

A minimalist interior space with a white wall, wooden beams, and a guitar leaning against the wall. The ceiling features exposed wooden beams and a layer of oriented strand board (OSB). The floor is a light-colored concrete. A small potted plant sits on the floor near the wall. A wooden door with glass panes is visible on the right side of the frame. The text "LIFE REUSING POSIDONIA" is overlaid in white, bold, sans-serif font in the lower-left corner.

LIFE
REUSING
POSIDONIA

Publisher / Edita:

Institut Balear de l'Habitatge (IBAVI)

Manuel Azaña, 9, 07006 Palma

T (+34)900 700 003

www.ibavi.caib.es

Design and layout / Diseño y maquetación:

Carles Oliver, M^º del Mar Amengual, Miquel Ramon, Nus, Joan Amer

Original text / Textos originales:

Carles Oliver, Antonio Martín, Joaquín Moyá

Translation and correction / Traducción y corrección:

Paraula, LCP Translatis

Printer / Impresión:

Esment Impremta

DL: PM 1041-2017

Printed in Spain / Impreso en España

Palma 2017



Colaboradores Collaborators





LIFE
REUSING
POSIDONIA

LIFE12 ENV/ES/000079

INDEX

INDEX

6	Presentación
6	IBAVI
7	DGECC
10	Life Reusing Posidonia
16	Objetivos
18	Economía de medios y la higuera apuntalada
20	Nuevos modelos de producción y consumo
24	1. Explotación de recursos naturales
26	2. Dióxido de carbono y efecto invernadero
31	3. Explotación laboral y seguridad en el trabajo
34	4. Salud y cancerígenos
38	Autosuficiencia, mapa de recursos y arquitectura tradicional
44	Prototipo. 14 viviendas de protección pública en Sant Ferran, Formentera
48	Inserción urbana y nuevas tipologías de vivienda
54	Eficiencia energética y funcionamiento bioclimático
66	Criterios de selección de materiales
68	Materiales utilizados, por categorías
72	Selección de materiales más representativos
74	C.1. Posidonia y palés / Madera reutilizada en interiores y cancelas
86	C.2. Cal aérea / Marés de Cas Busso / Cerámica
94	C.3. Carpinterías exteriores de madera de alerce / Cal hidráulica NHL-5 / Forjados de madera laminada y tableros OSB III
102	C.4. YTONG
106	Gestión del ciclo completo del agua
112	Gestión de residuos
114	Monitorización del prototipo
116	Cálculo de la huella de CO ₂
118	Monitorización del confort ambiental
126	Monitorización de los campos eléctricos y electromagnéticos
134	Conclusiones y recomendaciones
136	Materiales
140	CO ₂
142	Confort térmico
144	Créditos

6	Presentation
6	IBAVI
7	DGECC
10	Life Reusing Posidonia
16	Objectives
18	Economy of means and the staked fig tree
20	New production and consumption models
24	1. Exploitation of natural resources
26	2. Carbon dioxide and the greenhouse effect
31	3. Labour exploitation and safety at work
34	4. Health and carcinogenic effect
38	Self-sufficiency, resource map and traditional architecture
44	Prototype. 14 social dwellings in Sant Ferran, Formentera
48	Urban insertion and new types of housing
54	Energy efficiency and bioclimatic performance
66	Criteria for selecting materials
68	Materials used by category
72	Selection of most representative materials
74	C.1. <i>Posidonia</i> & pallets / Reused woodwork in interiors and gates
86	C.2. Aerial lime / Cas Busso sandstone / Bricks & Tiles
94	C.3. Exterior use of larch wood / Hydraulic lime NHL-5 / Laminated wooden slabs and OSB/3 boards
102	C.4. Ytong
106	Management of the entire water cycle
112	Waste management
114	Monitoring the Prototype
116	CO2 footprint calculation
118	Monitoring thermal comfort
126	Electric and electromagnetic field monitoring
134	Conclusions and recommendations
136	Materials
140	CO ₂
142	Thermal comfort
144	Credits

PRESENTACIÓN IBAVI SOCIO COORDINADOR PROYECTO LIFE REUSING POSIDONIA

IBAVI PRESENTATION LIFE REUSING POSIDONIA COORDINATING BENEFICIARY

Es nuestra responsabilidad dar respuesta a las necesidades de presente y futuro de la sociedad, y tenemos que saber asumir este reto, conjugando la promoción de la vivienda pública, su función social y la sensibilización medioambiental. Pensamos y actuamos en clave de sostenibilidad, tanto social como ambiental, con promociones de viviendas públicas que incorporan técnicas para incidir, tanto en su construcción como en su mantenimiento, en una menor producción de CO₂ y de residuos, y, al mismo tiempo, trabajamos para potenciar el consumo de energía sostenible.

El libro que tiene en sus manos explica el origen y el desarrollo del proyecto más emblemático en materia de construcción eficiente de nuestras islas: LIFE+ 2012, una iniciativa que ha sido reconocida por la Unión Europea y que se materializó en la construcción de 14 viviendas de protección pública en Sant Ferran, en Formentera.

Este proyecto permite relacionar nuestro capital natural con la tradición cultural de

la isla de Formentera. Un buen ejemplo es el uso de la *Posidonia oceanica* seca como material de construcción, tal como se realizaba tradicionalmente. Aprovechar un residuo local abundante en la isla de Formentera, utilizar las propiedades como aislante térmico y evitar tener que recurrir a materiales que no están presentes en nuestras islas, aportan un nuevo enfoque en la edificación, tanto en el ámbito público como privado.

Potenciar nuestra tradición cultural a la vez que se promociona una mayor eficiencia energética y un uso de tecnologías ecológicas, aumenta la competitividad de nuestros sistemas de producción y nos ayuda a mantener y cuidar de nuestros recursos naturales. Este es el camino por el que nos debemos mover.

Quiero hacer un público reconocimiento a todas las personas que con su actitud tenaz y comprometida han trabajado para conseguir que las Islas Baleares sean un referente en el Mediterráneo en materia de bioarquitectura. Asimismo,

quiero destacar el papel de los socios colaboradores de esta iniciativa, que, con mucha profesionalidad, han impulsado un enfoque que nos ayuda a conseguir que los edificios públicos sean de consumo casi cero. Enhorabuena a todos por este proyecto que refleja el resultado de una tarea participativa, llena de ilusión y verdaderamente innovadora y pionera.

Marc Pons i Pons

Presidente del IBAVI
Consejero de Territorio, Energía
y Movilidad
Gobierno de las Islas Baleares

It is our responsibility to respond to the current and future needs of society and we must know how to face this challenge, combining the promotion of social housing based on its social purpose and environmental awareness. When it comes to both social and environmental sustainability, we think and take action with social housing developments that involve techniques that generate, both in their construction and maintenance, lower amounts of CO₂ and waste, whilst at the same time, working to promote the use of sustainable power.

This book explains the origins and development of this flagship project to address efficient construction in our islands: LIFE+ 2012, an initiative recognised by the European Union and that came to fruition through the construction of 14 social housing units in Sant Ferran, Formentera.

This project has made it possible to link our natural resources to the cultural tradition of Formentera. A good

example is the use of dry *Posidonia oceanica* as a construction material, as was the traditional method. Harnessing a waste product that is plentiful and native to Formentera, using its properties as thermal insulation and thus avoiding having to use materials that do not exist in our islands provides a new approach to both public and private construction.

Enhancing our cultural tradition whilst promoting greater energy efficiency and the use of ecological technologies increases the competitiveness of our production systems and helps to maintain and care for our natural resources. This is the path that we should be taking.

I would like to publicly acknowledge everybody who has worked both persistently and decidedly to convert the Balearic Islands into a reference point in the Mediterranean in the field of bioarchitecture. Furthermore, I would like to highlight the role of our partners in this initiative who, with the utmost in profes-

sionalism, have catalysed an approach that helps to ensure that public buildings are nearly zero-energy buildings. Congratulations to everybody involved in this project, which has been the result of a joint effort, full of hope, that is truly innovative and pioneering.

Marc Pons i Pons

IBAVI President

Minister of Territory, Energy and Mobility
Government of the Balearic Islands

PRESENTACIÓN DGECC SOCIO BENEFICIARIO PROYECTO LIFE REUSING POSIDONIA

DGECC PRESENTATION LIFE REUSING POSIDONIA ASSOCIATED BENEFICIARY

En territorios insulares como las Baleares, la lucha contra el cambio climático adquiere una doble dimensión: a la responsabilidad que compartimos con el resto de sociedades de luchar desde cada ámbito local contra el fenómeno global del cambio climático, se le suma una especial vulnerabilidad al cambio climático, que lo convierte también en una cuestión de supervivencia propia. Ello, unido a las oportunidades que ofrecen las islas como posibles *laboratorios*, hace que los territorios insulares sean idóneos para liderar los esfuerzos de mitigación del cambio climático y de adaptación a sus efectos.

En esta misión, replantear el ámbito edificado en el que vivimos, aprendemos o trabajamos es fundamental, ya que en él consumimos aproximadamente un tercio del consumo total de energía. Este proyecto demuestra que el Mediterráneo ofrece los recursos y el clima adecuados para reducir de forma importante el consumo energético tanto del proceso de construcción de viviendas como de su posterior uso. Esto permite reducir de forma importante las emisiones de CO₂ y

otros gases contaminantes derivados del consumo energético, así como los problemas sociales, económicos y ambientales derivados de la extracción, el proceso y el transporte de combustibles fósiles desde su lugar de origen.

Pero, además, ayuda a superar otro reto: el encaje de la generación renovable en territorios frágiles y limitados como son las islas. La superficie con placas solares o el número de aerogeneradores a instalar para abastecernos de energía libre de emisiones se reducen cuanto más eficientes seamos capaces de hacer los edificios que construimos y usamos.

Por último, hay tres elementos que convierten este proyecto en una realidad viable y replicable: la calidad, el confort y el presupuesto, el cual es muy similar al de otras viviendas sociales y que demuestra que la sostenibilidad ambiental no está reñida con la económica.

Joan Groizard Payeras

Director General Energía y Cambio Climático
Gobierno de las Islas Baleares

In island regions like the Balearic Islands, there are two important factors to consider in the fight against climate change: in addition to the responsibility we share with the rest of society for fighting this global phenomenon from all corners, we are also particularly vulnerable to climate change, with the issue becoming a question of our own survival. This, combined with the opportunities offered by these regions as potential “laboratories” make island territories the perfect place to lead efforts to mitigate climate change and adapt to its impacts.

As part of this mission, readdressing the buildings we live, learn or work in is fundamental, as it is in these buildings that we consume approximately a third of all energy. This project demonstrates that the Mediterranean has the resources and the climate needed to significantly reduce energy consumption, both during the process of building houses and during their subsequent use. This makes it possible to reduce CO₂ and other pollutant gases generated by energy consumption in a significant

way, in addition to tackling social, economic and environmental problems deriving from the extraction, processing and transportation of fossil fuels from their place of origin.

What’s more, this also helps to overcome another challenge: anchor renewable generation in fragile and limited territories like islands. The surface area covered by solar panels or the number of wind turbines that have to be installed to supply ourselves with clean energy is reduced by building more efficient buildings.

Finally, there are three elements that make this project a viable and reproducible reality: quality, comfort and budget, which is very similar to that of other social housing and demonstrates that environmental sustainability is not at odds with the economy.

Joan Groizard Payeras
Director General of Energy
and Climate Change
Government of the Balearic Islands



LIFE REUSING POSIDONIA
LIFE REUSING POSIDONIA

LIFE REUSING POSIDONIA

LIFE REUSING POSIDONIA



Foto: José Hevia

El proyecto **Life Reusing Posidonia**, promovido por el IBAVI¹ en colaboración con la Dirección General de Energía y Cambio Climático de la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares, ha recibido una subvención de 754.012 euros del programa europeo LIFE+ 12 en la categoría de **Gobernanza Medioambiental** para Proyectos de Adaptación al Cambio Climático.

La propuesta incluye la construcción de un edificio prototipo, consistente en catorce viviendas de protección pública en Formentera, y su monitorización, con la colaboración de la UIB², para comprobar el buen funcionamiento de las soluciones aplicadas con el objetivo de proporcionar datos contrastados a las instituciones europeas con competencias para regular la reducción del impacto ambiental en el sector de la edificación.

Actualmente, existe un consenso más o menos generalizado sobre la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ durante la vida útil de los edificios, que suponen el 36% de las emisiones totales³ a nivel europeo. Este consenso se ha traducido en la Directiva

The **Life Reusing Posidonia** project promoted by IBAVI¹ in collaboration with the Balearic General Directorate of Energy and Climate Change at the CAIB has received a European grant of € 754,012 from the LIFE + 12 program in the **Environmental Governance** category for Climate Change Adaptation Projects.

The proposal includes the construction of a prototype building, consisting of 14 social housing units in Formentera, and the monitoring thereof in collaboration with the UIB² to verify the proper functioning of the solutions applied with a view to providing verified data to the European Institutions for the drafting of future regulations related to the reduction of the environmental impact of the building sector.

There is a general consensus on the need to reduce carbon dioxide emissions generated during the life of buildings, which represent 36% of total emissions³ at a European level, and this has been reflected in Directives

2002/91/CE, de 16 de diciembre, sobre calificación energética de los edificios, y la Directiva 2010/31/UE, de 19 de mayo, sobre eficiencia energética de los edificios.

No obstante, cabe recordar que en España las industrias de la construcción⁴ suponen un 17% de las emisiones de CO₂ y, a nivel mundial, el hormigón armado⁵ provoca el 5% de las emisiones; la calefacción, el 6%, y el transporte, el 14%.⁶ Sin embargo, no hay un debate generalizado sobre la importancia de reducir las emisiones de CO₂ de los materiales utilizados durante la ejecución de las obras.

Por ello, además de la eficiencia energética, es imprescindible replantear los procesos industriales en la edificación.

El **prototipo** demuestra que, cuando nos alejamos de las grandes ciudades, los sistemas constructivos más sostenibles, en cuanto al aspecto ambiental, económico y social, están cerca, son viables y se encuentran en peligro de extinción: **las industrias locales artesanas de producción ecológica con materias primas de km 0.**

2002/91/EC on the Energy Performance of Buildings or 2010/31/EU on the Energy Performance of buildings.

However, it is worth remembering that in Spain, the construction industry⁴ accounts for 17% of CO₂ emissions, and worldwide, 5% of all emissions on Earth are generated by reinforced concrete⁵, 6% by heating, 14% by transport⁶, and yet there is no general debate on the importance of reducing CO₂ emissions attributable to the materials used during the execution of construction work.

Therefore, in addition to energy efficiency, it is imperative that we rethink the industrial processes employed in construction work.

The **Prototype** demonstrates that when we move away from large cities, the most sustainable building systems at environmental, economic and social levels are local, viable, and in danger of extinction: **Local green-production craft industries using local materials.**

1. Instituto Balear de la Vivienda.
 2. Universidad de las Islas Baleares
 3. Hacker, et al. *Embodied and operational carbon dioxide emissions from housing: a case study on the effects of thermal mass and climate change* (2006).
 4. *Informe Inventarios GEI España, 1990-2010* (2012).
 5. E. Worrell, L. Price, N. Martin, C. Hendriks, L. Meida (2001).
 6. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*.
1. Balearic Social Housing Institute.
 2. University of the Balearic Islands.
 3. HACKER et al. (2006) *Embodied and operational carbon dioxide emissions from housing: a case study on the effects of thermal mass and climate change*.
 4. *Informe Inventarios GEI España, 1990-2010* (2012).
 5. E. Worrell, L. Price, N. Martin, C. Hendriks, L. Meida, 2001.
 6. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

7. El estudio del análisis de ciclo de vida (ACV) por parte de una entidad independiente es demasiado costoso para las pequeñas empresas familiares.

Por otro lado, no existe una ecoetiqueta única, a diferencia de otros sectores como la alimentación o las pinturas.

La ecoetiqueta europea del sector de la construcción está en fase de desarrollo. No obstante, hay unas recomendaciones establecidas que se pueden consultar en este enlace: <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/buildings/index.html>

Para consultar los productos que disponen de Ecoetiqueta de la CE:

Europa: <http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/products-groups-and-criteria.html>

España: http://www.mapama.gob.es/en/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/etiqueta-ecologica-de-la-union-europea/etiqueta-ecologica-europea/grupos_producto.aspx

Islas Baleares: <http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?mkey=M234&lang=ES&cont=5511>

En las Baleares, la ecoetiqueta se puede tramitar aquí: <http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?idsite=234&cont=5528>

8. El Objetivo 20/20/20 de la Estrategia energética europea establece que todos los edificios de las administraciones públicas sean de consumo casi cero (nZEB) a partir del 31 de diciembre de 2018. Se trata de una de las medidas para alcanzar los tres objetivos estratégicos:

-20% de consumo de energía

-20% de emisiones de CO₂

+20% de energías renovables

Salvo excepciones, no disponen de ninguna ecoetiqueta⁷ ni muestran interés por ella debido a la dificultad que implicaría obtenerla y a la poca rentabilidad que ofrecería. Sin embargo, el carácter local de estos productos permite inspeccionar personalmente la fabricación y comprobar el valor ambiental del proceso sin necesidad de auditorías externas. En este sentido, destaca la recuperación de la *Posidonia oceanica* seca como aislamiento térmico, solución propia de la arquitectura tradicional, para promover la utilización de esta planta protegida siempre y cuando se haga de forma adecuada.

Por ello, la utilización combinada de estos materiales locales disponibles con aquellos importados que sí tienen sellos de certificación ambiental constituye un modelo que permite reducir alrededor de un 50% las emisiones de CO₂ durante las obras.

En cambio, en las grandes ciudades europeas, el gran volumen de obra y

With a few exceptions, they do not have any eco-labels⁷ or have any interest in obtaining them given difficulty in obtaining them in terms of profitability. However, the local nature of these products makes it possible to personally inspect the manufacturing process and to verify the environmental value of the process without the need for external audits.

The uptake in use of dry *Posidonia oceanica* (Neptune grass), a seagrass species endemic to the Mediterranean, as a form of thermal insulation is remarkable; this solution has been taken from traditional architecture, promoting the use of this protected plant as long as it is done properly.

Therefore, the combined use of local materials available and imported materials that are environmentally certified constitutes a model that makes it possible to reduce CO₂ emissions more than 50% during construction works.

On the other hand, in large European cities, the large volume of construction work and the practical disappearance

la práctica desaparición de la artesanía local hacen necesaria la exigencia de sellos de producción ecológica en el 100% de las partidas, o al menos la optimización de las soluciones reduciendo consumo de materiales y energía.

Además, el **prototipo** es un modelo de construcción energéticamente eficiente para cumplir el Objetivo 20/20/20 de la Estrategia energética europea,⁸ lo que actualmente en España equivale a la calificación energética A para edificios residenciales, con un consumo inferior a 15 kWh/m²/año.

Toda la documentación es de acceso libre y está disponible en la web **www.reusingposidonia.com** con la finalidad de fomentar el desarrollo de proyectos de rehabilitación y obra nueva con este nivel de eficiencia.

Los estudios ambientales de este proyecto han sido realizados por la consultoría ambiental Societat Orgànica +10 SCCL.

of local handicrafts mean that organic production labels are required in 100% of items, or at least the optimisation of solutions, thus reducing consumption of materials and energy.

In addition, the **Prototype** is a model of energy efficient construction to meet the objectives of the 2020 climate & energy package⁸, which in Spain is equivalent to an A energy rating for residential buildings, with a consumption of less than 15 kWh/m²/year.

All documentation is freely accessible and available at **www.reusingposidonia.com** with a view to encouraging the development of rehabilitation and new construction projects with this level of efficiency.

The environmental studies performed as part of this project have been carried out by the environmental consultancy firm Societat Orgànica +10 SCCL.

7. The study of Life Cycle Analysis (LCA) by an independent entity is too costly for small family businesses.
 - On the other hand, there is no European eco-label for building systems, unlike other sectors such as food or paints, as it remains under development. However, there are some recommendations that can be consulted in this link: <http://susproc.jrc.ec.europa.eu/buildings/index.html>
 - To consult the products that have the EU Eco-label: Europe:<http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/products-groups-and-criteria.html>
 - Spain:http://www.mapama.gob.es/en/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/etiqueta-ecologica-de-la-union-europea/etiqueta-ecologica-europea/grupos_producto.aspx
 - Balearic Islands: <http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?mkey=M234&lang=ES&cont=5511>
 - The eco-labelling process in the Balearic Islands can be carried out at: <http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?idsite=234&cont=5528>
8. The 2020 climate & energy package stipulates that all public buildings must be Nearly zero-energy buildings by 31 December 2018 as one of the measures to achieve the 3 strategic objectives:
 - 20% energy consumption.
 - 20% CO₂ emissions.
 - + 20% renewable energy.

OBJECTIVOS

OBJECTIVES



Foto: Carles Oliver

1. Reducir:

- 50% de emisiones de CO₂ durante la construcción del edificio (límite máximo: 564.085 kg/CO₂).
- 75% de energía útil durante la vida útil del edificio (consumo máximo: 15 kWh/m²/año)
- 60% de consumo de agua (límite máximo 88l/persona y día).
- 50% de producción de residuos (límite máximo: 35,18 t)

2. Demostrar la viabilidad de utilizar los siguientes productos propios de la época preindustrial mediante los ensayos correspondientes:

- Aislamiento de la posidonia oceánica ($\lambda < 0,045$ W/mk).
- Resistencia del hormigón de cal en masa tipo NHL-5 como solución estructural (resistencia mínima a compresión: 5 kN/m).

1. To reduce:

- CO₂ emissions by 50% during the construction of buildings (maximum limit of 564,085 kg/CO₂).
- Useful energy by 75% during the useful life of the building (maximum consumption 15 kWh/m²/year).
- Water consumption by 60% (maximum limit 88l/person and day).
- Waste production by 50% (maximum limit 35.18 t).

2. To demonstrate the feasibility of using the following products from the pre-industrial period, applying the corresponding tests:

- Insulation using *Posidonia oceanica* ($\lambda < 0.045$ W/mk).
- Resistance of NHL-5 type lime concrete as a structural solution (minimum resistance to compression of 5 KN/m).

3. Determinar el coste unitario real de una promoción de viviendas plurifamiliares que cumpla con todos los requisitos anteriores, con un sobrecoste inferior al 5% en comparación con una promoción equivalente que cumpla la normativa vigente.

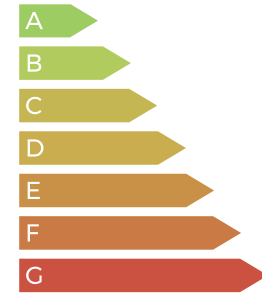
4. Promover y fomentar el cumplimiento de los puntos anteriores en la arquitectura.

Si la construcción de todos los nuevos edificios se realizara siguiendo los criterios de Reusing Posidonia la construcción dejaría de ser una de las causas del aumento de la temperatura global.

3. To determine the actual unit cost of a multi-family property development that meets all of the above requirements, with the additional cost coming to less than 5% compared to a similar promotion that complies with current regulations.

4. To promote and encourage carrying out the previous points in architectural works.

If the construction of all new buildings was carried out applying the criteria of REUSING POSIDONIA construction would no longer be one of the causes of the increase in the planet's temperature.





ECONOMÍA DE MEDIOS Y LA HIGUERA APUNTALADA

ECONOMY OF MEANS AND THE STAKED FIG TREE

Las higueras apuntaladas de Formentera constituyen un ejemplo paradigmático de economía de medios, que es la capacidad de resolver los problemas con la mínima cantidad de recursos. Por tanto, no es un objetivo en sí mismo, sino la herramienta para solucionar problemas.

Las brisas marinas de Formentera impedían el crecimiento vertical del árbol. ¿La solución? Colocar unos puntales⁹ (*estacions*) a base de troncos bifurcados de acebuche o sabina que soportan las ramas para que puedan crecer en horizontal.

Con el tiempo comprobaron que un solo tronco de higuera producía muchos más higos. Gracias a los puntales, era más fácil trepar y acceder a los higos situados en las partes superiores.

