

mapaus

Master in Programmazione di Ambienti Urbani Sostenibili

Università degli Studi di Ferrara (Italia)

Pontificia Universidad Católica del Paraná (Brasil)

Universidad Católica de Córdoba (Argentina)

Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso (Chile)

Universidad Iberoamericana (Mexico)

Año académico 2005-2006

LINEAS GUIA DE LA BIOCONSTRUCCION

Nora Luz Arango Ortiz
Faenza, Italia, febbraio 2007

mapaus

Master in Programmazione di Ambienti Urbani Sostenibili
Università degli Studi di Ferrara (Italia)
Pontificia Universidad Católica del Paraná (Brasil)
Universidad Católica de Córdoba (Argentina)
Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso (Chile)
Universidad Iberoamericana (Mexico)
Año académico 2005-2006

LINEAS GUIA DE LA BIOCONSTRUCCION

Nora Luz Arango Ortiz
Faenza, Italia, Febbraio 2007

INDICE

LISTA DE ABREVIATURAS Y LISTA DE SIGLAS.....	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
2. ANTECEDENTES HISTORICOS	2
3. EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS EDIFICIOS	3
3.1. PARAMETROS DE SOSTENIBILIDAD	3
3.1.1. El Agua	4
3.1.2. Las Emisiones	4
3.1.3. La Energia	4
3.1.4. Los Recursos	4
3.1.5. Los Residuos	4
4. BIOARQUITECTURA Y CONSTRUCCION SOSTENIBLE	5
4.1. CONCEPTOS	5
4.2. CRITERIOS PARA UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE	5
4.3. CONSTRUCCION SOSTENIBLE	6
4.3.1. Definiciones y conceptos	6
4.3.2. Parametros de la construccion sostenible	7
CAPITULO II	
5. LINEAS GUIA DE LA BIOARQUITECTURA	8
5.1. FUNDAMENTOS	8
5.2. TECNICAS BASICAS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMATICA.....	8
5.2.1. Ubicacion	8
5.2.2. Forma y orientacion	9
5.2.3. Captacion solar pasiva	10
5.2.4. Aislamiento y masa termica	11
5.2.5. Ventilacion	11
5.2.6. Aprovechamiento climatico del suelo	12
5.2.7. Espacios tapon	13
5.2.8. Proteccion contra la radiacion de verano	13
5.2.9. Sistemas evaporativos de refrigeracion	14
6. MATERIALES Y BIOCONSTRUCCION	14
6.1. LA ELECCION DE LOS MATERIALES	14
6.2. CLASIFICACION DE LOS MATERIALES	15
6.2.1. Materiales idoneos	15
6.2.2. Materiales tolerables	15
6.2.3. Materiales a evitar	15
6.3. PRODUCTOS, TECNICAS Y SISTEMAS PARA UNA CONSTRUCCION SOSTENIBLE	18
6.3.1. Piedra	18
6.3.2. Adobe	19
6.3.3. Tapial	19
6.3.4. Paja	19
6.3.5. Adhesivos	19
6.3.6. Aglomerantes, conglomerantes, morteros y hormigones	20
6.3.7. Aislantes	20

6.3.8. Áridos y granulados	20
6.3.9. Bloques diversos y piezas cerámicas	20
6.3.10. Cerramientos practicables	21
6.3.11. Equipos de obra y medios auxiliares	21
6.3.12. Equipos de ayuda a los diagnosticos	21
6.3.13. Estructuras	22
6.3.14. Impermeabilizantes	22
6.3.15. Instalaciones de calefacción, climatización y ventilación	22
6.3.16. Instalaciones de gases e hidrocarburos	23
6.3.17. Instalaciones y elementos de protección y control	23
6.3.18. Instalaciones de elevación y transporte	23
6.3.19. Instalaciones eléctricas	23
6.3.20. Instalaciones hidráulicas	24
6.3.21. Pavimentos	24
6.3.22. Piezas cerámicas	24
6.3.23. Placas, planchas y tableros	25
6.3.24. Pinturas, revestimientos, acabados y protectores	25
6.3.25. Tratamientos para la madera	25
6.3.26. Vidrios	25
6.3.27. Pisos de planta baja	26
6.3.28. Cubiertas	26
6.3.29. Tratamiento de residuos	26
6.4. CERTIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS.....	27
6.4.1. ecoetiquetas	27

CAPITULO III

7. EFICIENCIA ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS.....	28
7.1. DIRECTIVA 2002/91/CE – EFICIENCIA ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS	29
7.2. CLIMATIZACION Y EFICIENCIA ENERGETICA	30
7.2.1. Climatizacion es energia	30
7.2.2. Impacto ambiental	30
7.2.3. Clima y climatizacion	30
7.2.4. Parametros del confort	30
7.2.5. Mas energias renovables	30
7.2.6. Menos energias fosile y nucleares	30
7.2.7. Evaluacion energetica	31
7.2.8. Orientacion del edificio	31
7.2.9. Consideraciones sobre la envolvente	31
7.2.10. Aislamiento termico: conservacion de la energia	31
7.2.11. Inercia termica: Uso diferido de la energia	31
7.2.12. Mecanismos para el control solar	31
7.2.13. La buena ventilacion	31

7.2.14. Sistemas de calefaccion	32
7.2.15. Sistemas de refrigeracion	32
7.2.16. Integrar el sistema	32
8. RECICLAJE: DEL PROYECTO A LA DEMOLICION.....	32
8.1. RECUPERACION Y RECICLAJE DE ESCOMBROS DE CONSTRUCCION	33
8.2. TRATAMIENTO DE RESIDUOS	34
8.2.1. Aplicaciones de los residuos tratados	34
8.2.1.1. Escombros de hormigon	34
8.2.1.2. Escombros de mamposteria	34
8.2.1.3. Reciclados de pavimentos de hormigon	35
8.2.1.4. Reciclado de pavimentos asfalticos	35
8.2.1.5. Aplicaciones de aridos reciclados.....	35
8.2.1.6. Otras aplicaciones de áridos reciclados	35
9. SEGURIDAD EN LA OBRA DE BIOCONSTRUCCION.....	35
10. CONCLUSIONES.....	36
11. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	37

LISTA DE ABREVIATURAS Y DE SIGLAS

v

ANAB	- Asociacion Nacional de Arquitectura Bioecologica
GEA	- Asociacion de Estudios Geobiologicos
ONU	- Organizacion de Naciones Unidas
RILEM	- Réunion Internationales des Laboratoires et Experts des Matériaux, Systèmes de construction et ouvrages
ANAB-IBO-IBN	- Marca italiana para productos bioecológicos certificada por la ANAB
ECOLABEL	- Marca Europea de calidad ecologica de productos
HCFC	- Hidro-Cloro-Fluoro-Carburo
WWF	- World Wildlife Fund
PE	- Plasticos Ecologicos
PCB	- Poli-Cloro-Bifenilo
COV	- Compuestos Organicos Volatiles
GPL	- Gas de Petroleo Licuado
DDT	- Dicloro-Difenil-Tricloroetano
LCA	- Life Cycle Assessment
ACV	- Analisis de Ciclo de Vida
AENOR	- Asociacion Española de Normalizacion y Certificacion
CEE	- Comunidad Economica Europea
FSC	- Consejo de Gestion Forestal
PEFC	- Certificacion Forestal Paneuropea
AFNOR	- Association Française de Normalisation
HFC	- Hidro-Fluoro-Carburo
CFC	- Cloro-Fluoro-Carburo

En los últimos años se está manifestando un creciente interés por hacer de la construcción un sector que evolucione de forma respetuosa con el medio ambiente.

El presente documento recopila y organiza información relacionada con los principales factores que inciden en la construcción sostenible.

En este trabajo se presentan criterios de sostenibilidad en la construcción de edificios, partiendo en el Capítulo I con una revisión histórica general del concepto de sostenibilidad, para posteriormente abordar la problemática ambiental generada por la construcción, analizando los principales impactos, mencionando algunos parámetros de sostenibilidad (el agua, las emisiones, la energía, los recursos, los residuos) sobre los cuales la actividad constructora impacta directamente. Posteriormente se presenta una revisión de los conceptos de bioarquitectura y construcción sostenible, y se plantean algunos criterios y parámetros fundamentales para las mismas, tales como: Correcta integración en el ambiente físico, Adecuada elección de materiales y procesos, Gestión eficiente del agua y la energía, Planificación y control de la generación de residuos, Creación de interior saludable, Eficiencia calidad-coste.

En el Capítulo II se presentan, de manera más completa, las principales líneas guía de la bioarquitectura, analizando, tanto las técnicas básicas de la arquitectura bioclimática (ubicación, forma y orientación, captación solar pasiva, aislamiento y masa térmica, ventilación, aprovechamiento climático del suelo, espacios tapon, protección contra la radiación de verano, sistemas evaporativos de refrigeración), como los materiales, productos y sistemas para una construcción sostenible, y además se presentan algunas marcas certificadoras de materiales de construcción.

Finalmente, en el Capítulo III se tratan los temas eficiencia energética de los edificios, reciclaje y seguridad en la obra de bioconstrucción.

La aplicación de los criterios de sostenibilidad, que lleva a una utilización racional de los recursos naturales disponibles para la construcción, requerirá realizar unos cambios importantes en los valores que esta tiene como cultura propia. Estos principios de sostenibilidad, llevan hacia una conservación de los recursos naturales, una maximización en la reutilización de los recursos, una gestión del ciclo de vida, así como una reducción de la energía y agua global aplicados a la construcción del edificio y a su utilización durante su funcionamiento.

***“ No estamos aqui de paso
para pisotear las rosas
ni marchitar su aliento
de aromas sagrados
con nuestra razonable
epilepsia inquisidora.
Porque la tierra
reverdecerá sin nosotros
pero nosotros sin ella
no viviremos un instante”***

Gonzalo Arango – Poeta Colombiano

Desde hace ya mas de tres decadas se han documentado y verificado los conflictos y problemas de un mundo que crece desequilibradamente frente a sus recursos naturales, situación que se hace cada vez mas evidente, cuando en el día a día nos vemos enfrentados a multiples riesgos, ya sea de salud, causados por la contaminación que hemos creado con nuestro “desarrollo”, ya sea por la posibilidad de una verdadera crisis energetica que amenaza nuestros actuales sistemas de vida. A que estamos dispuestos a renunciar para que ello no suceda? Seria una buena pregunta para que cada ser humano reflexionara al respecto y de esta manera comenzaramos a ser concientes de nuestra responsabilidad con la vida del planeta y por ende, de nuestra especie.

La industria de la construccion absorbe hasta el 50% de todos los recursos mundiales, lo que la convierte en la actividad menos sostenible del planeta. *El entorno construido, donde pasamos más del 90% de la nuestra vida, es en gran medida culpable de dicha contaminación. Los edificios consumen entre el 20 y el 50% de los recursos físicos según su entorno, teniendo especial responsabilidad en el actual deterioro del medio ambiente la ampliación del parque construido (Xercavins i Valls, 2002).*

La arquitectura, concebida en terminos de precariedad e intereses netamente economicos, esta destinada a la desaparicion en el mediano plazo, pues no es posible continuar con el ciclo autodestructivo de devastar los recursos naturales, contaminar el planeta y deteriorar la salud de las especies vegetales y animales, incluyendo el ser humano.

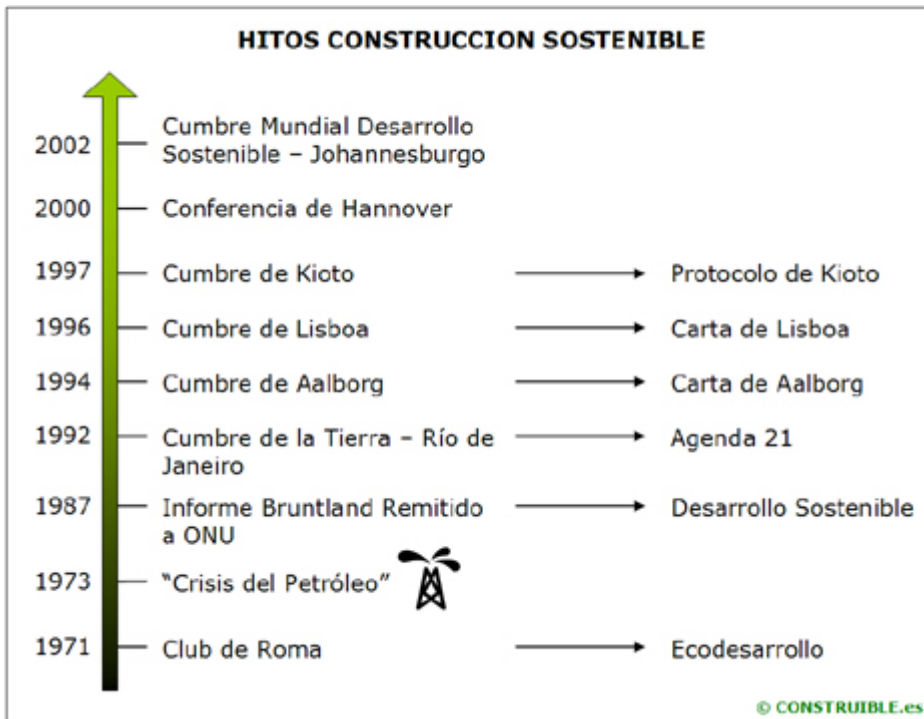
El ser humano ha sido constructor por excelencia, primero de su habitat, y posteriormente de lugares de funcion social. Pasamos la mayor parte de nuestra vida dentro de ambientes construidos y pocas veces reflexionamos mas alla de una simple belleza estetica o de un beneficio economico. La crisis ambiental-energetica a la cual nos enfrentamos en la actualidad es tal vez la ultima oportunidad de “re-pensar” nuestros espacios construidos con una logica de vida...vida para el planeta...calidad de vida para el ser humano.

Es por ello que se hace fundamental “PENSAR” desde la concepcion de la idea del espacio y su relacion integral con el entorno, hasta la eleccion de los materiales y sistemas constructivos, y el uso y mantenimiento del espacio construido. Debemos re-aprender a convivir armonicamente con la naturaleza como generadora y sostenedora de la vida, pues no hacerlo seria simplemente nuestra autodestruccion. Para construir espacios pensados dentro de una logica de sostenibilidad, contamos ya desde hace varios años con disciplinas, tecnologias, sistemas y materiales que permiten una aplicacion concreta de la bio arquitectura.

En este trabajo, se presenta, mediante una recopilacion de informacion, los elementos fundamentales para la proyectacion y la construccion con criterios de sostenibilidad ambiental, a partir del conocimiento del impacto ambiental de un edificio, del sitio y las características naturales donde se pretende construir, de los materiales bio compatibles que se pueden utilizar, entre otros aspectos.

2. ANTECEDENTES HISTORICOS

A principio de los años setenta se comienzan a evidenciar las consecuencias ambientales de la Sociedad Industrial y se empiezan a generar reflexiones sobre el Medio Ambiente y los recursos disponibles. El primer informe del Club de Roma de 1971 sobre los límites del crecimiento ya planteaba dudas sobre la viabilidad del crecimiento económico a nivel mundial. Es en este contexto que aparece el término “ecodesarrollo” que si bien no fue considerado en los círculos económicos convencionales, si contribuyó al aumento de la conciencia social. Con la crisis del petróleo de 1973 se empieza a plantear la necesidad del ahorro energético, al tiempo que comienzan las críticas hacia la denominada sociedad de “usar y tirar”.



Durante esos años palabras como ecología o medioambiente se encuentran presentes en todos los ámbitos, y es en los ochenta cuando surge el uso del concepto de “Desarrollo sostenible”, aparecido dentro del marco de las Naciones Unidas y actualmente referente obligatorio en todas las políticas de desarrollo económico. Este término planteó, dentro del Informe Brundtland “Nuestro futuro común” en el año 1987, “satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas”. Es decir, se propone la viabilidad de un desarrollo con condiciones que permitan a las generaciones futuras disponer de recursos para su desarrollo.

Desde entonces, y a lo largo de los años noventa y principios del siglo actual se han realizado esfuerzos notables en todos los campos con experimentación en el uso de energías alternativas, nuevos materiales, esfuerzos en inversión y aumento de la eficiencia energética a todos los niveles, todo ello mediante la generación de documentos y normativas específicas que han permitido identificar los temas fundamentales y cómo abordarlos. Especial mención merece la denominada “Carta de Aalborg”, resultado de la “Conferencia Europea de Ciudades y Pueblos Sostenibles” realizada en 1994 en Dinamarca, o el “Protocolo de Kioto”, resultado del Convenio sobre el cambio climático del año 1997.

El “Desarrollo sostenible” pretende conciliar el crecimiento económico con la idea de sostenibilidad. Se aceptan límites medioambientales a nuestra forma de vivir, pero a la vez se confía en las posibilidades de crecimiento o desarrollo. Para ello se establecen pautas sostenibles a tener en cuenta a nivel global: reducción del consumo, aumento de la eficiencia del sistema y control de la población mundial.

A estas pautas generales y relativamente ambiguas se les ha intentado dar un contenido concreto recurriendo a una relación de parámetros y recomendaciones a aplicar en los diferentes sectores económicos ligados al medio físico. Indudablemente el sector de la construcción es uno de ellos, considerando además que su crecimiento se encuentra intrínsecamente relacionado con el desarrollo económico y que la sostenibilidad debe ser formalmente asumida como un objetivo.

Como se menciona en la introducción, los edificios consumen entre el 20 y el 50% de los recursos físicos según su entorno, teniendo especial responsabilidad en el actual deterioro del medio ambiente la ampliación del parque construido.

Dentro de las actividades industriales, la actividad constructora es la mayor consumidora (junto con la industria asociada a ella), de recursos naturales. El material de construcción fuertemente manipulado y que ha sufrido un proceso de fabricación, tiene unos efectos medioambientales muy importantes, con un contenido muy intensivo en energía.

La construcción de los edificios comporta unos impactos ambientales que incluyen la utilización de materiales que provienen de recursos naturales, la utilización de grandes cantidades de energía tanto en el proceso constructivo como a lo largo de su vida, y el impacto ocasionado en el emplazamiento, es decir, los edificios una vez construidos continúan siendo una causa directa de contaminación por las emisiones que generan o por el impacto sobre el territorio por el consumo de energía y agua necesarios para su funcionamiento.

