

EL HORMIGÓN, UN MATERIAL ADECUADO PARA UNA CONSTRUCCIÓN MÁS SOSTENIBLE. UN EJEMPLO PRÁCTICO.

ARTURO ALARCON BARRIO

INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES

Arquitectura, Hormigón y Sostenibilidad, Junio 2010



**UN VITRUVIO
ECOLÓGICO
PRINCIPIOS
Y PRÁCTICA
DEL PROYECTO
ARQUITECTÓNICO
SOSTENIBLE**

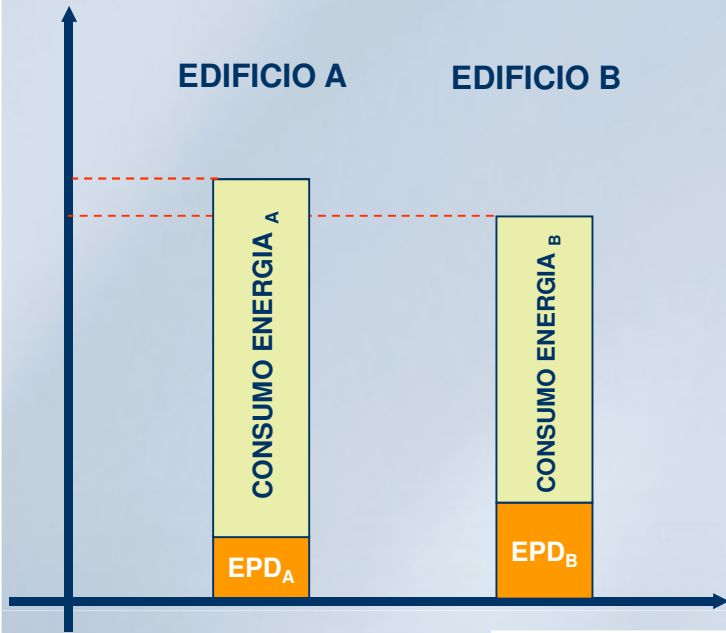
GG

CSCAE

Sobre el uso de Cemento y Hormigón:

“No existe ninguna forma de clasificar el cemento según el grado de respeto medioambiental que demuestre su producción, así que la principal estrategia del arquitecto ecológico debería ser minimizar la cantidad utilizada.”

LA CONTRIBUCION DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCION



- El enfoque EUROPEO: CEN/TC 350
- Enfoque de **CICLO DE VIDA**
- Vertientes: **AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONOMICA**

Stage	I PRODUCT stage			II CONSTRUCT. PROCESS stage		III USE stage / operation					IV END OF LIFE stage				
Module	1 raw material supply	2 transport	3 manufacturin.	4 transport	5 construction- installation process	6 use	7 maintenance (incl. transport)	8 repair (incl. transport)	9 replacement (incl. transport)	10 refurbishment (incl. transport)	11 de- construction demolition	12 transport	13 re-use / recycling	14 disposal	Product related impacts and aspects
EPD	Mandatory	Mandatory	Mandatory												Operation related impacts and aspects
	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	Inclusion optional	
	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	Mandatory	
	Cradle to gate Declared unit														
	Cradle to gate with option Declared unit/ Functional unit														
	Cradle to grave Functional unit														

ESTADO DE LA CUESTION:

- Pasamos el **90%** de nuestra vida en un edificio.
- En Europa, el **42%** del consumo de energía y el **35%** de las emisiones de gases de efecto invernadero son debidas a los edificios.
- La revisión de la Directiva de Eficiencia Energética en edificios estima ahorrar entre **160 y 210 MtCO₂/año** (4-5% de las emisiones de CO₂ en 2020).
- El grupo de trabajo de Sustainable Buildings and Construction Initiative de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, estima que el consumo de energía de los edificios puede reducirse del **30-50% sin incrementar los costes de inversión.**
- En una vida de servicio de 60 años:
 - El **80-90% de las emisiones de CO₂ es debido al uso del edificio**
 - El 8-12% del CO₂ es debido a las emisiones debidas a los materiales
 - El 2-3% del CO₂ es emitido durante la fase de construcción

POR LO TANTO...