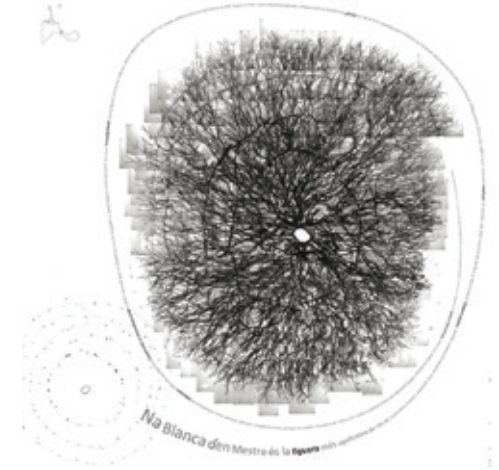
Además, los animales y las personas encontraron una sombra para protegerse del calor. En verano, la higuera *Na Blanca den Mestre*,¹⁰ la mayor de Formentera, posiblemente sea el sitio más agradable de la isla.

The staked fig trees of Formentera are a prime example of an economy of means, which entails problem-solving using the minimum amount of resources. Therefore, it is not a goal in itself, but the tool used to solve problems.

The sea breezes in Formentera prevented the fig trees from growing upwards. The solution? Place stakes using the forked trunks⁹ of the *Olea europaea Sylvestris* or *Juniperus* that support the branches so that they can grow horizontally.

Over time, it has been demonstrated that a single fig tree trunk produced many more figs and thanks to the stakes, growers could climb into the and retrieve figs located at the top.

Furthermore, they provide shade for animals and humans. In summer, the *Na Blanca den Mestre*¹⁰ fig tree, the largest in Formentera, is possibly the most pleasant place on the island.



9. Sobre los puntales se construyen anillos concéntricos de troncos más finos, que en los últimos años se han ido sustituyendo por varillas de acero corrugado sobbrantes de alguna obra.
10. Plano de Marià Castelló. *Na Blanca d'en Mestre*, artículo publicado en la revista *Quaderns del Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya*.
9. Concentric rings of finer trunks are built on the stakes, which in recent years have been replaced by corrugated steel rods left over from construction work.
10. Plan by Marià Castelló, *Na Blanca d'en Mestre*, published in the *Quaderns* journal of the Official Association of Architects of Catalonia Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya.



NUEVOS MODELOS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO

NEW PRODUCTION AND CONSUMPTION MODELS

NUEVOS MODELOS DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO

NEW PRODUCTION AND CONSUMPTION MODELS



Foto: Carles Oliver

Las principales causas del deterioro ambiental son las modalidades industriales de producción y consumo.¹¹

Dicho de otro modo: ¿Cómo es posible que una camiseta cueste 3 euros en una tienda? La respuesta es muy sencilla: bajo el manto de la diferencia salarial y el cambio de divisa entre países como mecanismo para obtener la tranquilidad de conciencia de los consumidores, la producción globalizada en los mercados laborales infrarregulados de los países del segundo y tercer mundo se alimenta de nuevas modalidades de esclavitud laboral,¹² sobreexplota recursos naturales y acumula residuos por encima de la capacidad de absorción de la biosfera, de manera que transforma grandes áreas marinas y terrestres en auténticos vertederos.

Y esto también sucede en la industria de los materiales de construcción.

Como indicador de la incidencia de esta actividad industrial, existe el concepto de *huella ecológica*, que mide la superficie de suelo necesaria para

The main causes of environmental deterioration are the industrial production and consumption models¹¹.

In other words: How is it possible that a T-shirt costs €3 in a shop?

The answer is simple: using the excuse of the difference in wages and the currency exchange in order to reassure consumers, globalised production using the under-regulated labour markets of second and third world countries is fed by new forms of forced labor¹². At the same time, natural resources are overexploited and waste accumulates beyond the biosphere's absorption capacity, transforming large marine and land areas into real landfills.

This is also the case in the construction materials industry.

The concept of an ecological footprint is used as an indicator of the rate at which this industrial phenomenon occurs, measuring the sur-

11. United Nations Environment Programme. Agenda 21 (1992).

12. SACOM, Chan Sze Wan, Cheng Yi Yi. *Report on Foxconn workers as machines* (2010). — BBC, Richard Bilton. *Failing to protect Chinese factory workers* (2014).

11. United Nations Environment Program, Agenda 21. 1992

12. SACOM, Chan Sze Wan and Cheng Yi (2010): Report on Foxconn workers as machines — BBC, Richard Bilton (2014): Failing to protect Chinese factory workers.

producir lo que consumimos durante un año. En España,¹³ la huella es de 64.000 m² por persona. En EEUU, llega hasta los 100.000 m². Sin embargo, el planeta es limitado y solamente hay disponibles 18.000 m² por persona.¹⁴

Por tanto, en España deberíamos reducir un 70% el consumo de recursos a todos los niveles: alimentación, transporte, vivienda, etc.

Esto se consigue o bien consumiendo un 70% menos, o modificando completamente los procesos de fabricación, o con la suma de ambos.

¿Qué factores podemos modificar?

De la actividad industrial del sector de la construcción se derivan multitud de efectos colaterales,¹⁵ entre los cuales destacamos los siguientes:

1. Explotación de recursos naturales
2. Emisiones de CO₂ y efecto invernadero
3. Toxicidad y cancerígenos
4. Explotación laboral

face area needed to produce what we consume for one year. In Spain¹³, our footprint is 64,000 m² per person. In the US, this figure comes to 100,000 m². However, space on our planet is limited and only 18,000 m² per person is available¹⁴.

Therefore, in Spain we should reduce the consumption of resources by 70% at all levels: food, transport, housing, etc.

This can be achieved either by reducing our consumption by 70%, modifying production processes, or by a combination of the two.

What factors can we change?

Industrial activities linked to the construction sector¹⁵ has a significant collateral impact, including:

1. Exploitation of natural resources.
2. CO₂ emissions and greenhouse effect.
3. Toxicity and carcinogenic effect.
4. Labour exploitation.

13. Análisis de la huella ecológica de España, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2008).

14. Barrett, J. et al. *Counting Consumption: CO₂ Emissions, Material Flows and Ecological Footprint of the UK by Region and Devolved Country*, WWF-United Kingdom (2006).

15. El estudio completo de ACV incluye otros factores que se han tenido en cuenta en este proyecto como evitar productos que emitan gases CFC o HCFC que afecten el ozono, o que contengan metales pesados.

No se han evaluado otros impactos como la acidificación (emisiones de SO_x a la atmósfera), la eutrofización o la emisión de residuos sólidos generados.

13. Analysis of the ecological footprint of Spain, MINISTRY OF ENVIRONMENT, RURAL AND MARINE ENVIRONMENT (2008).

14. Barrett, J., et al. (2006): *Counting Consumption: CO₂ Emissions, Material Flows and Ecological Footprint of the UK by Region and Devolved Country*, WWF-United Kingdom

15. The full ACV study includes other factors that have been taken into account in this project, such as avoiding products that emit CFCs or HCFCs with an impact on the O₃ or that contain heavy metals.

Other impacts such as acidification (SO_x emissions into the atmosphere), eutrophication, or the emission of solid waste generated have not been evaluated.

1. EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

1. EXPLOITATION OF NATURAL RESOURCES



Deforestación bosques tropicales
Deforestation tropical rainforest

16. Beck, U. *La sociedad del riesgo global*, Barcelona, Paidós (2008).
17. M. Fernandes, A. Ramírez, T. Tosiani. «Neutralización de lodos rojos provenientes de CVG-Bauxilum con yeso y su interacción con un suelo de sabana». *Geos*, 44:1-4 (2013).
18. Informe del Parlamento Europeo del 23 de marzo de 2017 sobre la aplicación de la Directiva 2006/21/CE, sobre residuos de la minería (2015/2117(INI)). Resolución del Parlamento Europeo, de 8 de octubre de 2015, sobre las conclusiones extraídas de la catástrofe del lodo rojo en Hungría cinco años después del accidente (2015/2801(RSP)).
19. Informe de Greenpeace *FSC at Risk: FSC in Russia*.

La obtención de materias primas puede conllevar riesgos implícitos que asumen de manera unilateral las compañías, tal como explica el sociólogo alemán Ulrich Beck en *La sociedad del riesgo global*.¹⁶

La pregunta es: ¿los consumidores asumirían estos riesgos si se dieran a conocer?

Es el caso de las minas de aluminio: por cada tonelada de aluminio se producen 2 toneladas de lodos rojos¹⁷ altamente alcalinos con PH 12-14, considerados residuos peligrosos y que se depositan en balsas que representan un problema ambiental especialmente preocupante para la Unión Europea.¹⁸ En 2010, el derrame de la balsa de lodos rojos de la mina de aluminio de Ajka, en Hungría, inundó varios pueblos y provocó 10 muertos y 150 heridos.

Otro caso es la deforestación de los bosques tropicales. Conocemos el tema y, sin embargo, colaboramos de forma inconsciente, a no ser que exigamos sellos de gestión controlada en todas nuestras compras. Incluso así,

Obtaining raw materials can entail implicit risks that are assumed unilaterally by companies, as explained by German sociologist Ulrich Beck in *“Risk Society”*¹⁶.

The question is, would these risks be assumed by consumers if they knew about them?

This is the case of aluminium mines. For each tonne of aluminium, 2 tonnes of highly alkaline red muds¹⁷ with a pH of 12-14 are produced, which are considered dangerous residues and are deposited in tailings rafts, which are *a particularly troubling environmental concern for the EU*¹⁸. The 2010 spillage of red mud tailings from the Ajka aluminium mine in Hungary flooded several villages causing 10 deaths and wounding 150 people.

Another case is the deforestation of tropical forests. Although everyone is aware of the topic, we continue to collaborate unconsciously by failing to demand controlled management stamps in all our purchases. Even still, some reports¹⁹ warn of

hay informes¹⁹ que alertan sobre el incumplimiento de los protocolos de gestión en algunos países del segundo y tercer mundo, de manera que estas supuestas garantías se convierten en meros lavados de imagen, lo que se conoce como **green-washing**.

¿Sucedería lo mismo si al adquirir un producto el fabricante estuviera obligado a indicar la trazabilidad en el paquete? Es decir, indicar la procedencia y rastrearlo en todas sus etapas de producción, transformación y distribución.

Dicho de otro modo, imaginemos una etiqueta similar a las cajetillas de tabaco: *La madera de esta puerta procede de una tala ilegal del Amazonas que deforestó 1.000.000 de hectáreas de selva al año.*

O bien:

El aluminio de esta ventana procede de una mina en la India que a supuesto la deforestación de la selva, la expulsión de las tribus indígenas y numerosas muertes y violaciones. El contenido de aluminio reciclado es del 2%.

non-compliance in the management protocols in some second and third world countries, turning these supposed guarantees into a method of cleaning their image, also known as **green-washing**.

Would the same occur if companies had to provide tracking information on all packaging? That is, stating the origin of products and providing information on all the stages of production, transformation and distribution.

For example, imagine a label similar to the one used on cigarette packs:

“The wood used to make this door comes from an illegal logging facility in the Amazon which is responsible for the annual deforestation of 1,000,000 hectares of forest”

Or how about:

“The aluminium used to make this window comes from a mine in India which has entailed the deforestation and the expulsion of indigenous tribes, causing numerous deaths and violations. The recycled aluminium content is 2%”



Catástrofe mina de aluminio. Ajka, Hungría, 2010
Aluminium mine disaster. Ajka, Hungary, 2010

16. Beck, U. (2008): Risk Society, Barcelona, Paidós.
17. FERNANDES, M., A. RAMÍREZ & T. TOSIANI 2013. Neutralization of Red Lime from CVG-Bauxilum with Gypsum and its Interaction with savannah soil. Geos 44: 1-4, 2013.
18. Report of the European Parliament of 23 March 2017 on the implementation of Directive 2006/21/EC on mining waste (2015/2117 (INI).
European Parliament resolution of 8 October 2015 on lessons learned from the red mud disaster, five years after the accident in Hungary 2015/2801 (RSP).
19. Greenpeace Report FSC at Risk: FSC in Russia.

2. DIÓXIDO DE CARBONO Y EFECTO INVERNADERO

2. CARBON DIOXIDE AND THE GREENHOUSE EFFECT



Foto: Stefan Wernli

20. Libro blanco para el etiquetaje verde de los productos para la construcción, financiado por el Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña, con la colaboración de los colegios de arquitectos, aparejadores y arquitectos técnicos, Institut Cerdà, UPC e ITEC, quien ha cedido los datos.
21. Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, Consejería de Innovación e Innovación Tecnológica.
22. Andrew Lacis, Instituto de Estudios Espaciales Goddard de la NASA (GISS).
23. www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/
24. Captación del *Pinus halepensis* adulto: 341 kg anuales. Evaluación de la capacidad de sumidero de CO₂ de la vegetación arbórea y arbustiva susceptible de ser utilizada en la red de carreteras de Andalucía.
Captación de *Pinus pinaster* adulto: 276 kg anuales. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, sumideros de carbono.
25. 1.450-1.650°C en función de la composición.
26. Por ese motivo, la investigación en nuevos hormigones se centra en buscar alternativas al carbonato de calcio para reducir la temperatura de fusión a 650°C.

Según el borrador del libro blanco del etiquetaje verde,²⁰ desarrollado por el ITEC y la Generalitat de Cataluña, las emisiones medias durante la construcción de los edificios de viviendas son de 732 kg/CO₂ por metro cuadrado edificado, y oscilan entre 600 y 900 kg/CO₂ en función del tipo de edificación. Por tanto, las emisiones estadísticas de una vivienda de 100 m² son de unos 75.000 kg/CO₂ aproximadamente.

Si lo extrapolamos a las 60.000 viviendas construidas en la Comunidad de Madrid²¹ durante el año 2006, las emisiones fueron de 4,5 millones de toneladas, lo que equivale en volumen a 900.000 piscinas olímpicas de 25 × 50 × 2 m.

¿Y esto qué implicaciones tiene? El dióxido de carbono es responsable del 20% del efecto invernadero²² y, por tanto, es el gas que más incidencia tiene en el calentamiento global. El resto de gases de efecto invernadero suman un 5%. El 75% restante lo provocan el vapor de agua y las nubes.

According to the draft version of *Libro Blanco del Etiquetaje Verde*²⁰ developed by ITEC and the regional government of Catalonia, average emissions during the construction of residential buildings come to 732 kg/CO₂ per square meter built, and range between 600 and 900 kg/CO₂ depending on the type of building. Therefore, the emissions of a 100 m² house come to approximately 75,000 kg/CO₂.

Extrapolating this figure to the total 60,000 homes built in the Community of Madrid²¹ in 2006, emissions came to 4.5 million tonnes, equal to 900,000 Olympic swimming pools.

What are the implications of this? Carbon dioxide is responsible for 20% of the greenhouse effect²², and thus it is the gas that has the greatest impact on global warming. In comparison, the rest of greenhouse gases added together represents 5%. The remaining 75% is caused by water vapour and clouds.

La biosfera dispone de distintos mecanismos de captación de CO₂, llamados *sumideros de carbono*:²³ los océanos, la tierra y las masas forestales. La capacidad de absorción de CO₂ de las masas forestales depende del tipo de árbol. Si consideramos 300 kg/CO₂ anuales de media por individuo²⁴ y el plazo de ejecución habitual de una vivienda es de 12 a 18 meses, para compensar una vivienda de 100 m² se necesitan unos 200 *Pinus halepensis* o *Pinus pinaster* adultos. Por tanto, la masa forestal para captar y almacenar el CO₂ de la construcción de Madrid durante el 2006 debería tener una superficie de 3.600 km², equivalente a la isla de Mallorca.

¿Cómo se podría reducir semejante volumen de contaminación? La tecnología actual de las energías renovables no puede aportar la potencia necesaria para alcanzar la temperatura de fusión del cemento de Pórtland y el acero,²⁵ elementos básicos del hormigón armado²⁶ y la construcción contemporánea.

La consecuencia es que la fabricación de acero y hormigón requiere obligatoria-

The biosphere has different CO₂ capture mechanisms called carbon sinks²³: they are the oceans, land and forest masses. The CO₂ absorption capacity of forests depends on the type of tree. Considering average emission rates of 300 kg/CO₂ per individual per year²⁴, and that the usual amount of time for building a house is 12 to 18 months, to offset emissions produced by a 100 m² house, we need about 200 *pinus halepensis* or adult *pinus pinaster*. Therefore, the forest mass needed to capture and store the CO₂ generated by construction work in Madrid during 2006 comes to 3,600 km², equivalent to the size of the island of Mallorca.

How could this huge amount of pollution be reduced? Current renewable energy technology cannot provide the power needed to reach the melting temperature of Portland cement and steel²⁵, the basic elements of reinforced concrete²⁶ and contemporary construction.

As a result, the production of steel and concrete entails the mandatory use of

20. White Paper for the Green Labelling of construction products, financed by the Department of the Environment of the regional government of Catalonia, with the collaboration of the Associations of Architects, Surveyors and Technical Architects, Instituto Cerdà, UPC and ITEC, who provided the data.
21. Institute of Statistics of the Community of Madrid, Ministry of Innovation and Technological Innovation.
22. Andrew Lacis, NASA Goddard Space Studies Institute (GISS).
23. www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/
24. Adult *Pinus halepensis* intake: 341 kg per year. Assessment of the CO₂ sink capacity of arboreal and shrub vegetation likely to be used in the road network of Andalusia.
Adult *Pinus pinaster* intake: 276 kg per year. Ministry of Agriculture, Fisheries, Food and Environment, Carbon Sinks.
25. 1,450-1,650 °C depending on the composition.
26. For this reason, research in new concrete focuses on finding alternatives to calcium carbonate to reduce the melting temperature to 650 °C.



mente energías fósiles como el petróleo, el fuelóleo pesado o el gas natural.²⁷ Es decir que el ciclo de vida del hormigón se inicia en un yacimiento petrolífero como el de Ghawar en Arabia Saudí, luego se transporta el crudo mediante grandes barcos petroleros a los grandes puertos europeos, como por ejemplo el de Rotterdam, de allí se distribuye por oleoductos hasta España, donde se refina y se suministra a las fábricas para ser utilizado como combustible, lo que provoca ese 5% de contaminación mundial. Esto sin tener en cuenta las posibles catástrofes ambientales provocadas por los accidentes de los petroleros o los conflictos armados en los distintos países de extracción.

Además, no hay que olvidar que en el 2010 se produjo el *Peak Oil*,²⁸ es decir, el momento en el cual la producción de petróleo llegó a su máximo histórico y a partir de ahí empezó a disminuir. Si bien el petróleo no se acabará nunca, llegará un momento en el que se dejará de extraer porque será demasiado caro o difícil de obtener.

fossil fuels like oil, heavy fuel oil or natural gas.²⁷

In other words, the life cycle of concrete begins in an oil field like the one of Ghawar, Saudi Arabia; afterwards, the oil is transported by oil tankers to ports in Europe, like the one in Rotterdam; from there, it is distributed via pipelines to Spain, where it is refined and supplied to factories to be used as fuel, accountable for 5% of the world's pollution.

This does not take into account the possible environmental catastrophes caused by oil tanker accidents or armed conflicts in the different countries of extraction.

In addition, it must not be forgotten that 2010 saw the Peak Oil²⁸, in other words, the moment at which oil production reached its historical peak and from there began to decline. Whilst oil will never run out, there will come a time when it stops being extracted as it will be too expensive or difficult to obtain.

Imagen 1. Yacimiento petrolero Ghawar en Arabia Saudita.

Imagen 2. Buque petrolero.

Imagen 3. Puerto de Rotterdam.

Imagen 4. Refinería en Cádiz.

Imagen 5. Buque Petrolero.

Imagen 6. Fabricación de hormigón portland.

Photo 1. Ghawar Petrol Field, Saudi Arabia.

Photo 2. Oil tanker.

Photo 3. Port of Rotterdam.

Photo 4. San Roque oil refinery, Cádiz.

Photo 5. Oil tanker.

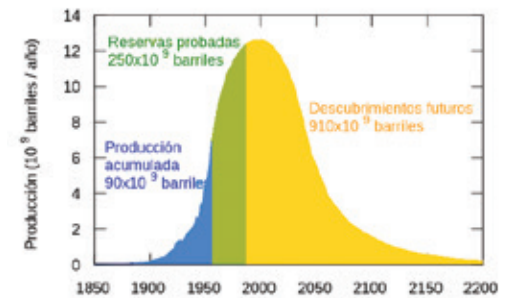
Photo 6. Portland concrete fabrication.

27. *Guía de mejores técnicas disponibles en España en la fabricación de cemento.* Ministerio de Medio Ambiente (2004).

28. *World Energy Outlook 2010,* Agencia Internacional de la Energía.

27. *Guide to best techniques available in Spain in the production of cement,* 2004, Ministry of the Environment.

28. *World Energy Outlook 2010,* International Energy Agency. Check next image.



Fuente: De Hankwang



Foto: Eli J. Medellín, Iraq



Foto: Igor Golubenkov

Frente a esta situación, la solución más sencilla es reducir su uso al máximo, es decir, **no hacer o hacer el mínimo. La manera automática de reducir un 50% las emisiones de CO₂ de una edificación de 500 m² es construir solamente 250 m².**

Cuando esa posibilidad resulte inviable, una opción es evitar en todo lo posible aquellos materiales que presentan mayores emisiones incorporadas, como el aluminio, el gres porcelánico y todos los derivados asfálticos, además del hormigón armado, y buscar materiales alternativos disponibles. Por ejemplo, aquellos desarrollados previamente a la revolución industrial y que utilizan energías renovables para fabricarse a temperaturas inferiores a 900°C. En este grupo se encuentran el cemento de cal hidráulica natural, la cal aérea y la cerámica artesanal cocida con biomasa, así como todos aquellos que no requieren hornos, como los productos de la madera.

In light of this situation, the simplest solution is to reduce its use insofar as possible, i.e., **not doing or doing the minimum. The automatic way of reducing CO₂ emissions from a 500 m² building by 50% is to build only 250 m².**

When this option proves unfeasible, one option is to avoid using materials with higher emissions as much as possible, such as aluminium, porcelain stoneware, all asphalt derivatives and reinforced concrete, and to look for available alternative materials. For example, those developed prior to the industrial revolution and using renewable energy to be manufactured at temperatures below 900 °C. This group includes natural hydraulic lime cement, aerial lime, or biomass-fired bricks, as well as all materials that do not require the use of furnaces, such as wood products.

3. EXPLOTACIÓN LABORAL Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO

3. LABOUR EXPLOITATION AND SAFETY AT WORK

Una de las mayores ventajas del diseño mediante indicadores cuantificables es la posibilidad de desmontar mitos. Así pues, cuando se trata el tema de la contaminación, es habitual que aparezca el tema del transporte como si fuera una de las fuentes principales. Esto puede ser cierto en algunos casos particulares, pero tal como demuestra la tabla adjunta el barco resulta muy eficiente en comparación al resto de medios de transporte. Obviamente, cuanto menor sea el recorrido, menor contaminación asociada se producirá.

¿Cuál es entonces el principal problema en la importación de productos de otras latitudes? En general, si proceden de países desarrollados y se justifica su importación porque no afecta el consumo de productos locales equivalentes, la importancia de la contaminación por transporte se puede considerar relativa.

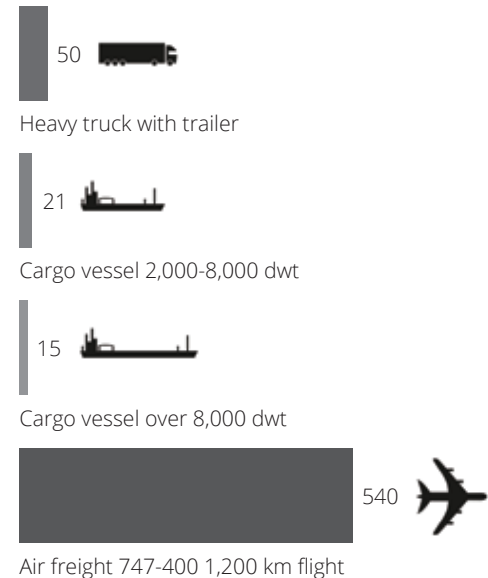
No obstante, la importación de materias primas de países con mercados laborales infrarregulados puede conllevar explotación laboral. En caso de duda, sería conveniente exigir las condiciones labo-

One of the major advantages of designing using quantifiable indicators is the ability to dismantle myths. Thus, when it comes to the issue of pollution, it is typical for transport to be quoted as one of the main sources. Although this may be true in some particular cases, boats are comparatively very efficient compared to other means of transport, as shown in the table on the right. Obviously, the shorter the distance, the less associated pollution.

What is the main problem in importing products from abroad? Generally speaking, if products are sourced from developed countries and importing them is justified as there is no impact on the consumption of similar local products, the importance of transport pollution can be considered relative.