No se pueden olvidar los costos ecológicos que suponen, tanto la extracción de los recursos minerales (canteras, minas, etc.), como la deposición de los residuos originados, que abarcan desde las emisiones tóxicas al envenenamiento de las aguas subterráneas por parte de los vertedores. La construcción y el derribo de los edificios originan una gran cantidad de residuos (Ver numeral 8).

El modo convencional de construir es destructivo con el medio y no tiene en cuenta la salud de los moradores, prima el beneficio inmediato y el afán mercantilista. Para abordar la responsabilidad que implica una construcción más sostenible, es necesario conocer primero el impacto de los edificios en el medio ambiente; dicho impacto puede analizarse desde diferentes puntos de vista. Por ejemplo, según la escala de su incidencia, local o regional:

IMPACTOS	EN LA OBRA	DURANTE LA VIDA ÚTIL	DESPUES DE LA VIDA UTIL
Escala regional	Impacto visual Impacto en el paisaje Impacto acústico Generación de residuos de obra	Consumo de agua Producción de basuras Impacto visual Conducta de los inquilinos	Residuos de la demolición
Escala global	Impacto en la producción de materiales Energía necesaria	Gasto energético Emisiones de CO ₂ Emisiones de NO _x Consumo de CFC	Residuos peligrosos

El reciclaje y la reutilización de los residuos de demolición y de los residuos originados en la construcción es una solución que disminuirá parcialmente el importante impacto ambiental que tiene su origen en el vertido y la incineración.

3.1 PARÁMETROS DE SOSTENIBILIDAD

El impacto de la construcción de un edificio en el ambiente se produce desde la fabricación de los materiales hasta la gestión de los residuos generados por su demolición, pasando por la fase de construcción y de utilización del edificio.

El proceso de selección de los materiales es una de las fases en que más sencillo resulta incidir, económica y técnicamente, en la reducción del impacto ambiental. A grandes rasgos, los factores en los que podemos incidir al elegir los materiales pueden agruparse en cinco bloques:

- El agua
- Las emisiones
- La energía
- Los recursos
- Los residuos

Los impactos relacionados con el agua incluyen todos los ámbitos relacionados con su ahorro y su posible contaminación al realizar vertidos de residuos. De este modo, debemos priorizar aquellos materiales que no transmiten elementos tóxicos o contaminantes al agua, los mecanismos que permiten ahorrar agua en los puntos de consumo, las instalaciones de saneamiento para la gestión de las aguas residuales de diferentes orígenes y los sistemas que permiten reutilizar el agua lluvia o la depuración de las aguas residuales para su uso posterior.

3.1.2. Las emisiones

Las emisiones generadas por los edificios pueden afectar a la atmósfera, lo que se traduce en un impacto local y global. Desde este punto de vista deben priorizarse todas las soluciones que ayuden a reducir la emisión de los gases causantes del efecto invernadero, o las que hayan eliminado el uso de CFCs o HCFCs. Las emisiones también pueden deteriorar el ambiente interior de los edificios y perjudicar la salud de sus ocupantes. Deben evitarse los materiales que emiten compuestos orgánicos volátiles, formaldehídos, radiaciones electromagnéticas o gases tóxicos o de difícil combustión. En cuanto al ruido, se recomienda utilizar aparatos con niveles bajos de emisión de ruidos.

3.1.3. La energía

Cualquier actuación que conlleve a un ahorro energético supone a su vez una reducción de los impactos, ya sea por el ahorro de recursos no renovables (petróleo, carbón, etc.) o por la reducción de emisiones de CO₂. El uso de energías renovables es una solución completa, ya que éstas actúan sobre ambos parámetros. Existen otras opciones para reducir el consumo de energía (ya sea convencional o renovable), como los aparatos de bajo consumo energético, el uso de aislantes térmicos, los procesos de fabricación de bajo consumo energético o la cogeneración.

3.1.4. Los recursos

Es preferible utilizar materiales procedentes de recursos renovables. La reutilización y el reciclaje también son opciones válidas. En este grupo, pueden incluirse la madera de los bosques gestionados de forma sostenible y los materiales fabricados con material reciclado. Si se deben utilizar materiales que utilizan recursos no renovables, como por ejemplo la piedra natural, debe darse prioridad a aquellos cuyos procesos de extracción sean más respetuosos con el entorno. Así mismo, todos los productos con una vida útil larga contribuyen al ahorro de recursos.

3.1.5. Los residuos

El hecho de que un material se pueda reciclar al término de su vida útil, o que contenga otros materiales reciclables, es un aspecto que debe tenerse en cuenta. Los residuos del reciclaje directo son aquéllos que no requieren ninguna transformación para volver a ser utilizados (por ejemplo, los sanitarios procedentes de una demolición). Los residuos del reciclaje secundario son aquéllos que, tras algún tipo de transformación, se convierten en otros productos (por ejemplo, los áridos de hormigones reciclados) -Ver numeral 8-. Deben rechazarse los materiales que se convierten en residuos tóxicos o peligrosos al final de su vida útil. Un ejemplo de estos materiales son los elementos organoclorados y los materiales pesados como el cadmio, el plomo, el mercurio o el arsénico.

Resumen general de los residuos de la construcción:

	Proceso fabricación materiales	Fase de construcción	Fase de utilización	Fase de derribo del edificio
Emisiones a la atmósfera	HCFC, CO ₂ , NO _x , SO ₂	Polvo, ruido, amianto, CO ₂	Halones, CO ₂ , NO _x , SO ₂	Polvo, ruido, amianto, CO ₂
Vertidos líquidos al agua	Productos químicos, en función del proceso Lechadas de cemento	Lechadas de cemento	Aguas residuales	Vaciado de depósitos
Residuos sólidos	Restos del proceso Subproductos del proceso	Embalajes Restos del proceso Mermas Encofrados	Residuos domésticos Residuos de construcción de remodelaciones	Obra de fábrica Hormigón Madera Acero...

Algunas estrategias de minimización de impacto ambiental causadas por los materiales de construcción pueden ser :

- * Utilización de materiales reciclables para la producción de los agregados del hormigón en lugar de utilizar materias primas naturales.
- * Reciclaje de materiales: reutilización de la madera, utilización de materiales reciclados/reutilizados en la construcción de las paredes, techos y suelos; uso de residuos industriales en algunos materiales [Baldwin, 1996].

No obstante la madera es un recurso natural renovable que consume poca cantidad de energía en su proceso de transformación, los tratamientos de conservación y protección que se apliquen pueden originar emisiones y residuos tóxicos. Las pinturas, disolventes y los tratamientos realizados a la madera plantean importantes riesgos para la salud humana y los perjuicios que supone al ambiente a lo largo de su producción, uso y disposición final [WWF, 1993].

- * Reutilización de residuos de otras construcciones o demoliciones, en un nivel de alta calidad y que no sean utilizados en aplicaciones de baja importancia o vertidos en los vertederos. [Speare, 1995].
- * El impacto ambiental debido al transporte de los materiales supone un costo indirecto en términos de contaminación en cuanto a las emisiones de CO₂ producidas por los gases de escape.
- * El diseño del edificio y la elección de los materiales se deben realizar teniendo en cuenta una minimización en la cantidad de materiales que liberen sustancias químicas peligrosas y la incorporación de materiales y componentes con un bajo índice de ODP (ozone depletion potential) [Baldwin, 1996].

4. BIOARQUITECTURA Y CONSTRUCCION SOSTENIBLE

4.1 CONCEPTOS

La bioarquitectura y la bioconstrucción se refieren a la construcción de calidad, hecha con materiales biológicos que no dañan el medio ambiente ni la salud, que aprovecha al máximo la energía natural del sol, que está bien aislada para ahorrar energía pero que respira y transpira.

El concepto de "arquitectura y vivienda sostenible" hace referencia a una construcción que:

- Se integra con su entorno, evitando las fuentes de contaminación (eléctrica, electromagnética, química y acústica) y respeta la morfología del terreno y el contexto arquitectónico y socio cultural de la zona.
- Emplea materiales saludables y biocompatibles, como cerámica, termoarcilla, corcho, maderas laminadas, etc. y se reduce al máximo el uso de los plásticos, aceros, poliuretano, amianto, barnices sintéticos, etc.
- Utiliza sistemas de ahorro energético, especialmente aprovechando la energía solar en las tres formas posibles: pasiva (arquitectura bioclimática), fotovoltaica y térmica. También se establecen sistemas de captación de agua de lluvia y de reciclado y reutilización.

4.2. CRITERIOS PARA UNA ARQUITECTURA SOSTENIBLE

La arquitectura sostenible se basa en los siguientes criterios:

- ▶ la valoración y el control de la calidad geobiológica y medioambiental del sitio;
- ▶ la valoración y el control de la calidad de los productos, de los materiales y de los sistemas de instalación empleados en el proceso constructivo desde el punto de vista de los posibles efectos sobre la salud y el ambiente;
- ▶ el cuidado y el control de la calidad formal de la actividad de transformación de los lugares y la recalificación del ambiente construido;

- ▶ la contención en el uso de recursos energéticos no renovables y la consiguiente reducción de las emisiones contaminantes mediante un correcto proyecto bioclimático y de eficiencia energética;
- ▶ la minimización del impacto ambiental mediante un eficaz control del ciclo de vida y de los flujos energéticos durante la fase de producción, de gestión y de recuperación/eliminación de cada uno de los componentes (materiales, instalaciones) y de todo el organismo constructivo.

4.3. CONSTRUCCION SOSTENIBLE

4.3.1. Definiciones y conceptos

Partiendo de diversos autores, se presentan algunas definiciones del término "Construcción Sostenible", que asumidas globalmente aportan una buena comprensión de la idea que comportan:

- La Construcción sostenible, que debería ser la construcción del futuro, se puede definir como aquella que, con especial respeto y compromiso con el Medio Ambiente, implica el uso sostenible de la energía. Cabe destacar la importancia del estudio de la aplicación de las energías renovables en la construcción de los edificios, así como una especial atención al impacto ambiental que ocasiona la aplicación de determinados materiales de construcción y la minimización del consumo de energía que implica la utilización de los edificios [Casado, 1996].

- La Construcción Sostenible se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado [Lanting, 1996].

- El término de Construcción Sostenible abarca, no sólo los edificios propiamente dichos, sino que también debe tener en cuenta su entorno y la manera cómo se comportan para formar las ciudades. El desarrollo urbano sostenible deberá tener la intención de crear un entorno urbano que no atente contra el medio ambiente, con recursos, no sólo en cuanto a las formas y la eficiencia energética, sino también en su función, como un lugar para vivir [WWF, 1993]

- La Construcción Sostenible deberá entenderse como el desarrollo de la Construcción tradicional pero con una responsabilidad considerable con el Medio Ambiente por todas las partes y participantes. Lo que implica un interés creciente en todas las etapas de la construcción, considerando las diferentes alternativas en el proceso de construcción, en favor de la minimización del agotamiento de los recursos, previniendo la degradación ambiental o los prejuicios, y proporcionar un ambiente saludable, tanto en el interior de los edificios como en su entorno [Kibert, 1994].

El sector de la construcción es responsable de un porcentaje muy elevado del consumo energético y de la utilización de los recursos naturales disponibles. La valoración de la construcción sostenible parte de una visión equilibrada de los tres aspectos fundamentales que definen cualquier actividad humana: el impacto sobre el medio ambiente, la repercusión social y su sostenibilidad económica.

En particular, un compromiso con el medio ambiente implica, sobre todo:

- un consumo energético medido y justificado así como utilización de energías renovables;
- una valoración especial del impacto ambiental que pueda ocasionar la aplicación de determinados materiales de construcción;
- consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones;
- la utilización de recursos reciclables y renovables en la construcción ;
- la conservación y reutilización de recursos ;
- la creación de entornos construidos que sean ambientalmente saludables.

La construcción sostenible abarca no sólo la adecuada elección de materiales y procesos constructivos, si no que se refiere también al entorno urbano y al desarrollo del mismo. Se basa en la adecuada gestión y reutilización de los recursos naturales, la conservación de la energía. Trata de planificación y comportamiento social, cambios de hábitos y cambios en el uso de los edificios con el objeto de incrementar

su vida útil. Analiza todo el ciclo de vida: desde el diseño arquitectónico del edificio y la obtención de las materias primas, hasta que éstas regresan al medio en forma de residuos.

La bioconstrucción es, en definitiva, la construcción responsable, utilizando materiales que no dañen la salud ni el ambiente, teniendo en cuenta el lugar donde se construye, el clima, el entorno, utilizando tanto la sabiduría tradicional como los avances técnicos más recientes.

4.3.2. Parámetros de la construcción sostenible

Los parámetros que definen una actuación constructiva sostenible se desarrollan mediante acciones concretas que influyen en uno o varios de los puntos que se enumeran a continuación:

Correcta integración en el ambiente físico

- Restricción en la utilización del terreno
- Reducción de la fragmentación
- Prevención de las emisiones tóxicas
- Realización de estudios geobiológicos
- Conservación de áreas naturales y biodiversidad

Adecuada elección de materiales y procesos

- Prohibición en el uso de materiales potencialmente peligrosos
- Uso preferible de materiales procedentes de recursos renovables
- Uso eficaz de los materiales no renovables
- Potenciar reutilización y reciclaje
- Utilización de materiales con bajas emisiones tóxicas
- Aumento de la durabilidad, transformabilidad y flexibilidad
- Incremento de la vida útil de los materiales fomentando un aumento de la calidad

Gestión eficiente del agua y la energía

- Reducción del consumo de fuentes no renovables
- Disminución de las emisiones de CO₂ y sustancias tóxicas (NO_x y SO_x) en atmósfera
- Incremento del aislamiento edificación, ventilación natural, etc.
- Utilización de energías renovables.
- Reducción consumo agua

Planificación y control de la generación de residuos

- Disminución residuos inertes mediante reducción en su origen y fomento del reciclaje
- Adaptabilidad y flexibilidad física y funcional
- Adopción de criterios de proyecto que faciliten el desmontaje y la separación selectiva de los residuos durante los procesos de rehabilitación y demolición

Creación de interior saludable

- Utilización de materiales con bajas emisiones tóxicas
- Optimización de los equipos de ventilación
- Compatibilidad con las necesidades de los ocupantes
- Previsiones de transporte y seguridad
- Disminución de ruidos y olores
- Gestión del ciclo de vida
- Control de los elementos contaminantes del aire
- Mantenimiento del ambiente interior saludable y de la calidad de los ambientes urbanizados

Eficiencia calidad-costo (costo eficaz)

- Aumento de la calidad en todo el proceso
- Reducción costos mantenimiento
- Incremento de la estandarización tecnológica y de sistemas
- Desarrollo sistemas de control de calidad
- Establecimiento mecanismos de mercado estándar

5. LINEAS GUIA DE LA BIOARQUITECTURA

5.1. FUNDAMENTOS

Proyectar y construir según los principios de sostenibilidad significa poner la debida atención en el tema de los recursos ambientales, en las cuestiones relativas a la salud, al rendimiento energético de los edificios, y al control de las tecnologías y de los procesos constructivos.

Dichos objetivos pueden ser estudiados en los diversos niveles de la planificación urbanística, del proyecto arquitectónico y de ingeniería, de la elección y empleo de los materiales de construcción idóneos, de la construcción, el mantenimiento y la deconstrucción de los edificios. es decir, considerando valoraciones y análisis en función de todo el ciclo de vida de un edificio para mejorar el rendimiento ambiental del mismo teniendo en consideración procesos normalmente descuidados en el ámbito de la proyectación, cuales son los ligados a la producción y puesta en obra de los materiales utilizados, al empleo y al mantenimiento del edificio, y a la demolición y/o deconstrucción del mismo.

Incluso en la diversidad de las aproximaciones posibles, las tendencias emergentes y más conscientes están dirigidas sobre todo a optimizar la eficacia energética de los edificios, a disminuir la explotación de los recursos naturales recurriendo principalmente a los recursos renovables y reciclables, a utilizar materiales, productos y componentes con características de compatibilidad ecológica (Ver numeral 6.4).

Sobre la base de los principios fundamentales de una arquitectura sostenible es posible valorar y controlar un recorrido de selección de los materiales y las técnicas constructivas y de instalación. Las elecciones tecnológicas deben ser cuidadosamente evaluadas en relación al impacto y a los riesgos medioambientales y para la salud humana relacionados con los procesos de fabricación, de uso y de eliminación final de los productos.

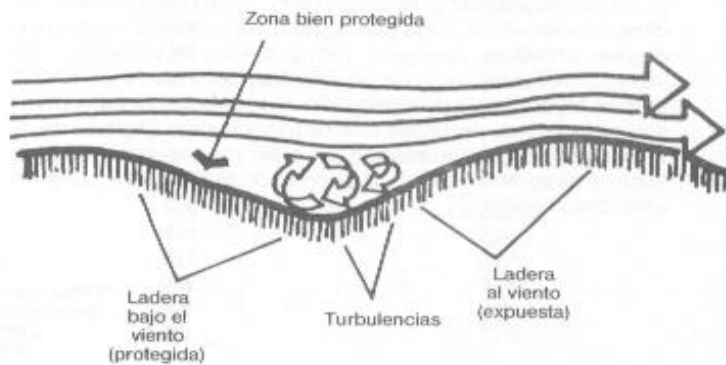
5.2. TÉCNICAS BÁSICAS DE LA ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

5.2.1. Ubicación

La ubicación determina las condiciones climáticas con las que la vivienda tiene que "relacionarse". Podemos hablar de condiciones macroclimáticas y microclimáticas.

Las condiciones macroclimáticas son consecuencia de la pertenencia a una latitud y región determinada. Los datos más importantes que las definen son: Las temperaturas medias, máximas y mínimas ; La pluviometría ; La radiación solar incidente ; La dirección del viento dominante y su velocidad media.

Las condiciones microclimáticas son consecuencia de la existencia de accidentes geográficos locales que pueden modificar las anteriores condiciones de forma significativa. Podemos tener en cuenta:



- La pendiente del terreno, por cuanto determina una orientación predominante de la vivienda.
- La existencia cercana de elevaciones, por cuanto pueden influir como barrera frente al viento o frente a la radiación solar.
- La existencia de masas de agua cercanas, que reducen las variaciones bruscas de temperatura e incrementan la humedad ambiente.
- La existencia de masas boscosas cercanas.
- La existencia de edificios.

