura-Bioclimatica.pdf>
<http://www.ecohabitar.org/conceptos-y-tecnicas-de-la-arquitectura-bioclimatica-2/> Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Documento web:

Conceptos de Permeacultura y Arquitectura bioclimática. URL: http://www.unizar.es/med_naturista/arquitectura%20bioclimatica_completo.pdf Fecha de última consulta 12 de Noviembre de 2015.

Todos los documentos, fuentes, datos yenlaces han sido revisados a fecha 12 de Noviembre de 2015.