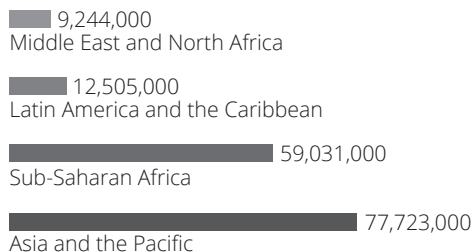
However, importing raw materials from countries with under-regulated labour markets can lead to labour exploitation, accidents and worker fatalities. If in doubt, ask to be provided with the working conditions of supplier, although this is not always possible.

CO₂ produced by transport: (grams per ton-kilometre)



Fuente: IMO GHG study 2009

Child labour (from 5 to 17 years):



Font: UNICEF graphs, 2012.

29. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/15660/18163>.

30. www.ejatl.as.org/conflict/coal-transport-by-drummond-in-bahia-de-santa-marta-colombia.

31. *Política nacional de seguridad minera*, Ministerio de Minas y Energía Bogotá DC, agosto de 2011.

32. *IPEC Tendencias mundiales del trabajo infantil entre 2008 y 2012 / Programa Internacional para la Erradicación del Trabajo Infantil (IPEC)*. Ginebra: OIT (2013). ISBN: 978-92-2-327183-1 (impresión) ISBN: 978-92-2-327184-8 (web en PDF).

33. Factor de emisión de la Península: 308 gCO₂/kWh. Factor de la Baleares: 766 gCO₂/kWh.

Según datos de la Dirección General de Medio Natural, Educación Ambiental y Cambio Climático, en 2010 en las Islas Baleares se produjeron 9.361.900 toneladas de CO₂. De esta cantidad, 5.000.000 t corresponden a la producción de energía eléctrica. En Mallorca, 500 MW se producen en la central eléctrica del Murterà, con un aprovechamiento del 33% de la energía calorífica primaria. Solo de esta central proceden unas 3.100.000 t de CO₂.

rales a las empresas suministradoras, lo cual no siempre se hace ni es posible.

Por ejemplo, más del 55% de la energía eléctrica consumida en Mallorca procede de la central térmica del Murterà, que se alimenta con carbón. Dicho carbón no procede de minas españolas, como se podría suponer, sino de Colombia, por su menor coste. Se trata de un sector con explotación infantil,²⁹ que provoca desastres ambientales como los vertidos de cientos de toneladas de carbón al mar cerca de las playas,³⁰ y elevada accidentalidad laboral, según un informe del Ministerio de Minas de Bogotá,³¹ en el cual se indican a modo de referencia las tasas de mortalidad de otros países mineros como China, con 6.000 mineros fallecidos durante el 2005, o Sudáfrica, con 220 en 2007, de donde procedía hasta hace poco el carbón utilizado en el Murterà. La tasa de explotación infantil de Sudáfrica³² es de casi 60 millones de menores. Si se añade que estos son considerados especialmente útiles para introducirse en las fisuras en las que no cabe un adulto y que no se exigen condiciones laborales,

For instance, more than 55% of the electricity consumed in Mallorca comes from the Murterar power plant, which coal powered. This coal does not come from Spanish mines, as might be assumed, rather it is it from Colombia as it costs less. This sector involves child exploitation²⁹, which causes environmental disasters such as the dumping of hundreds of tonnes of coal into the sea near beaches³⁰ and high occupational accident rates according to the report of the Ministry of Mines of Bogotá³¹, which references the mortality rates of other mining countries such as China, with 6,000 miners killed during 2005, or South Africa, with 220 in 2007, which is from where the coal used in Murterar was sourced until recently. Almost 60 million children are affected by child exploitation in South Africa³². Given that children are considered particularly useful for entering gaps in which adults do not fit and that they have no demands in terms of working conditions, it is fairly plausible to conclude that the production of electricity employed on the island has benefited from child exploitation for years, and could even still be happening.

la conclusión es que existe una posibilidad bastante verosímil de que la energía eléctrica de la isla se haya alimentado durante años de explotación infantil, e incluso que siga sucediendo. Si bien estadísticamente las condiciones laborales de Colombia son mejores que las de Sudáfrica, lo cierto es que en general se trata de trabajos que no aceptaríamos para nosotros mismos ni para nuestros hijos.

En este sentido, es muy notable el compromiso de la actual Dirección General de Energía y Cambio Climático de clausurar el 50% de los reactores a carbón de la estación eléctrica del Murterar a corto plazo. El interés es doble, ya que las emisiones incorporadas de CO₂ de la combinación energética de las Islas Baleares³³ son más del doble que en el resto del Estado español, debido a la contaminación que provoca la quema de carbón. Por tanto, la eficiencia energética en las Baleares, además de reducir la factura de los consumidores y la contaminación, puede tener efectos positivos en la reducción de la explotación laboral si se toman las medidas adecuadas.

Although statistically employment conditions in Colombia are better than those in South Africa, the fact is that in general, we would refuse to do these jobs ourselves, never mind our children.

In this sense, the current DGECC's commitment to close 50% of the coal reactors at the Murterar power station in the near future is quite remarkable. This development is doubly interesting given that the incorporated CO₂ emissions of the energy mix of the Balearic Islands³³ are more than double those seen in the rest of the Iberian Peninsula, due to the pollution caused by the burning of coal, with a heat efficiency of just 30% (the remaining 70% is released into the atmosphere). Therefore, energy efficiency in the Balearic Islands, in addition to reducing consumer bills and pollution, can have a positive impact on reducing labour exploitation if appropriate measures are taken.



Foto: Steve McCurry

29. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/avenferm/article/view/15660/18163>
30. www.ejatlas.org/conflict/coal-transport-by-drummond-in-bahia-de-santa-marta-colombia
31. National policy on mining safety, Ministry of Mines and Energy Bogotá D.C., August 2011.
32. IPEC Global trends in child labour between 2008 and 2012 / International Program on the Elimination of Child Labour (IPEC) - Geneva: ILO, 2013. ISBN: 978-92-2-327183-1 (Print) ISBN: 978-92-2-327184-8 (Web PDF)
33. Peninsula emission factor 308 g CO₂/kWh. Balearic factor 766 g CO₂/kWh.
According to data from the Directorate General of the Natural Environment, Environmental Education and Climate Change, in 2010, the Balearic Islands produced 9,361,900 tonnes of CO₂. Of this amount, 5,000,000 tonnes correspond to the production of electricity. In Mallorca, 500 MW are produced at the Murterar power station with 33% of primary heat energy harness. This plant alone is responsible for around 3,100,000 tonnes of CO₂.

4. SALUD Y CANCERÍGENOS

4. HEALTH AND CARCINOGENIC EFFECT

34. Lucy Dean [inspectora de fábrica, Reino Unido]. *El amianto en España: estado de la cuestión* (2001).
35. E. Merewether [inspector médico de trabajo, Reino Unido]. *El amianto en España: estado de la cuestión* (2001).
36. Centro Internacional de Investigación del Cáncer de la OMS. *El amianto en España: estado de la cuestión* (2001).
37. Directiva 1999/77/CE de la Comisión, de 26 de julio de 1999, por la que se adapta al progreso técnico por sexta vez el anexo I de la Directiva 76/769/CEE del Consejo, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros que limitan la comercialización y el uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos (amianto).
38. Orden de 7 de diciembre de 2001 por la que se modifica el anexo I del RD 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.
39. RD 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
40. International Agency for Research on Cancer. www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2004/pr153.html.
41. Estudio realizado por la Fundación Mapfre, 2007.

La historia de la evolución normativa del amianto ejemplifica las dificultades que tienen las instituciones gubernamentales para prohibir los productos potencialmente nocivos para la salud de las personas:

1889 Primer informe sobre la toxicidad de las fibras de asbesto.³⁴

1930 Primer reconocimiento de la asbestosis como enfermedad profesional en Gran Bretaña.³⁵

1973 Reconocimiento científico internacional de la carcinogenicidad del amianto.³⁶

1999 La Unión Europea exige a los Estados miembros la prohibición de fabricar todo tipo de amianto y establece como plazo máximo el 1 de enero de 2005.³⁷

2001 Se prohíbe en España la fabricación de amianto. La norma entra en vigor al cabo de 6 meses y se concede una moratoria adicional de 6 meses para comercializar el *stock* remanente.³⁸

2006 Se prohíbe que los particulares retiren el amianto, trabajo que tienen que llevar a cabo empresas especializadas con trajes estancos debido al gran peligro que implica su manipulación.³⁹

The history of regulatory developments in terms of asbestos demonstrates the difficulties experienced by government institutions to prohibit products that are potentially harmful to human health:

1889 First report on the toxicity of asbestos fibres³⁴.

1930 First time asbestosis is recognised as a professional disease in Great Britain.³⁵

1973 International scientific recognition of the carcinogenic nature of asbestos.³⁶

1999 The EU requires member states to ban all types of asbestos and establishes a maximum deadline of 1 January 2005.³⁷

2001 Its production in Spain is prohibited. The standard takes effect after 6 months and an additional moratorium of 6 months is granted to market the remaining stock.³⁸

2006 The removal of asbestos by private individuals is prohibited, which is carried out by specialist companies who use watertight suits given the great danger involved in its handling.³⁹

La exposición laboral en la fabricación sigue provocando más de 100.000 muertos anuales a nivel mundial y, a pesar de todo, países como Rusia siguen fabricando casi 700.000 t anuales, que se comercializan en países como China.

Otro caso es el del PVC, declarado como cancerígeno por la IARC.⁴⁰

Además de la toxicidad durante la fabricación o por contacto directo, uno de los principales problemas de su uso en las edificaciones es que la mayor parte de las instalaciones como el cableado eléctrico y el saneamiento suelen estar fabricadas de PVC y, en caso de incendio, la principal causa de muerte es la inhalación de humo y gases tóxicos, que asciende al 57,45% en el caso de los hombres y al 81,82% en el caso de las mujeres.⁴¹

A pesar de todo, es el tercer plástico más consumido en el mundo.

Occupational exposure in manufacturing continues to cause more than 100,000 deaths a year globally and yet countries like Russia continue to manufacture almost 700,000 t annually, which are marketed in countries like China.

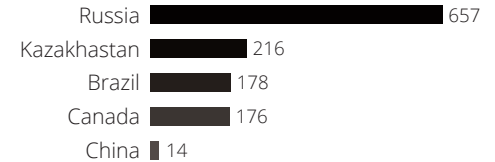
Another case is that of PVC, declared as being carcinogenic by IARC⁴⁰.

In addition to toxicity during the production process or direct contact, one of the main problems in its use in buildings is that most installations, such as electrical wiring and sanitation, are usually made of PVC and in the event of a fire, the main cause of death is the inhalation of smoke and toxic gases, accounting to 57.45% in the case of men and 81.82% in the case of women⁴¹. In fact, public buildings require that electrical installations are free from halogens, i.e. free from PVC.

Despite the foregoing, it remains the third most consumed plastic in the world.

ASBESTOS EXPORTS

In thousand of metric tons (2008)



Fuente: ICIJ, Stehphenroutree.

34. Lucy Dean, factory inspector, UK. Asbestos in Spain: state of play, 2001.
35. British workforce medical inspector E. Merewether. Asbestos in Spain: state of play. 2001.
36. International Agency for Research on Cancer, WHO. Asbestos in Spain: state of play. 2001.
37. Commission Directive 1999/77/EC of 26 July 1999 adapting to technical progress for the sixth time Annex I to Council Directive 76/769/EEC on the approximation of the laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations (asbestos)
38. Order of 7 December 2001 amending Annex I to Royal Decree 1406/1989 of 10 November 1989 imposing restrictions on the marketing and use of certain dangerous substances and preparations.
39. Royal Decree 396/2006 of 31 March, establishing the minimum safety and health requirements applicable to works at risk of exposure to asbestos.
40. International Agency for Research on Cancer. www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2004/pr153.html
41. Study carried out by the Mapfre Foundation, 2007.



Tubos de saneamiento de PVC.
PVC pipes

En España, se sigue comercializando, pero su uso está prohibido en los edificios públicos en más de 300 municipios de Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Francia, Holanda, Luxemburgo, Noruega y Suecia, entre los cuales se incluyen capitales tan destacadas como Berlín o Viena.

Todos estos ejemplos constituyen lo que denominamos *las dificultades del payés moderno*.

Si nuestro referente es la arquitectura tradicional, la substitución de troncos y cuerdas por productos industrializados potencialmente tóxicos deviene un problema a tener en cuenta porque el campesino utiliza sin prejuicios todo lo que llega a sus manos.

Frente a esta situación, se propone el *principio de precaución*:⁴² evitar en las obras el uso de todos aquellos materiales de los que existan dudas sólidas sobre su seguridad, establecer niveles mucho más restrictivos que los prescritos por la legislación vigente y evitar el uso de los siguientes materiales:

In Spain, it is still sold, but its use is banned in public buildings in more than 300 towns and cities in Germany, Austria, Belgium, Denmark, France, Holland, Luxembourg, Norway and Sweden, including capitals such as Berlin and Vienna.

All these examples constitute what we call "*the difficulties of the modern farmer.*"

Taking traditional architecture as a reference, in which farmers use everything that comes his way without prejudice, the replacement of a few trunks and ropes using potentially toxic products made on an industrial scale becomes a noteworthy problem.

In light of this situation, the *principle of precaution*⁴² is of particular interest, avoiding the use of all materials concerning which there are strong doubts in terms of their safety in construction work, establishing much more restrictive levels than those defined by the current legislation, preventing the use of the following materials:

42. Mencionado en el artículo 191 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea.

43. Reglamento Europeo 1005/2009, de 16 de septiembre de 2009.

- PVC en ningún capítulo de la obra, ni siquiera en las instalaciones, donde es el material por excelencia.
- Colas y/o maderas con un contenido de formaldehidos por encima de E1.
- Espumas de poliuretano (PU) ni cualquier otro tipo de producto que emita gases tóxicos para el operario tipo HFC (gas de efecto invernadero) o HC (hidrocarburos considerados compuestos orgánicos volátiles), que han substituido los gases CFC o CHFC que afectan a la capa de ozono, prohibidos en 2009.⁴³
- Pinturas o barnices tóxicos con elevado índice de compuestos orgánicos volátiles o presencia de bario, plomo u otros metales pesados. Se recomienda que todos los tratamientos utilizados procedan de materias primas vegetales y dispongan de sello de producción ecológica o, en su defecto, certificado expedido por la empresa fabricante que garantice la no toxicidad del producto.

- PVC in any aspect of construction work, including installations, where it is considered the material par excellence.
- Glues and/or woods with a formaldehyde content of more than E1.
- Polyurethane (PU) foams or any other type of product that exposes the operator to toxic gases such as HFC (greenhouse gas), or HC (hydrocarbons considered Volatile Organic Compounds), which have replaced CFC or CHFC gases that affect the O-zone layer, which were banned in 2009.⁴³
- Toxic paints or varnishes, with a high VOC content or that contain barium, lead or other heavy metals. It is recommended that all treatments used contain vegetable raw materials and feature a stamp of organic production or, failing this, a certificate issued by the manufacturer, declaring that the product is not toxic.



Aislamiento de espuma de poliuretano
Polyurethane foam insulation

42. Referred to in Article 191 of the Treaty on the Functioning of the European Union.

43. European Regulation 1005/2009 of 16 September 2009.

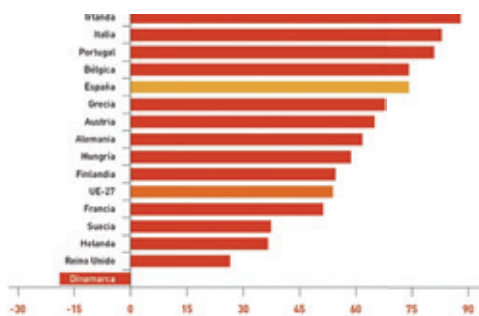


AUTOSUFICIENCIA, MAPA DE RECURSOS Y ARQUITECTURA TRADICIONAL

SELF-SUFFICIENCY, RESOURCE MAP AND TRADITIONAL ARCHITECTURE

AUTOSUFICIENCIA, MAPA DE RECURSOS Y ARQUITECTURA TRADICIONAL

SELF-SUFFICIENCY, RESOURCE MAP AND TRADITIONAL ARCHITECTURE



Fuente: EUROSTAT (2009)/MITVC (2010)

44. EUROSTAT 2009/MITVC (2010). Dependencia energética exterior.

45. *Oil Crash*. De Hankwang - Image: Hubbert peak oil plot.svg.

46. Beck, U. *La sociedad del riesgo global*, Barcelona, Paidós (2008).

44. EUROSTAT 2009 / MITVC (2010). External energy dependence.

45. *Oil Crash*. From Hankwang - Image: Hubbert peak oil plot.svg

46. Beck, U. (2008): *The global risk society*, Barcelona, Paidós.

¿Qué opciones tenemos frente a este escenario? Uno de los principales problemas que afrontan los países de la Unión Europea es la dependencia energética.⁴⁴ En el caso de España, llega hasta el 75%, y la media de la UE-27 supera el 53%.

Esta elevada dependencia deja en una posición de fragilidad las economías de los Estados miembros, por lo que se ha establecido el objetivo 20/20/20 de la Estrategia Energética de la Unión Europea como mecanismo de defensa. Uno de los puntos clave es la reducción del consumo energético en un 20% para iniciar progresivamente el camino hacia la autosuficiencia energética antes de la llegada del *Oil Crash*.⁴⁵

Del mismo modo, el avance hacia un cierto grado de autosuficiencia en el consumo de recursos constituye una de las vías principales para reducir las llamadas *amenazas ecológicas*, que en realidad son amenazas del sistema social.⁴⁶ No se trata de la protección de una supuesta *naturaleza intocada* inexistente, sino de nuestra supervivencia.

What options do we have in this scenario? One of the main problems facing EU countries is energy dependence⁴⁴. In the case of Spain, this figure comes to 75%, whilst the EU-27 average exceeds 53%.

This high level of dependence leaves the economies of member states in a fragile position. The 2020 climate & energy package has been developed as part of which the reduction of energy consumption by 20% is one of the key points to gradually start on our journey towards energy self-sufficiency prior to the arrival of *Oil Crash*⁴⁵.

Similarly, progress towards a degree of self-sufficiency in resource consumption is one of the main ways of reducing the so-called “ecological threats”, which are actually threats to the social system⁴⁶. It is not a case of protecting a non-existent “untouched nature”, rather our own survival.

¿Cómo aplicar la autosuficiencia? Existe un concepto muy útil: el mapa de recursos de un lugar, que consiste en descubrir todos aquellos recursos disponibles de km 0, tangibles o no:

vientos dominantes de verano para refrescar, orientación solar para calentar, pluviometría, geotecnia, materiales y residuos aprovechables, etc.

La **arquitectura tradicional** es, por definición, el mapa de recursos del lugar. Es decir que la lectura de esa arquitectura nos permite descubrir los recursos naturales disponibles en el momento de la construcción.

Por ejemplo, las construcciones del barranco de Biniraix en Sóller, Mallorca, están hechas con las piedras del propio valle. La presencia de pozo o aljibe nos descubrirá la geología, la pluviometría y la existencia de aguas subterráneas.

En el caso de Formentera, hasta el siglo XIX solamente disponían de piedra, tierra y madera de sabina. Durante el

How can we apply self-sufficiency? A resource map is a very useful resource that allows us to discover all available local resources, whether tangible or not:

Prevailing winds in summer for cooling, direction of the sun for heating, rainfall, geotechnics, materials and waste, etc.

Traditional architecture is, by definition, the local resource map. That is, by regarding traditional architecture, we can discover the natural resources available at the time of construction.

For example, buildings in the Biniraix ravine in Sóller, Mallorca, were built using stones from the valley itself. The presence of a well or cistern can be used as a pointer in terms of the geology, rainfall and the existence of groundwater.

In the case of Formentera, until the 19th century, only stone, soil, and sabin wood was available.



Arquitectura tradicional, Formentera, S. XX
20th century traditional architecture, Formentera



Pabellón de hielo *Ice Pavilion* by Alexander Brodsky
Foto: Yuri Palmin

siglo XIX, se desarrolla la tecnología de la cal y se importan tejas de Ibiza y la península Ibérica.

Pero no solamente se trata de materiales. En el pabellón del hielo de Alexander Brodsky, la malla metálica protege del viento helado al rociarla con agua, lo que crea un muro de hielo que puede servirse en forma de cubitos en los vodkas. El frío protege del frío.

Si somos lo suficientemente rigurosos, puede suceder que los edificios que proyectamos se conviertan en el mapa de recursos de nuestra época para las generaciones posteriores.

During the 19th century, lime technology was developed and tiles imported from Ibiza and the mainland.

However, it's not just about materials. In Alexander Brodsky's ice pavilion, the metallic mesh protects against the icy wind by spraying it with water, forming a wall of ice that can be served in the form of cubes in vodka drinks. The cold provides protection from the cold.

If we are strict enough, our buildings could produce a resource map for our era to be used by future generations.

Foto: Sebastià Martorell
Arquitectura tradicional, Formentera, SXIX 19 th century traditional architecture, Formentera





PROTOTIPO.
14 VIVIENDAS DE PROTECCIÓN PÚBLICA EN SANT FERRAN, FORMENTERA
PROTOTYPE.
14 SOCIAL DWELLINGS IN SANT FERRAN, FORMENTERA

PROTOTIPO. 14 VIVIENDAS DE PROTECCIÓN PÚBLICA EN SANT FERRAN, FORMENTERA

PROTOTYPE. 14 SOCIAL DWELLINGS IN SANT FERRAN, FORMENTERA



Foto: Carles Oliver

Programa, estructura, construcción y eficiencia energética resueltos mediante una única estrategia global.

La arquitectura tradicional es la referencia constante del proyecto Reusing Posidonia, no como forma, sino como manera de trabajar. Son las gafas para mirar de cerca. Con ellas, buscamos qué hay en la isla que podamos utilizar. Las sabinas, con las que se construían antiguamente los forjados, por suerte están protegidas. Las canteras de piedra arenisca (*marès*), agotadas, y la poca paja que se produce se utiliza para el ganado. Por tanto, nos queda solo lo que llega por mar: posidonia y barcos. Además de los palés de obra, que permanecen en la isla debido al coste de embarcarlos de vuelta.

Así que proponemos un cambio de concepto: *en lugar de invertir en una industria química situada a 1.500 km, dedicaremos el mismo presupuesto a una mano de obra local poco cualificada que tiene que extender la posidonia al sol para secarla y compactarla en los palés para conseguir 15 cm de aislamiento en cubierta. Además, resulta que*

Program, structure, construction and energy efficiency solved by a single strategy.

Traditional architecture has been a constant reference, not in terms of design, but as a way of working. We use it as a microscope to get a closer look. By doing so, we can see the resources available on the island: Junipers, which were used to build frameworks, are currently protected. The sandstone quarries have been depleted and the limited straw available is used for livestock.

So, we have to look to the sea: *Posidonia* and boats, plus construction pallets that remain on the island because high cost of returning them. Therefore, we propose a shift in approach:

"Instead of investing in a chemical plant located 1,500 km away, we should invest the same amount in local unskilled labour, who should lay out the Posidonia to dry under the sun and compact it in pallets, providing 15 cm of insulation for roofs. Moreover, sea salt actually acts as natural biocide product and is completely environmentally friendly."

la sal del mar actuará como biocida natural. El producto será completamente ecológico.

El resto de materiales utilizados surge de un estudio de mercado en función de su coste económico, de la energía incorporada y de la adecuación a los niveles de confort requeridos.

La utilización de materiales naturales, más frágiles que los industrializados, requiere seleccionar los principales sistemas constructivos al principio del proceso de diseño. La organización de los espacios y las decisiones formales deben ser el resultado del conocimiento de las ventajas y las limitaciones de los materiales. Pensar como Louis Kahn:

Si piensas en un ladrillo, le preguntas: "¿Qué quieres, ladrillo?"

Y el ladrillo dice: "Me gusta un arco".

Y si le contestas: "Mira, los arcos son caros, y puedo utilizar un dintel de hormigón.

Qué te parece?"

El ladrillo dice: "Me gusta un arco".

Como veis, es importante respetar el material que utilizáis.

The rest of the material used comes from a market study given their cost, the incorporated energy and the fact that they are suited to the levels of comfort required.