La ubicación del proyecto es fundamental en el proceso de diseño bioclimático. Además de seleccionar la ubicación más adecuada, se debe tener en cuenta que siempre es posible actuar sobre el entorno (añadiendo o quitando vegetación o agua, por ejemplo), para modificar las condiciones microclimáticas. Es lo que se llama **corrección del entorno**.

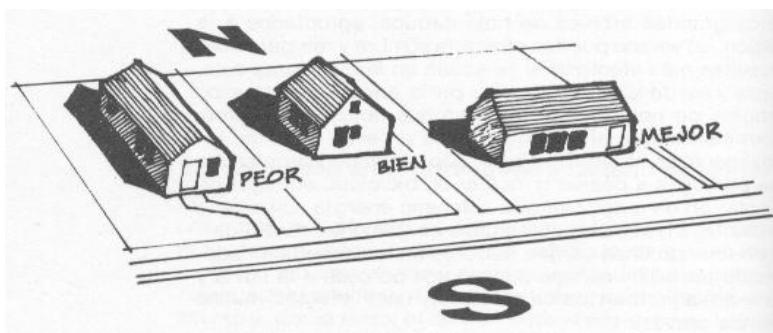
Así mismo, se debe buscar una ubicación adecuada evitando tanto la proximidad de fuentes emisoras de contaminación eléctrica, electromagnética, química y acústica (fabricas contaminantes, transformadores eléctricos, tendidos de alta tensión, grandes vías de comunicación, etc.), como el asentamiento sobre fallas geológicas, cauces de agua o zonas inundables o de deslizamiento. También deberán ser evitados aquellos lugares donde, por la actuación del ombre, puede ponerse en peligro algún determinado ecosistema. Y siempre evitar la modificación del campo magnético natural.

5.2.2. Forma y orientación

La forma del edificio influye sobre:

- La **superficie de contacto** entre lo construido y el exterior, lo cual influye en las pérdidas o ganancias caloríficas. Normalmente se desea un buen aislamiento, para lo cual, además de utilizar los materiales adecuados, la superficie de contacto debe ser lo más pequeña posible. Para un determinado volumen interior, una forma compacta (como el cubo), sin entrantes ni salientes, es la que determina la superficie de contacto más pequeña. La existencia de patios, alas, etc. incrementan esta superficie.
- La **resistencia frente al viento**. La altura, por ejemplo, es determinante: un edificio alto siempre ofrece mayor resistencia que uno bajo. Esto es bueno en verano, pues incrementa la ventilación, pero malo en invierno, porque incrementa las infiltraciones. La forma del tejado y la existencia de salientes diversos, por ejemplo, también influye en conseguir un edificio más o menos "aerodinámico". Teniendo en cuenta las direcciones de los vientos predominantes, tanto en invierno como en verano es posible llegar a una situación en la cual se minimicen las infiltraciones en invierno y se incremente la ventilación en verano.
- La **captación solar**
La orientación de la casa influye sobre:

- La **captación solar**. Normalmente interesa captar cuanto más energía mejor porque es fuente de climatización en invierno (en verano se utilizan sombreadamientos y otras técnicas para evitar la radiación). En las latitudes del Sur de Europa conviene orientar siempre la superficie de



captación (acristalado) hacia el Sur, de este modo se capta la energía del sol pasivamente. La forma ideal es una casa compacta y alargada, es decir, de planta rectangular, cuyo lado mayor va de Este a Oeste, y en el cual se encontrarán la mayor parte de los dispositivos de captación (fachada Sur), y cuyo lado menor va de Norte a Sur. Hay que reducir la existencia de ventanas en las fachadas Norte, Este y Oeste, puesto que no son muy útiles para la captación solar en invierno (aunque pueden serlo para ventilación e iluminación) y, sin embargo, a través de ellas se producen muchas pérdidas de calor.

En algunos diseños, la fachada Norte se halla semienterrada para resguardarse del frío viento invernal y no tener pérdidas térmicas. Además esta fachada resguardada es un espacio fresco en verano, y permite un intercambio de aire con la fachada Sur, por convección, es un refrigerante natural para el verano y un acumulador de calor para el invierno.

- La **influencia de los vientos dominantes** sobre la ventilación y las infiltraciones.

5.2.3. Captación solar pasiva

La energía solar es la fuente principal de climatización en una vivienda bioclimática. Su captación se realiza aprovechando el propio diseño de la vivienda, sin necesidad de utilizar sistemas mecánicos. La captación hace uso del llamado efecto invernadero, según el cual la radiación penetra a través del vidrio, calentando los materiales dispuestos detrás suyo; el vidrio no deja escapar la radiación infrarroja emitida por estos materiales, por lo que queda confinada entonces en el recinto interior. Los materiales, calentados por la energía solar, guardan este calor y lo liberan posteriormente, atendiendo a un retardo que depende de su inercia térmica. Para un mayor rendimiento, es aconsejable disponer de sistemas de aislamiento móviles (persianas, contraventanas, etc.) que se puedan cerrar por la noche para evitar pérdidas de calor por conducción y convección a través del vidrio.

Los sistemas de captación pueden ser definidos por dos parámetros: rendimiento, o fracción de energía realmente aprovechada respecto a la que incide, y retardo, o tiempo que transcurre entre el almacenamiento de la energía y su liberación. Hay varios tipos de sistemas:

- **Sistemas directos.** El sol penetra directamente a través del acristalamiento al interior del recinto. Es importante prever la existencia de masas térmicas de acumulación de calor en los lugares donde incide la radiación (suelo, paredes). Son los sistemas de mayor rendimiento y de menor retardo.
- **Sistemas semidirectos.** Utilizan un adosado o invernadero como espacio intermedio entre el exterior y el interior. La energía acumulada en este espacio intermedio se hace pasar a voluntad al interior a través de un cerramiento móvil. El espacio intermedio puede utilizarse también, a ciertas horas del día, como espacio habitable. El rendimiento de este sistema es menor que el anterior, mientras que su retardo es mayor.
- **Sistemas indirectos.** La captación la realiza directamente un elemento de almacenamiento dispuesto inmediatamente detrás del cristal (a pocos centímetros). El interior de la vivienda se encuentra anexo al mismo. El calor almacenado pasa al interior por conducción, convección y radiación. El elemento de almacenamiento puede ser un paramento de material de alta capacidad calorífica, bidones de agua, lecho de piedras, etc., y puede ser una de las paredes de la habitación, el techo, o el piso. Un caso particular es el llamado muro trombe, en el cual, además, se abren unos registros ajustables en la parte superior y en la inferior para que se cree una transferencia de calor

por conducción a voluntad. El rendimiento de estos sistemas es también menor que el del sistema directo, y presentan unos retardos muy grandes.

En el diseño de estos sistemas es importante considerar:

- La existencia de suficiente masa térmica para la acumulación del calor dispuesta en las zonas de incidencia de radiación;
- La existencia de cerramientos móviles para aislamiento (persianas, contraventanas, etc.) ;
- La orientación, obstáculos y sombreadamientos de los espacios de captación, de tal manera que se maximice la captación de energía en invierno y se minimice la de verano. Lo óptimo es la orientación al Sur de los sistemas de captación, o con una desviación de hasta 30°.

5.2.4. Aislamiento y masa térmica

La masa térmica provoca un desfase entre los aportes de calor y el incremento de la temperatura, el cual funciona a distintos niveles.

En **ciclo diario**: durante el invierno, la masa térmica estratégicamente colocada almacena el calor solar durante el día para liberarlo en la noche, y durante el verano realiza la misma función, sólo que el calor que almacena durante el día es el de la casa (manteniéndola, por tanto, fresca), y lo libera por la noche, evacuándose mediante la ventilación.

En **ciclo interdiario**: la masa térmica es capaz de mantener determinadas condiciones térmicas durante algunos días una vez que estas han cesado: por ejemplo, es capaz de guardar el calor de días soleados de invierno durante algunos días nublados venideros.

En **ciclo anual**: se guarda el calor del verano para el invierno y el fresco del invierno para el verano (sólo una ingente masa térmica como el suelo es capaz de realizar algo así).

La vivienda con elevada masa térmica se comporta manteniendo una temperatura sin variaciones bruscas, relativamente estable frente a las condiciones externas. El objetivo es conseguir que, mediante un buen diseño bioclimático, esta temperatura sea agradable.

En general, materiales de construcción pesados pueden actuar como una eficaz masa térmica: los muros, suelos o techos gruesos, de piedra, hormigón o ladrillo, son buenos en este sentido. Colocados estratégicamente para recibir la radiación solar tras un cristal, funcionan fundamentalmente en ciclo diario, pero repartidos adecuadamente por toda la casa, funcionan en ciclo interdiario. Si la casa está enterrada o semienterrada, la masa térmica del suelo ayudará también a la amortiguación de oscilaciones térmicas, en un ciclo largo.

El aislamiento térmico dificulta el paso de calor por conducción del interior al exterior de la vivienda y viceversa. Por ello es eficaz tanto en invierno como en verano. Una forma de conseguirlo es utilizar recubrimientos de materiales muy aislantes, como espumas y plásticos. No conviene exagerar con este tipo de aislamiento, puesto que existe otra importante causa de pérdida de calor: las infiltraciones. De todas maneras siempre es necesario un mínimo de ventilación por cuestiones de salud, lo que supone un mínimo de pérdidas caloríficas a tener en cuenta. Para hacer eficaz el aislamiento, también es necesario reducir al máximo los puentes térmicos.

En cuanto a la colocación del aislamiento, lo ideal es hacerlo por fuera de la masa térmica, es decir, como recubrimiento exterior de los muros, techos y suelos, de tal manera que la masa térmica actúe como acumulador eficaz en el interior, y bien aislado del exterior.

También es importante aislar los acristalamientos. Durante el día actúan eficazmente en la captación de la radiación solar para obtener luz y calor, pero por las noches se convierten en sumideros de calor hacia el exterior por conducción y convección (no por radiación, pues el cristal es opaco al infrarrojo). Un doble acristalado reduce las pérdidas de calor. De cualquier manera, nada tan eficaz como aislamientos móviles (contraventanas, persianas, paneles, cortinas) que se coloquen durante la noche y se quiten durante el día. En verano, estos elementos pueden impedir durante el día la penetración de la radiación solar.

5.2.5. Ventilación

Renovación del aire, para mantener las condiciones higiénicas;

Incrementar el confort térmico en verano, puesto que el movimiento del aire acelera la disipación de calor del cuerpo humano;

Climatización. El aire en movimiento puede llevarse el calor acumulado en muros, techos y suelos por el fenómeno de convección. Para ello, la temperatura del aire debe ser lo más baja posible; esto es útil especialmente en las noches de verano, cuando el aire es más fresco;

Infiltraciones. Corresponden a la ventilación no deseada. En invierno, pueden suponer una importante pérdida de calor. Es necesario reducirlas al mínimo.

Consideramos diferentes formas de ventilar:

- **Ventilación natural.** Es la que tiene lugar cuando el viento que penetra por las ventanas crea corrientes de aire en la casa. Para que la ventilación sea lo más eficaz posible, las ventanas deben colocarse en fachadas opuestas, sin obstáculos entre ellas y en fachadas que sean transversales a la dirección de los vientos dominantes. En días calurosos de verano, es eficaz ventilar durante la noche y cerrar durante el día.
- **Ventilación convectiva.** Es la que tiene lugar cuando el aire caliente asciende, siendo reemplazado por aire más frío. Durante el día, en una vivienda bioclimática, se pueden crear corrientes de aire aunque no haya viento, realizando aperturas en las partes altas de la casa, por donde pueda salir el aire caliente. Si en estas partes altas se coloca algún dispositivo que caliente el aire de forma adicional mediante radiación solar (chimenea solar), el aire saldrá aún con más fuerza. Es importante prever de donde provendrá el aire de sustitución y a qué ritmo debe ventilarse. Una ventilación convectiva que introduzca como aire renovado aire caliente del exterior será poco eficaz. Por eso, el aire de renovación puede provenir, por ejemplo, de un patio fresco, de un sótano, o de tubos enterrados en el suelo. Nunca se debe ventilar a un ritmo demasiado rápido, que consuma el aire fresco de renovación y anule la capacidad que tienen los dispositivos anteriores de refrescar el aire. En este caso es necesario frenar el ritmo de renovación o incluso detenerlo, esperando a la noche para ventilar de forma natural.
- **Ventilación convectiva en desván.** Un porcentaje importante de pérdidas de calor en invierno y ganancias de calor en verano ocurre a través del tejado de la vivienda. Disponer de un espacio tapón entre el último piso de la vivienda y el tejado (un desván) reducirá de forma importante esta transferencia de calor. En verano, se puede hacer que el desván esté autoventilado por convección. Es normal que este lugar se convierta en un horno donde el aire alcance una temperatura mayor que el aire exterior; si se abren registros en su parte alta y en su parte baja, es posible dejar escapar este aire caliente, que será renovado por aire exterior. En invierno, estos registros deben estar cerrados. Es importante diseñar el desván para que esta corriente de aire no sea obstruida.
- **Pérdidas por ventilación en invierno.** Se debe siempre procurar reducir al mínimo las pérdidas de calor por infiltraciones. Sin embargo, un mínimo de ventilación es necesaria, especialmente en ciertos espacios. En la cocina, por ejemplo, es necesaria una salida de humos, o registros de seguridad para la instalación de gas, o ventilar para eliminar los olores de la cocina. En el baño también es necesario ventilar. La pérdida de calor se verifica porque el aire viciado que sale es caliente, y el puro que entra es frío. Ciertas estrategias pueden servir para disminuir estas pérdidas, como disponer los espacios que requieren ventilación en la periferia de la casa, o tener la mayor parte de la instalación de gas en el exterior, o disponer de un electroventilador para forzar la ventilación sólo cuando sea necesario, etc.
- **Fachada ventilada.** En ella existe una delgada cámara de aire abierta en ambos extremos, separada del exterior por una lámina de material. Cuando el sol calienta la lámina exterior, esta calienta a su vez el aire del interior, provocando un movimiento convectivo ascendente que ventila la fachada previniendo un calentamiento excesivo. En invierno, esta cámara de aire, aunque abierta, también ayuda en el aislamiento térmico del edificio.

5.2.6. Aprovechamiento climático del suelo

La elevada inercia térmica del suelo provoca que las oscilaciones térmicas del exterior se amortigüen cada vez más según la profundidad. A una determinada profundidad, la temperatura permanece constante (es

por eso que el aire del interior de las cuevas permanece a una temperatura casi constante e independiente de la temperatura exterior). La temperatura del suelo suele ser tal que es menor que la temperatura exterior en verano, y mayor que la exterior en invierno. Además de la inercia térmica, una capa de tierra puede actuar como aislante adicional.

Una buena idea sería enterrar parte de la fachada Norte, pero no en su totalidad, de tal manera que se puedan abrir algunas ventanas para permitir la ventilación cruzada Norte - Sur en verano. La luz entrará por la fachada Sur y, si fuera necesario, se pueden abrir claraboyas para la iluminación de las habitaciones más interiores.

Para aprovechar la temperatura del suelo, se pueden enterrar tubos de aire (cuanto más profundos mejor), de tal manera que este aire acaba teniendo la temperatura del suelo. Se puede introducir en la casa bombeándolo con ventiladores o por convección.

5.2.7. Espacios tapón

Son espacios adosados a la vivienda, de baja utilización, que térmicamente actúan de aislantes o "tapones" entre la vivienda y el exterior. El confort térmico en estos espacios no está asegurado, puesto que, al no formar parte de la vivienda propiamente dicha (el recubrimiento aislante no los incluirá), no disfrutarán de las técnicas adecuadas de climatización, pero como son de baja utilización, tampoco importa mucho. Pueden ser espacios tapón el garaje, el invernadero, el desván. La colocación adecuada de estos espacios puede acarrear beneficios climáticos para la vivienda.

5.2.8. Protección contra la radiación de verano

Es evidente que en verano hay que reducir las ganancias caloríficas al mínimo. Ciertas técnicas utilizadas para el invierno (aislamiento, espacios tapón) contribuyen con igual eficacia para el verano. Otras técnicas, como la ventilación, ayudan casi exclusivamente en verano. Sin embargo, los sistemas de captación solar pasiva, tan útiles en invierno, son ahora perjudiciales, por cuanto es necesario impedir la penetración de la radiación solar, en vez de captarla.

Afortunadamente en verano el sol está más alto que en invierno, lo cual dificulta su penetración en las cristalerías orientadas al Sur. La utilización de un alero o tejadillo sobre la cristalera dificulta aún más la penetración de la radiación directa, afectando poco a la penetración invernal. También el propio comportamiento del vidrio es beneficioso, porque con ángulos de incidencia de la radiación más oblicuos, el coeficiente de transmisión es menor. A pesar de estos beneficios, hay algunos inconvenientes:

- El solsticio de verano (21 de junio) no coincide exactamente con los días más calurosos del verano (entre el 15 de julio y el 7 de agosto). Esto significa que, cuando llega el calor fuerte, el sol ya está algo más bajo en el firmamento y puede penetrar mejor por la cristalera Sur.
- El día tiene mayor duración (hay más horas de sol) y los días son más despejados que en el invierno.
- Aunque se evite la llegada de la radiación directa, hay que considerar también la radiación difusa y reflejada, lo que puede suponer ganancias caloríficas apreciables.

Por ejemplo, en el caso que la radiación recibida por una fachada Sur sea de 2,43 Kwh/m² en enero y de 4,56 Kwh/m² en agosto, ello significa que se requieren dispositivos de sombreamiento que impidan a esta radiación llegar hasta la cristalera de la fachada Sur. Algunos de estos dispositivos son:

- Alero fijo, con unas dimensiones adecuadas que impidan algo la penetración solar en verano y no estorben mucho en invierno; de esta manera, un tejadillo situado a 0,5 m por encima de la cristalera, y con 1,3 m de anchura, si la cristalera tiene 2 m de alto, hace que la radiación solar incidente sea de 2,24 Kwh/m² en enero (8% menor que sin alero) y de 2,71 Kwh/m² en agosto (41% menor), en promedio.
- Toldos y otros dispositivos externos, cuya ventaja es que son ajustables a las condiciones requeridas.
- Alero con vegetación de hoja caduca. Debe ser más largo que el alero fijo y con un enrejado que deje penetrar la luz. Tiene la ventaja de que las hojas se caen en invierno, dejando pasar la luz a

través del enrejado, mientras que en verano las hojas lo hacen opaco. El ciclo vital de las plantas de hoja caduca coincide mejor con el verano real que con el solsticio de verano.