- Es necesario una aproximación al **CICLO DE VIDA** del edificio teniendo en cuenta que la fase de uso es la más importante.
- Las posibilidades de mejora en términos de eficiencia, ahorro de energía, recursos y emisiones, es **MUY RELEVANTE** y pueden ayudar de manera significativa a la consecución de los compromisos de reducción de emisiones.

EXISTEN DOS OPCIONES

1. Cambiar el comportamiento de *millones* de personas en relación con su comportamiento frente al consumo de energía
2. *Construir* o *reformar* casas para que sean **INTRÍNSECAMENTE** ahorradoras desde el primer minuto de su **vida de servicio** independientemente del comportamiento de los residentes.

LA SOSTENIBILIDAD NO SOLO ES AMBIENTAL

Existen propiedades de los **materiales de construcción** se manifiestan a nivel de edificio e influyen en su sostenibilidad.

	AMBIENTAL	SOCIAL	ECONOMICO
INERCIA TERMICA	Ahorro consumo energía Emisiones CO ₂ evitadas	Mayor confort	Menores costes operación: calefacción y refrigeración
PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO	Ausencia emisiones tóxicas	Protección vida ocupantes Protección Bomberos Protección Patrimonio	Menores Primas seguros Posibilidad reconstrucción
AISLAMIENTO ACUSTICO	---	Mayor confort Mayor intimidad	---
ADAPTACION CAMBIO CLIMATICO	---	Mejor comportamiento ante: <ul style="list-style-type: none"> • Terremotos • Inundaciones • Ciclones/huracanes 	---
DURABILIDAD	---	Confiabilidad	Rentabilidad inversión

ETAPA DE USO

Datos relacionados con la estructura del edificio, considerados durante la etapa de uso, incluyendo mantenimiento, reparación, restauración y reemplazo

- **Salud y confort**
 - Comportamiento térmico
 - Humedad
 - Calidad del agua para uso en los edificios
 - Calidad del aire interior
 - Comportamiento acústico
 - Confort visual
- **Seguridad**
 - Resistencia al cambio climático
 - Protección contra el fuego
 - Seguridad contra intrusos y vandalismo
 - Seguridad contra interrupciones de los suministros (electricidad, agua, calefacción...)
- **Accesibilidad**
 - Accesibilidad para personas con necesidades específicas (invidentes, niños, etc.)
- **Mantenimiento**
 - Requerimientos de mantenimiento
- **Impacto en los alrededores del edificio**
 - Ruido
 - Emisiones
 - Deslumbramientos
 - Impactos/vibraciones

Datos relacionados con el comportamiento del usuario y con el funcionamiento de los sistemas de control del edificio, considerados durante la etapa de uso

- **Salud y confort**
 - Comportamiento térmico
 - Humedad
 - Calidad del aire interior
 - Confort visual
- **Seguridad**
 - Seguridad contra intrusos y vandalismo
- **Mantenimiento**
 - Requerimientos de mantenimiento
- **Impacto en los alrededores del edificio**
 - Ruido
 - Emisiones

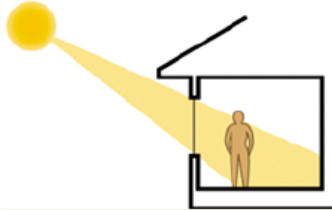
¿Que propiedad puede aportar el hormigón a la sostenibilidad desde el punto de vista ambiental a nivel de edificio?

¿Es medible la diferencia en el consumo de energía variando la inercia térmica del mismo?

¿Se compensa, en términos económicos y de energía incorporada, la diferencia entre una solución tradicional y una solución de hormigón?

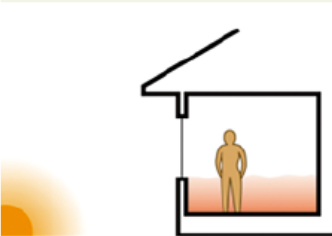
¿COMO FUNCIONA LA INERCIA TERMICA?

Thermal mass during the heating season



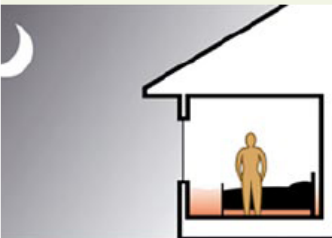
10 am to 5 pm

Sunlight enters south-facing windows and strikes the thermal mass. This heats the air and thermal mass. On most sunny days, solar heat can help maintain comfort from mid-morning to late afternoon.