The use of natural materials, more fragile than industrialized, requires selecting the main construction systems at the beginning of the design process.

The organization of the spaces and the formal decisions must be the result of the knowledge of the advantages and the limitations of the materials. To think Louis Kahn's way:

If you think of Brick, you say to Brick, 'What do you want, Brick?'

And Brick says to you, 'I like an Arch.'

And if you say to Brick, 'Look, arches are expensive, and I can use a concrete lintel over you.'

What do you think of that, Brick?'

Brick says, 'I like an Arch.'

And it's important, you see, that you honor the material that you use.



Louis Kahn

INSERCIÓN URBANA Y NUEVAS TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA

URBAN INSERTION AND NEW TYPES OF HOUSING



Foto: José Hevia

Se divide el volumen edificado en dos bloques independientes aprovechando que las dos fachadas que dan a la calle disfrutan de vientos dominantes procedentes del mar (brisas marinas) que permitirán refrescar en verano de forma pasiva, ya que las viviendas tienen doble orientación y ventilación cruzada gracias a la configuración de la sala de estar/comedor/cocina en forma de Z y un dormitorio en cada extremo. La tipología es una variación del proyecto de 42 viviendas en Son Servera, Mallorca, de los arquitectos M. Perís y J. M Toral, promovido por el IBAVI.

El acceso a las viviendas se realiza directamente desde la calle, para recuperar la relación directa propia de los núcleos rurales, y evitar la aparición de ascensores y espacios y escaleras comunitarias. Además, cada vivienda dispone de espacios exteriores de uso privado: las viviendas de la planta baja (PB) disponen de jardín, y las de la primera planta (P1) tienen terraza en cubierta, a la que se accede mediante una escalera privada.

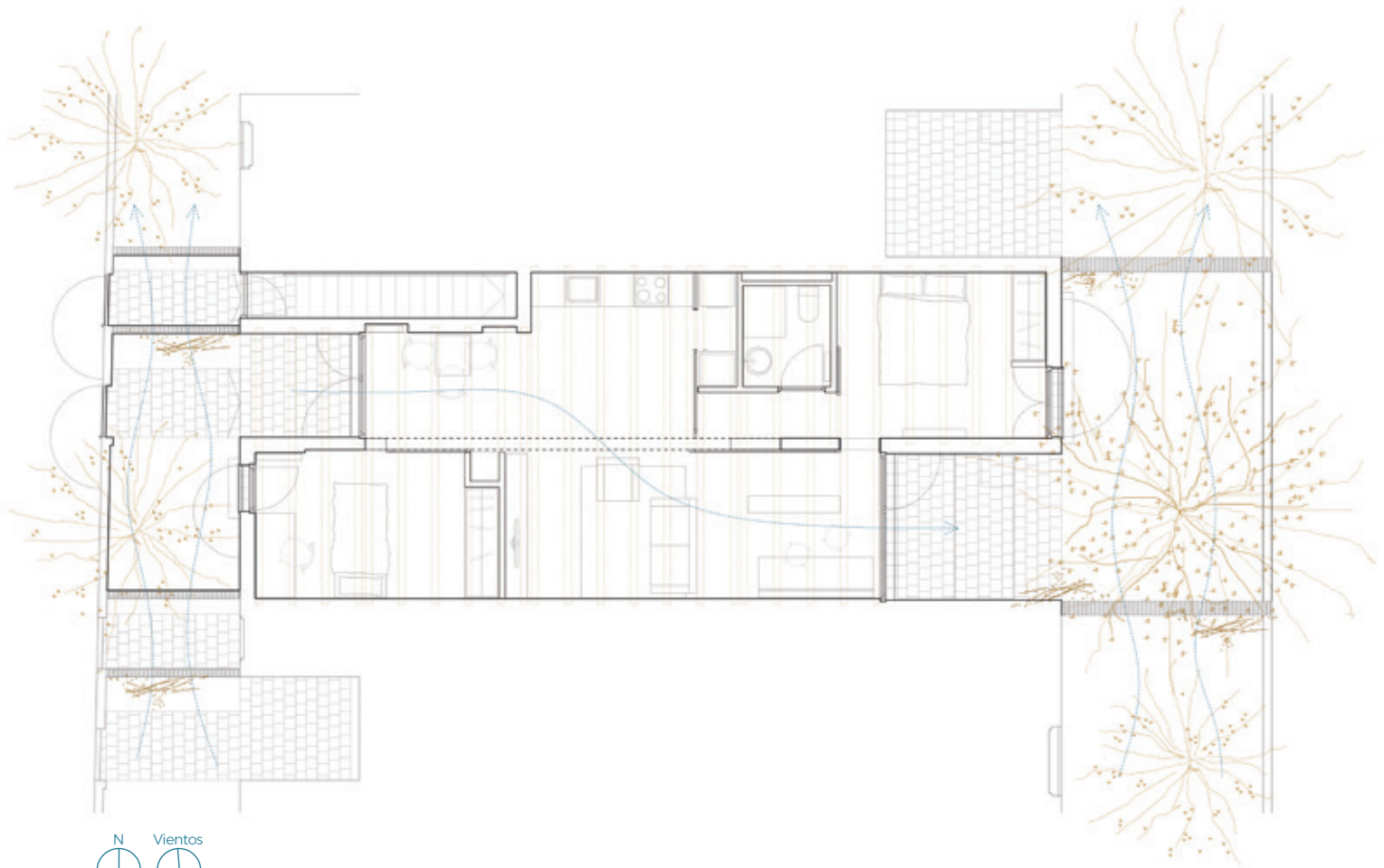
The constructed volume is divided into two separate blocks, taking advantage of the fact that the two facades that overlook the street enjoy prevailing winds that passively keep them cool in summer. All the dwellings face two directions and cross ventilation thanks to the layout of the living/dining room and kitchen in a Z shape and a bedroom at each end. The layout is a variation of the project of 42 housing units in Son Servera, Mallorca, by the architects M. Perís and J. M Toral, promoted by the IBAVI.

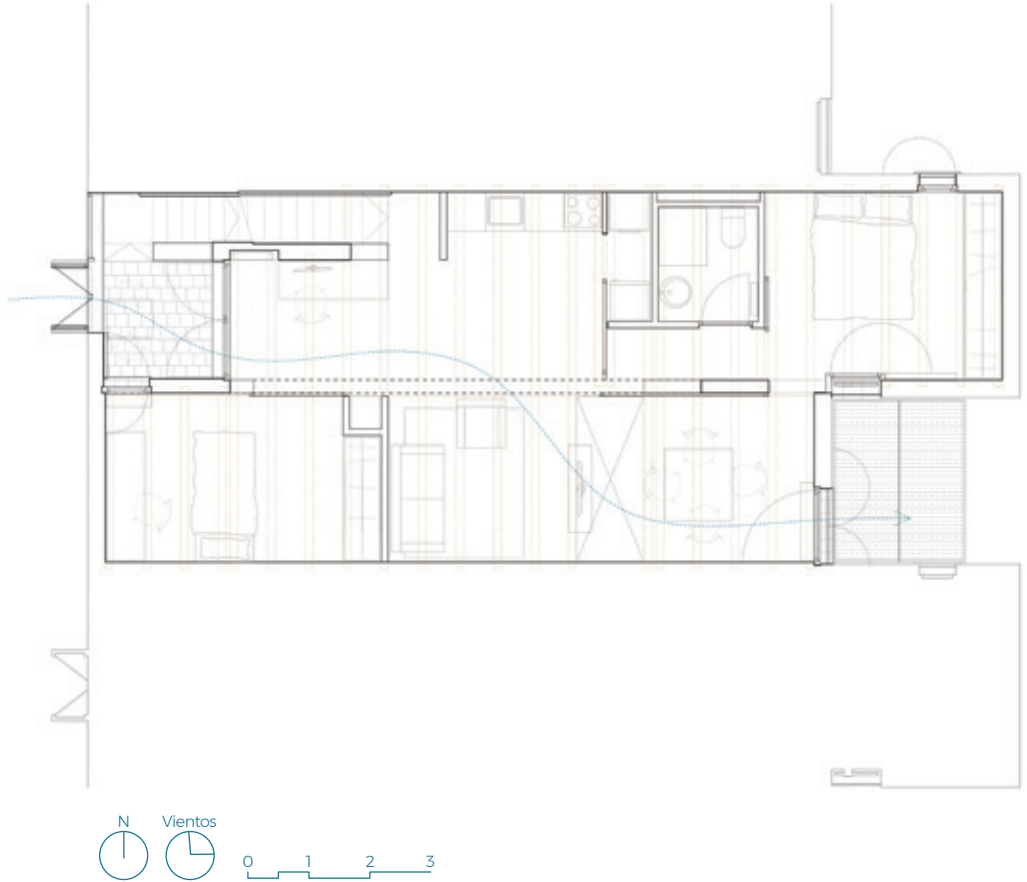
The entrance to all homes is directly on to the street, restoring the direct relationship typical of rural communities and avoiding the use of elevators, stairs and common areas. Furthermore, they all boast outdoor spaces for private use: ground floor homes have a garden whereas first-floor homes have a terrace with a private staircase.

14 SOCIAL DWELLINGS AT SANT FERRAN, FORMENTERA

- Edificios catalogados
Catalogued buildings
- Entorno cercano
Surroundings









Configuración abierta
Open space



Configuración cerrada
Closed space



EFICIENCIA ENERGÉTICA Y FUNCIONAMIENTO BIOCLIMÁTICO

ENERGY EFFICIENCY AND BIOCLIMATIC PERFORMANCE

El edificio es de clase energética A.

El aislamiento de la cubierta es de *Posidonia* compactada a 185 kg/m^3 con $\lambda: 0,044 \text{ W/mK}$, y tiene un espesor de 16 cm.

Los muros son de YTONG de 25 cm de espesor y U: $0,36 \text{ W/m}^2\text{°C}$, excepto a norte, que son de 30 cm y U: $0,32 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

Todos los cristales son bajo emisivos U: $1,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

En verano, la refrigeración se resuelve de forma pasiva mediante el aprovechamiento de las brisas.

Las ventanas que reciben radiación solar disponen de protección solar mediante porches, pérgolas con parras y cañizo, o persianas mallorquinas de madera imputrescible de alerce.

Se han dispuesto cables en la fachada, para facilitar el crecimiento de las plantas trepadoras, que protegen los cerramientos ciegos de los muros y reducen

The building is Energy Class A.

The insulation in the roof is *Posidonia oceanica* compacted at 185 kg/m^3 with $\lambda: 0.044 \text{ W/mK}$ and 16-cm thick.

The walls are of 25-cm thick Ytong and U: $0.36 \text{ W/m}^2\text{°C}$, except to the north, which are 30-cm thick and U: $0.32 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

All windows are low emissivity glass U: $1.1 \text{ W/m}^2\text{°C}$.

In summer, the cooling is provided passively by harnessing the breeze.

The windows exposed to sunlight have solar protection, such as porches, pergolas with vines and canes, or shutters made of larch wood.

Cables have been installed on the facade to facilitate the growth of climbing plants that protect blind walls and reduce solar radiation by more than 90% in areas where they have been developed.



Foto: José Hevia

Foto: José Hevia



la radiación solar en más de un 90% en las zonas donde se desarrollan.

En invierno, la climatización pasiva se apoya en una caldera de biomasa centralizada de 90 kW de potencia y un rendimiento del 92%, que también produce el agua caliente sanitaria (ACS). Cada vivienda dispone de intercambiadores Termobox-M, que proporcionan lecturas individuales de consumo.

Las dimensiones de todas las aperturas han sido calculadas para asegurar la incidencia de radiación directa el día más desfavorable del solsticio de invierno.

Las viviendas de la P1 disponen de un lucernario en cubierta con doble orientación.

En invierno, abriendo las persianas orientadas al sur, se obtiene un captador solar. En verano, cerrando las persianas y abriendo las ventanas, se obtiene ventilación natural por succión.

El confort térmico medio medido *in situ* es de 21°C en invierno y 26°C en verano.

In winter, passive climate control is dependent on a 90 kW centralised biomass boiler that offers a yield of 92%, which also produces ACS. Each house has Termobox-M heat exchangers that provide individual consumption readings.

The openings dimensions have been calculated to ensure that direct radiation occurs on the most unfavourable day of the winter solstice.

First floor houses have a skylight on the deck facing in two directions.

In winter, when opening the shutters facing southwards provides you get a solar collector.

In summer, when closing the blinds and opening the windows, you get natural ventilation by means of suction.

The average thermal comfort, measured on site is 21°C in winter and 26°C in summer.

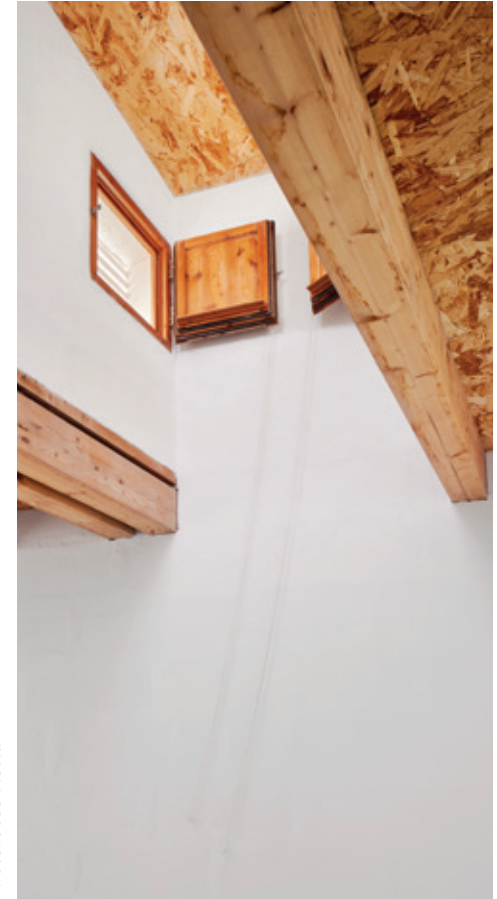


Foto: José Hevia





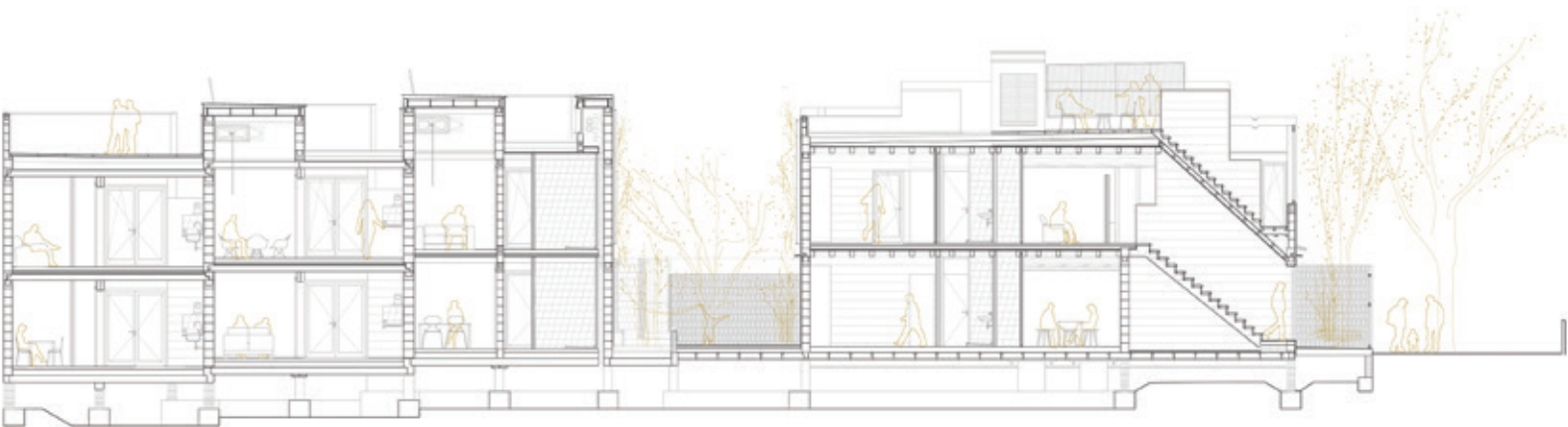
Planta baja
Ground floor



Planta primera
First floor







Sección transversal
Cross section





y12

y1

y10



14 SOCIAL DWELLINGS AT SANT FERRAN, FORMENTERA

Foto: José Hevia



25

26



Fachada Salou 2
2 Salou facade



Fachada Sant Jaume 14
2 St Jaume facade





CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

CRITERIA FOR SELECTING MATERIALS

Si priorizamos el producto lo más saludable y ecológico posible, de km 0, y económicamente viable, obtenemos la siguiente tabla aplicada a las Baleares:⁴⁷

C1. Residuos locales reutilizables

Ej.: Alga, paja, puertas reutilizadas.

C2. Productos ecológicos locales

Ej.: Piedra de marés, arcilla (BTC, adobe, etc.), cerámica cocida con biomasa, cal aérea.

C3. Productos ecológicos no locales

Ej.: Madera, cal hidráulica.

C4. Productos reciclados o optimizados (locales o no)

Ej.: Ytong, perfiles metálicos con 85% de acero reciclado.

If prioritizing the product as being as healthy and eco-friendly as possible, a local product⁴⁷, in addition to being economically viable, the following table applies to the Balearics:

C1. Reusable local waste

E.g. Neptune grass, straw, reused doors, etc.

C2. Local eco-friendly products

E.g. Marès sandstone, clay (BTC, adobe, etc.), tiles cooked in a biomass kiln, aerial lime, etc.

C3. Non-local eco-friendly products

E.g. Wood, hydraulic lime, etc.

C4. Recycled or optimized products, whether local or not.

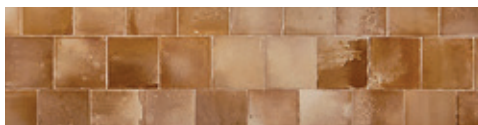
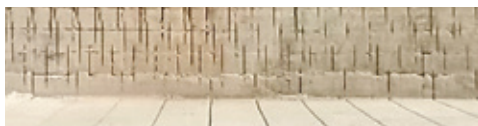
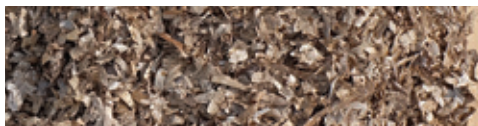
E.g. Ytong, metal beams with at least 85% recycled steel.

47 Un producto es considerado de km 0 cuando se encuentra a menos de 100 km del lugar en el que se consumirá. En el caso de Formentera, hemos considerado Mallorca como km 0 por la falta de industria local, a pesar de que las dos islas se encuentran a 160 km de distancia.

47. A product is considered to be local when it is less than 100 km from the place where it will be consumed. In the case of Formentera, Mallorca has been considered as local due to the lack of local industry, although the two islands are 160 km apart.

MATERIALES UTILIZADOS, POR CATEGORÍAS

MATERIALS USED BY CATEGORY



C1. Residuos locales reutilizables

- Aislamiento de la cubierta: Posidonia secada en obra, confinada en palés.
- Áridos: procedentes de la propia obra durante las fases de excavación o residuos de bloque de hormigón celular.
- Carpintería interior y cancelas: madera reutilizada procedente de vertedero (Fundació Deixalles Mallorca).

C2. Productos locales ecológicos

- Estructura (bóvedas): losa de piedra de marès procedente de Mallorca.
- Revoco exterior: cal aérea CL fabricada en Mallorca cocida mediante aceite reciclado.
- Solados exteriores: Losa de marès de 40x80x7 cm y baldosa cerámica cocida en hornos morunos alimentados con biomasa.
- Particiones verticales exteriores: bloque cerámico H-16 cocido en hornos morunos alimentados con biomasa.

C1. Reusable local waste

- Roof insulation: *Posidonia oceanica* dried on site, confined in reused pallets.
- Aggregates: from construction work itself, during the excavation phases, or from cellular concrete block residues.
- Interior carpentry and gates: reused wood (Fundació Deixalles Mallorca).

C2. Local eco-friendly products

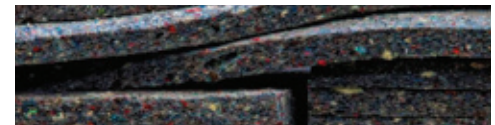
- Structure (vaults): marès sandstone slabs from Mallorca.
- External plaster: lime plaster made in Mallorca using recycled oil as fuel.
- Exterior floors: 40x80x7-cm marès sandstone slabs and bricks produced in biomass kilns known as "morunos".
- Vertical outdoor partitions: H-16 ceramic blocks produced in biomass kilns.

C3. Productos no locales ecológicos

- Estructura (forjados): madera laminada procedente de Austria, tipo E1 con sello PEFC. Tableros OSB-III con sello PEFC.
- Carpintería exterior: madera de alerce procedente del País Vasco con sello PEFC.
- Cimentación: zapata corrida de hormigón de cal NHL-5 en masa, sin armar.
- Solados interiores: losa de cal NHL-5 pulida in situ.
- Aislamiento acústico tabiquería interior: placa de algodón reciclado.
- Aislamiento acústico de los solados: placa de corcho natural con sello FSC.
- Protección para la madera: lasur a base de materias primas vegetales, exentas de plomo, bario, metales pesados o poliuretano.
- Pinturas: pintura de silicatos para muros y tabiques.

C3. Non-local eco-friendly products

- Structure (floors): laminated wood from Austria, type E1 with PEFC seal. OSB-III boards with PEFC seal.
- Outdoor woodwork: larch wood from the Basque Country, with PEFC seal.
- Foundations: Non-reinforced NHL-5 natural hydraulic lime in bulk.
- Interior floors: NHL-5 natural hydraulic lime in bulk, smoothed in situ.
- Acoustic insulation for interior partitions: recycled cotton boards.
- Acoustic insulation for the floors: Natural cork with FSC seal.
- Wood protection: Lasur based on vegetable raw materials, free from lead, barium, heavy metals or polyurethane.
- Paints: Silicate paint for walls and partitions.



MATERIALES UTILIZADOS, POR CATEGORÍAS

MATERIALS USED BY CATEGORY



C4. Productos reciclados u optimizados

- Estructura (muros): bloque de hormigón celular YTONG, con declaración medioambiental de producto (EPD según la norma ISO 14025 - ecoetiqueta del tipo III).
- Impermeabilización: EPDM, como alternativa a láminas asfálticas y de PVC.
- Instalaciones: toda la instalación eléctrica es libre de halógenos (exenta de PVC). La instalación de agua corriente, ACS y aguas grises se realiza mediante polietileno y polipropileno.

C4. Recycled or optimised products

- Structure (walls): YTONG cellular concrete blocks, with environmental product declaration (EPD according to ISO 14025 - eco-label type III).
- Waterproofing: EPDM. The use of asphalt sheets and PVC has been banned.
- Installations: All electrical installations are halogen-free (PVC-free). Water, domestic hot water and grey water installations are made using polyethylene and polypropylene.





SELECCIÓN DE LOS MATERIALES MÁS REPRESENTATIVOS

SELECTION OF MOST REPRESENTATIVE MATERIALS

SELECCIÓN DE LOS MATERIALES MÁS REPRESENTATIVOS

SELECTION OF MOST REPRESENTATIVE MATERIALS



Foto: Carles Oliver

C1. POSIDONIA Y PALÉS

C1. POSIDONIA & PALLETS

POSIDONIA SECA COMO AISLAMIENTO TÉRMICO EN LA CUBIERTA DEL EDIFICIO

El aislamiento depende del contenido de burbujas de aire interior, por lo que cualquier residuo local con un elevado contenido de aire es un potencial aislante.

En Formentera, uno de los residuos más abundantes es la hoja muerta de posidonia, por lo que se ha utilizado la posidonia seca como aislante térmico, tal y como se hacía en la arquitectura tradicional.

DRY NEPTUNE GRASS AS A THERMAL INSULATION FOR ROOFS

The insulation depends on the indoor air bubble content; therefore, any local waste with a high air content can potentially be used for insulation.

In Formentera, one of the most abundant types of residue are dead *Posidonia* leaves, which is why dry *Posidonia oceanica* has been used as thermal insulation, just like it was used in traditional architecture.

PLANTA PROTEGIDA

La posidonia es una planta protegida.⁴⁸ Su uso requiere la autorización de la consejería competente en materia de medio ambiente. La solicitud se tiene que dirigir al Servicio de Protección de Especies.