- Persianas exteriores. Las persianas enrollables sirven perfectamente para interceptar la radiación.
- Contraventanas. Son más efectivas, pero quizá bloquean demasiado la luz.
- Árboles. Podemos utilizar varias estrategias. Por una parte, cualquier tipo de árbol, colocado cerca de la zona Sur de la fachada, refrescará el ambiente por evapotranspiración. Por otra parte, se puede buscar que el árbol sombree la fachada Sur e incluso parte del tejado, si es suficientemente alto, pero se debe evitar que su sombra afecte en invierno. Para conseguirlo, si el árbol es suficientemente alto y está cerca de la fachada Sur, en invierno, al estar el sol más bajo, la única sombra que se proyectará sobre dicha fachada será la del tronco, mientras que en verano, será la sombra de la copa del árbol la que se proyecte sobre la fachada Sur y parte del tejado. Por otra parte, un árbol de hoja caduca nos da mayor flexibilidad en cuanto a su posición relativa respecto de la casa, porque en invierno nunca podrá proyectar la sombra de una copa maciza.

Algunas de las técnicas anteriores son válidas en general para proteger también muros, y no sólo cristalerías, aunque quizá las mejores técnicas en este caso sean el disponer plantas trepadoras sobre los muros y el utilizar colores poco absorbentes de la luz solar (colores claros, especialmente el blanco). Los espacios tapón también protegen eficazmente (desván, garage).

Las fachadas Este (al amanecer) y Oeste (al atardecer), así como la cubierta (durante todo el día), también están expuestas a una radiación intensa en verano. Se procurará que en estas zonas haya pocas aberturas (ventanas y claraboyas), o que sean pequeñas, puesto que no tienen utilidad para ganancia solar invernal, aunque se las puede necesitar para ventilación o iluminación. Si hay que proteger el muro, se pueden utilizar las técnicas comentadas anteriormente.

5.2.9. Sistemas evaporativos de refrigeración

La evaporación de agua refresca el ambiente. Si se utiliza la energía solar para evaporar agua, paradójicamente se estará utilizando el calor para refrigerar. Hay que tener en cuenta que la vegetación durante el día transpira agua, refrescando también el ambiente. Varias ideas son practicables. En un patio, una fuente refrescará esta zona que, a su vez, puede refrescar las estancias colindantes. El efecto será mejor si hay vegetación. La existencia de vegetación y/o pequeños estanques alrededor de la casa, especialmente en la fachada Sur, mejorará también el ambiente en verano. Sin embargo hay que considerar dos cosas: por una parte, un exceso de vegetación puede crear un exceso de humedad que, combinado con el calor, disminuirá la sensación de confort, por otra, en invierno habrá también algo más de humedad. De cualquier manera, en climas calurosos, suele ser conveniente casi siempre el uso de esta técnica.

El riego esporádico alrededor de la casa, o la pulverización de agua sobre fachadas y tejado, también refrescará la casa y el ambiente.

6. MATERIALES Y BIOCONSTRUCCION

6.1. LA ELECCION DE LOS MATERIALES

La elección de los materiales es esencial, tanto para el ambiente, como para el bienestar de los habitantes. Desde el punto de vista de la bioconstrucción, es fundamental conocer la calidad biológica de los materiales, determinada por una serie de parámetros de sostenibilidad:

- De origen natural y provenientes de fuentes renovables;
- Con un reducido impacto ambiental durante todo el ciclo de vida;
- En cuya composición y producción no hayan sido utilizadas sustancias tóxicas, nocivas y/o contaminantes;
- Que durante la puesta en obra, utilización y eliminación, no dejen sustancias tóxicas, nocivas y/o contaminantes para los habitantes o para el ambiente;
- Con bajo nivel de radiactividad, con concentraciones escasas de gas radón y sin emitir partículas alfa, beta y gamma. A su vez han de ser permeables al campo de radiación natural (que no alteren el campo magnético natural de la tierra) ;
- No deben acumular electricidad estática ;
- Deben tener capacidad de aislamiento, determinada por su estructura interna con aire ocluido en su

interior;

- Deben poseer inercia térmica o capacidad de almacenar calor o frío, para compensar así los contrastes de temperatura entre el día y la noche, creando un clima interior estable;
- Deben ser transpirables (permeables al vapor, con capacidad de difusión), e higroscópicos (capaces de absorber, retener y evaporar la humedad) ;
- Materiales certificados con marca de calidad y/o compatibilidad ecológica (Ver numeral 6.4);

Además de estas características, es importante conocer sus condiciones de uso y colocación, así como sus características de recuperabilidad y reciclabilidad (Ver numeral 8).

El empleo de materiales naturales es una de las características a destacar en la bioconstrucción, especialmente cuando se trate de **materiales propios del lugar**, cuya utilización no tenga un impacto ambiental que pueda perjudicar la biodiversidad de la zona y que requiera poca energía para su extracción, producción y utilización posterior.

Teniendo en cuenta que la mayor parte de los recursos naturales son finitos o su proceso de reposición es muy lento, debemos preferir los procesos de extracción de materias primas que sean más respetuosos con el entorno y los de larga vida útil. Como primera opción se deben tener en cuenta los **materiales renovables**, que se encuentran entre los más apropiados para la construcción. Muchos son propios de la agricultura, como balas de paja, lana, cáñamo y corcho entre otros. Otra alternativa es utilizar **materiales procedentes de recursos reciclados**. Utilizar materiales recuperados de otras construcciones, siempre y cuando no tengan componentes nocivos, será una de las mejores opciones. El hecho de que un material se pueda reciclar al término de su vida útil o que contenga otros materiales reciclables, es un aspecto que debe tenerse en cuenta

6.2. CLASIFICACION DE LOS MATERIALES

En bioconstrucción se clasifican los materiales en tres grupos:

6.2.1. Materiales idoneos :

Dentro de los materiales idoneos se consideran : Yesos y escayolas naturales, cerámica (azulejos y ladrillos), aislamientos naturales (corcho, lino, cáñamo, fibras vegetales, celulosa...) termo-arcilla, cementos naturales o cal hidraulica, madera con garantías de procedencia, pinturas al silicato, al agua, aceite de linaza, colofonia, ceras naturales, barnices naturales, etc.

6.2.2. Materiales tolerables:

Vidrio, hierro, acero, cobre, plásticos ecológicos (pp, PE, PB). El uso del acero debe restringirse a lo imprescindible y debe ser convenientemente derivado a tierra.

6.2.3. Materiales a evitar:

PVC, aluminio, colas industriales, derivados de la madera que contengan resinas sintéticas y formaldehidos, pinturas plásticas y sintéticas, poliuretanos, yesos a base de escorias industriales, cementos portland, aislamientos sintéticos (poliestireno), hormigones convencionales, maderas de dudosa procedencia, grés y todos aquellos materiales que emiten gases toxicos en su combustion.

Entre los componentes y/o materiales de construcción que son objeto de críticas a causa de su toxicidad, estan:

El plomo : Su ingestión o inhalación puede provocar saturnismo, anemias, parálisis o encefalopatías de pronóstico grave. El plomo se ha utilizado en planchas para cubiertas y en determinados tipos de revestimientos, aunque las dos aplicaciones que han hecho que se cuestione la pertinencia de este metal son: las pinturas de principios de siglo (cerusa o blanco de plomo), que todavía se pueden encontrar en algunos edificios (han provocado intoxicaciones a niños en Francia), y las tuberías que contaminan el agua potable que circula por ellas. Es por ello que la Directiva Europea sobre agua potable establece que el contenido de plomo en el agua debe ser inferior a los 0,01 mg/l. Para alcanzar este valor, deben cambiarse las tuberías de plomo de las poblaciones donde el agua sea ácida (pH<7), ya que es un factor que aumenta la concentración de plomo en el agua. Otros materiales que están en contacto con el agua pueden contener también plomo: algunas soldaduras de tuberías de cobre, las tuberías de acero galvanizado y algunos grifos de bronce o latón.

El amianto : Es un silicato mineral en forma de fibras, cuya inhalación puede provocar a largo plazo una enfermedad pulmonar llamada asbestosis y cáncer de pulmón o de pleura. En general, sus aplicaciones han estado vinculadas a su excelente comportamiento ante el fuego (protección de estructuras metálicas,

aislamiento de focos de calor, calorifugación de tuberías calientes, etc.). Existe un elevado riesgo potencial para los trabajadores que lo manipulen sin tomar las medidas mínimas de seguridad. En este sentido, otras fibras, como la de vidrio o la de roca, empiezan a ser cuestionadas, aunque parece que su peligrosidad es muy inferior a la del amianto.

Compuestos orgánicos volátiles (COV) : Los compuestos orgánicos volátiles (COV), o disolventes, son una importante fuente de contaminación del aire interior de los edificios. Uno de los COV más cuestionados es el formaldehído, que irrita las vías respiratorias y provoca alergias, y se empieza a pensar que puede dar origen a cánceres. El formaldehído se encuentra en la cola de los tableros de fibras de madera y en las fórmulas de algunos aislantes térmicos y otros plásticos.

Protectores de la madera : Son tóxicos, en tanto que actúan contra los hongos y los insectos xilófagos. Esta ya demostrado que productos como el pentaclorofenol generan problemas. Recientes investigaciones apuntan ahora a productos que queden fijados a la madera y que no desprendan COV ni metales pesados. Corresponde a los ministerios de sanidad y de agricultura registrar y controlar la toxicidad de los protectores.

Materiales radiactivos : Todos los materiales contienen radiactividad, aunque en la mayoría de los casos no supone peligro alguno para las personas. Las radiaciones pueden ser de tipo alfa, beta o gama; las más peligrosas son las gama, y las menos, las alfa. Un caso muy conocido fue el de los pararrayos radiactivos, que tuvieron que retirarse a causa de las radiaciones que emitían. Otro ejemplo de este fenómeno son los detectores iónicos, que emiten radiaciones alfa. Algunos modelos antiguos pueden superar todavía los niveles permitidos. Otra fuente de radiactividad en el interior de los edificios es el gas radón, gas noble que se suele encontrar en los terrenos graníticos y que penetra en el edificio a través de los cimientos.

Organoclorados : Los materiales organoclorados (PVC, CFC's, PCB's) generan riesgos durante su fabricación pues producen dioxinas y ácido clorhídrico en caso de incendio del edificio, además, los riesgos de eliminación por incineración y las dificultades de reciclaje ocasionadas, en parte, por la presencia de metales pesados, aconsejan reducir su uso dentro de las edificaciones.

Las razones para desechar algunos materiales muy comunes en la construcción pueden ser de índole "ecológica", es decir, su producción-reciclado-destrucción supone un elevado costo ambiental; o bien pueden ser de índole "saludable", es decir el contacto con estos materiales es perjudicial para la salud humana, son tóxicos. En el cuadro siguiente se pueden ver los efectos de algunos de estos productos.

SUSTANCIA:	SE USA EN:	EFFECTOS SOBRE LA SALUD:
ASFALTO	Telas y pinturas asfálticas, productos impermeabilizantes y para cubiertas.	Ha resultado cancerígeno en pruebas hechas con animales.
FORMALDEHIDO (Compuestos Organicos Volatiles-COV)	Colas, lacas, desinfectantes, aislantes, paneles de madera aglomerada, productos de limpieza...	Irrita las vías respiratorias. Ha resultado cancerígeno en pruebas hechas con animales.
LINDANO	Insecticida en productos para la protección de la madera	Dolores de cabeza, vértigos, malestar, parálisis respiratoria.
FENOL	Espumas sintéticas dura, resinas sintéticas, colorantes, colas, impregnantes y desincrustantes. Productos bituminosos.	Dolores de cabeza, vértigos, irritaciones de la piel. Disfunciones renales y circulatorias. Daños al hígado, narcotizante.
PENTACLOROFENO	Protección para la madera, agentes fungicidas.	Cirrosis hepática, daños a los riñones y médula ósea.
ESTER DE ÁCIDO FOSFÓRICO (E 605)	Ignífugo, aditivo en la producción de materiales plásticos.	Ataca al sistema nervioso. Mareos, daña la vista y el hígado, bloquea la acción de los fermentos.
EIFENILES POLIDORADOS (PCE)	Aditivos en la producción de plástico y papel.	Daños al hígado y riñones. Posible cancerígeno.
ESTIRENO	Como poliestireno en la producción de plásticos, gomas sintéticas, pegamentos y aislantes.	Narcotizante, produce dolor de cabeza, cansancio, depresión, daños a la vista y a las vías respiratorias.
ALQUITRÁN	Láminas antihumedad y sustancias impermeabilizantes.	Posiblemente cancerígeno.
TOLUENO	Disolvente en pinturas y productos de limpieza.	Daños al sistema nervioso, hígado, riñones y cerebro. Efecto narcotizante.
TRIDOROETILENO	Productos de limpieza.	Posiblemente cancerígeno.
CLORURO DE VINILO	Como PVC en ventanas, tubos de desagüe, instalaciones eléctricas, persianas, pavimentos revestimientos, objetos para la casa, juguetes,...	Cancerígeno, alteraciones de los tejidos de la sangre, los pulmones y el hígado.
XILENO	Disolvente en lacas, colas y decolorantes.	Narcotizante, en concentraciones elevadas daña el corazón, hígado, riñones y nervios.

Los materiales sintéticos empleados en las paredes y el mobiliario desprenden compuestos orgánicos volátiles (COV) que contaminan el aire interior. Muchos productos empleados en pinturas, lacas, barnices y adhesivos emanan tóxicos como el tricloroetileno, el benceno y el formaldehído. Otros materiales contienen plomo, mercurio o arsénico. La toxicidad de una sustancia puede transmitirse a través de la piel, de la respiración, de la ingestión y del contacto con los ojos.

Estas sustancias tienen estructuras moleculares que no se hallan en la naturaleza, por lo que los ecosistemas no están preparados para procesarlos fácilmente. No se conocen sus efectos a largo plazo.

A continuación se presenta una tabla de los principales elementos contaminantes que se pueden hallar en los edificios, sus efectos y las posibles soluciones.

SUSTANCIA	PROBLEMA	RECOMENDACIÓN
AGLOMERADO DE MADERA, HARDBOARD	Emanaciones de formaldehído de las resinas ureicas y fenólicas.	Evitar principalmente los productos a base de formaldehído ureico. Es preferible el contrachapado.
AISLACIÓN DE ESPUMA PLÁSTICA (POLIURETANO O PVC)	Emanaciones de componentes orgánicos volátiles. Humo muy tóxico al inflamarse.	Evitar su uso. Buscar sustitutos como la viruta de madera o el corcho aglomerado.
AISLACION DE FIBRA DE VIDRIO	El polvo de lana de vidrio es un carcinógeno, la resina plástica ligante contiene fenolformaldehído.	Sellar, evitando el contacto de la fibra con el aire interior.
ALFOMBRAS SINTÉTICAS	Acumulan polvo, hongos y producen emanaciones de componentes volátiles. Los adhesivos aplicados también emiten gases nocivos. Se cargan fácilmente de estática.	Es preferible evitarlas, en especial en lugares donde pudieran humedecerse. Si deben usarse, no emplee adhesivos. Pida bases de yute o lana y no de látex sintético.
CAÑERÍAS DE COBRE PARA AGUA (QUE REQUIERAN SOLDADURA DE PLOMO)	La soldadura de plomo (ya prohibida en muchos países) desprende partículas de este metal.	Solicitar soldadura sin plomo y contraflujo de vapor o agua sobrecalentada por el sistema antes de habilitar la instalación
CAÑERÍAS DE PLÁSTICO (PVC) PARA AGUA	Los solventes de los plásticos y adhesivos e hidrocarburos clorados se disuelven en el agua.	No utilizar cañerías de PVC para el agua potable.
CEMENTO/HORMIGÓN	Las gravas graníticas empleadas como áridos suelen ser radiactivas.	Existe la alternativa del bio-hormigón, fácilmente elaborable, disminuyendo la proporción del cemento y aumentando la de cal. El cemento blanco es más sano que el gris.
LADRILLOS REFRACTARIOS	Contienen distintos porcentajes de aluminio tóxico.	Elegir los colores más claros, que contienen menos aluminio.
PINTURAS SINTÉTICAS DE INTERIOR	Emanan componentes orgánicos volátiles y gases de mercurio.	Exigir pinturas al agua y libres de mercurio. Ventilar bien el edificio antes de ocuparlo. Existen pinturas de baja toxicidad.
PISOS VINÍLICOS O PLASTIFICADOS	Producen emanaciones tóxicas del material y de los adhesivos.	Se puede sustituir por linóleo o corcho. El hidrolaqueado es menos tóxico que el plastificado. La cerámica es completamente no-tóxica.
SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	Los filtros mal mantenidos desarrollan hongos, las parrillas de condensación albergan gérmenes aeropatógenos, el sistema distribuye contaminantes.	Es mejor acondicionar el edificio que acondicionar el aire. Sistemas de calefacción y refrigeración solar pasiva son más sanos.

Para minimizar el impacto de la bioconstrucción sobre el entorno es imprescindible **utilizar materiales que no sean contaminantes** en ningún momento de su ciclo de vida; que puedan **reutilizarse**, reciclarse o diseminarse en el entorno sin degradarlo; que **no consuman mucha energía** en su producción; que no requieran mucha energía para ser transportados hasta la obra, es decir que lo ideal es que sean autóctonos pues así se minimiza el costo ecológico del transporte, que en ocasiones es muy elevado.

6.3. PRODUCTOS, TÉCNICAS Y SISTEMAS PARA UNA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Para poder valorar el impacto de los productos que colocamos en un edificio, en primer lugar deben clasificarse. La dificultad reside en el hecho de que el nombre genérico "productos de construcción" incluye desde materiales tan básicos como la arena o el cemento, hasta soluciones comerciales completas para un detalle constructivo determinado.

Los bioconstructores disponen de una variedad de materias primas y tecnologías para levantar la estructura de los edificios. La elección en cada caso dependerá, entre otros, del clima, los materiales disponibles localmente, la arquitectura tradicional de la zona, la energía necesaria para obtener el material y al emplazamiento de la construcción, y el impacto local de los materiales una vez terminada la vida útil de la vivienda, entre otros factores.