La empresa concesionaria del mantenimiento de la playa se ha encargado de la recogida del alga, que se ha limitado exclusivamente a las zonas en las que el material acumulado sobre la arena de las playas excedía la cantidad necesaria para mantener el equilibrio del ecosistema dunar costero; además, se han tomado las máximas precauciones para no afectarlo, bajo la supervisión de los técnicos de Medio Ambiente del Consell de Formentera.

El volumen excedente anual de posidonia, de unos 4000 m³, permitiría aislar toda la obra nueva de la isla. La recogida de posidonia está prohibida y duramente sancionada, salvo en los casos autorizados. El decreto sobre la posidonia de las Islas Baleares, actualmente en fase de redacción, ya incluye su uso en la edificación.

PROTECTED PLANT

The *Posidonia oceanica* is a protected plant⁴⁸ and its use must be authorised by the Ministry of Environment by applying to the Service of Protected Species.

It has been collected by the company awarded the contract for beach maintenance and has been limited exclusively to the areas in which the material accumulated on beaches exceeds the amount necessary to maintain the balance of the coastal dune ecosystem and extreme care has been taken not to affect this ecosystem, under the supervision of the environment technicians from the Council of Formentera.

The annual surplus volume of *Posidonia*, around 4000 m³, would be sufficient to insulate all new dwellings on the island.

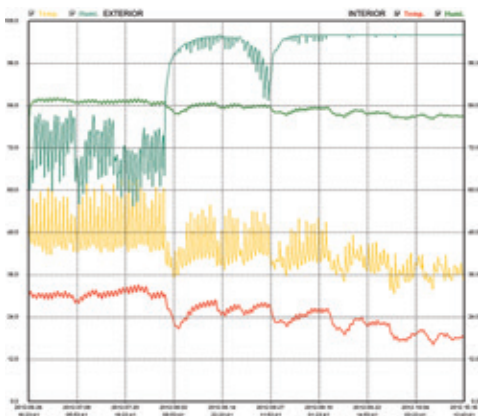
The illegal collection of *Posidonia* is prohibited and strict sanctions apply, except in authorised cases. The new *Posidonia* Decree of the Balearic Islands, which is currently being drafted, includes its use in construction work.



Ca Marí, Formentera.
Foto: Carles Oliver

48. La posidonia está protegida por la Directiva 92/43/CEE, de hábitats.

48. *Posidonia oceanica* is protected by the Habitats Directive 92/43/EEC



ENSAYOS CON LA UIB

La posidonia no requiere tratamiento artificial, ya que la sal del mar actúa como conservante y biocida.

Para comprobar su validez como aislamiento y determinar el coeficiente de conductividad térmica, se realizaron tres ensayos distintos en colaboración con la Universidad de las Islas Baleares (UIB). El resultado fue un éxito.

- El primer ensayo fue mediante dos sensores registradores de datos (*datalogger*) PCE - HT 71.
- El segundo, mediante un horno de secado comparando los resultados con poliestireno expandido.
- Y el tercero, mediante un medidor de flujo de calor siguiendo las especificaciones de la norma UNE 8301.

El aislamiento de posidonia seca proporciona una U : 0,2936 $W/m^2\text{°C}$ y Λ : 0,044 W/mK para una densidad de 185 kg/m^3 y 16 cm de espesor.

TESTS WITH THE UIB

Posidonia does not require artificial treatment as sea salt acts as a preservative and a biocide.

In order to ensure its worthiness as insulation and to determine its thermal conductivity, three different tests were carried out in collaboration with the University of the Balearic Islands (UIB). The result was a success.

- The first test involved the use of two PCE-HT 71 data logger sensors.
- The second, using a drying oven, sought to compare the results against expanded polystyrene.
- The third, involved using a heat flow meter pursuant to UNE-EN 12664:2002.

Dry *Posidonia* insulation provides a U : 0.2936 $W/m^2\text{°C}$ and Λ : 0.044 W/mK for a density of 185 kg/m^3 and a thickness of 16 cm.

EL PROCESO

Una vez colocados los palés de obra reutilizados de 16 cm de altura, se extiende la posidonia seca a razón de 20 kg/m².

La compactación para conseguir 185 kg/m³ se realizó manualmente, apretando con pies y manos las hojas entre los palés que forman la subestructura donde se clavan los tableros OSB.

Luego se impermeabilizó con EPDM y se protegió con losas de piedra de marés montadas en seco como pavimento.

El olor a mar impregnó la obra durante todo el proceso.

La solución es aplicable a todos los lugares del Mediterráneo con excedente de posidonia.

THE PROCESS

Once the re-used 16-cm high construction pallets were put in place, dry *Posidonia* has to be extended at a rate of 20 kg/m².

The compaction process to obtain 185 kg/m³ was performed manually, with participants using their hands and feet to push the leafs between the pallets that form the substructure to which the OSB boards are nailed.

Afterwards, the boards were water-proofed with EPDM and protected with sandstone slabs the form of paving.

The smell of the sea was apparent on the site throughout the process.

The solution applies to all locations in the Mediterranean with a surplus of *Posidonia*.



Fotos: Carles Oliver



1



2



3



4



5



6

SELECTION OF MOST REPRESENTATIVE MATERIALS





Muestra de alga seca anterior a 1391
Dry posidonia sample before 1391

49. Estudios preliminares del 2016 del artesanado del claustro de La Sapiència, construido antes de 1391 y posible residencia de los descendentes de Ramon Llull.
50. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Previsión con un escenario moderadamente optimista de emisión de gases de efecto invernadero.
51. www.imedea.uib-csic.es/communication_details.php?id=9&tp=n.
49. Restoration workshop of the Diocese of Mallorca, preliminary studies undertaken in 2016 on the wooden floor of the Sapència, built prior to 1391 and the possible residence of the descendants of Ramon Llull.
50. Spanish National Research Council. Forecast under a moderately optimistic scenario in terms of greenhouse gas emissions.
51. www.imedea.uib-csic.es/communication_details.php?id=9&tp=n

DURABILIDAD

La posidonia seca es imputrescible y no tiene depredadores naturales fuera del medio marino, por lo que su durabilidad es ilimitada en condiciones de uso normales.

Se ha utilizado ininterrumpidamente en la arquitectura tradicional de las Baleares y especialmente en las Pitiusas hasta principios del siglo XX.

En las muestras de posidonia seca del siglo XIV cedidas por Antònia Reig, directora del Taller de Restauració del Bisbat de Mallorca, procedentes del artesanado del claustro de La Sapiència⁴⁹ de Palma se puede constatar el perfecto estado de conservación, por lo que su vida útil supera los 600 años.

Según los historiadores F. Tugores y J. Morata, en todos los artesanados contruidos en Palma entre los siglos XIV i XVII se utilizó posidonia seca para protegerla de la humedad y los xilófagos.

DURABILITY

Dry *Posidonia* does not rot and has no natural predators outside the marine environment, so its durability is unlimited under normal conditions of use. It was used uninterruptedly in the traditional architecture of the Balearic Islands and especially in the Pitiusas until the start of the 20th century.

The samples of dry *Posidonia* dating back to the 14th century provided by Antònia Reig, Director of the TRBM⁴⁹, taken from the coffered ceiling of the cloister at the Sapiència de Palma show a perfect state of conservation; therefore, its useful life is more than 600 years.

According to historians F. Tugores i J. Morata, all palaces built in Palma between the 14th and 17th centuries used dry *Posidonia* in wood panelling to protect the wood from moisture and xylophages.

EXTINCIÓN DE LAS PRADERAS DE POSIDONIA POR EL CALENTAMIENTO GLOBAL

Las praderas marinas de posidonia son esenciales como sumideros de CO₂. Sin embargo, según el CSIC,⁵⁰ durante el siglo XXI perderán el 90% de su densidad por el aumento de la temperatura del mar, en un proceso que se iniciaría en unos 40 años, lo que provocaría la extinción funcional de la especie y daría lugar a la liberación del gas absorbido durante siglos.⁵¹

Por eso, la reducción de CO₂ en la construcción contribuye directamente a la protección de la posidonia.

EXTINCTION OF THE POSIDONIA PRAIRIES DUE TO GLOBAL WARMING

Posidonia meadows are an essential CO₂ sink. However, according to the Spanish National Research Council⁵⁰, during the 21st century their density will decrease by 90% due to the increase in sea temperature, as part of a process that will begin in about 40 years, resulting in the functional extinction of the species, giving rise to the release of absorbed gas for centuries.⁵¹

Therefore, the decrease in CO₂ released as part of construction contributes directly to the protection of the species.



Foto: Fundació CRAM

C1. CARPINTERÍAS REUTILIZADAS EN INTERIORES Y CANCELAS

C1. REUSED WOODWORK IN INTERIORS AND GATES



Foto: José Hevia

Las barracas para barcas de Formentera nos recuerdan la época en la que la reutilización era una de las pocas vías posibles de obtención de materias primas.

Toda la carpintería interior de las viviendas y las persianas de lamas verticales en la PB se ha realizado con carpintería reutilizada y con tabloncillos de norte viejo (pino rojo) procedentes de los somieres abandonados gestionados por la Fundació Deixalles de Mallorca. En las instalaciones de Ibiza no disponen de carpinterías de segunda mano.

La **Fundació Deixalles** es una entidad sin ánimo de lucro cuyo objetivo fundamental es la inserción sociolaboral de colectivos vulnerables de las Islas Baleares a través de la recuperación y el reciclaje de residuos y actividades ambientales en general.

La reutilización de esta carpintería proporciona la ventaja del aprovechamiento de maderas de primera calidad (pino norte viejo, pino Oregón, etc.), en general de edad superior a 50-70 años, lo que

Formentera's boat shacks remind us of the time when recycling was one of the few possible ways of obtaining raw materials.

All indoor carpentry in these dwellings and the vertical shutters on the ground floor were made using recycled wood and planks made from old pine stripped from abandoned beds managed by Fundació Deixalles in Mallorca. There are no second-hand carpenters in Ibiza.

Fundació Deixalles is a non-profit organisation whose main objective is to ensure the socio-labour insertion of vulnerable groups in the Balearic Islands through the recovery and recycling of waste and environmental activities in general.

The reuse of this wood makes it possible to put top-quality wood (old pine, Oregon pine, etc.), generally more than 50-70 years old, to reuse; this guarantees the natural growth of the tree and a drying process that is no



Barracas en Formentera Formentera shacks
Foto:Laura Frontera



Barras de cama de Deixalles
Abandoned bed planks from Deixalles



Foto: MIEL arquitectes

garantiza el crecimiento natural del árbol y un proceso de secado inaccesible hoy en día. Por lo tanto, se convierten en objetos únicos e irrepetibles y constituyen una gran riqueza para incorporar a la arquitectura en general.

En el proceso de selección de las carpinterías se han evitado las que presentan un elevado ataque de carcoma o insectos xilófagos, puesto que podría extenderse al resto de la vivienda.

Las carpinterías originales se han ampliado o recortado según las necesidades, y se han colgado de guías correderas tipo Klein, ya que permiten que las medidas de la puerta y el hueco no coincidan mientras el hueco sea de tamaño inferior. Cualquier puerta batiente es susceptible de reutilizarse como corredera.

En total, se han instalado más de 100 carpinterías reutilizadas.

longer available, and therefore these objects are become unique and unrepeatable, making it possible to incorporate items of great wealth into architecture in general.

As part of the woodworking selection process, samples showing signs of woodworm or xylophagous insect infestation have been ruled out, as they could extend to the rest of the house.

The original woodworking has been extended or trimmed as needed and it has been hung on Klein sliding guides, as this means that although the size of the door and gap do not match, the gap is reduced insofar as possible. All swinging doors can be reused as sliding doors.

More than 100 items of recycled woodwork have been installed.

Foto: Carles Oliver
Fundació Deixalles, Felanitx



Fotos: José Hevia



C2. CAL AÉREA

C2. AERIAL LIME



Foto: Carles Oliver

Revoco de cal aérea hidratada en formato pasta en las fachadas para impermeabilizar los muros de carga mediante un revestimiento transpirable.

La cal, envejecida 12 meses, procede de la fábrica Unimall de Felanitx, Mallorca.

El combustible utilizado para la fusión de la piedra en cal ha sido aceite reciclado, lo que reduce en un 60% las emisiones de CO₂ en comparación con el uso de energías fósiles.

El revoco se aplica en tres capas: dos de basto con un espesor total de 2 cm y una malla de fibra de vidrio entremedio de toda la superficie y una capa de fino de 3-5 mm.

El mortero grueso incluye un armado de 0,2% de fibras de polipropileno para evitar la fisuración por retracción.

El muro soporte se ha tratado previamente con una imprimación compatible.

Hydrated lime plaster on the facades to waterproof the load walls with a breathable coating.

The lime, aged for 12 months, was sourced from the *Unimall* factory in Felanitx, Mallorca.

The fuel used to melt the lime is recycled oil, reducing CO₂ emissions by 60% compared to the use of fossil fuels.

The plaster is applied in 3 layers. Two coarse layers with a total thickness of 2 cm and an intermediate mallatex across the entire surface plus a thin layer of 3-5 mm.

The thick mortar includes a 0.2% polypropylene fibre reinforcement to prevent cracking during retraction.

The support wall has been pre-treated with a compatible primer.



Foto: José Hevia

C2. MARÉS DE CAS BUSSO

C2. CAS BUSSO SANDSTONE



Foto: Carles Oliver

El marés es una piedra arenisca de las Baleares que se extrae en bloques de $40 \times 40 \times 80$ cm y que resulta muy útil para la ejecución de muros y bóvedas.

Sus características dependen de su origen, ya sea calcarenita (granos de arena cementados con el calcio de las conchas de moluscos) o eolianita (arena sedimentada), y por tanto cada cantera tiene propiedades muy diferenciadas, con resistencias que pueden variar entre 25 y 630 kg/cm^2 .

Tal como sucede con la madera, el nombre genérico resulta poco descriptivo y es imprescindible seleccionar la cantera adecuada al uso requerido. Se recomienda la publicación *El marés*, de R. Sánchez-Cuenca, donde se describen las características (densidad, porosidad, resistencia, color, etc.) de las diecinueve canteras en activo en Mallorca. En Formentera, las canteras ya se han agotado o dejado de explotar.

En este proyecto se ha seleccionado la cantera de Cas Busso, de primera calidad, de las siguientes características:

Marés is a type of sandstone native to the Balearic Islands extracted in $40 \times 40 \times 80$ -cm blocks; it is very useful in the construction of walls and vaults.

Its characteristics depend on its origin, whether calcarenite (sand grains cemented by the calcium of shells of molluscs) or eolianite (sedimented sand), and therefore each quarry has very different properties, with resistances varying between 25 and 630 kg/cm^2 .

Therefore, as is the case with wood, its generic name is not very descriptive and it is essential that the quarry selected is appropriate based on the required use. The publication *EL MARÉS*, by R. Sánchez-Cuenca, comes highly recommended, offering a description of the features (density, porosity, resistance, colour, etc.) of the 19 active quarries in Mallorca. In Formentera, the quarries have already been depleted or extraction activities have ceased.

As part of this project, we chose to use the Cas Busso quarry, offering 1st-rate quality, with the following characteristics:

- Color blanquecino, compacta, densa, sin grano, muy dura.
- Densidad aparente: 2,1 g/cm³
- Porosidad abierta: 45,6 %
- Resistencia a compresión: 557-627kg/cm²

El marès se ha utilizado como elemento estructural para ejecutar las bóvedas de los aljibes, como alternativa a los forjados de hormigón armado y evitar la corrosión de las armaduras, y así prolongar indefinidamente su durabilidad.

Las juntas de las bóvedas se han tomado con cemento de cal NHL-5, puesto que el marès es químicamente incompatible con el cemento de Pórtland.

También se ha utilizado como pavimento flotante en la cubierta, con piezas de 40 × 80 × 7 cm con la junta abierta, colocadas en seco, y como escalones macizos de 80 × 18,5 × 25 cm.

La utilización del marès permite reducir en un 60% las emisiones en relación con el mismo elemento de hormigón.⁵²

- Whitish colour, compact, dense, no grains, very hard.
- Bulk density: 2.1 g/cm³.
- Open porosity: 45.6%.
- Compressive strength: 557-627 kg/cm².

Marès has been used as a structural element to construct the vaults of cisterns, as an alternative to the reinforced concrete slabs and to avoid the corrosion of reinforcements, thus prolonging their durability indefinitely.

The vault joints have been made using with NHL-5 lime cement, as Marès is chemically incompatible with Portland cement.

It has also been used as a floating floor in the roof, in 40x80x7-cm slabs with an open joint, laid dry in and 80x18.5x25-cm solid steps.

The use of Marès reduces emissions by 60% compared to concrete alternatives.⁵²



Foto: Carles Oliver

52. Estudios propios en colaboración con la Dirección General de Energía i Cambio Climático del Gobierno de les Illes Balears a partir del BEDEC del ITEC.

52. Own research carried out in collaboration with the General Directorate of Natural Environment, Environmental Education and Climate Change of the Balearic Islands Government, using the ITEC's BEDEC.



Foto: José Hevia

C2. CERÁMICA

C2. BRICKS & TILES

Las tapias de la calle y los muros medianeros permeables se han realizado con ladrillos H-16 procedentes del tejar Can Mascaró en Vilafranca, Mallorca.

Se han colocado con los agujeros vistos, girados 90° respecto a la dirección habitual, para permitir la circulación del aire y refrescar el interior de las viviendas sin dejar de proyectar sombra en verano. Además, así no se opone resistencia al empuje horizontal del viento.

Las baldosas, fabricadas en la alfarería Soler de Felanitx, Mallorca, se han utilizado en los aleros que protegen las ventanas, en pavimentos exteriores, umbrales, vierteaguas y en los alicatados de baños y cocinas.

Las baldosas esmaltadas están hechas a mano una a una, y no hay ninguna igual.

Todas las piezas cerámicas de la obra se han cocido en hornos morunos alimentados con biomasa, lo que reduce en un 60% las emisiones de CO₂ en comparación con la utilización de energías fósiles.⁵³

The outer-facing walls and permeable dicing walls have been made using H-16 bricks sourced from the Can Mascaró factory in Vilafranca, Mallorca.

They have been placed with the holes exposed, rotated 90° compared to their usual direction, allowing air to circulate and cool the inside of houses while still offering shade in the summer. Furthermore, there does not inhibit resistance to the horizontal thrust of the wind.

The tiles, made at the Soler pottery in Felanitx, Mallorca, have been used in the eaves that protect the windows, as outdoor paving, in doorways, roof railings and in the tiled bathrooms and kitchens.

The glazed tiles are made one at a time by hand, and no two tiles are the same.

All the bricks and tiles used in construction work have been baked in biomass mortar kilns, reducing CO₂ emissions by 60% compared to the use of fossil fuels.

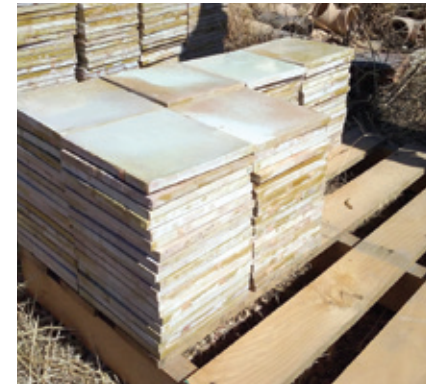
53. Parece ser que este tipo de hornos morunos dedicados a la fabricación de materiales de construcción solamente han sobrevivido en las Baleares, puesto que en la península Ibérica la necesidad de grandes volúmenes de producción conllevó la práctica desaparición. Hasta la fecha no se han localizado en todo el Estado español otras fábricas cerámicas que funcionen con 100% energías renovables, excepto aquellas dedicadas a la fabricación de piezas decorativas, por lo que se trata de un oficio de gran valor patrimonial y etnológico que requiere protección por parte de la administración.

53. It appears that this type of "moruno" kilns, used in the production of building materials¹, has only survived in the Balearic Islands, as on the mainland the need for large production volumes resulted in its virtual disappearance. To date, no other ceramic factories that operate with 100% renewable energies have been located in Spain unless they are dedicated to the manufacture of decorative pieces; therefore, this trade is of great patrimonial and ethnological value and must be subject to protection by the Administration.

Ladrillos H-16 procedentes del tejat de Can Mascaró en Vilafranca, Mallorca.
H-16 Bricks made in Can Mascaró kiln in Vilafranca, Mallorca.



Azulejos fabricados el tejat Soler de Felanitx, Mallorca.
Tiles made in Soler kiln in Felanitx, Mallorca.



Fotos: Marc Martínez Sarrado



Foto: José Hevia

C3. CARPINTERÍAS EXTERIORES DE MADERA DE ALERCE

C3. EXTERIOR USE OF LARCH WOOD



Foto: José Hevia

Las ventanas exteriores se han realizado con madera laminada de alerce con sello PEFC procedente del País Vasco.

Esta madera presenta una conductividad térmica muy reducida Λ : 0,11 W/mk, lo que significa que es un buen aislante, especialmente si se compara con el aluminio (209,3-237) o el acero (47-58).

SALUD Y DURABILIDAD

La madera es transpirable y no contiene elementos tóxicos. El tratamiento de protección se ha realizado con lasur ecológico exento de poliuretano y pintura Vindo 629 de la casa Livos.

Un diseño correcto implica seleccionar una madera adecuada a su uso. La madera de alerce es imputrescible y no presenta azulado.

Se han colocado aleros cerámicos de 20 cm para evitar la lluvia directa.

Las persianas se han fijado sin marco, con una separación mínima de 0,5-1 cm entre la obra húmeda y la madera.

The outdoor windows have been made using laminated larch wood with the PEFC seal from the Basque Country.

This wood has a very low thermal conductivity Λ : 0.11 W/mk, which means it provides good insulation, especially when compared with aluminium (209.3-237) or steel (47-58).

HEALTH AND DURABILITY

It is breathable, and contains no toxic elements. The protection treatment has been applied using eco-friendly lasur, which features no polyurethane and Vindo 629 paint made by Livos.

A correct design involves selecting a suitable wood to use. The larch wood does not rot and does not show signs of blue mould.

In the façades, 20-cm ceramic eaves have been installed to avoid direct rainfall.

Shutters have been installed without a frame, with a minimum separation of 0.5-1 cm between wet work and the wood.

CONTAMINACIÓN DERIVADA DE LA FABRICACIÓN DE VENTANAS

	Energía MJ/kg	kgCO₂/kg
Aluminio 0% reciclado	266,09	39,10
Aluminio 20% reciclado	221,82	32,58
Madera FSC	4,00	0,21
Madera reutilizada	0,00	0,00

CONTAMINATION DERIVED FROM THE PRODUCTION OF WINDOWS

	Energy MJ/kg	kgCO₂/kg
Aluminium 0% recycled	266.09	39.10
Aluminium 20% recycled	221.82	32.58
FSC wood	4.00	0.21
Reused wood	0.00	0.00



Foto: José Hevia

C3. CAL HIDRÁULICA NHL-5

C3. HYDRAULIC LIME NHL-5



Panteón de Agripa, Roma - Agrippa's Pantheon, Rome

¿Por qué utilizar hormigón de cal? Se puede alcanzar una reducción de emisiones de CO₂ del orden del 15% sin modificar las tipologías de edificación habituales, mediante la sustitución de materiales convencionales por otros menos contaminantes en acabados tales como pinturas, pavimentos, carpinterías o revocos. No obstante, es necesario actuar en los capítulos de excavación, cimentación y estructuras para alcanzar reducciones del 50%.

El hormigón de cal, utilizado desde el 300 aC por los romanos y presente en toda la arquitectura tradicional europea, absorbe entre un 45 y 62% del CO₂ producido durante la fabricación del mismo. Se puede llegar al 100% de absorción de CO₂ en ciclos de vida muy prolongados. El material se dejó de utilizar durante el siglo XX por su lento fraguado y su baja resistencia en comparación con el cemento de Pórtland, lo que impide su uso en estructuras de pilares de varias alturas.

El prototipo se ha diseñado con forjados ligeros y muros de carga que transmiten

Why use lime concrete? CO₂ emissions can be reduced by around 15% without having to change normal building habits, replacing conventional materials with less polluting alternatives in finishes such as paintwork, flooring, carpentry or plastering. However, action must be taken during excavation, foundation and structural work to reduce emissions by up to 50%.

Lime concrete, used since 300 BC by the Romans and present in all traditional European architecture, absorbs between 45% and 62% of the CO₂ produced during its production, reaching 100% CO₂ absorption in very long life cycles. The material fell out of use during the 20th century due to slow setting times and low resistance compared to Portland cement, which prevents its use in multi-level pillar structures.

The prototype has been designed with light slabs and load-bearing walls that transmit loads of less than 0.8 N/mm² to



Cimentación de cal en masa
Lime Foundation



Suelo de cal
Lime Pavement

unas cargas inferiores a $0,8 \text{ N/mm}^2$ a las zapatas corridas de $60 \times 50 \text{ cm}$, para demostrar la viabilidad de la cal NHL-5 como hormigón estructural, con una resistencia igual o superior a 5 Mpa y período de fraguado a 360 días.

Se ha hormigonado por tongadas de espesor variable entre 15 y 20 cm. La dosificación empleada ha sido 1/1/1 (cal, arena, grava) en las capas superiores y 2/3/5 en la inferior. En la determinación de las distintas dosificaciones, se han tenido en cuenta tanto la información de la aplicación tradicional del hormigón de cal como la información técnica asociada al marco normativo existente, que se puede consultar en la memoria del proyecto.

Se ha procedido al ensayo de 291 probetas destinadas a determinar la resistencia del hormigón de cal⁵⁴ en una situación real de obra. Se han usado distintas dosificaciones posibles para proporcionar toda la información posible de cara a futuros proyectos. Además, se han realizado otras 70 probetas de hormigón de cal con una pequeña propor-

the $60 \times 50 \text{-cm}$ footings to demonstrate the viability of NHL-5 lime as structural concrete with a strength equal to or greater to 5 Mpa and setting period of up to 360 days.

Concrete has been laid in layers of variable thickness, ranging between 15 and 20 cm. The ratio used was 1:1:1 (lime, sand, gravel) in the upper layers and 2:3:5 in the lower layer. In establishing the different ratios, both the information on the traditional application of lime concrete and the technical information associated with the existing regulatory framework have been taken into account, which can be found in the project report.

291 test specimens were tested to determine the resistance of lime concrete in real working conditions, using different possible ratios to provide all possible information for the purposes of future projects. In addition, another 70 lime concrete specimens⁵⁴ with a small proportion of white cement of $<20\%$ have been taken to accelerate the setting of all exposed concrete indoor flooring.

ción de cemento blanco de <20% para acelerar el fraguado de todos los pavimentos interiores, de hormigón visto.

Las soleras tienen 10 cm de espesor en la PB y 7 cm en la P1 para reducir la carga, y se han vertido sobre una lámina impermeable transpirable de polietileno. Están armadas con fibras de polietileno y malla de fibra de vidrio continua específica para pavimento de 40 × 40 mm y 135 g colocada a 3 cm de la cara inferior de la solera. Se han dispuesto juntas flexibles de 5 mm en todo el perímetro y juntas de retracción mediante perfiles de polipropileno de 5 × 45 mm formando pastillas de superficie máxima 5 m² en la PB y de 4 m² en la P1.

El acabado se ha hecho espolvoreando 50% arena de sílex y 50% de cal, pulido con talocha a mano, en tres fases consecutivas a la manera tradicional. El pavimento se ha mantenido húmedo durante 30 días y una semana sin pisar. Se ha impermeabilizado con hidrofugante ecológico a base de silicato de sodio tipo Welaan Eco-Hidro-Sell.

Slabs are 10-cm thick on the ground floor and 7-cm thick on the 1st floor, to reduce the load, and they have been poured on a waterproof breathable sheet of polyethylene. They have been reinforced with polyethylene fibres and continuous mallatex specific to 40x40 mm and 135 gr floors placed 3 cm from the bottom face of the slab. Flexible 5 mm joints have been laid around the perimeter and retraction joints using 5x45-mm polypropylene profiles forming maximum surface area pads of 5 m² on the ground floor and 4 m² on the first floor.

The finishing layer has been made by sprinkling flint sand and lime at a ratio of 50:50, and smoothed by hand using a grout float, in 3 consecutive phases as is traditional. The flooring has been kept moist for 30 days and was not stepped on for a week. It has been waterproofed using ecological Welaan Eco-Hidro-Sell based sodium silicate water-repellent product.



Probetas de hormigón de cal
Lime concrete specimens

54. La cal hidráulica de esta obra procede de Cataluña, se cuece a 900°C y las emisiones de CO₂ son de 400 kg/CO₂ por tonelada de cal. Pero si se utilizara biomasa u otras energías limpias como combustible las emisiones serían de 160 kg/CO₂ por tonelada.

54. The hydraulic lime used in this construction was sourced from Catalonia, is baked at 900°C and CO₂ emissions are 400 kg/CO₂ per tonne of lime. However, if biomass or other clean energies had been used for the purposes of combustible, emissions would be 160 kg/CO₂ per tonne.



Foto: José Hevia

C3. FORJADOS DE MADERA LAMINADA Y TABLEROS OSB III

C3. LAMINATED WOODEN SLABS AND OSB/3 BOARDS

Los forjados (techos) están formados por los siguientes elementos estructurales:

- A. Jácenas de madera laminada de pino GL36 de sección 20 × 40 cm y vigas GL24 de sección 12 × 18 cm, procedentes de Austria con sello PEFC.
- B. Panel estructural de virutas orientadas de madera de chopo, tipo OSB III de 2 cm de espesor, procedente de Italia con sello PEFC.

Se ha aplicado biocida exclusivamente en las partes ocultas de la madera. Las cabezas embutidas en el muro se han recubierto con cartón reutilizado de cajas y embalajes para que absorba la humedad que llega a la madera.

Las emisiones de CO₂ son de 23 kg/CO₂ por metro cuadrado de forjado.

Las emisiones de un forjado unidireccional de hormigón para luces equivalentes son de 245 kg/CO₂.

The slabs (ceilings) consist of the following structural elements:

- A. 20x40-cm laminated GL36 pine beams of section and 12x18-cm GL24 beams, sourced from Austria with the PEFC seal.
- B. Structural panel of oriented chips of poplar wood, OSB III type 2-cm thick, from Italy with PEFC seal.

Biocide has been applied exclusively to the hidden parts of the wood. The heads embedded in the wall have been coated with reused cardboard boxes and packaging to absorb any moisture that reaches the wood.

CO₂ emissions are 23 kg/CO₂ per m² of wood slabs.

Emissions made by a one-way concrete slab for equivalent lamps are 245 kg/CO₂.



Foto: José Hevia

C4. YTONG

C4. Ytong



Foto: Carles Oliver

La solución de fachada es el resultado de un análisis comparativo ambiental realizado por la consultoría Societat Orgànica en el que se han valorado distintas soluciones de fachada con el mismo coeficiente de transmitancia U: 0,36. Se ha optado por la solución con menor energía incorporada (498 Mj/m²), compuesta por muros de carga de hormigón aligerado tipo YTONG, o similar, de las siguientes características:

- Ancho de 30 cm y densidad 350 kg/m³ en la orientación norte para reducir las pérdidas en invierno.
- Ancho de 25 cm y densidad 350 kg/m³ en el resto de muros de fachada.
- Ancho de 30 cm y densidad 500 kg/m³ en las medianeras entre viviendas para cumplir la normativa acústica.

El interior se ha pintado directamente sobre el bloque con silicatos, sin enyesar, para evitar el consumo de materiales y energía adicional.

The solution used in the façade is the result of an environmental comparison carried out by Societat Orgànica consultancy firm, in which different façade solutions with the same transmittance coefficient of U: 0.36 were assessed and the solution with the lowest incorporated energy (498 Mj/m²) chosen, comprising load-bearing walls with YT-ONG-type lightened concrete, or similar, with the following characteristics:

- Width of 30 cm and density of 350 kg/m³ facing north to reduce losses in winter.
- Width of 25 cm and density 350 kg/m³ in all other facade walls.
- Width of 30 cm and density of 500 kg/m³ in the walls dividing dwellings to comply with the acoustic regulations.

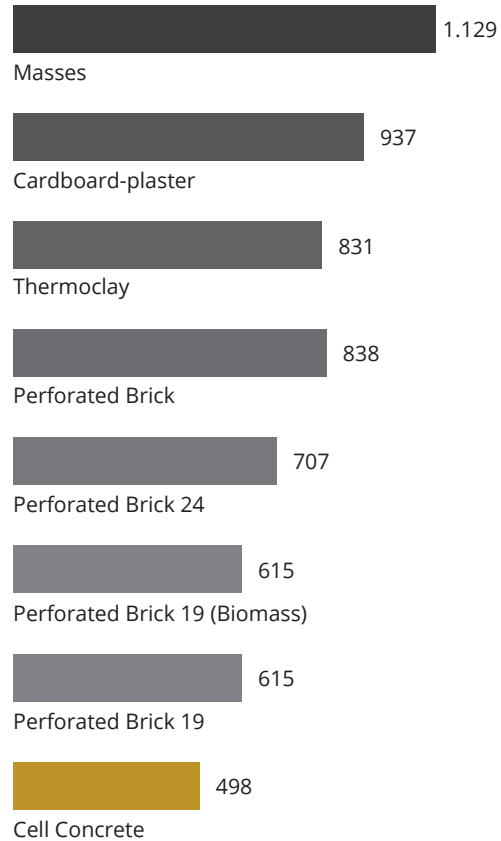
On the inside, the block has been painted directly using silicates, without plastering, to avoid the consumption of materials and additional energy.



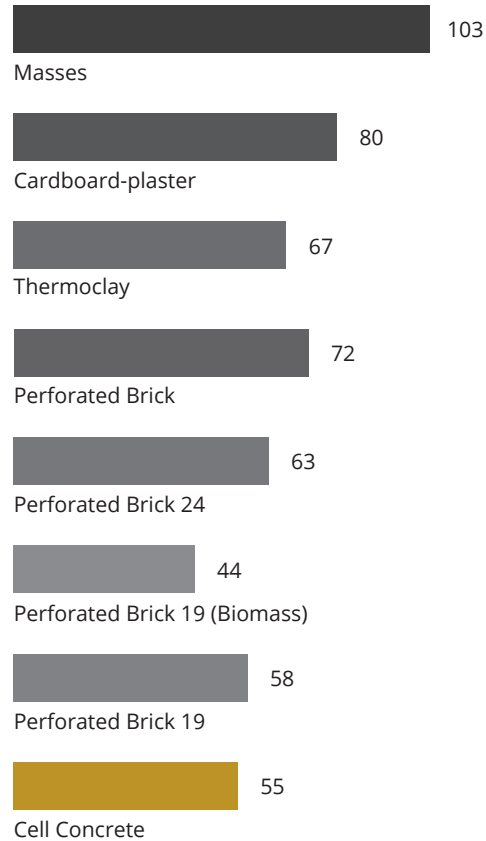


Fotos: Carles Oliver

MJ/m²



kgCO₂/m²



GESTIÓN DEL CICLO COMPLETO DEL AGUA

MANAGEMENT OF THE ENTIRE WATER CYCLE



Foto: Carles Oliver

Para reducir el consumo de agua de red de 220⁵⁵ a 88 litros por persona y día, se han aplicado las siguientes medidas:

1. Diseño eficiente de la instalación de ACS y de la ubicación de los grifos, todos situados a menos de un metro del intercambiador de agua caliente para no desperdiciar agua fría.
2. Mecanismos de ahorro en cocina y baños (reductores de presión y caudal, grifos con apertura en frío, etc.).
3. Aljibes de agua de lluvia de 6 m³ cada uno, situados debajo de las siete terrazas en PB, para regar de forma automatizada las plantas sembradas con función bioclimática (once árboles y cuarenta plantas trepadoras). El régimen estacionario de lluvias es de 345 l/m² al año y el sistema dispone de 450 litros al día para destinar al riego durante los 3 meses de la estación seca.

Al tratarse de viviendas de alquiler gestionadas por el IBAVI, no se permite la siem-

In order to reduce the consumption of mains water from 220⁵⁵ to 88 litres per person per day the following measures have been implemented:

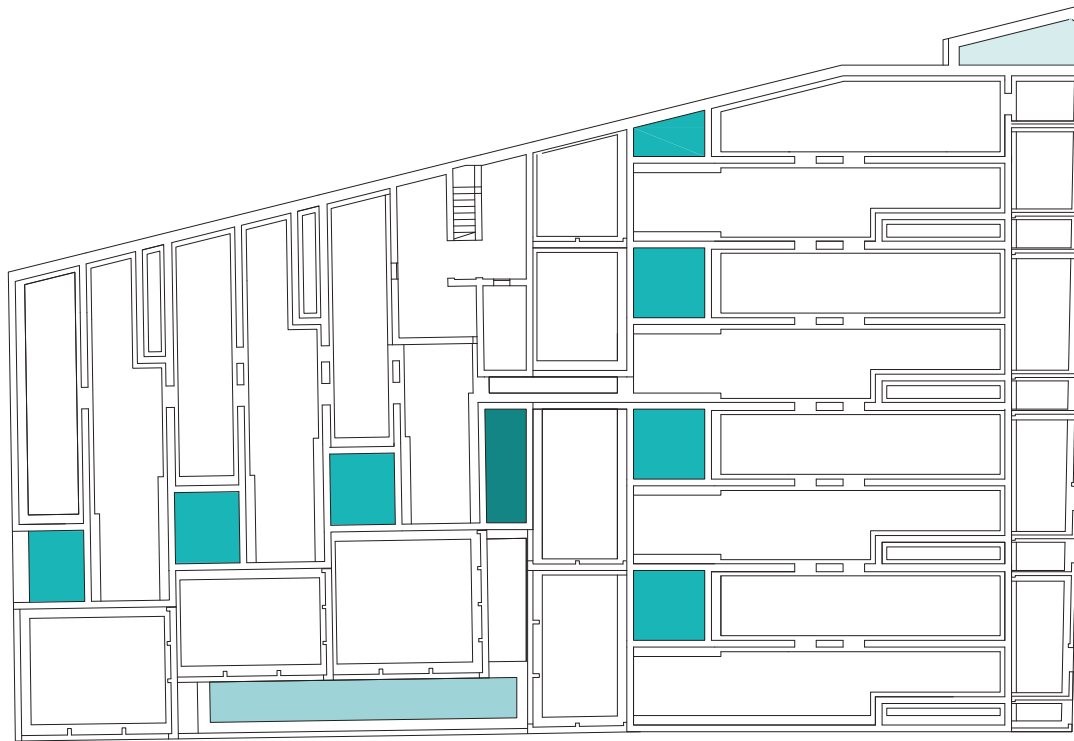
1. Efficient design of the domestic hot water installation and the location of faucets, all less than one meter from the hot water exchanger to avoid wasting cold water.
2. Saving mechanisms in kitchens and bathrooms (pressure and flow reducers, taps that open when cold, etc.).
3. Rainwater cisterns of 6 m³ each, located beneath the 7 terraces on the ground floor, to provide automated irrigation to the plants sowed that serve a bioclimatic function (11 trees and 40 climbing plants). The steady rainfall rate is 345 l/m² per year and the system has 450 litres per day for the purposes of irrigation during the 3 months of the dry season.

In terms of rental housing managed by IBAVI, lawns are banned, which in this



55. Consumo estadístico de agua en viviendas con jardín de las Normas subsidiarias de Formentera y la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).

55. Statistical water consumption in homes with garden of the subsidiary rules of Formentera and the Autonomous University of Barcelona (UAB).



- Agua potable
Drinking water
- Agua de lluvia
Rain water
- Agua depurada
Purified water
- Fosa séptica
Septic tank

bra de césped, que en este clima constituye un uso irresponsable de los recursos.

4. En el patio central, se ha situado una fitodepuradora⁵⁶ de aguas grises que regenera el agua procedente de las duchas, para reutilizarla en los inodoros (estadísticamente, corresponde al 20% de consumo de agua por día y persona). El aljibe tiene una capacidad de 17 m³.

Las plantas seleccionadas por el paisajista Salvador Canyís son *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Iris pseudoacorus*, *Mentha aquatica* y *Lithrum salicaria*.

5. Xerojardinería. Selección de especies autóctonas y alóctonas adecuadas: *Celtis australis* (almez), *Ficus carica* (higuera), *Parthenocissus quinquefolia* (parra virgen) y *Bougainvillea spectabilis* (buganvilla). Sistemas de riego eficiente, evitando los aspersores.

climate would constitute an irresponsible use of resources.

4. In the central courtyard, a grey water phyto-purification system⁵⁶ has been installed to regenerate shower water for use in the toilets (statistically 20% water consumption per day and person). The cistern has a capacity for 17 m³.

The plants selected by the landscaper Salvador Canyís are *Phragmites australis*, *Typha angustifolia*, *Iris pseudoacorus*, *Mentha aquatica* and *Lithrum salicaria*.

5. Landscape gardening. Selection of suitable native and non-native species: *Celtis australis* (almez), *Ficus carica* (fig tree), *Parthenocissus quinquefolia* (virgin vine), and *Bougainvillea spectabilis* (bougainvillea) and efficient irrigation systems, avoiding sprinklers.



Phragmites australis
Foto: Le petit herboriste



Typha angustifolia
Foto: Johann Jaritz

56. Fitodepuradora seca de flujo horizontal.

56. Horizontal dry flow phyto-purification system.



Construcción de muretes y vaciado de tierras.
Construction of walls and drainage of lands.



Colocación de la tela impermeable y geotéxtil.
Placement of waterproof layer and geotextile.



Prueba de impermeabilización.
Waterproofing test.



Instalación de fontanería.
Plumbing installation.



Aportación de grava cerámica reciclada (capa de 35cm).
Laying of natural gravel (35 cm).



Nivelación.
Leveling.



Plantación de macrofitas.
Macrophytes plantation.



Crecimiento de plantas (5 variedades).
Growing plants (5 varieties).



Instalación funcionando.
Running installation.

Font: Aguavida



GESTIÓN DE RESIDUOS

WASTE MANAGEMENT



El prototipo ha cumplido la reducción del 50% de producción de residuos durante la ejecución de las obras, con un volumen total de residuos de 33,38 toneladas.

Las medidas aplicadas han sido:

- Reutilizar los áridos de la excavación como rellenos bajo pavimentos (100 m³) y en los rellenos de los jardines (120 m³) para reducir la grava para hormigones que se trae en camiones bañeras desde Ibiza.
- Reutilizar los restos de YTONG triturado como relleno ligero bajo el pavimento de la planta primera.
- Reutilizar todos los palés de obra en la ejecución de las cubiertas como soporte de la *Posidonia*.
- Reutilizar los restos de bigas en distintas fases de la obra.
- Reutilizar las carpinterías de la Fundación Deixalles en las carpinterías interiores y cancelas.

The prototype has successfully reduced waste production by 50% during the construction phase, producing 33.38 tonnes of waste in total.

The following measures were applied:

- Reuse the aggregates from excavation as fillers under floorings (100 m³), and fillers in gardens (120 m³), in order to reduce the gravel imported in trucks from Ibiza.
- Reuse the remains of crushed YTONG as light filler under the first-floor flooring.
- Reuse all construction pallets in the construction of roofs as a support for *Posidonia oceanica*.
- Reuse the surplus wood from the beams to cover the gaps in the slabs between rooms.
- Reuse the wood provided by Fundación Deixalles for the purposes of interior woodwork.





064
29.3

LIFE
REUSING
POSIDONIA

testo 445



MONITORIZACIÓN DEL PROTOTIPO

MONITORING THE PROTOTYPE

1. CÁLCULO DE LA HUELLA DE CO₂

1. CO₂ FOOTPRINT CALCULATION

57. Instituto Técnico de Construcción de Cataluña.
58. Materiales seleccionados para calcular el edificio de referencia:
- Cimentación, muros y pilares de hormigón armado.
 - Forjados con viguetas y bovedillas de hormigón.
 - Cubierta plana con poliestireno y lámina asfáltica.
 - Muros de cierre de bloques de hormigón y cartón yeso.
 - Pavimentos de gres porcelánico.
 - Carpintería exterior de aluminio e interior de pino.
 - Instalaciones de PVC y pintura plástica.
59. Se pueden consultar los cálculos de CO₂ en este enlace: www.reusingposidonia.com/calculo-de-la-huella-de-co2/
60. La altura máxima del edificio depende de las normas subsidiarias. Si incluimos la tipología edificatoria de dos plantas de altura las emisiones estadísticas pasarían a ser de 600 a 1.100 Kg, con una media de 850 Kg.
57. Technical Construction Institute of Catalonia.
58. Materials used to calculate the reference building:
- Foundations, walls and pillars of reinforced concrete.
 - Structural floor with concrete girder-slabs and beams.
 - Flat roof with porex insulation and asphalt sheet.
 - Concrete blocks walls.
 - Porcelain stoneware flooring.
 - Aluminum exterior carpentry. Pine interior doors.
 - Installations of PVC and plastic paint for walls.
59. Please find CO₂ calculations here: www.reusingposidonia.com/calculo-de-la-huella-de-co2/
60. The maximum height of the building depends on the city council buildings regulations. If this typology is included to data base, the CO₂ statistical emissions would be between 600 and 1,100 kg, with an average of 850 kg.

Las emisiones incorporadas han sido calculadas a partir del banco BEDEC del ITEC.⁵⁷

Al llevar a cabo el proyecto Reusing Posidonia, descubrimos la imposibilidad de establecer un valor límite absoluto de emisiones para todas las edificaciones, ya que la repercusión de los capítulos de cubiertas, estructuras o cimentación es muy variable. Por tanto, a diferencia de lo que sucede en el cálculo de la eficiencia energética, en el que existen valores de referencia fijos, para obtener el porcentaje de mejora se tienen que calcular las emisiones de un edificio equivalente construido con sistemas convencionales a base de hormigón armado, aluminio, etc.⁵⁸

Las emisiones del prototipo han sido de 446.632kg/CO₂ (412 Kg/CO₂ x m²)

Las emisiones del edificio de referencia han sido de 1.221.987 kg/CO₂ (1.128 Kg/CO₂ x m²)

La reducción finalmente alcanzada ha sido del 63,45%, superando el objetivo de reducir en un 50% las emisiones de CO₂.⁵⁹

Incorporated emissions have been calculated using the ITEC's BEDEC bank⁵⁷.

During the REUSING POSIDONIA project we discovered that it was impossible to establish an absolute emissions threshold for all buildings, since the impact of works to build the roofs, structures or lay the foundations varies widely. Therefore, in contrast to the calculation of energy efficiency, for which there are reference values, to calculate the percentage of improvement, we use the emissions of an equivalent building constructed with conventional systems such as reinforced concrete, aluminium, stoneware and asphalt products.⁵⁸

The emissions of the Prototype came to 446,632 Kg/CO₂ (412 Kg/CO₂ x m²).

The emissions of the reference building came to 1,221,987 kg/CO₂ (1,128 kg/CO₂ x m²)

The decrease ultimately obtained was 63,45%, well beyond the target of reducing CO₂ emissions by 50%.⁵⁹

Se puede comprobar que las emisiones del edificio de referencia son mucho más elevadas que las estadísticas, entre 600 y 900 kg, lo que ha sido provocado por la repercusión de los capítulos de cimentación y cubierta de un edificio de dos plantas⁶⁰ en comparación al edificio de 5 plantas, que ha sido utilizado para obtener el valor medio de 732kg/CO₂.

Aún así, el valor de reducción del Prototipo respecto la media estadística ha sido del 45%, de lo que se concluye lo siguiente:

- A. pesar la incidencia de mayor superficie de cimentación y cubierta, la utilización de sistemas constructivos, locales y de bajo impacto, permite reducciones de CO₂ en torno al 50%.
- B. Si el hormigón de cal utilizado en los capítulos de estructura procediera de una fábrica alimentada con energías renovables, las emisiones por metro cuadrado se reducirían a 367 kg / CO₂, y por tanto, se obtiene una reducción en torno al 70%, equivalente a los porcentajes de reducción para alcanzar una huella ecológica de 18.000m².

It can be seen that the reference building's emissions are well beyond the statistics, between 600 and 900 kg, which has had an impact on the foundations and roofs of a two-storey building⁶⁰ compared to the 5-storey building used to obtain the value of 732 kg/CO₂.

Even so, the reduction of the prototype towards the statistical average was 45%, which means the following:

- A. Despite the greater surface area, the use of local construction systems with a low environmental impact has made it possible to reduce CO₂ emissions by around 50%.
- B. If the lime concrete used in the structure is sourced from a factory using renewable sources of energy, emissions per square metre would drop to 367 kg/CO₂, and therefore, we would obtain a reduction of 70%, equivalent to the reduction required to obtain an ecological footprint of 18,000 m².