6.3.1. Piedra

Desde el punto de vista de la bioconstrucción, la piedra reúne varias ventajas: Larga vida, con poco mantenimiento y reparaciones infrecuentes ; Buena insonoridad; Buena inercia térmica, que disminuye la

oscilación de la temperatura interior – siempre que las paredes igualan o superan los 50 cm;
Buena protección contra el calor del verano.

19

Es necesario evitar las piedras graníticas, altamente radiactivas. Por el contrario, es recomendable escoger piedras calcáreas; algunas de ellas poseen, incluso, propiedades neutralizantes de radiaciones terrestres de poca intensidad.

6.3.2. Adobe

El adobe es un ladrillo de barro sin cocer secado al sol. Se compone de arcilla y arena, a los que se añaden aditivos según el tipo de tierra y de clima; los más utilizados son la paja y la cal. El mejor es el fabricado en primavera, por su secado homogéneo. Como el tapial, el adobe transpira, es higroscópico, tiene capacidad de difusión, a la vez que una buena capacidad de almacenar frío o calor, por lo que también se utiliza como aislante; resulta cálido y tiene una emisión radiactiva muy baja. Como la arcilla, mantiene sus cualidades de absorción de tóxicos intactas. Además se trata de un material abundante en cualquier lugar, fácil de trabajar, cuya extracción, uso y desecho no crean problemas al medio, y cuyos costos energéticos son muy bajos. Lo más recomendable es producirlo en el lugar de consumo.

6.3.3. Tapial

El tapial es una técnica que consiste en construir muros portantes con tierra compactada a golpes dentro de un molde de madera (En función de las dimensiones del molde - los más habituales son de 1.5 m de largo, 1 m de altura y 0.5 m de espesor - , pueden emplearse estabilizadores como la paja, la cal, el estiércol, etc.). El tapial transpira, es higroscópico, tiene capacidad de difusión a la vez que una buena capacidad de almacenar frío o calor, por lo que también se utiliza como aislante, resulta cálido y tiene una emisión radiactiva muy baja. Al igual que para el adobe, al estar constituido de un material abundante como lo es la tierra, su uso y desecho no crean problemas al medio, y sus costos energéticos son muy bajos. En el caso de no disponer de una tierra de óptima calidad, es preferible estabilizarla a transportar una mejor desde lugares lejanos.

6.3.4. Paja

La bioconstrucción con balas de paja está muy extendida en Canadá y Estados Unidos, donde existen normativas y manuales de obra producidos por agencias federales. Se trata de un material barato, de fácil adquisición, excelentes cualidades como aislamiento acústico y térmico, energéticamente óptimo. De hecho, no hay otro tipo de construcción que recoja tantos valores ecológicos como la construcción con paja. Se utiliza para muros de carga de construcciones unifamiliares o de servicio. Tiene una buena resistencia al fuego debido a su compactación, que elimina el aire interior que produciría la combustión.

Sin embargo, la construcción con balas de paja también tiene inconvenientes, pues requiere mano de obra especializada. Es vital que la paja no llegue a mojarse, pues puede pudrirse o enmohecerse. Además, hay que tener cuidado con los insectos y los roedores.

6.3.5. Adhesivos

La mayoría de adhesivos son termoplásticos o compuestos que se obtienen de recursos renovables. En lo que se refiere a sus aplicaciones y usos, son de gran ayuda a la hora de rehabilitar y rehacer muchos elementos constructivos, lo cual permite alargar su vida útil. Por el contrario, su reutilización es prácticamente imposible.

Entre los adhesivos obtenidos a partir de residuos renovables encontramos las colas de origen animal, como las derivadas de los colágenos, que se obtienen de restos de mataderos, o la cola de caseína, que se obtiene de las fosfoproteínas presentes en la leche. Las colas de origen vegetal pueden obtenerse del almidón, del caucho o de resinas naturales.

Los adhesivos derivados de recursos no renovables pueden ser de dos tipos: los termoplásticos adhesivos, generalmente formados por un polímero en solución o emulsión con un disolvente o agua, o los polímeros de compuestos que requieren calor o una reacción química entre dos o más componentes (p.e: resinas epoxi).

Los problemas ambientales de los adhesivos aparecen sobre todo en su fase de aplicación, ya que suelen utilizarse encapsulados entre otros materiales. Los riesgos son, entre otros, la inhalación de vapores de disolventes orgánicos y la irritación de la piel o de los ojos por contacto. Para algunos tipos de tableros de partículas de madera, se utilizan como aglomerantes, adhesivos que contienen formaldehídos que pueden introducirse en el ambiente interior de los edificios.

El cemento es uno de los productos más utilizados en la construcción. Sus materias primas proceden de recursos no renovables y su extracción tiene un notable impacto ambiental. En lo referente al proceso industrial, la obtención del clinker implica un elevado consumo de energía y grandes emisiones de gases y polvo. Por todo ello es necesario reducir su utilización. Otra opción consiste en utilizar cementos puzolánicos, que contienen materiales rechazados en otros hornos, lo cual supone la reutilización de residuos. Algunos fabricantes han empezado a reducir el impacto de sus instalaciones mediante molinos de baja emisión de polvo. El cemento más recomendable es el "Portland blanco" que no contiene hierro ni magnesio y si una mayor proporción de caolín y creta. Una alternativa al hormigón es el llamado biohormigón, que tiene la misma composición del hormigón convencional pero el aglomerante utilizado es la cal. En el hormigón aligerado se sustituye parte de la grava por otro árido ligero como la arlita o perlita, causando menor impacto ambiental y obteniéndose un producto mucho más liviano y con propiedades aislantes.

Para la fabricación del yeso, es preciso extraer piedra de yeso o tiza, lo cual produce un impacto en la cantera. Posteriormente, la piedra debe cocerse en hornos que tienen un alto consumo energético.

En cuanto al hormigón y los morteros, suman las virtudes y defectos de los áridos, los conglomerantes y el agua. La creciente utilización de aditivos nos permite realizar ahorros en algunos de los componentes citados, aunque no debe olvidarse que algunos de éstos tiene también efectos negativos. Las posibilidades de utilizar áridos reciclados reducirá en el futuro el impacto de estos materiales.

6.3.7. Aislantes

Los edificios intercambian calor y humedad con el medio exterior a través de sus suelos, techos y paredes. El uso de materiales aislantes retrasa estos intercambios y ayuda a mantener unas condiciones habitables en el interior de los edificios. Sin embargo, es importante utilizar los materiales aislantes como un complemento a la aplicación de los criterios de la bioconstrucción y no como soluciones en sí mismos.

Un buen aislamiento de los cierres de los edificios es el primer paso para reducir su consumo energético. Los materiales aislantes tienen orígenes y formas de presentación muy diferentes. En general se pueden considerar como materiales aislantes bioecológicos :

- Materiales aislantes de origen vegetal : fibras de madera, de celulosa, de Kenaf, de cañamo, de lino, de maíz, de coco, de yuta ; corcho (en planchas o triturado) ; caña palustre.
- Materiales aislantes de origen animal : lana de oveja.
- Materiales aislantes de origen mineral : Arcilla expandida, perlita expandida, vermiculita expandida, vidrio granular expansivo, pomex natural, cal-cemento celular, vidrio celular.

Otros materiales con posibilidades de uso son : plumas de ave, manta de algodón (producto de la transformación de restos de la industria textil), balas de paja, paja con cal, entre otros.

6.3.8. Áridos y granulados

Tanto las arenas como las gravas se obtienen de recursos naturales no renovables mediante actividades de extracción que tienen un impacto irreversible en la naturaleza. Asimismo, cabe añadir el consumo de energía que suponen dichas actividades y el transporte del material. Para mitigar el impacto negativo de las canteras, es preciso realizar acciones de mitigación durante el proceso de extracción y rehabilitarlas una vez terminada su explotación.

En cuanto a los áridos procedentes de excavaciones para la construcción de edificios o urbanizaciones, lo más indicado es reutilizarlos en la misma obra como rellenos para redefinir la topografía del lugar.

Otra posibilidad es utilizar granulados reciclados procedentes de los residuos pétreos de las demoliciones. En un edificio standard, el peso de los residuos pétreos varía entre el 95 y 98%. Esos residuos, convenientemente tratados en una central de reciclaje, se convierten en los granulados reciclados que podemos utilizar en subbases de vías o para la fabricación de hormigón de bajas resistencias.

6.3.9. Bloques diversos y piezas cerámicas

Los bloques de mortero o de hormigón están formados por una mezcla de agua, cemento y áridos. En cuanto al material en sí, presenta los mismos problemas que sus componentes. Los tratamientos a los que se les somete posteriormente con aire, vapor o en autoclave suponen gastos energéticos diferentes. Por ejemplo, los tratamientos que utilizan vapor crean el gasto más elevado. Algunos bloques incorporan como materia prima residuos procedentes de depuradoras de aguas residuales (barros).

Para los muros, normalmente cerámicos (de ladrillo, termoarcilla) hay muchas alternativas siempre aislados con aislamientos naturales (corcho, lino, cáñamo, celulosa y fibras vegetales, etc.).

6.3.10. Cerramientos practicables

Un cerramiento practicable debe permitir la ventilación del espacio, debe ser translúcido y debe actuar como aislante térmico y acústico. Todas estas funciones, que pueden parecer incluso contradictorias, deben conseguirse mediante la carpintería, los cristales y las persianas.

El material utilizado tradicionalmente para los cerramientos ha sido la madera. Actualmente, la oferta del mercado es mucho más amplia, así como las posibilidades de composición. La madera obtenida en explotaciones gestionadas de forma sostenible, preferentemente locales, continúa siendo el sistema más recomendado. La segunda opción son los perfiles de aluminio con ruptura de puente térmico, seguidos de los perfiles de acero. Un aspecto que se debe tener en cuenta en estos elementos es su conservación. En este sentido, la madera y el acero requieren tratamientos superficiales, a diferencia del aluminio.

Otro aspecto que debe considerarse es la conductividad térmica del material del marco y de las hojas batientes, ya que aunque el cristal desempeña un papel importante en este sentido, pueden obtenerse ligeras mejoras en el comportamiento térmico del cerramiento, como podemos ver en el siguiente cuadro:

Material	K perfil tipo	K cerramiento
Madera de conífera	1,3 Kcal/hm ² °C	2,4 Kcal/hm ² °C
Aluminio	4 a 6 Kcal/hm ² °C	3,6 Kcal/hm ² °C
Aluminio con ruptura puente térmico	2 a 3,5 Kcal/hm ² °C	2,8 Kcal/hm ² °C

6.3.11. Equipos de obra y medios auxiliares

La maquinaria utilizada en las obras suele ser ruidosa. Sin embargo, las labores de investigación de los fabricantes con objeto de construir aparatos más potentes y con mayores prestaciones incluyen a menudo mejoras que, pese a estar pensadas para el usuario, redundan en un menor impacto en el entorno de la obra. Los medios mecánicos deben ser preferiblemente movidos por combustible a gas metano o GPL y contar con tecnologías que eviten la transmisión de vibraciones peligrosas a las construcciones vecinas.

6.3.12. Equipos de ayuda a los diagnósticos

Los aparatos de diagnóstico nos ayudan a evaluar el impacto de los materiales y los edificios en general. Su uso está especialmente extendido en las rehabilitaciones e inspecciones de edificios existentes, pero también se emplean para controlar la calidad de las obras nuevas. El siguiente cuadro nos muestra una relación básica de estos aparatos.

APARATO	APLICACIONES
Sonómetro	Medición del nivel de intensidad sonora
Medidor Geiger	Detección de radiaciones iónicas
Luxómetro	Medición del nivel de intensidad de la luz
Termohigrómetro	Medición de la temperatura y la humedad relativa
Medidor de campos electromagnéticos	Medición de los campos creados por líneas eléctricas u otros aparatos
Medidor de iones del aire	Para medir uno de los parámetros de la calidad del aire del interior de los edificios
Medidores de HP	Análisis de la acidez o la alcalinidad de los líquidos
Termografía infrarroja	Detección de fugas de calor en las fachadas

El único material tradicionalmente usado para construir estructuras y que se obtiene de recursos renovables, es la madera, y a la vez es la que menos energía requiere para su transformación. En cualquier caso, para garantizar su conservación es preciso protegerla adecuadamente.

Por su parte, el acero requiere una gran cantidad de energía, se obtiene de recursos no renovables y su extracción produce un importante impacto ambiental. Además, las minas en las que se encuentra están alejadas de los centros de producción, hecho que incrementa el gasto energético debido al transporte. Por otra parte, al igual que la madera, debe protegerse cuando se coloca en ambientes agresivos. Presenta la ventaja de ser reutilizable y reciclable mediante procesos con un bajo costo económico. Existen en el mercado productos de fibra de vidrio, e incluso de fibras vegetales, pensados exclusivamente para sustituir al acero en el armado del hormigón.

Las estructuras de hormigón constituyen un buen complemento para la arquitectura solar pasiva, ya que, gracias a su masa importante, tienen una inercia térmica considerable. En cuanto a su diseño, la optimización de las secciones comporta una menor utilización de material. Por otra parte, en el caso de los elementos de hormigón armado, es importante estudiar bien el ambiente en que se colocan y prever el recubrimiento necesario para asegurar su protección y alargar su vida útil.

6.3.14. Impermeabilizantes

Los productos utilizados para impermeabilizar muros, cierres o cubiertas incluyen una gran variedad de materiales y formas de presentación. Su impacto ambiental también varía en función del proceso industrial empleado. Una posible clasificación sería:

Láminas plásticas: este nombre genérico incluye, entre otras, las láminas de polietileno. Las buenas cualidades fisicoquímicas de los diferentes tipos de plástico los hacen recomendables desde el punto de vista de la conservación y de la relación peso/resistencia. En cuanto a los defectos, se trata de productos que se obtienen de una fuente no renovable como el petróleo, que son difíciles de reciclar y que suelen contener muchos aditivos, que les confieren sus propiedades específicas, pero que también provocan problemas en el entorno.

Los impermeabilizantes formados por betunes y asfaltos se presentan como pastas selladoras, componentes de láminas y como pinturas. También se obtienen del petróleo, aunque son más fáciles de reciclar. Si se colocan como láminas, es preferible que no estén adheridas, ya que así se facilita su recuperación selectiva antes de las demoliciones y su posterior reciclaje.

Los elementos de caucho (para láminas o como selladores) pueden tener un origen natural o sintético. Los naturales se obtienen del látex de árboles tropicales y, tras pasar por diversos procesos, pueden utilizarse principalmente en pavimentos, aunque su poca resistencia a la oxidación, los aceites o los disolventes limita su utilización. Los elementos de caucho de origen sintético se obtienen del petróleo y pueden tener diferentes formas de presentación. Entre ellas, encontramos las láminas de EPDM o de butilo, los selladores como el neopreno y las siliconas.

6.3.15. Instalaciones de calefacción, climatización y ventilación

El consumo de energía que supone mantener los ambientes interiores en unas condiciones adecuadas (19° C en invierno y 23°C en verano) es el gasto energético más importante de los edificios, y causa uno de los mayores impactos sobre el medio ambiente, ya que se produce durante todo el período de funcionamiento de los edificios. Por ese motivo, el diseño de esas instalaciones está muy relacionado con el diseño del edificio en cuanto a la ventilación, la circulación interior del aire y los cierres exteriores. Un buen diseño debe permitir un ahorro considerable de energía. Las protecciones pasivas contra el sol y el estudio sobre el impacto del sol y la sombra son dos aspectos que un buen diseño debe tener en cuenta.

En cuanto a los elementos propios de las instalaciones, una buena división por zonas con sistemas de control, termostatos, programadores y otros elementos nos permitirán realizar un buen seguimiento de todo el sistema. El sistema de transmisión del calor y el frío desde los elementos productores hasta los focos emisores puede optimizarse utilizando tuberías y fluidos, siempre bien aislados, en lugar de conductos de aire. Además, los conductos suelen convertirse en focos de contaminación y entrada de elementos nocivos en los ambientes interiores, y requieren una constante supervisión de los filtros. Asimismo, es preciso controlar los humidificadores y las torres de refrigeración para evitar que se produzcan infecciones de legionela y que aparezcan hongos.

En cuanto a las instalaciones únicamente de calefacción, la utilización de la energía solar es una buena opción. En una vivienda unifamiliar, podemos conseguir que el sistema funcione de forma prácticamente

autónoma con unos 15 m² de paneles para calentar el agua y colocando un suelo radiante. Este tipo de instalaciones trabajan entre 25 y 135 °C, y el sistema de paneles garantiza agua por encima de los 45°C. Como sistema de apoyo, conviene disponer de un acumulador de agua caliente y una caldera convencional. Si se opta por el gas natural, las calderas con baja emisión de SO_x, NO_x y de alta eficiencia energética son las más indicadas. Un control adecuado del ambiente permitirá aprovechar al máximo las posibilidades de la instalación.

6.3.16. Instalaciones de gases e hidrocarburos

Entre los gases e hidrocarburos utilizados habitualmente en los edificios, encontramos el gas natural, el gas propano, el gas butano y el gasoil. Su combustión supone una emisión de CO₂, además son fuentes de energía no renovables. Generalmente, el objetivo final de estas instalaciones es obtener energía térmica (ya sea para calefacción, refrigeración, obtención de agua caliente o en aplicaciones de cocción). Un parámetro que debe considerarse es el rendimiento global, es decir, la relación que existe entre las necesidades térmicas que satisfacen y la energía disponible en el combustible utilizado. Así pues, la eficiencia energética de los equipos es un aspecto importante a la hora de hacer una elección. Otro aspecto importante es el paso de las instalaciones, que debe permitir realizar los trabajos de mantenimiento necesarios, y, en caso de estar oculto, debe disponer de registros.

En cuanto a las calderas, deben analizarse sus emisiones de combustión y su eficiencia antes de elegir las. Se recomienda que el nivel de emisiones de NO_x sea inferior a 100 mg/kWh. En lo referente al rendimiento, la Directiva 92/42/CEE establece una clasificación.

Los materiales más utilizados en las tuberías de conducción de gas en el interior de los edificios son el cobre, el acero negro y el polietileno. El cobre es actualmente el más utilizado, aunque el polietileno es preferible desde el punto de vista medioambiental, ya que mejora el sistema de montaje, la seguridad y la conservación de la instalación. El cobre y el acero negro tienen unos procesos de elaboración de alto consumo energético, y su extracción causa un grave impacto ambiental.

6.3.17. Instalaciones y elementos de protección y control

La regulación y el control de las instalaciones energéticas de la vivienda son una buena oportunidad para reducir su consumo. La aplicación de la domótica permite controlar a distancia la calefacción, las persianas, la detección de fugas de agua y otros elementos. El sistema se completa con termostatos, sensores de luz ambiental y otros dispositivos.

En cuanto a las instalaciones de protección, los sistemas de alarma pueden formar parte del sistema domótico. Como sistemas de protección contra incendios, en las instalaciones de columnas secas o redes de mangueras o rociadores, pueden aplicarse las mismas indicaciones de las instalaciones hidráulicas (ver numeral 6.3.20). Respecto a los extintores, no debe olvidarse que los de halón (gas destructor de la capa de ozono) ya no se fabrican y que deben ir eliminándose gradualmente los que todavía siguen en uso. Lo mismo sucede con las instalaciones fijas de este gas. Entre los detectores de fuego, los termovelocimétricos son preferibles a los iónicos, ya que estos últimos contienen elementos radiactivos (de muy baja actividad).

6.3.18. Instalaciones de elevación y transporte

Cuando hablamos de instalaciones de transporte nos referimos principalmente a los ascensores y los montacargas. Los parámetros que deben considerarse a la hora de elegir estos elementos son aquéllos relacionados con el consumo de energía de la maquinaria, y todo lo relacionado con la emisión de ruidos, tanto de la maquinaria como del resto de los mecanismos.

6.3.19. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas deben seguir tres principios:

- Evitar el PVC, minimizar los campos eléctricos y magnéticos, y buscar la eficiencia energética. Algunas alternativas para el cableado son el uso de polietileno, polipropileno o una mezcla de ambos – recordando siempre pedir material libre de halógenos o de baja emisión de humos.
- Para minimizar la contaminación eléctrica es imprescindible una buena toma de tierra de menos de 5 ohmios a la que deben conectarse todas las tomas de enchufes y luminarias; los circuitos deben derivarse del cuadro en estrella, nunca en anillo; deben evitarse aparatos de gran consumo, es conveniente instalar el desconectador automático (bioswitch).
- En cuanto a la iluminación, deben utilizarse bombillas de bajo consumo o fluorescentes equipados de balastro electrónico. Además, las lámparas cuyo espectro imita la luz solar ayudan a evitar trastornos derivados de la falta de luz natural.

Antes de diseñar una instalación eléctrica, es preciso evaluar las posibilidades de aprovechar la luz natural para la iluminación, que dependen en gran medida del diseño global del edificio. La red interior debe diseñarse pensando en los diversos usos que vaya a tener y distribuyendo los circuitos por zonas.

En la elección de las luminarias, debe darse la máxima prioridad a la eficiencia energética. Las de carcasa metálica son preferibles a las de plástico, y las reflectantes son mejores que las difusoras. En cuanto a las lámparas, las de bajo consumo y larga duración son las más recomendables. Como criterio general, las fluorescentes son preferibles a las halógenas y a las de incandescencia. Entre las de fluorescencia, son preferibles las de balastos electrónicos de alta frecuencia y recubrimiento trifósforo. En cuanto a los aparatos que conectamos a la red, existen opciones que permiten reducir el consumo global. Deben evaluarse su eficiencia, su consumo anual de energía y otras características, que deberán facilitar los fabricantes.

6.3.20. Instalaciones hidráulicas

El primer aspecto que se debe considerar cuando se habla de la instalación de agua es el consumo. Por tanto, es importante priorizar los aparatos que permitan reducir el consumo. En el mercado pueden encontrarse desde grifos hasta mecanismos de descarga para sanitarios, que permiten realizar un ahorro importante.

En cuanto a las instalaciones de saneamiento, en primer lugar deben separarse las aguas negras de las aguas de lluvia para poder aprovechar estas para el riego, las piscinas o cualquier otra aplicación. Debe estudiarse un sistema que permita reciclar las aguas grises, es decir, las procedentes de lavadoras o lavabos, y reutilizarlas, por ejemplo, en las cisternas de los sanitarios. En cuanto a los materiales utilizados, ya sea en bajantes o tuberías de mayor diámetro, el hormigón centrifugado y los materiales de cerámica tienen un impacto ambiental menor que los plásticos, el acero galvanizado y el cobre.

Como ya se ha mencionado, los plásticos derivados de la química del cloro, con el PVC a la cabeza, son perjudiciales para la salud y el medio ambiente durante todo su ciclo de vida, y en caso de incendio liberan ácido clorhídrico y otros gases tóxicos. Los plásticos no clorados son especialmente indicados para las tuberías de distribución de agua: no se pueden corroer, se averían menos, son más silenciosos y aíslan mejor la temperatura. Probablemente estos plásticos están destinados a desplazar totalmente al cobre. Entre estos, el polipropileno y el polietileno son mecánicamente más resistentes que el PVC, duran más, se pueden reciclar, su producción es menos contaminante que la de otras alternativas como el cobre o el acero, y además se ensambla fácilmente y no requiere el uso de ligantes tóxicos.

6.3.21. Pavimentos

Debe darse preferencia a los pavimentos interiores obtenidos a partir de materiales renovables como el linóleo, la madera de bosques sostenibles, el corcho o los tejidos naturales. Un aspecto que debe controlarse en estos pavimentos es su recubrimiento protector y los ligantes que a menudo se utilizan para colocarlos. No es recomendable utilizar maderas tropicales, ya que su transporte resulta muy caro y actualmente es difícil lograr que su producción se realice de forma sostenible.

Entre los materiales de origen pétreo, son preferibles aquéllos procedentes de canteras próximas, pues se reduce el impacto que causa su transporte. Estos materiales, después de triturarlos, presentan la ventaja de ser duraderos y reciclables como material de relleno o en subbases de vías. Se recomienda utilizar piedras naturales en lugar de la cerámica, ya que la energía consumida en la elaboración de las piezas es menor en el caso de las piedras.

Para pavimentos exteriores, debe darse prioridad a los pavimentos verdes (analizando el impacto que puede suponer su mantenimiento) y a los greses naturales. Aparte de estos materiales, pueden utilizarse también las piedras naturales, la cerámica, los prefabricados de hormigón y los pavimentos continuos de hormigón. Los derivados del petróleo, como el asfalto y toda la gama de pavimentos sintéticos, son los materiales menos recomendables.

En el mercado, pueden encontrarse también aplicaciones en las que la materia prima son materiales reciclados, como por ejemplo, plásticos o granulados. Se trata de aplicaciones interesantes en tanto que suponen la reutilización de residuos. Los pavimentos más empleados en bioconstrucción, son las baldosas de barro, la tarima de madera y la losa de piedra natural, todos tratados con aceite de linaza y cera de abeja.

6.3.22. Piezas cerámicas

La cerámica es un material tradicional que se obtiene de recursos no renovables y cuyo proceso de cocción

supone un gasto energético considerable, ya que requiere temperaturas del orden de los 1000°C. Sus ventajas medioambientales radican en su durabilidad y en sus bajos costos de mantenimiento. En función de sus características, pueden combinarse sus funciones de cierre con las de elemento de estructura vertical, permitiendo un notable ahorro de recursos. Asimismo, su tamaño y los sistemas de colocación reducen el gasto en mortero.

6.3.23. Placas, planchas y tableros

Existen placas, planchas y tableros de diversa composición. Los contruidos con materiales orgánicos permiten aprovechar de forma muy eficiente los recursos. Por el contrario, los de origen inorgánico utilizan recursos no renovables. Están empezando a salir al mercado tableros realizados con materiales reciclados. En general, el principal problema desde el punto de vista del ambiente son los ligantes y los adhesivos utilizados como aglomerantes, aunque pueden encontrarse tableros aglomerados con materiales que tienen un impacto muy reducido o nulo. Presentan la ventaja de ser fácilmente reciclables.

6.3.24. Pinturas, revestimientos, acabados y protectores

Hay algunas pinturas y barnices preparadas con componentes naturales (pigmentos de origen mineral y vegetal) y de baja toxicidad. Así mismo las hay con etiquetas ecológicas, como la etiqueta ecológica de la UE y el Distintivo de Garantía de Calidad Ambiental. En cuanto a su composición y su origen, las pinturas naturales son preferibles a las acrílicas con base acuosa, y éstas a las sintéticas.

Entre las opciones para revestimientos de paramentos verticales y horizontales, las soluciones constructivas que utilizan placas o planchas son mucho más reciclables. Por otra parte, los que se aplican en forma de pastas son prácticamente no reutilizables con la tecnología actual. Debe darse prioridad a las soluciones que permitan una buena reciclabilidad, como los montajes en piezas y las sujeciones con tornillos, ya que las colas o los adhesivos presentan más dificultades en este sentido.

El material más utilizado en los revestimientos interiores es el yeso. Como todos los materiales pétreos, su extracción provoca un gran impacto ambiental, pero, en este caso, su consumo permite un fuerte ahorro energético. Por otra parte, su higroscopicidad hace que actúen como reguladores de la humedad interior. Los morteros presentan una problemática similar. El mortero de cal, se confecciona utilizando como aglomerante la cal (carbonato cálcico) obtenida mediante la cocción en hornos de las piedras calizas naturales. Un 20% de la superficie terrestre está cubierta de roca caliza. En general, los morteros de cal presentan las siguientes propiedades: transpiran, son muy higroscópicos, tienen gran capacidad de difusión y gran elasticidad y presentan buenas cualidades bióticas. Además, la cal tiene propiedades desinfectantes. Su principal inconveniente es su lento fraguado o endurecimiento, con poca resistencia mecánica inicial, lo que ha provocado que en la actualidad hayan sido sustituidos por morteros de cemento.

Los embaldosados son resistentes pero poco reciclables. La problemática de su composición es la misma que la que presentan la piedra natural o la cerámica.

Entre los fungicidas e insecticidas, encontramos las sales hidrosolubles y compuestos químicos que deben aplicarse con disolventes. Entre las sales, las de boro no desprenden ningún tipo de elemento tóxico, aunque necesitan un tratamiento hidrófugo para protegerlas del agua. Entre las aplicadas con disolventes, el dieldrin, el endrin, el DDT o el pentaclorofenol se han prohibido o tienen usos muy restringidos. Sus sustitutos, como la permetrina, presentan una toxicidad muy baja.

6.3.25. Tratamientos para la madera

La problemática que presentan los protectores de la madera es su toxicidad. Ésta procede tanto de los disolventes utilizados al aplicarlos como del propio principio activo. A la hora de elegir el disolvente, es preferible el agua a los compuestos orgánicos (por ejemplo, el *white spirit*). A menudo, las condiciones de aplicación nos condicionan en el momento de elegir: los hidrosolubles se aplican en autoclave y los disolventes orgánicos pueden aplicarse con pincel o inyectándolos.

6.3.26. Vidrios

Los cerramientos son un aspecto importante de la vivienda bioclimática, porque actúan como captadores de energía solar. Se deben ubicar principalmente en la fachada mas soleada, y también en la cubierta. Deben contar con sistemas que permitan su oscurecimiento o cubrimiento para que la casa no esté siempre excesivamente soleada, sobretodo en el verano.

A pesar de que su producción supone un elevado gasto de energía (los hornos de fundición trabajan a 1500 °C), y la explotación de recursos no renovables para obtener las materias primas, el cristal es un elemento difícilmente sustituible pues ofrece beneficios importantes como la posibilidad que ofrecen de

disponer de luz natural en el interior de los edificios y su fácil reciclabilidad. Cabe decir también que se trata de un material muy resistente a los productos químicos. Si se utilizan en los cierres, se deben utilizar cristales dobles con cámara, sistema que permite un notable ahorro energético.

6.3.27. Pisos de planta baja

Es conveniente aislar el piso de la planta del terreno. En bioconstrucción se realizan pisos aireados. Este sistema consiste en crear un espacio vacío entre el terreno y el piso.

6.3.28. Cubiertas

Las cubiertas inclinadas de teja tradicional son óptimas en bioconstrucción, únicamente hay que asegurarse que la teja sea mixta, para permitir la ventilación de la cubierta por convección. Esto evitará humedades y la pudrición de la base sobre la que se asienta la teja (normalmente madera, o bien tableros de fibras vegetales con o sin aislantes incorporados). Una cubierta ventilada, además, asegura la transpiración natural de la vivienda, creando un ambiente sano en el interior.

6.3.29. Tratamiento de residuos

Es también importante en una casa bioclimática, la gestión adecuada de residuos, separación de aguas negras y grises, compostaje, depuración. Con un sistema adecuado, y de bajo costo en comparación con las ventajas que genera, podemos eliminar completamente los pozos sépticos y la contaminación biológica.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las principales pautas y materiales de bioconstrucción.

Pautas de bioconstrucción	Materiales de bioconstrucción
Ubicación adecuada <ul style="list-style-type: none"> • Correcta orientación solar. • Evitar campos electromagnéticos. • Evitar campos eléctricos. • Estudio geobiológico del asentamiento. • Evitar alteraciones geológicas fallas y corrientes de agua. 	Estructura y cerramientos: Bloques y ladrillos de tierra cocida. Bloques de tierra estabilizada. Tierra prensada y adobes. Madera. Piedra
Materiales Ciclo de vida sostenible: <ul style="list-style-type: none"> • Extracción respetuosa. • Reducida transformación. • Cercanos al lugar. • Naturales. • Reciclables y/o reutilizables • Reciclados. • Biocompatibles. 	Paramentos y morteros Cal hidráulica y cal grasa. Yeso. Arcilla. Madera.
Eficiencia energética <ul style="list-style-type: none"> • Captación solar. • Inercia térmica. • Aislamiento adecuado. • Integración energías renovables. • Sistemas de aclimatación natural (arq. Bioclimática) 	Aislantes Fibras naturales (cáñamo, lino, algodón, corcho, paja, celulosa, coco). Arcilla expandida.
Gestión de residuos	Acabados Pinturas al silicato y a la cal. Barnices naturales con base de linaza.
Gestión eficiente del agua	Conducción de aguas Polietileno de alta densidad. Cerámica. Plásticos no clorados (polipropileno-polietileno). Polibutileno.
	Pavimentos Barro cocido. Suelos continuos de mortero. Madera.

La sostenibilidad de un producto, se trate de un material o de un edificio, es valorada mediante un atento análisis de su "biografía", que analiza todas las fases del ciclo de vida (preproducción, producción, empleo y eliminación), según una metodología consolidada, reconocida y sometida a normas (Normas de la serie ISO 14040) a nivel internacional: la Life Cycle Assessment (LCA), definida precisamente como análisis del ciclo de vida y balance ecológico.

La **calidad ecológica de un producto** se define en relación a la reducción de los efectos medioambientales asociados a todas las fases de su vida útil, en términos de consumo de energía y de recursos naturales, y en términos de liberación ambiental (producción de residuos, desechos y emisiones contaminantes). Una marca ecológica es, por tanto, una forma de garantía "regulada por normas" que caracteriza a la calidad bio-ecológica de un producto, certificando que ese producto posee todos los requisitos de compatibilidad ambiental, de no nocividad y de funcionalidad definidos en los reglamentos de referencia.

Gracias a la actividad de asociaciones y de entes independientes de investigación, que han definido y promovido criterios de análisis de los materiales y de los ciclos productivos, que se refieren a una aproximación de tipo sostenible, desde hace algunos años están presentes en el mercado algunas marcas de certificación de la calidad bioecológica de los productos para la construcción. Existe, por ejemplo, la marca de calidad bioecológica ANAB-IBO-IBN, que es una reconocida etiqueta que certifica las características de bio-eco-compatibilidad de los productos y los materiales para la construcción en Italia, además de la marca Europea Ecolabel que concierne a algunas categorías de productos.

Los requisitos prestacionales de los materiales y de los productos son después verificados y evaluados dentro de un sistema más complejo representado por todo el organismo de construcción y, por tanto, junto a las certificaciones de producto se están desarrollando procedimientos de valoración y certificación del edificio. En los últimos diez años ha sido llevada a cabo a nivel internacional una intensa actividad de investigación dirigida al desarrollo de sistemas de certificación energética medioambiental para la valoración de la calidad ecológica de los edificios.

Se trata de instrumentos operativos que permiten determinar el impacto medioambiental de una construcción durante todo su ciclo de vida, mediante la atribución de una puntuación de rendimiento al edificio que permite la clasificación del mismo en una escala de calidad fácilmente comprensible y comunicable. También en Italia han sido propuestos instrumentos de este tipo como por ejemplo las "Líneas Guía para la Arquitectura Sostenibile" desarrolladas y promovidas por ANAB que, paralelamente a la certificación del producto, propone una marca de calidad energética medioambiental para el edificio. El empleo de este tipo de certificación permite definir de manera objetiva y medible el rendimiento medioambiental de un edificio, convirtiéndose en un válido instrumento en la toma de decisiones para proyectistas, usuarios e inversores.

6.4.1. ecoetiquetas

Las etiquetas ecológicas o ecoetiquetas son logotipos otorgados por un organismo oficial que nos indican que el producto que la lleva tiene baja incidencia mediambiental y que, por tanto, es más respetuoso con el entorno que otros productos que hacen la misma función. Son de carácter voluntario y, generalmente, cuentan con el soporte de las ACV (Análisis de Ciclo de Vida) del producto.

Para cada categoría de productos hay unos criterios ecológicos que permiten la evaluación y concesión de la ecoetiqueta, que es válida durante un periodo máximo de tres años. El producto está siempre bajo control del organismo que otorga la ecoetiqueta.

Las principales Ecoetiquetas reglamentadas son:

- **Distintiu de Garantia de Qualitat Ambiental**: Es una marca creada por el Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Catalunya para garantizar el respeto al ambiente de determinados productos. Hasta ahora, el Departament de Medi Ambient tiene establecidos criterios ecológicos de los productos o categorías de productos siguientes: moldes y productos de papel y cartón reciclados y sin cloro, pantallas acústicas para el tráfico, productos de plástico reciclado, productos y sistemas que favorecen el ahorro de agua, productos y transformados de corcho.

- **AENOR Medio Ambiente**: Gestionada por AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación. Es de carácter voluntario y selectivo y está basada en los ACV (Análisis de Ciclo de Vida) del producto. Hasta ahora, AENOR tiene establecidos criterios ecológicos para: Módulos fotovoltaicos, Pinturas y barnices (norma UNE 48300:1994 EX).