	Conventional kg CO ₂	Prototype kg CO ₂
Foundatiom	194.947,94	65.204,72
Slabs	172.744,59	34.352,26
Roof	65.835,18	55.341,72
Masonry	283.093,68	138.641,11
Coating	11.921,96	8.130,50
Pavements	246.811,96	27.294,13
Joinery	123.417,34	31.511,25
Locksmith	8.275,15	8.209,11
Painting	9.435,83	2.594,05
Plumbing	29.550,92	9.348,58
Ventilation	2.641,97	2.641,97
Heating	21.339,61	21.339,61
Electricity	15.172,53	15.592,97
Telecom	7.918,51	7.920,45
Sanitation	20.494,43	13.581,18
Various	8.384,95	4.928,34
Total	1.221.986,55	446.631,95
kg CO₂/m²	1.128,17	412,34
		63,45%
m ² surface	1083,16	



2. MONITORIZACIÓN DEL CONFORT AMBIENTAL

2. MONITORING THERMAL COMFORT

La monitorización se ha realizado en colaboración con J. Muñoz y C. Carmona del Grupo de Investigaciones Arquitectónicas de la Universidad de las Islas Baleares (UIB).

Se han evaluado las temperaturas interiores y exteriores, el grado de humedad relativa y la velocidad de la brisa en el interior de ocho viviendas tipo, cuatro orientadas norte-sur y cuatro orientadas este-oeste. Se han utilizado las siguientes herramientas:

- Cámara termográfica FlirC2, sensor IR 80 × 60.
- Termómetro digital PCE-T150.
- Anemómetro de hilo caliente TESTO445-V1.
- Sensor portátil láser de temperatura superficial PCE-890U.
- 10 sensores térmicos ambientales PCE-HT 71N.
- 10 sensores térmicos superficiales PCE-T390 (interior + exterior).

El monitoreo se inició el 21 de diciembre de 2016, coincidiendo con el solsticio de invierno, y terminará en el verano de 2018.

Monitoring has been carried out in cooperation with J. Muñoz and C. Carmona from the Architectural Research Group at the University of the Balearic Islands (UIB):

Monitoring includes indoor and outdoor temperatures, degree of relative humidity and breeze speed inside 8 standard homes, 4 looking north-south and 4 looking east-west. The following tools were used:

- FlirC2 thermographic camera, with sensor IR 80×60.
- PCE-T150 digital thermometer.
- TESTO445 hot-wire anemometer.
- PCE-890U surface temperature gun.
- 10 PCE-HT 71N temperature sensors.
- 10 PCE-T390 temperature sensors.

Monitoring began on 21 December 2016, coinciding with the winter solstice and will end in the summer of 2018.



Ubicación sensores planta 1
First floor sensors location



Ubicación sensores planta baja
Ground floor sensors location

Se presentan los resultados obtenidos hasta el 22 de agosto.

FASE 1 - INVIERNO

Período evaluado: 22 de diciembre de 2016 - 16 de febrero de 2017

Viviendas: 6 y 8. No habitadas.

Valores evaluados: temperatura interior (Ti), temperatura exterior (Te), humedad relativa interior (Hri), humedad relativa exterior (Hre).

Las condiciones de climatización han consistido en imponer una temperatura interior de 21°C. Una vez que el sistema llegaba a la temperatura de consigna, se paraba.

Condiciones climáticas en el período indicado (22/12/16-16/02/17)

- Media de temperaturas mínimas exteriores: 8°C
- Media de temperaturas máximas exteriores: 15°C

The results obtained to date August-22nd are as follows.

PHASE 1 - WINTER

Period: 22 december 2016 - 16 february 2017.

Dwellings: 6 and 8. The dwellings were inhabited.

Data: Internal temperature information (Ti), outdoor temperature (Te), indoor relative humidity (HR) and outdoor relative humidity (Hre).

The climate control conditions were established by setting an indoor temperature of 21°C. The system stopped when it reached the setpoint temperature

Climatic conditions to the indicated period (12/22/16 - 2/16/17):

- Median minimum outdoor temperatures: 8°C
- Median maximum outdoor temperatures: 15°C

Resultados

- Temperatura media inicial interior en las viviendas (Ti inicial): 15°C
- Tiempo medio de climatización para llegar a 21°C (tm): 1 h
- Mediana de humedad relativa interior (al llegar a 21°C): >75%

Se demuestra que los aislamientos son adecuados.

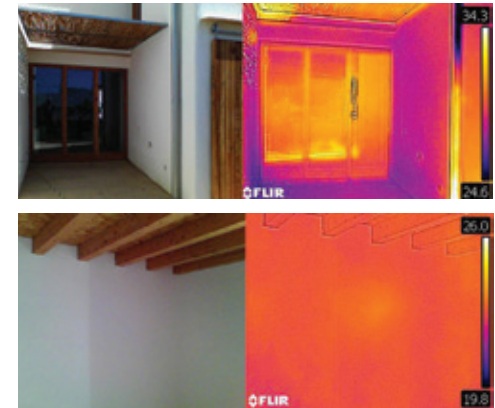
Las termografías no detectan puentes térmicos.

Results

- Initial median interior temperature (initial Ti): 15°C
- Median time required for air conditioning to reach 21°C (tm): 1 hr
- Median indoor relative humidity (once at 21°C): > 75%

The insulation was proved to be adequate.

Infrared imaging did not detect any thermal bridges.



Imágenes termográficas exterior/interior
Exterior & interior infrared imaging



Medición temperatura y humedad de la higuera
Temperature and humidity fig tree measurement

61. Gráficas: <http://cat.reusingposidonia.com/monitorizacion-del-prototipo/>
62. ASHRAE Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
63. UNE-EN 15251:2008. Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido.
61. Graphs: <http://cat.reusingposidonia.com/monitorizacion-del-prototipo/>
62. (ASHRAE Standard 55, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
63. (UNE-EN 15251:2008. Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido),

FASE 2 – VERANO

Período evaluado: 15 de junio al 22 de agosto de 2017.

Viviendas: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11 i 12. Inhabitadas. No se ha utilizado ningún sistema mecánico para refrigerar interiormente las viviendas monitorizadas.

Valores evaluados: temperatura interior (Ti), temperatura exterior (Te), temperatura superficial interior (Tsi), temperatura superficial exterior (Tse), humedad relativa interior (Hri), humedad relativa exterior (Hre).

Condiciones climáticas en el período indicado (24/07/17-28/07/17)

- Media de temperaturas mínimas exteriores: 29,5°C
- Media de temperaturas máximas exteriores: 35°C

Resultados

En función de los resultados obtenidos⁶¹, se demuestra el buen funcionamiento de los aislamientos de la envolvente con reducciones constantes de 5°C de temperatura con respecto al exterior y de 15°C con las temperaturas superficiales exteriores expuestas a sol directo en relación a las interiores.

PHASE 2 - SUMMER

Period: 15 June to 22 August 2017.

Units: 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12. The Dwellings were inhabited.

Data: Indoor Surface Temperatures (Tsi), Indoor Temperatures (Ti), Outdoor Surface Temperatures (Tse) Outdoor Temperatures (Te), indoor Relative Humidity (Hri) and Outdoor Relative Humidity (Hre).

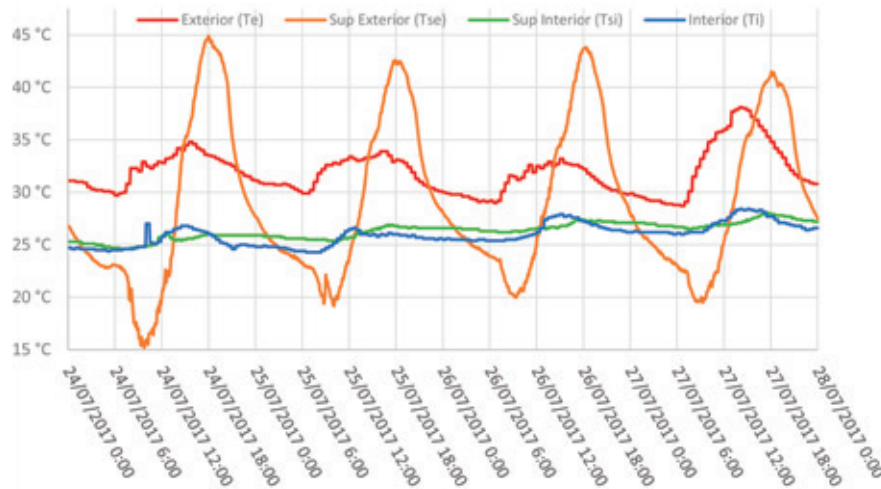
Climatic conditions during the period (24/7/17 - 28/7/17):

- Average minimum outdoor temperatures: 29.5°C
- Average outdoor maximum temperature: 35°C

Results

The results⁶¹ obtained demonstrate that the enclosure's insulation works appropriately with constant reductions of 5°C compared to the outdoor temperature and 15°C compared to the outdoor temperature of the surfaces exposed to direct sunlight.

Temperaturas de la fachada sur, vivienda 6.
Southern facade temperatures, dwelling 6.



Se ha realizado un análisis de confort térmico interior, a partir del estándar de la ASHRAE⁶² y de la norma EN-15251,⁶³ a partir de los siguientes valores medios obtenidos en el período analizado:

— **Ti** en las viviendas con orientaciones norte, sur y este, entre 25°C y 27 °C con una media cercana a los 26 °C.

We performed an analysis of internal thermal comfort, based on the ASHRAE⁶² standard and EN-15251⁶³ using the following average values obtained during the analysis period:

— **Ti** of the units facing North, South and East, between 25 and 27 °C with an average of around 26 °C.

Complies with Standard 55-2013

PMV	0.38
PPD	8%
Senstation	Neutral
Set	26.3°C

Temperature - Relative Humidity chart

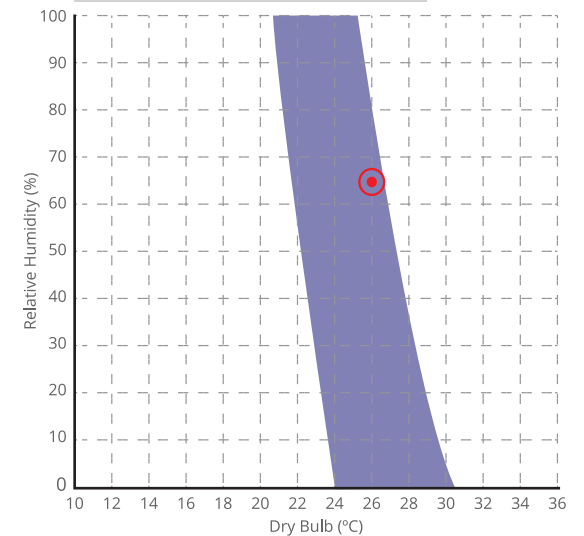


Figure. 6 - Font: CBE Thermal Comfort Tool.
<http://comfort.cbe.berkeley.edu>

Complies with EN-15251

PMV	0.55
PPD	11%
Category	III

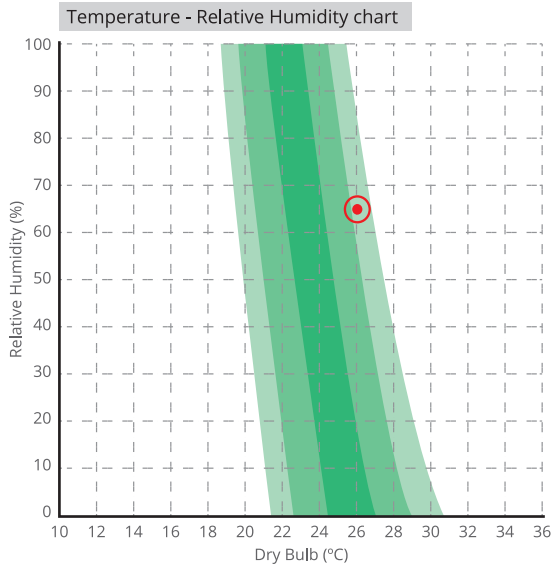
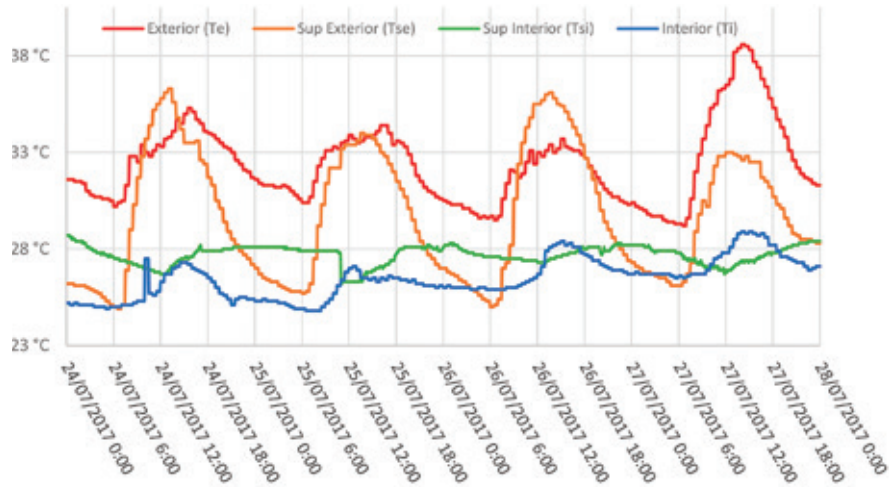


Figure. 7- Font: CBE Thermal Comfort Tool.
<http://comfort.cbe.berkeley.edu>

Temperaturas cubierta, vivienda 8.
 Roof temperatures, dwelling 8.



- **Te** entre 30°C y 35°C, con una media de temperaturas mínimas exteriores de 29,5°C y una media de temperaturas máximas exteriores de 35°C, y una temperatura media cercana a los 33°C.
- **HRi** entre 55 y 80% con una media cercana al 65%, y HRe entre 55 y 90%, con una media cercana al 75%.

- **Te** between 30 and 35°C, with an average minimum outdoor temperature of 29.5°C, an average maximum outdoor temperature of 35°C and a median temperature of around 33°C
- **HRi** between 55 and 80% with an average of around 65% and HRe between 55 and 90%, with an average of around 75%.

Observamos en los resultados basados en el estándar ASHRAE (gráfico 6) que la sensación térmica es de 26,3°C. Y también cumple con la norma EN-15251 (gráfico 7).

Estos dos resultados se obtienen sin ventilación cruzada. Si consideramos una velocidad de viento de 0,5 m/s proporcionan un resultado de sensación térmica cercana a los 23,5 °C (gráfico 8).

No se observan diferencias significativas en las viviendas adiabáticas,⁶⁴ lo que indica que el nivel de aislamiento es correcto.

We concluded that based on the ASHRAE standard (Figure 6), the apparent temperature is 26.3 °C. It also complies with EN-15251 (Figure 7).

These two results have been obtained with wind speeds of 0 (zero). When considering a wind speed of 0.5 m/s, the apparent temperature is around 23.5 °C (Figure 8).

We have not seen a significant difference in the adiabatic⁶⁴ properties, indicating a good level of insulation.

64. Vivienda adiabática: la que no presenta pérdidas de temperatura. Hemos considerado las que tienen los vecinos en todas las orientaciones.

64. Adiabatic dwelling does not present temperature losses.

Complies with ASHRAE Standard 55-2013

PMV with elevated air speed	-0.46
PPD with elevated air speed	9%
Sensation	Neutral
Set	23.5°C
Drybulb temperature at still air	23.7°C
Cooling effect	2.3°C

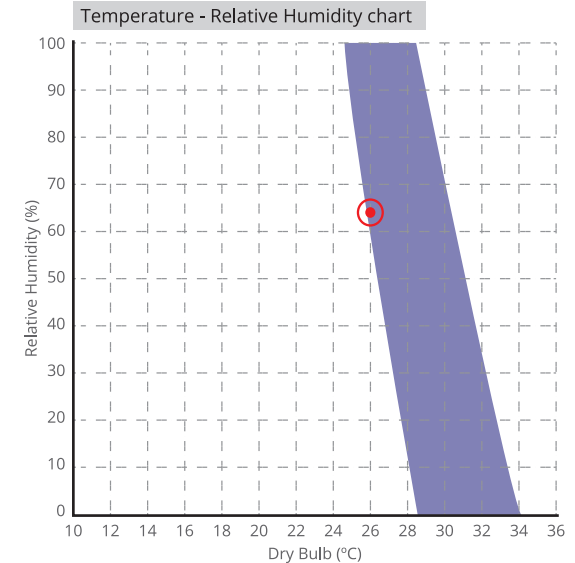
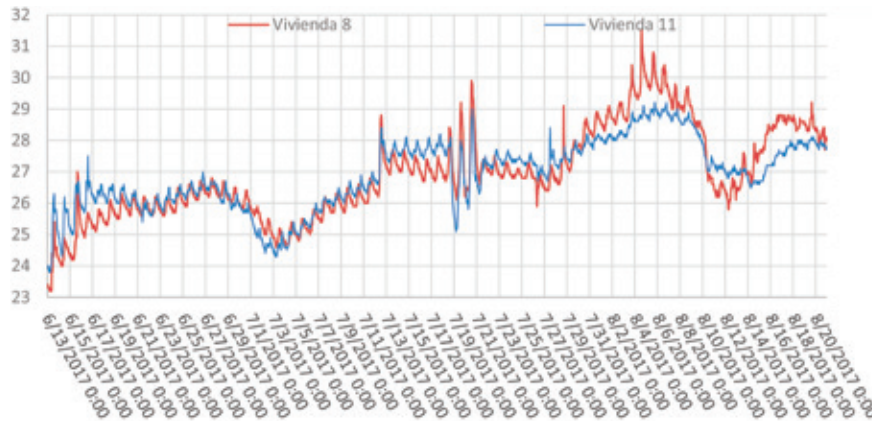


Figure. 8- Font: CBE Thermal Comfort Tool.



3. MONITORIZACIÓN DE LOS CAMPOS ELÉCTRICOS Y ELECTROMAGNÉTICOS

3. ELECTRIC AND ELECTROMAGNETIC FIELD MONITORING

La monitorización se ha realizado en colaboración con B. Alorda del Grupo de Investigaciones Arquitectónicas de la UIB.

Se han utilizados los siguientes equipos:

- Medidor de potencia de campo NARDA NBM-550
- Sonda Omnidireccional NARDA EF0391
- Analizador de espectro ROHDE & SCHWARZ FSH3

La radiación electromagnética de ondas de radiofrecuencia ha tenido y tiene una especial incidencia en la opinión pública por su posible relación con la salud en humanos. Además, en los últimos años se ha vivido una rápida penetración del uso de terminales móviles o dispositivos sensores con capacidad para establecer comunicaciones sin hilos, es decir, emisores de ondas electromagnéticas.

Los niveles de seguridad frente a las fuentes de radiación electromagnética se regularon en 2001⁶⁵ con la finalidad de asegurar los mayores niveles de seguridad y responder a la demanda social de transparencia

Monitoring has been carried out in cooperation with B. Alorda from the Architectural Research Group at the UIB.

The following equipment has been used:

- Narda NBM-550 Broadband Field Meter
- Narda EF-0391 E-Field, Flat Response Probe
- Rohde & SCHWARZ FSH3 Spectrum Analyser

The electromagnetic radiation of radio-frequency waves has had and continues to have a special impact on public opinion due to its possible impact on health conditions. Furthermore, in recent years, there has been a rapid increase in the use of mobile devices or sensing devices capable of performing wireless communications, in other words, devices emitting electromagnetic waves.

Safety measures in terms of sources of electromagnetic radiation were regulated in 2001⁶⁵ in order to ensure the highest levels of safety and respond to the social demand for transparency and control

65. A partir de las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud a través de la recomendación de la Comunidad Europea 1999/519/CE, adaptada a la legislación del Estado español mediante el Real Decreto 1066/2001.

65. Based on the recommendations of the World Health Organization via the recommendation of the European Commission 1999/519/EC that was reflected in Spanish legislation via Royal Decree 1066/2001.

y control sobre esta fuente de contaminación. Los niveles de referencia indicados en la normativa son los valores máximos permitidos y están basados en las recomendaciones científicas internacionales, que se van actualizando con los nuevos conocimientos que aporta la investigación. En la tabla siguiente se detallan los niveles de referencia recogidos en la normativa vigente y que garantizan el cumplimiento de unos márgenes estrictos de seguridad en cuanto a los niveles de exposición de la población en general a la radiación radioeléctrica.

over the sources of electromagnetic pollution. The reference levels indicated in the regulations are the maximum values considered as being safe and they are based on the international scientific recommendations, which are updated in line with new knowledge obtained from the latest research developments. The table below details the reference levels included in the regulations in force and that guarantee the compliance with strict safety margins in terms of the levels of exposure to radio-wave radiation amongst the general population.

Si se observa la banda de frecuencias de interés en las principales frecuencias

Observing the relevant frequency band at the main frequencies for mobile communi-

66. F es la frecuencia de la onda (Hz), E es la intensidad de campo eléctrico (V/m), H es la intensidad resistencia del campo magnético (A/m), B es la densidad de flujo magnético (mT) y S es la densidad de potencia equivalente a la onda plana (W/m²).

67. Informe SATI, publicado el 2012 por la Federación Española de Municipios y Provincias.

66. F is the frequency of the wave (Hz), E is the intensity of the electrical field (V/m), H is the magnetic field strength (A/m), B is the magnetic flux density (μT) and S is the equivalent power density of the plane wave (W/m²).

67. The SATI report was published in 2012 by the Spanish Federation of Municipalities and Provinces.

F ⁶⁶	E (V/m) ⁶⁶	H (A/m) ⁶⁶	B (mT) ⁶⁶	S (W/m ²) ⁶⁶
0 – 1 Hz	-	3,2 x 10 ⁴	4 x 10 ⁴	-
1 – 8 Hz	10 ⁴	3,2 x 10 ⁴ / f ²	4 x 10 ⁴ / f ²	-
8 – 25 Hz	10 ⁴	4 x 10 ³ / f	5 x 10 ³ / f	-
25 – 800 Hz	250/f	4/f	5 / f	-
0,8 – 3 kHz	250/f	5	6,25	-
3 - 150 kHz	87	5	6,25	-
0,15 – 1 MHz	87	0,73/f	0,92 / f	-
1 – 10 MHz	87/f ^{1/2}	0,73/f	0,92 / f	-
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2
400 – 2000 MHz	1,375 x f ^{1/2}	0,0037 x f ^{1/2}	0,0046 x f ^{1/2}	f / 200
2 – 300 GHz	61	0,16	0,2	10

de comunicaciones móviles (900, 1.800 y 2.000 MHz), esta normativa nos indica unos límites de referencia de $4,5 \text{ W/m}^2$, 9 W/m^2 y 10 W/m^2 respectivamente. Así mismo, en el informe SATI⁶⁷ publicado el 2012 por la Federación Española de Municipios y Provincias, se realiza una comparativa de los límites de exposición a campos electromagnéticos de radiofrecuencia donde se detallan diferencias entre los valores de referencia. Estas diferencias definen niveles límite máximos más restrictivos. Los casos más extremos son:

- En el caso de las comunidades autónomas españolas, Cataluña, Castilla la Mancha y Navarra son las comunidades que establecen unos valores de referencia máximos más restrictivos para las bandas de frecuencias⁶⁸ (2 W/m^2 , 4 W/m^2 i $4,5 \text{ W/m}^2$ respectivamente).
- El país de Luxemburgo establece para las frecuencias de telefonía móvil⁶⁸ los valores de referencia máximos más bajos de la Comunidad Europea. La densidad de potencia máxima se limita a $0,024 \text{ W/m}^2$, equivalente a una $E(V/m)$ de $3V/m$ por antena.

communications (900, 1800 and 2000 MHz), this regulation establishes reference limits of: 4.5 W/m^2 , 9 W/m^2 and 10 W/m^2 respectively. Likewise, in the SATI report⁶⁷ published by the Spanish Federation of Municipalities and Provinces in 2012, a comparison of the limits of exposure to electromagnetic fields was performed, concluding that there were differences between the reference values. These differences define more restrictive maximum limit levels:

- In terms of the Spanish autonomous communities, Catalonia, Castilla-La Mancha and Navarra are the communities that establish the most restrictive maximum reference values for mobile frequency bands⁶⁸ (2 W/m^2 , 4 W/m^2 and 4.5 W/m^2 respectively).
- Luxembourg establishes the lowest maximum reference values on mobile frequencies⁶⁸ in the European Union. The maximum power density is limited to 0.024 W/m^2 , equivalent to a maximum electrical field intensity of 3 V/m per antenna.