- **Etiqueta ecológica de la Unión Europea - EU Ecolabel**: Es un sistema para identificar los productos más respetuosos con el medio ambiente, único y válido para todos los estados miembros de la Comunidad Europea. El esquema del sistema de Etiquetado Ecológico Europeo se basa en el Reglamento (CEE) núm.880/92, de 23 de marzo de 1992. Hasta ahora se han establecido criterios ecológicos de los productos o categorías de estos productos: Barnices, Bombillas eléctricas, Mobiliario (en desarrollo), Pinturas, Tejas cerámicas.

- **Ángel Azul - Umweltzeichen Weil...**: "Angel Azul" es la marca alemana concebida para distinguir los productos con baja incidencia sobre el ambiente durante su ciclo de vida. Cada producto, según cual sea su categoría, tiene la etiqueta con el logotipo de "Angel Azul" y con el texto a su alrededor que especifica su categoría. Hasta ahora, se han establecido criterios ecológicos de los productos o categorías de productos siguientes: barnices, calentadores de gas y conducciones, calentadores especiales, materiales de construcción hechos con plástico, con vidrio y con papel reciclado, materiales de madera con baja presencia de formaldehído, material fonoabsorbente, papel de pared, plafones de madera con baja emisión de formaldehído, plafones de vidrio multicapa aislantes, plafones solares, pinturas.

- **Certificación FSC (Consejo de Gestión Forestal)**: El FSC es una asociación formada por representantes de la industria de la madera, propietarios forestales, grupos indígenas y ONGs. La certificación FSC se centra sobre la masa forestal y promueve una gestión forestal sostenible que sea medioambientalmente aceptable, socialmente beneficiosa y económicamente viable. FSC certifica bosques, madera y derivados forestales de todos los bosques del mundo. El FSC acredita la calidad de la producción y el producto y su cadena de custodia, es decir, el control de que la madera viene de un bosque sostenible.

- **PEFC (Certificación Forestal Paneuropea)**: El PEFC es una iniciativa del sector privado forestal, basada en los criterios e indicadores emanados de las Conferencias interministeriales de Helsinki (1993) y Lisboa (1998) para la protección de los bosques de Europa. PEFC certifica madera de los bosques europeos y

ofrece un marco para el establecimiento de sistemas de certificación nacionales comparables y su mutuo reconocimiento pan-europeo.

- **Cigne Escandinau - Miljömärkt Swan**: Es una certificación común en los países escandinavos (Suecia, Noruega, Finlandia, Islandia y Dinamarca) y está coordinada por el Nordic Ecolabelling, que decide los grupos de productos y los criterios para conceder la certificación. Hay muchos certificadores nacionales que evalúan la posibilidad de que un producto pueda conseguir la certificación, antes de que éste llegue al Nordic Ecolabelling . Tiene establecidos criterios ecológicos de los productos o categorías de productos siguientes: adhesivos, materiales textiles, materiales para pavimentos, muebles de madera, plafones para construcción, productos para el mantenimiento de pavimentos, sistemas cerrados de WC.

- **NF Environnement**: Es una marca voluntaria de certificación concedida por AFNOR (Association Française de Normalisation). La NF certifica que un producto industrial o de consumo cumple las características de calidad definidas por las normas Francesas, Europeas e internacionales. La marca se evalúa con análisis de ciclo de vida del producto (ACV), su concesión se materializa con la etiqueta que certifica la calidad mediambiental del producto, y que se controla periódicamente. Hasta ahora, AFNOR tiene establecidos criterios ecológicos de los productos o categorías de productos siguientes: cola para revestimientos del suelo, economizadores de agua, elementos de compostaje para jardines, pinturas, barnices y revestimientos para interiores y fachadas.

- **Environmental Choice**: Es una marca canadiense certificada por la Environment Canada's Independent Technical Agency. Certifica productos y servicios que ahorran energía, que utilizan material reciclado o que pueden reutilizarse.

- **ANAB-IBO-IBN**: Es la marca italiana para productos bioecológicos certificada por la ANAB (Associazione Nazionale Architettura Bioecologica), en colaboración con institutos extranjeros como el Institut fur Baubiologie di Neubeuern, en Alemania, y el Osterreichisches Institut fur Baubiologie und-okologie, de Viena. Certifica productos del sector de la construcción como bloques, paneles, productos cerámicos, entre otros. También desde 2006 certifica productos del sector de los muebles bioecológicos, en particular del sector escolar infantil.

7. EFICIENCIA ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS

Para llevar a cabo un uso eficiente de la energía y de su conservación, se tendrán que considerar los siguientes aspectos en la construcción de los edificios:

- Aislamiento y ventilación;
- Sistemas de control de la energía en los edificios y otros controles automáticos;
- Uso de monitores y gestores energéticos;
- Control por computador de la iluminación, temperatura y condiciones climáticas;
- Desarrollo en aplicaciones de baja energía y tecnologías limpias;
- Fuentes de energía renovable;
- Diseño basado en un consumo bajo de energía y planificación para una eficiencia energética [WWF, 1993].

7.1. DIRECTIVA 2002/91/CE – EFICIENCIA ENERGETICA DE LOS EDIFICIOS

La Directiva 2002/91/CE relativa a la eficiencia energética de los edificios esta ligada a la aplicación del protocolo de Kyoto, ya que se establece como una de las principales medidas de actuación para la reducción de emisiones. ES necesario tener bien presente que el sector de la vivienda y de los servicios absorbe más del 40% del consumo final de energía de la Comunidad y se encuentra en fase de expansión.

A grandes rasgos se puede resumir el texto de la Directiva en cinco puntos clave:

- Establecimiento de un marco general para una metodología de cálculo de la eficiencia energética del edificio. Esta metodología debe integrar varios aspectos como las características térmicas de los edificios, instalaciones de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, ventilación, energías renovables, etc.
- En base a la metodología acordada, se aplicaran los requisitos mínimos de eficiencia energética en edificios nuevos y en edificios con superficie útil total superior a 1.000 m² en los que se realicen reformas sustanciales, y serán revisados en intervalos no superiores a 5 años.
- En la construcción, venta y alquiler de edificios, se pondrá a disposición del propietario, comprador o inquilino un Certificado de Eficiencia Energética, con una validez no superior a los 10 años. El certificado tendrá que estar instaurado, como máximo, el 4 de enero de 2009 (a pesar de que el artículo 15 fija como fecha tope el 4 de enero de 2006, se establece un periodo adicional de 3 años para este punto).
- Se establece una inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado, así como una evaluación del estado de las instalaciones de calefacción con calderas de más de 15 años. Estas inspecciones tendrán que estar instauradas el 4 de enero de 2009 (acogiéndose al período adicional del artículo 15)
- Para la facturación a los ocupantes de los edificios, los gastos de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria serán calculados en proporción al consumo real. Además, los usuarios tienen que poder regular su propio consumo.

La complejidad del proceso de certificación obligará a la utilización de un programa informático capaz de desarrollar con fiabilidad la metodología de cálculo establecida por el Estado.

En relación a la aplicación de la certificación, la Directiva no es clara en cuanto al parque de edificios existente. Aún cuando el artículo 7 obliga a su presentación cuando los edificios sean construidos, vendidos o alquilados, se podría interpretar que sólo es de aplicación a los edificios de nueva construcción o cuando se realicen reformas importantes en edificios de más de 1000 m² de superficie útil, pero no cuando, por ejemplo, se venda o se alquile un edificio construido antes de la entrada en vigor de la Directiva.

Obviamente, la certificación de edificios antiguos es aún más compleja que la de los nuevos, pero parece poco efectivo dejar de lado el enorme parque de edificios ya construidos y con evidentes signos de baja eficiencia energética. Sin duda, su mejora supondría un ahorro superior al logrado por la obra nueva. Quizás sería bueno articular un sistema más sencillo de certificación para este caso.

7.2.1. Climatización es energía

Todo sistema de climatización consume energía, ya sea ésta del tipo no renovable (la mayoría de los casos) o renovable. Cuanta más energía necesitamos para alcanzar y mantener las condiciones de confort en un edificio menos eficiente será su sistema de climatización (en términos energéticos) y mayor será su impacto ambiental. El consumo de energía de un sistema de climatización depende, dados un clima y unas condiciones de sitio determinados, de los siguientes parámetros:

- 1) Diseño del edificio considerado en su orientación, forma, materiales tipo y dimensión de vanos y carpinterías, etc.
- 2) Utilización de mecanismos de aislamiento e inercia térmica
- 3) Tipos de infiltraciones y ventilación
- 4) Usos y costumbres de los usuarios
- 5) Disponibilidad de sistemas de gestión

7.2.2. Impacto ambiental

El uso de energías no renovables comporta la explotación constante de recursos naturales que estamos agotando y no podremos reponer. Emplear energías no renovables es también lanzar al aire grandes emisiones de CO₂, causa principal del cambio climático que sufrimos (aumento de temperatura, dehielo, temporales, inundaciones, etc.).

El consumo energético de climatización en una vivienda estandar, supone el 45% de la energía y el 39% de las emisiones de CO₂ asociadas totales. Por tanto se debe:

- 1) Diseñar el sistema de climatización para el mínimo consumo energético
- 2) Utilizar el máximo posible de energías renovables.

7.2.3. Clima y climatización

Los edificios son barreras a la lluvia, al viento y a veces filtros sutiles a la luz y al calor. Muchos de ellos se proyectan ignorando las condiciones del clima, y luego su climatización se resuelve solo a través del consumo energético. Cada uno de los tipos climáticos (cálido-seco, cálido-húmedo, frío, templado, etc.) implica una caracterización básica que permite plantear las grandes líneas arquitectónicas. Así mismo es importante conocer el microclima y las condiciones del entorno inmediato (una pendiente al Sur o al Norte puede significar más de 3º C de diferencia de temperatura, por ejemplo). El sol, el viento y la lluvia no deben ser ignorados sino tenidos en cuenta en el proyecto, pues allí comienza la estrategia de climatización del edificio.

7.2.4. Parametros del confort

El clima depende basicamente de cuatro parámetros objetivos: **temperatura del aire, radiación de las superficies, humedad relativa y velocidad del movimiento del aire**. La combinación correcta entre los cuatro (y no solo entre temperatura y humedad del aire) crea las condiciones de confort humano que pueden establecerse con temperaturas de aire entre 15°C y casi 30°C. No obstante, hablar de clima es también hablar de la forma que cada uno de nosotros lo percibe, que varía de cultura en cultura, y hasta de persona en persona. Una climatización bien resuelta debería permitir la regulación de los cuatro factores objetivos y además disponer de suficiente flexibilidad (regulación, confort, sectorización, etc.) como para adaptarse a distintos usuarios.

7.2.5. Mas energias renovables

Estamos acostumbrados casi exclusivamente a la electricidad y al gas como las fuentes de energía, aunque el futuro está en aquellas otras que tienen origen en el sol: eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, biogas, biomasa, etc. Estas fuentes de energía, además de no agotar recursos ni contaminar, son las que más crecen en todo el mundo: eólicas, 30%, fotovoltaica 21,5%(mientras tanto el gas natural lo hace en un 2,2%, el petróleo en 1,3%, y las nucleares en 0,6%). Si bien aún no es posible hablar de una sustitución energética sostenible total, las renovables cada vez se usan más, gracias al desarrollo competitivo del sector, el afloramiento de los costos ambientales de las no renovables y las ayudas económicas que ofrecen algunas instituciones.

7.2.6. Menos energias fosiles y nucleares

El pico máximo del petróleo se sitúa en 2010, y a partir de allí habrá menos crudo y cada vez será más caro. La alternativa nuclear, como sabemos, implica graves riesgos de escapes radiactivos y la generación de residuos peligrosos, también radioactivos durante milenios. Es urgente entender que ya estamos frente a un cambio energético que implica asumir la racionalización del uso de la energía y el desarrollo de las energías renovables.

Es importante considerar que hay energías no renovables más eficientes que otras: un kWh eléctrico

supone entre 2 y 2,5 veces más emisiones de CO₂ que la misma potencia térmica generada por gas natural o gasóleo, que aún puede optimizarse mediante sistemas de cogeneración (energía y calor), por ejemplo.

7.2.7. Evaluación energética

Hasta hace poco tiempo predecir la demanda y el consumo energético de la climatización (también de la iluminación, los materiales, etc.) de un edificio requería largos y complejos estudios. Actualmente y gracias al desarrollo de programas informáticos ("Transis", "Calener", "Lider") es posible simular el comportamiento energético de un edificio en menos tiempo y de forma más accesible. Una vez "construido" un edificio virtual mediante estos programas (y en forma paralela al proceso del proyecto) sabemos cuánta energía necesitará para funcionar. Jugando con su orientación, tipo de envolvente, uso, parámetros de confort, sistema de climatización, etc. podemos optimizarlo sucesivamente hasta encontrar las alternativas energéticamente más eficientes, que aportarán ahorros ambientales (y económicos) muy significativos durante toda su vida útil.

7.2.8. Orientación del edificio

El rechazo o la captación de energía por parte de las diferentes fachadas del edificio a lo largo de las estaciones del año, junto con la resolución constructiva del mismo (vanos, tipos de acristalamiento, aislamiento e inercia térmica, etc.) en cada una de las orientaciones, puede aumentar o reducir significativamente las necesidades de calefacción y refrigeración de manera que la demanda energética disminuya sin sacrificar el confort. (Ver 5.2.2.)

7.2.9. Consideraciones sobre la envolvente

La piel del edificio es una interfaz energética. Puede captar o rechazar la energía solar, conservar o disipar la energía del sistema de climatización artificial, ayudar o perjudicar a una correcta ventilación natural, factores todos que repercutirán sensiblemente en las necesidades energéticas de climatización. Existen numerosos mecanismos para resolver correctamente la envolvente pero cuyo conocimiento y uso son aún incipientes. El diseño de la protección solar, la disposición del aislamiento, el aprovechamiento del muro como colector y almacenador de calor, la cubierta como captadora de energía térmica y fotovoltaica, la utilización de acristalamientos selectivos y otros filtros solares y los mecanismos de refrescamientos de la estructura por ventilación natural y forzada desde las fachadas frías, entre otros, pueden ayudar a disminuir las necesidades de climatización artificial. (Ver 5.2.)

7.2.10. Aislamiento térmico: conservación de la energía

El aislamiento se constituye en el primer mecanismo térmico que preserva condiciones de confort regulando el intercambio energético entre el ambiente interior y el exterior, disminuyendo las transferencias térmicas por transmisión de la envolvente (soleras, muros, y cubiertas) y la eliminación de puentes térmicos combinada con el doble acristalamiento con cámara de aire (considerando un 25% de la superficie de fachadas) se puede ahorrar hasta un 27% en consumo de calefacción (11% por aumento del aislamiento y 16% por doble acristalamiento). Tal reducción implica un 11% menos de energía y un 9% menos de emisiones de CO₂ totales para el caso de vivienda estándar.

7.2.11. Inercia térmica: uso diferido de la energía

La inercia térmica es la capacidad que tienen las grandes masas de materiales de alta densidad (estructura de hormigón, muros de ladrillos, etc.) para conservar la energía térmica que les llega y liberarla en tiempo diferido, colaborando a disminuir las demandas de calefacción y de refrigeración. Mecanismos tales como el invernadero o el muro trombe, valiéndose de la conductividad térmica y del espesor de los diferentes materiales, permiten administrar la energía solar con retardos de factor 0,3-0,7, de manera tal que ésta es absorbida cuando el calor sobra en el ambiente y, por el contrario, es emitida cuando hace falta.

7.2.12. Mecanismos para el control solar

Lo primero que hay que hacer con la radiación solar excesiva, en vez de contrarestarla con refrigeración, es evitarla. Allí donde la radiación solar es elevada en gran parte del año, la sombra es imprescindible. Esto se olvida a veces y no se tiene en cuenta el ejemplo de la arquitectura tradicional que contaba con gran cantidad de filtros que permitían reducir o tamizar gran parte de la radiación. Un mismo estudio de potencia frigorífica, dependiendo del tipo de edificio y acristalamiento, puede dar una necesidad de refrigeración (y por tanto energía) de hasta un 50% menores si hay mecanismos de protección solar.

7.2.13. La buena ventilación

Mecanismo térmico algo olvidado, que puede ayudar a eliminar el calor excedente. Tradicionalmente se ha utilizado la ventilación para aumentar la velocidad del movimiento del aire y la disipación del calor del cuerpo, pero actualmente contamos con nuevas aplicaciones que permiten bajar sustancialmente la temperatura interior de verano a través de:

- 1) Inyección natural o forzada de aire de la fachada fría (ventilación cruzada direccional) o enfriado naturalmente (por evaporación de agua, túnel bajo tierra, etc.)
 - 2) Ventilando de la misma manera la estructura del edificio (por exposición de la misma al ambiente interior, mediante forjados alveolares ventilados, etc.).
- Ambas alternativas han hecho posible prescindir del aire acondicionado, aún bajo temperaturas de hasta 28°C y humedades relativas del orden del 50-60%. (Ver 5.2.5.)

7.2.14. Sistemas de calefacción

Agotadas las posibilidades de la calefacción natural (mecanismos de iveradero, muro trombe, trampas de aire caliente, etc.), **la elección del sistema de calefacción es muy importante para la eficiencia energética.** Las alternativas más eficientes son las que utilizan energías renovables (biogás, solar térmica, biomasa), calderas centralizadas de alto rendimiento de condensación a gas, bajas temperaturas de funcionamiento e inercia térmica (como suelo radiante) y bombas de calor centralizadas a gas (en segunda instancia eléctricas). La combinación de calderas de condensación con la mejora de la resistencia térmica de los cerramientos (grosor del aislamiento más vidrio cámara) permite reducir el consumo energético y las emisiones asociadas de la calefacción hasta un 47%.

7.2.15. Sistemas de refrigeración

Agotada la refrigeración natural (ventilación de la estructura, inyección de aire enfriado naturalmente, etc.) **la alternativa artificial más eficiente es la bomba de calor a gas en instalaciones colectivas y eléctrica en instalaciones individuales.** Permite ahorrar, en una vivienda estándar, hasta 475 KWh(eléctricos) año con respecto a otras tecnologías. Es importante no utilizar refrigerantes basados en gases CFC o HFC, que dañan el ozono de la atmósfera.