Foto: Ibanobitz

68. Las frecuencias de telefonía móvil consideradas son 900, 1.800 y 2.000 MHz.

68. The mobile phone frequencies considered are 900, 1800 and 2000 MHz.



Medidor de campo magnético con sonda 3061 y 0391
Broadband field meter with 3061 & 0391 field probe

Efectos sobre la salud

Estas diferencias en los límites permitidos en la normativa vigente no se pueden justificar desde el punto de vista de la reducción de los efectos adversos tanto para la salud del público en general como la de las personas expuestas en el trabajo, según recoge el informe SATI⁶⁷. Así, la reducción de los niveles de referencia para las emisiones de las antenas de telefonía no está justificada, como se indica, por ejemplo, en el informe de 2009 de la Agencia Francesa de Seguridad Sanitaria del Medio Ambiente y del Trabajo. Además, el mismo informe indica que «el método más eficaz para reducir la exposición del público en general pasa necesariamente por aumentar el número de antenas y su cobertura». Tanto es así, que las autoridades de Dinamarca, Groenlandia, Finlandia, Suecia y Noruega emitieron el 2009 un comunicado conjunto donde se indicaba que «si el número de antenas fijas se reduce, los teléfonos móviles tenderán a utilizar más energía para mantener su conexión; por tanto, la exposición del público en general puede aumentar».

Effects on health

These differences in the limits allowed by current regulations cannot be justified in terms of reducing the possible adverse health effects both for the general population and occupational exposure, according to the SATI report.⁶⁷ Thus, the reduction of the reference level for emissions from telephone antennas is not justified, as indicated, for example, in the 2009 report by the French Agency for Environmental and Occupational Health and Safety. In addition, the same report indicates that “the most effective method to reduce public exposure in general, involves the necessary increase in the number of antennas and their coverage.” So much so, that the authorities of Denmark, Greenland, Finland, Sweden and Norway issued a joint statement in 2009 indicating that “If the number of fixed antennas is reduced, mobile phones tend to use more energy to preserve your connection; therefore, the exposure of the general public may increase.”

Según las conclusiones de la nota 193, 2014 de la OMS⁶⁹ se reconocen los siguientes puntos:

- *A corto plazo*, se determina que la principal consecuencia de la interacción entre la energía radioeléctrica y el cuerpo humano es el calentamiento de los tejidos. Además, las frecuencias utilizadas por los teléfonos móviles⁶⁸ tienen una penetración muy pequeña afectando solo las primeras capas de la piel.
- *A largo plazo*, se determina que la exposición a campos de radiofrecuencias no aumenta el riesgo para las personas. Ahora bien, el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer ha clasificado los campos electromagnéticos de radiofrecuencia como posibles carcinógenos para los seres humanos (grupo 2B), categoría que se utiliza cuando se considera que una asociación casual es creíble, pero el azar, las desviaciones o los factores de confusión no pueden descartarse con una confianza razonable; por tanto, su clasificación es una estrategia de prevención (www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/).

According to the conclusions of WHO Fact Sheet 193 of 2014⁶⁹, the following points are worth note:

- In the short term, the principal mechanism of interaction between radiofrequency energy and the human body is tissue heating. Furthermore, the penetration of the frequencies used by mobile phones⁶⁸ is negligible, affecting only the first layers of skin.
- In the long term, it has been determined that frequency to radio frequency fields does not increase the risk to people. However, the International Agency for Research on Cancer has classified radio frequency electromagnetic fields as being possibly carcinogenic to humans (group 2B), but a category used when a causal association is considered credible, but when chance, bias or confounding cannot be ruled out with reasonable confidence, thus their classification is a prevention strategy. (www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/es/)



Medidor de campo magnético con sonda 3061
Broadband field meter with 3061 field probe

68. Las frecuencias de telefonía móvil consideradas son 900, 1.800 y 2.000 MHz.

69. Organización mundial de la Salud.

68. The mobile phone frequencies considered are 900, 1800 and 2000 MHz.

69. World Health Organization.

El Prototipo se encuentra a 50 m aproximadamente de unas torres de telefonía situadas en la calle La Habana 28. Se han tomado medidas de campo electromagnético en los interiores de las viviendas teniendo en cuenta diversas condiciones: franja horaria (mañana, tarde), disposición de las habitaciones y usos, y altura respecto a la horizontal de la calle.

The newly built construction is 50 metres away from the telephone towers located on 28 La Habana street. Indoor electromagnetic field measurements have been carried out taking into account several conditions: time (morning, afternoon), layout of the room and usage, in addition to height compared to the horizontal height of the street.

Measure spot	Time zone	E (V/m)		S (W/m ²)	
		Màximum	Average	Màximum	Average
Bedroom Backyard	Morning	0,148	0,015	5,77 10 ⁻⁵	5,97 10 ⁻⁷
	Evening	0,183	0,042	8,92 10 ⁻⁵	4,61 10 ⁻⁶
Bedroom Street	Morning	0,163	0,043	7,00 10 ⁻⁵	4,79 10 ⁻⁶
	Evening	0,213	0,038	1,21 10 ⁻⁴	3,90 10 ⁻⁶
Kitchen Living Room	Morning	0,173	0,053	7,89 10 ⁻⁵	7,31 10 ⁻⁶
	Evening	0,203	0,033	1,10 10 ⁻⁴	2,95 10 ⁻⁶
Upper Terrace	Morning	3,128	2,24	2,59 10 ⁻²	1,33 10 ⁻²
	Evening	2,987	2,173	2,37 10 ⁻²	1,25 10 ⁻²

Los valores más elevados se han medido en la terraza superior de las viviendas en línea directa con las fuentes de radiación electromagnética.

A pesar de ello, todos los valores se encuentran por debajo de la normativa vigente en las Islas Baleares, e incluso por debajo de los límites más restrictivos como los establecidos en Luxemburgo.

Por lo que se concluye que el apantallamiento de la estructura de las paredes de las viviendas atenúa la intensidad de campo eléctrico y los niveles son admisibles haciendo innecesario un aislamiento para atenuar el campo eléctrico o el magnético.⁷⁰

All values measured are below the current regulations in the Balearic Islands and even most restrictive limits, such as those established in Luxembourg. Higher values have been measured on the upper terrace because they are directly in front of the sources of electromagnetic radiation.

Therefore, it can be concluded that the structural insulation of the walls reduces the radiation inside the houses and that radiation is beneath even the most restrictive limits.

70. En el siguiente enlace se puede descargar el informe completo que incluye una tabla con ejemplos de soluciones para atenuar los campos eléctricos y magnéticos:

<http://reusingposidonia.com/monitorizacion-del-prototipo/>

70. The full report can be downloaded at the following link, including a table with examples of solutions to weaken the electrical and magnetic fields:

<http://cat.reusingposidonia.com/monitorizacion-del-prototipo/>

17. Formentera.-- Calle Sant Jaume





El retoque de la fotografía al estilo de J. Lacoste en 1900 evidencia que la utilización de materiales tradicionales permite alcanzar la completa integración paisajística sin recurrir a la decoración, embellecimiento ni folclorismo.

The edited picture in J. Lacoste style from 1900 shows that the use of traditional materials allows the complete landscape integration, far from decoration and folklore.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

MATERIALES

MATERIALS



1. Para potenciar el consumo de materiales de construcción artesanales, locales y ecológicos, es necesario iniciar acciones similares a las que se han llevado a cabo en el sector alimentario, como proporcionar ayudas para visibilizar el valor del producto ecológico local mediante campañas publicitarias y ayudas para financiar la obtención de ecoetiquetas de alguno de los siguientes tipos:

- A. Análisis del ciclo de vida (ACV) por parte de una entidad externa.
- B. Programas de evaluación ambiental de acceso libre, tipo Ecómetro o similar.
- C. Ecoetiqueta europea, actualmente en desarrollo.
- D. Desarrollar un sello de producto ecológico local.

2. En el caso de los productos importados de fuera de la Unión Europea, se debería exigir un sello que asegure las condiciones laborales justas y el respeto de los derechos humanos en los procesos de producción tipo Fairtrade,⁷¹ o similar, como condición obligatoria para ser suministrados en obras públicas, y de forma progresiva introducirlo

1. In order to promote the consumption of local and ecological handicrafts, actions similar to those carried out in the food sector must be taken, providing support to make the value of local organic products visible by means of advertising campaigns and subsidies or aid to finance the acquisition of any of the following eco-labels:

- A. Life Cycle Analysis (LCA) by an external entity.
- B. Freely accessible environmental assessment programs, Echometer or similar.
- C. European eco-label, currently under development.
- D. To develop a label of eco-friendly local product.

2. For products imported from outside the EU, a label should be required to ensure fair working conditions and respect for human rights in production processes, such as FAIRTRADE⁷¹, or similar, as a mandatory condition for use in public works, progressively introducing this requirement in private works through Directives and State-wide construction standards.

en las obras privadas mediante directivas y normas de edificación estatales.

3. En el caso de los productos de madera de fuera de la Unión Europea, se debería exigir un sello de gestión forestal FSC o PEFC como condición obligatoria para ser contratados en obras públicas, y de forma progresiva introducirlo en las obras privadas como en el punto anterior.

4. En la totalidad de productos industrializados, tanto de la Unión Europea como del exterior, se debería exigir la trazabilidad del producto en todas las fases de extracción, fabricación y distribución. Un producto fabricado en la Unión Europea puede utilizar materias primas que participen de alguno de los efectos colaterales descritos en los modelos de consumo.

5. Se debería establecer un techo de emisiones de CO₂ para las industrias del sector de la construcción.

6. En el caso de la recuperación de productos locales tradicionales sin industria activa, como la *posidonia*, se debería visibilizar su valor patrimonial. La Administración pública tendría que promover su uso.

3. For wood products from outside the EU, an FSC or PEFC forest management label should be required as a condition for being used in public works, progressively introducing this requirement in private works through Directives and State-wide and regional construction standards.

4. For all products made on an industrial scale, both in the EU and abroad, product traceability should be required at all extraction, manufacturing and distribution stages. A product manufactured in the EU may use raw materials that involved in some or all of the side effects described in the consumption models.

5. A CO₂ emissions ceiling should be established for construction industries.

6. For the restoration of traditional local products with no active industry, such as *Posidonia*, their patrimonial value should be made visible and promoted by the public administrations.



Foto: Miguel Armando

71. Comercio justo. El sello Fairtrade está acreditado por la entidad privada Flo-Cert, que cumple la norma ISO 17065. Existen otras acreditaciones que velan por los derechos de los trabajadores, como la norma ISO 26000 RSC.

71. Fair trade. The Fairtrade Seal is accredited by Flo-Cert in compliance with ISO 17065. There are other accreditations that ensure the rights of workers such as ISO 26000 Social responsibility.

MATERIALES

MATERIALS



A diferencia de los materiales procesados, que disponen de una gran inversión en publicidad y asesoramiento técnico financiada por las empresas privadas, los materiales tradicionales no conllevan rentabilidad económica asociada, y su aplicación en obra requiere un conocimiento específico, por lo que han caído en el olvido.

Por eso, es responsabilidad de la Administración pública recuperar su uso, suplir la figura de los asesores técnicos y establecer los canales de comunicación entre profesionales y consumidores. Además, hay que recordar que el uso de materiales sin marcado CE suponen una dificultad añadida para los técnicos, que deben poseer un alto grado de conocimiento (*know how*) para aplicar correctamente los sistemas tradicionales, en el marco actual de la responsabilidad civil asociada y el cumplimiento de normativas técnicas como CTE, RITE, etc.

Como en el caso de la piedra seca, que ha recibido la financiación de diversos programas europeos,⁷² se deberían impulsar las siguientes actividades:

Unlike processed materials, which benefit from large investments in terms of advertising and technical advice financed by private companies, traditional materials are not linked to financial profitability and their use on-site requires specific knowledge, which is why they have fallen into disuse.

Based on the foregoing, the public administration is responsible for their restored use, replacing the figure of technical advisors and establishing channels of communication between professionals and consumers. Furthermore, it must be noted that the use of materials without an EC marking represents an added difficulty for technicians, who must have a high level of know-how to correctly apply traditional systems, within the current framework of associated civil liability and compliance with technical regulations such as the Technical Building Code, the Regulation of Thermal Installations in Buildings, etc.

As is the case with dry stone, which has received funding from various European programs⁷², the following activities should be encouraged:

- Cursos de formación sobre gestión de la posidonia (recolección, secado y almacenaje) para el personal de la Administración pública para incentivar su aplicación en edificios públicos.
- Cursos, talleres i jornadas de construcción con posidonia, con especial hincapié en la protección de las praderas de posidonia y los ecosistemas dunares, a profesionales y particulares.
- Desarrollo de empresas públicas en cada región del Mediterráneo que realicen el secado y empaquetado de la posidonia y la pongan a disposición de los consumidores. Estas empresas tienen que cumplir los protocolos de recogida en la playa para asegurar que no se perjudica el ecosistema dunar. Hay que evitar que los particulares realicen la gestión de grandes volúmenes.
- Estudios adicionales para aplicar la posidonia en elementos constructivos distintos (muros, armado de suelos, etc.).
- *Posidonia* management training courses (collection, drying and storage) for public administration personnel to encourage its use in public buildings.
- Courses/workshops/events involving construction with *Posidonia*, placing a special emphasis on the protection of *Posidonia* meadows and dune ecosystems, imparted to professionals and individuals to encourage its use in public and private buildings.
- Development of public companies in all regions of the Mediterranean in which *Posidonia* is dried and packaged and made available to consumers, complying with all the beach collection protocols to ensure that the dune ecosystem is not harmed, preventing individuals managing the collection of large volumes.
- Additional studies on the application of *Posidonia* in different construction elements (walls, laying of floors, etc.).



Foto: Gabriel Alomar Garau

- 72. El programa PROTERRA, que se ocupa de la valorización de los cultivos en bancales del sur de Europa, el programa REPPIS, en el marco del cual se creó la Red Europea de Países de la Piedra en Seco, o las publicaciones de Med-Stone, guías técnicas para documentar y transmitir dicho oficio, además de los proyectos REVPAR-MEDOCC, PATER, TERRISC, TCAST, EDSI, etc.
- 72. The PROTERRA program deals with the assessment of terraced crops in southern Europe. REPPIS program in the framework of which the European Network of Dry Stone Countries, or the MEDSTONE publications, technical guides for documenting and transmitting such craft was created, in addition to projects such as REVPAR-MEDOCC, PATER, TERRISC, TCAST, EDSI, etc.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

CO₂
CO₂



73. En este enlace se puede consultar el listado de materiales para las Islas Baleares, actualmente en fase de desarrollo: www.reusingposidonia.com/calculo-de-la-huella-de-co2/

73. Balearic Islands materials list under development: www.reusingposidonia.com/calculo-de-la-huella-de-co2/

La dispersión de las emisiones de CO₂ por m² según el tipo de edificio (de 600 a 1.100) y la necesidad de calcular el CO₂ de un edificio equivalente construido con sistemas convencionales hacen inviable la implantación del cálculo de CO₂ hasta que no se desarrollen programas informáticos que cumplan las siguientes condiciones:

1. Incluir una base de datos de CO₂ homologada para cada región.
2. Calcular de forma automática las emisiones del edificio equivalente a partir de unas partidas predeterminadas.
O bien:
3. Que se analicen miles de casos de estudio para disponer de valores de referencia para cada tipología de edificación.

Se prevé que el desarrollo y la implantación de estos programas sea un proceso lento y complejo, por lo que se propone como medida de transición la obligatoriedad de incluir uno o más materiales ecológicos, preferentemente locales, de un listado elaborado por las administraciones regionales competentes.⁷³

The variable nature of reference values of CO₂ emissions per m² (from 600 to 1,100) and the need to calculate the CO₂ of an equivalent building constructed using conventional systems makes it impossible to implement the calculation of CO₂ until software programs are developed that comply the following conditions:

1. Create an approved CO₂ database for each region.
2. Automatically calculate emissions from the equivalent building using predetermined items.
Or:
3. Analyse thousands of examples in order to get reference values for every building typologie.

The development and implementation of these programs is expected to be slow and complex, and therefore the mandatory inclusion of one or more local ecological materials from a list drawn up by the relevant regional administrations has been proposed as a transitional measure.⁷³

Esta obligación se aplicaría primero a los edificios públicos y luego se extendería a los privados, de modo similar a la aplicación de del consumo casi cero. Así pues, se propone una hoja de ruta con carácter orientativo:

1. Incluir uno o más materiales ecológicos preferentemente locales del listado regional, primero en los edificios públicos y luego en los privados.
2. Implementar con carácter obligatorio una herramienta reconocida de cálculo de CO₂ para todas la obras nuevas públicas.
3. Implementar con carácter obligatorio una herramienta reconocida de cálculo de CO₂ para todas las obras nuevas privadas.
4. Implementar con carácter obligatorio una herramienta reconocida de cálculo de CO₂ para todas las obras de rehabilitación.
5. Establecer progresivamente los factores de reducción de las emisiones de CO₂: 20%, 50%, 70% (para alcanzar el valor de huella ecológica de 18.000 m² por habitante).

This obligation would be applied first to public buildings and then extended to private buildings, similar to the application of the nearly zero-energy buildings concept. Thus, the roadmap below is proposed for the purposes of guidance:

1. Include one or more eco-friendly materials, preferably local ones, from the regional list, firstly in public buildings and afterwards in private buildings.
2. Implement a mandatory recognised CO₂ calculation tool for all newly constructed public buildings.
3. Implement a mandatory recognised CO₂ calculation tool for all newly constructed private buildings.
4. Implement a mandatory recognised CO₂ calculation tool for all rehabilitation works on existing buildings.
5. Establish a progressive decrease in CO₂ emissions for all projects: 20%, 50%, 70% in order to reduce the footprint to 18,000 m² per inhabitant.

Implementación progresiva del cálculo de CO₂
Progressive implementation of CO₂ calculation



1º Edificios públicos Public buildings



2º Edificios privados Private buildings



3º Rehabilitación Refurbishment

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

CONFORT TÉRMICO

THERMAL COMFORT

Recomendaciones de invierno

Disminuir el caudal de renovación mecánica de aire interior e instalar sistemas locales de deshumidificación.

Recomendaciones de verano

El mecanismo de mejora del confort térmico interior mediante estrategias pasivas de ventilación cruzada funciona durante la mayor parte del período estudiado.

A partir de temperaturas sostenidas por encima de 30 °C y humedades relativas altas, de medias próximas al 75% y llegando al 90%, y dado el muy buen nivel de aislamiento de la envolvente de forma general, resultará adecuado establecer un sistema que informe al usuario de cuándo aprovechar el efecto de la ventilación cruzada natural y cuándo no, mediante un piloto luminoso visible encendido o apagado. Este control incorporaría, como mínimo, un sensor de temperatura exterior, un sensor de velocidad del aire exterior y un sensor de temperatura interior.

Winter recommendations

Reduce the forced ventilation system of indoor airflow and if needed install local dehumidification systems.

Summer recommendations

The cross-ventilation mechanism to improve indoor thermal comfort, works for most of the periods studied.

Based on the environmental conditions of the location and during the period studied (sustained temperatures above 30°C and high relative humidity, on average close to 75% and reaching 90%), and given the very high level of insulation present in the buildings, it will be appropriate to establish a system that informs the user when it is appropriate to take advantage of the effect of natural cross ventilation and when it is not, as well as to installing solar powered ceiling fans.

Cuando la ventilación natural no es viable, se requiere algún tipo de ventilación mecánica. La opción más eficiente es la instalación de ventiladores de techo alimentados con energía solar, los cuales se activarían unos 10 días al año si se repiten las condiciones de temperatura y humedad similares al periodo estudiado.⁷⁴

Thus, we recommend designing and implementing an automatic control that informs the user/resident of when, as necessary given ambient conditions in summer, the opposite windows should be opened to employ the cross ventilation effect (a pilot light that switches on and off). This control would include at least one external temperature sensor, one indoor temperature sensor, one outdoor air speed sensor and one indoor temperature sensor.⁷⁴

74. AEMET. Temperaturas medias y máximas del periodo 1981-2017.

74. AEMET. Median and maximum temperatures. 1981-2017 period..

CREDITS

LIFE REUSING POSIDONIA PROJECT

Coordinating Beneficiary Instituto Balear de la Vivienda (IBAVI)

Associated Beneficiary Dirección General de Energía y Cambio Climático

IBAVI President Marc Pons i Pons

IBAVI Managing Director Maria Antònia Garcías Roig

Climate Change General Director Joan Groizard Payeras

LIFE RP Project Manager Carles Oliver Barceló

LIFE RP Project Manager 2013-2015 Sandra Villamarín Rodríguez

IBAVI Construction Director Antonio Martín Procopio

IBAVI Counsel Margalida Rullán Serra

IBAVI Economic Director Jaume Ferrer Llompart

LIFE Economic control Joaquín Moyá Costa

LIFE Enviromental monitoring control Joana Aina Reus Perelló

PROTOTYPE CONSTRUCTION (14HPP SANT FERRAN, FORMENTERA)

Promoter Instituto Balear de la Vivienda (IBAVI)

End of works 2017

Basic building project M.A. Garcías Roig, A. Martín Procopio, J. Moyá Costa, C. Oliver Barceló, A. Reina Ferragut

Building executive project A. Martín Procopio, J. Moyá Costa, C. Oliver Barceló, A. Reina Ferragut

Construction Management A. Martín Procopio, J. Moyá Costa, C. Oliver Barceló, A. Reina Ferragut, M. Rodríguez Nevado, A. Rubido Piñón, J. Torrebella Nadal

Construction Coordination Carles Oliver Barceló

Execution Management José Luís Velilla Lon

Works economic control Alberto Rubido Piñón

Structure Miguel Rodríguez Nevado

Installations Miquel Ramon Oliver Cardell, Esteve Font Hocke (EEI)

CO₂ Calculation Carles Oliver Barceló, Joana Aina Reus Perelló, Alberto Rubido Piñón, Maria Antònia Simó Ferrer

Environmental Consultants Societat Orgànica +10 SCCL

Posidonia test and monitoring Joan Muñoz Gomila, Bartomeu Alorda Ladaria, Cristian Carmona Gómez (UIB)

AGRADECIMIENTOS

FORMENTERA

Consell de Formentera
Daisee Aguilera
Enrique Quillé
Javier Asensio
José Lago
Julián i Rosalía
Ekki Hoffmann
Marià Castelló
Silvia Tur
Silvio Lucchi
Tanit Quillé
Joan Escandell "Mestre"
Todos los operarios de la obra

OTRAS LOCALIZACIONES

Alicia González
Ángel Gallego
Bàrbara Sureda
Carlos Alonso
Francesco Lanza
Francisco Cifuentes
Gabriel Bardi
J. Pere Llinàs
Joan Mascaró
María Castañeda
Margarita Vaquer
Miquel Soler
Rocío Jiménez
Simó Tortella
Toni Jaume
Todo el personal de Deixalles

Catalina Cladera, por encargarnos este trabajo

Los edificios contaminan.

Cuando los construimos, debido a la fabricación de los materiales y la producción de residuos, y cuando los utilizamos, debido a la energía utilizada para vivir en ellos.

Nuestra propuesta consiste en reducir un 50% la contaminación generada durante su construcción, un 50% la producción de residuos de obra, un 60% el consumo de agua y un 75% la energía consumida para calentar o refrigerar.

Para conseguirlo, recuperaremos técnicas y materiales de la arquitectura tradicional, y usaremos sistemas de baja tecnología. No solamente por una cuestión ambiental, sino porque así se vive mucho mejor y cuesta casi lo mismo.

Si esta propuesta se aplica de manera generalizada, las ciudades serán más amables y agradables, y se adaptarán gradualmente al cambio climático.

Buildings pollute.

When you build them, pollution is produced by manufacturing materials and the production of rubble.

And when you use them, pollution is produced by the energy used to live in them.

Our proposal is to reduce pollution generated by manufacturing by 50%, waste production by 50%, water consumption by 60%, and power used for heating or cooling by 75%.

We'll achieve this by reverting to traditional architecture techniques and materials, and low-tech systems. It's not just the environment that is at stake: our quality of life would be much better and costs would be almost the same.

And if this is replicated on a wide scale, cities will be friendlier, nicer and they will adapt gradually to climate change.