Un sistema interesante pero no suficientemente desarrollado es la absorción, que aprovecha el calor ambiental y no utiliza fluidos refrigerantes para producir aire frío. En el Norte de Europa también han dado buenos resultados los sistemas de superficies radiantes haciendo circular por ellos agua fría.

7.2.16. Integrar el sistema

La centralización y la gestión domótica del sistema permiten regular la aportación de calefacción y refrigeración, adecuando los flujos a las demandas de cada parte del edificio en función de la temperatura exterior, la orientación, el tipo de uso, la ocupación, las pautas de confort, la zonificación, el horario, el control de los cerramientos, etc., aumentando o disminuyendo la generación en los equipos que producen el calor o el frío. Se ajustan así los consumos, necesidades y pérdidas, lo que implica un gran aumento de la eficiencia del sistema en su conjunto. Dependiendo del clima, el tipo de edificio, el sistema instalado y la gestión, se puede alcanzar(para calefacción e iluminación) hasta un 30% de ahorro energético.

Asimismo, existen otras opciones para reducir el consumo de energía, como la elección de aparatos de bajo consumo energético, el uso de aislantes térmicos, la adopción de procesos de fabricación de bajo consumo energético o la cogeneración.

8. RECICLAJE: DEL PROYECTO A LA DEMOLICION

Los residuos generados por los materiales de construcción al final de su ciclo de vida pueden originar serios problemas ambientales ya que suelen almacenarse en botaderos, con la consiguiente emisión de sustancias nocivas en su degradación, siendo difícil la separación por su heterogeneidad. Por tanto, utilizar materiales reciclables o que contengan otros que lo sean, es un aspecto a tener en cuenta.

En la práctica de la bioconstrucción se debe tener como base el criterio de las tres "R": Reducir, Reutilizar y Reciclar. Al incorporar un material o producto en el proceso constructivo, se deben considerar sus posibilidades de reciclaje y la posibilidad de reintegrarlo posteriormente al medio.

Si empleamos materiales con una mínima elaboración y/o de materias primas locales, será más fácil volver a reciclarlos. Cuanto más naturales y con menor grado de manipulación o reconversión sean los materiales, mayor será el ciclo de reciclaje; además la energía utilizada para su reconversión será menor de cuanto ha sido consumida para su elaboración inicial, y el desperdicio de recursos será mínimo. Igualmente, la cantidad de residuos llevados a vertederos se podría reducir mediante una proyectación orientada hacia decisiones de uso de materiales que integren parámetros como la duración, el reuso, la simplicidad de la instalación, etc.

El reciclaje de materiales saludables de construcción y la implantación de productos certificados, son medidas que empiezan a tener una relevancia para el consumidor en su elección. Cada vez la procedencia,

la reposición de componentes y el mantenimiento de elementos utilizados en la industria influye en su comercialización.

Así pues, considerando que un edificio es el resultado de un proceso productivo que provoca modificaciones e impactos al ambiente, se consideran como aspectos positivos: el alargamiento del ciclo de vida de los productos, el ahorro energético, el menor consumo de materias primas y la preservación de materiales no renovables.

Los porcentajes de los productos a recuperar varían en función del área geográfica, de las políticas de gestión de los residuos, de las normativas existentes, así como a la situación de mercado. Si bien, de acuerdo a las investigaciones realizadas por la RILEM, un alto porcentaje de los residuos de construcción podrían ser recuperados y/o reutilizados, actualmente solo una mínima parte de ellos viene recuperada, a causa de varias dificultades, en particular a la falta de conocimientos relativos a las posibilidades de uso de los materiales reciclados.

En general, en los países que tienen una mayor atención hacia la temática ambiental (Holanda, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Reino Unido, Austria, Suecia, Alemania), han sido adoptadas iniciativas orientadas a la optimización de la gestión de los residuos de construcción y de demolición, actuando principalmente sobre la posibilidad de reuso, reciclaje y realización de materias primas secundarias.

Desde el punto de vista puramente económico, la recuperación de los residuos de la construcción y de la demolición resulta competitivo cuando el costo del producto reciclado compite con el costo de la materia prima; el costo de esta será tan elevado cuanto sean altos los costos de transporte para su importación.

Para cada caso vale la pena evaluar los aspectos que hacen suponer limitaciones en el aprovechamiento derivado del uso de los residuos de construcción y de demolición, tales como:

- Condiciones de tipo técnico: Pues las técnicas y las prácticas de demolición influyen sobre la calidad de los residuos obtenidos y, consecuentemente sobre la posibilidad de una ganancia directa.

- Condiciones impuestas por el mercado de los productos recuperados: Donde la demanda de materias primas es mayor, los costos de los materiales recuperados pueden ser competitivos con los costos de los otros productos, mientras en caso de baja demanda de los productos vírgenes, el costo de aquellos reciclados difícilmente podrá competir.

- Condiciones ligadas a los costos de transporte: Son costos que limitan en buena parte la posibilidad económica de la recuperación cuando las distancias entre el lugar de producción de los residuos y el usuario final es tan grande que el costo supera el valor del producto obtenido.

- Condiciones derivadas de los costos de desmantelamiento de los residuos: En efecto, si el canon a pagar por la descarga de los residuos fuese mayor que el costo por un eventual reuso del material como materia prima secundaria, el productor sería el primer interesado en buscar una vía alternativa en el uso de los residuos.

Además, en la fase de realización de la obra, las acciones para la reducción de los residuos podrían comprender las siguientes acciones: - Verificar las estructuras locales para el desmantelamiento y el reciclaje; - Identificar las cantidades y los tipos de residuos; - Indicar las localidades de recolección de los residuos; - Colocar contenedores de recolección diferenciada que indiquen el tipo de material, y dar instrucciones para la gestión de dichos contenedores; - Proteger materiales y componentes de construcción de eventuales daños durante el transporte y la instalación; - Evitar empaques superfluos; - Establecer acuerdos para el retiro de los empaques.

El reciclaje es básicamente una manera de aprovechar los recursos que tenemos a nuestra disposición, con una evidente ganancia ambiental y económica.

8.1. RECUPERACION Y RECICLAJE DE ESCOMBROS DE CONSTRUCCION

La valorización de materiales procedentes de la demolición y el derribo de edificaciones deben realizarse de dos formas, ya sea mediante la reutilización directa sin ninguna transformación, más deseable ambientalmente (por ejemplo: los sanitarios procedentes de un derribo), o mediante el reciclaje, que tras alguna transformación convierte el material en otro producto, por ejemplo: los áridos de hormigones reciclados. La última opción es la más aplicada, aunque supone un costo energético asociado al proceso. A continuación se presentan algunos usos que pueden tener los residuos de construcción.

MATERIAL	RECUPERACION/RECICLAJE
EXCAVACION (material no contaminado)	Terraplenes, llenos, construccion de jardines, llenos de minas de triturado, reutilizacion para cultivacion
MATERIALES USADOS	
Piedra natural	Reutilizo en la funcion original, conversion en triturado arenoso para reciclar
Metales (hierro, acero, aluminio, zinc, plomo)	Separacion, fundicion para su reintroduccion ciclo produccion de metales ; recuperacion de elementos enteros.
Madera	Recuperacion de elementos constructivos enteros para reutilizacion ; trituracion para fabricacion de tableros aglomerados ; guarniciones ; barreras de seguridad ; paneles de madera/cemento ; laminacion para hacer parquet.
Vidrio	Reciclaje convencional mezclado con materia prima en la fabricacion de nuevos productos ; produccion de espumas y lanas de vidrio, productos en vidrio celular, fondos para conductos ; arido para hormigon flexible y rigido ; losetas ; recipientes artisticos ; material abrasivo ; reforzamiento de ladrillos.
Materias plasticas	Reciclaje mecanico para produccion de persianas, perfiles para cielorasos, tuberias, empaques protectivos para cables, perfilarias en PVC para ventaneria con 70-80% de material recuperado ; reciclado quimico para bolsas y plasticos heterogeneos ; incineracion con recuperacion energetica, combustible en cementeras y centrales termicas, gasificacion para obtencion de energia electrica.
Materiales aislantes (Paneles aglomerados corcho, espuma, poliestirolo)	Reciclaje por materia parcialmente posible
ESCOMBROS INERTES	
Materiales de pavimentaciones de vias	Triturado arenoso reciclado para mezclas de fundacion, estabilizaciones, estratos de fundacion
Concreto de demolicion	Granulado de concreto para concreto reciclado, estabilizaciones, estratos de fundacion
Inertes mixtos de demolicion	Granulado mixto para estabilizaciones, estratos de fundacion

Fuente: riciclaggio PI EDIL Ufficio federale dei problemi congiunturali, 1993.

8.2. TRATAMIENTO DE RESIDUOS

Dentro de los residuos con posibilidad de tratamiento estan:

HORMIGON: Hormigon en masa, hormigon armado, prefabricados (baldosas, bordillos, ladrillos y tuberias de hormigon).

CERAMICOS : Ladrillos, tejas, rasillones, bloques.

SUELOS Y PIEDRAS : Azulejos, solados de gres, solados de terrazo, piedras ornamentales.

ASFALTICOS : Capas de rodadura.

8.2.1. Aplicaciones de los residuos tratados

8.2.1.1. Escombros de hormigon

- Aplicaciones en carreteras : Bases y sub bases sin tratar o tratadas con cemento o ligantes bituminosos.
- Aplicaciones en edificacion : Arido grueso para hormigon, arido fino para morteros.

8.2.1.2. Escombros de mamposteria

- Aridos para hormigones y morteros.

8.2.1.3. Reciclados de pavimentos de hormigon

- Terraplenes y rellenos
- Bases y subbases granulares de nuevos firmes
- Fabricacion de hormigon magro para capas de firmes
- Fabricacion de hormigon para capas de base y pavimentos de arcenes

8.2.1.4. Reciclado de pavimentos asfalticos

- Firmes en central
- Firmes in situ

8.2.1.5. Aplicaciones de aridos reciclados

- Ceramicos > 90% : Materiales de relleno, pistas forestales, jardineria, cubiertas ecologicas, material granular triturado para sub bases de vias, aplicaciones deportivas(tenis).
- Hormigon > 90% : Materiales de relleno y recubrimiento, pistas forestales, material granular para bases y sub bases, aridos para morteros, aridos para hormigones estructurales y no estructurales , Materiales de relleno y recubrimiento, Morro para encachados, Materiales para muros y aplicaciones acústicas, Áridos para materiales ligados.
- Petreos > 90% : Materiales de relleno, material granular para bases y subbases, Morro para encachados, Materiales para muros y aplicaciones acústicas

8.2.1.6. Otras aplicaciones de áridos reciclados:

- Capas de drenaje y de sellado en vertederos
- Asiento en pavimentos
- Superficies para solado
- Hormigones de limpieza
- Estabilización de suelos

9. SEGURIDAD EN LA OBRA

La eleccion, desde la fase de proyectacion, de materiales y tecnicas de bioconstruccion, no solo influye a favor de la seguridad de los usuarios finales y del ambiente, sino que tambien incrementa el nivel de seguridad de los trabajadores de construccion con respecto a los casos en los cuales se proyecta y se construye con materiales y sistemas « ordinarios ».

Para mejorar el nivel general de seguridad en la obra es necesario evitar materiales y/o tecnicas de instalacion que contengan sustancias quimicas contaminantes, por ejemplo, no tratando la madera con sustancias nocivas sino con ceras y sustancias naturales, utilizando productos para acabados realizados exclusivamente con materias primas naturales o caracterizados por una disminucion de exhalaciones toxicas, y ensamblando los elementos a seco o pegandolos con productos minerales a base natural.

Considerando la situacion en modo mas sintetico, se observa que en la obra de bioconstruccion no se da un mejoramiento significativo en la ejecucion de las estructuras portantes, es decir, para la realizacion de la mayor parte del edificio en « obra negra », porque casi todos los materiales y tecnicas de instalacion usados en esta fase presentan riesgos analogos. En las fases de aislamiento de las cubiertas y de la pintura en general, el nivel de seguridad no aumenta en manera notable, pues en muchos casos por motivos economicos o de poca disponibilidad comercial de productos adecuados, se continua a usar materiales

fibrosos (en el caso de aislamientos de las cubiertas) o productos no del todo libres de exhalaciones químicas.

Se podría concluir que el factor de seguridad de una obra de construcción, mejora esencialmente en función de la reducción de la variable « riesgo de tipo químico », es decir, aquel que puede ocurrir por contacto, inhalación, ingestión y absorción de líquidos, polvos, fibras, vapores, humos y gases nocivos para el hombre.

10. CONCLUSIONES

La construcción sostenible, concebida en cada una de las etapas desde el diseño hasta la demolición comprende fundamentalmente las siguientes líneas guía:

Diseño y Construcción : Diseño Bioclimático: Orientación, aislamiento, ventilación Construcción en seco, iluminación natural... ; Materiales: Maximización de uso de materiales de bajo impacto, Reciclables, con ecoetiquetas... ; Eficiencia Energética: Diseño ecoeficiente y uso de energías renovables. Uso y mantenimiento: Bajo consumo; Sensibilización para un buen uso; Uso racional de los recursos y de la vivienda ; Mantenimiento preventivo ; Adaptaciones y renovaciones adaptadas al modelo. Demolición: Reducción del consumo en la demolición; Demolición planificada por estructuras y materiales ; Clasificación, gestión y reciclado de los materiales.

Para lograr una adecuada aplicación de la sostenibilidad en la construcción, hay que tener en cuenta múltiples aspectos, como son el planteamiento urbano, la reducción de las demandas derivadas del transporte, el ahorro de agua y energía, el tratamiento de los residuos, de forma especial los materiales de construcción, la mejora del medio ambiente interior de los edificios, el mantenimiento de las viviendas existentes y/o rehabilitación de las mismas, el uso de nuevos materiales y sistemas constructivos bajo el concepto de sostenibilidad, etc.

Con respecto a la eficiencia energética, a pesar de la desconfianza inicial que puede generar la aparición de nuevas normas en el campo de la edificación, es necesario afrontar la Certificación Energética de Edificios como un paso adelante hacia su mejora, que derivará en un menor consumo de recursos, mejora ambiental y, en consecuencia, aumento en la calidad de vida, pero siendo conscientes de que la arquitectura tiene un límite y que el buen uso que se haga de ella es responsabilidad de todos. El derroche de energía no es sinónimo de riqueza sino de inconciencia.

Es el usuario quien hará uso del edificio, y aún cuando disponga de un edificio o vivienda con la mejor calificación energética posible, el consumo final puede ser alto si no lo utiliza correctamente. Se deben replantear, y quizás cambiar, percepciones erróneas de conceptos cotidianos, como por ejemplo el de confort, última e inexplicablemente asociado a temperaturas extremas y totalmente opuestas a la época del año, o de mantenimiento global del edificio, aceptado por todo el mundo en otros campos como el del automóvil pero aún por instaurar de forma sistemática y natural si se trata de edificios.

En bioconstrucción la elección de materiales es muy importante a la hora de construir o rehabilitar una casa. Los materiales utilizados deben ser sanos, no tóxicos, si es posible naturales, que no dañen el medio ambiente.

La recuperación de los escombros de construcción podría reducir la explotación de recursos naturales y cubrir en el mediano plazo al menos el 10% del requerimiento mundial de inertes para concreto.

La industria de la construcción absorbe el 50% de todos los recursos mundiales, lo que la convierte en la actividad menos sostenible del planeta. Tenemos, no solo la necesidad sino también la obligación de ser parte activa de la solución a un problema que nos afecta a todos. Partiendo de acciones locales y concretas podemos dar un primer paso para que la próxima generación continúe el proceso.

Tondi A., Delli S. (1998), *La casa reciclable : I rifiuti in edilizia* , Edicom, Monfalcone(GO).

Casado Martínez, N (1996), *Edificios de alta calidad ambiental*, Ibérica, Alta Tecnología ISSN 0211-0776

Kibert, Charles (1994 et al.) CIB-TG16, *First International Conference on Sustainable Construction*, Florida

Lanting, Roel (1996), *Sustainable Construction in The Netherlands -A perspective to the year 2010*
(Working paper for CIB W82 Future Studies in Construction. TNO Bouw Publication number 96-BKR-) P007

WWF (1993), *The Built Environment Sector*, Pre-Seminar Report
(Council for Environmental Education WWF, Department of Environment, De Monfort University Leicester).

Confederacion Nacional de la Construccion CNC, Fundacion Biodiversidad, Fondo Social Europeo (2003-2004), *Catalogo de residuos de construccion y demolicion*, España.

Grupo de trabajo 14: *Gestion de Residuos de Construccion*, Documento final, "VII Congreso Nacional del Medio Ambiente, (2004), España, p.24.

Spirandelli B. (2000), *La sicurezza nel cantiere bioedile*, Rivista "Living Land" n.08, 2000, Rivoli (TO) Italia.

SITOGRAFIA

www.bioconstruccion.biz

Articulos: "El impacto ambiental de los edificios" y « Los Materiales »

<http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>

La construcción sostenible. El estado de la cuestión. Edita: Instituto Juan de Herrera. Av. Juan de Herrera 4. 28040 MADRID. ESPAÑA. ISSN: 1578-097X

<http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc27/inti2.php>

Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) articulo: *La certificación energética de edificios*
Por Dr. Juan Carlos López

<http://www.caloryfrio.com/dossiers/climatizacion-eficiencia.htm>

Articulo: "Climatizacion y eficiencia energetica »

<http://www.construible.es>

Articulo: "Certificacion Q Sostenible" Inés Leal - CONSTRUIBLE.es - 31/12/2006

Articulo: "Construccion sostenible"

<http://www.abilconstruccion.com/cast/pag/homebiocons.html>

Articulos: "Arquitectura y vivienda bioclimatica" y « Técnicas básicas de arquitectura bioclimática »

http://www.ecohabitar.org/articulos/art_bioconstruccion/materiales.html

"Criterios de Bioconstrucción" Por Ismael Caballero, responsable del área en G.E.A. © Asociación de Estudios Geobiológicos, GEA

<http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc27/inti5.php>

Articulo: *Ahorro y certificación energética: la envolvente de los edificios*, Ing. Vicente Volantino, Ing. Jorge Corneo

<http://www.floornature.biz>

Articulo : « Ecosostenibilidad y Bioarquitectura » Silvia Zini

<http://www.terra.org/html/s/rehabilitar/bioconstruccion/materiales/>

Articulo: "Materiales bioconstruccion"