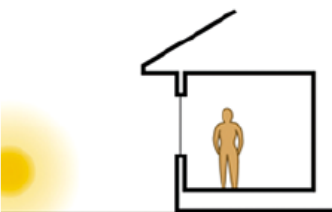
5 pm to 11 pm

After sunset, a substantial amount of heat has been stored in the thermal mass. This is then slowly released, helping to maintain comfortable conditions in the evening.



11 pm to 7 am

The occupant adjusts the heating so only minimal supplementary heating is needed. Good airtightness and insulation minimise heat loss.

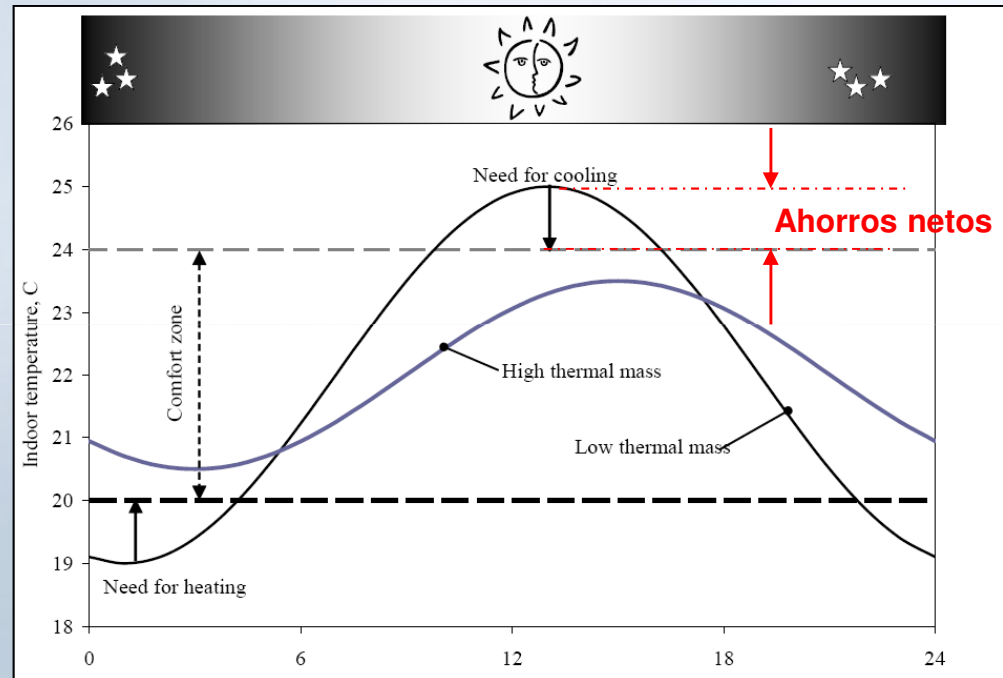


7 am to 10 pm

The early morning is the hardest time for passive solar heating to maintain comfort. The thermal mass has usually given up most of its heat and the occupant must rely on supplementary heating.

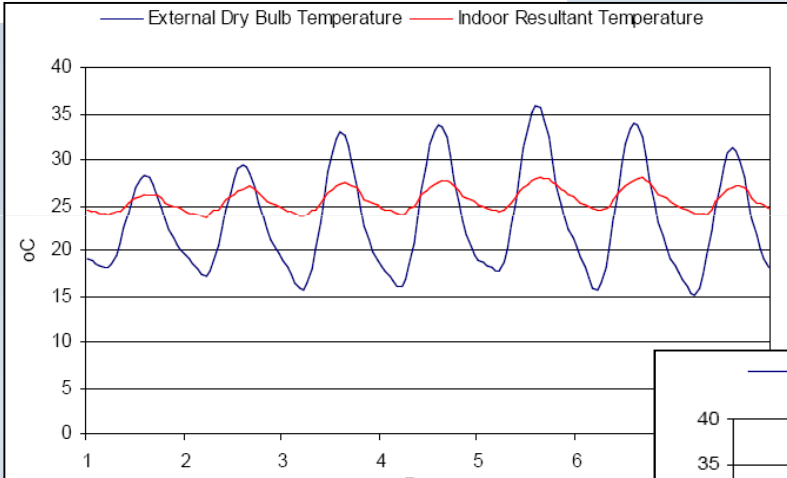
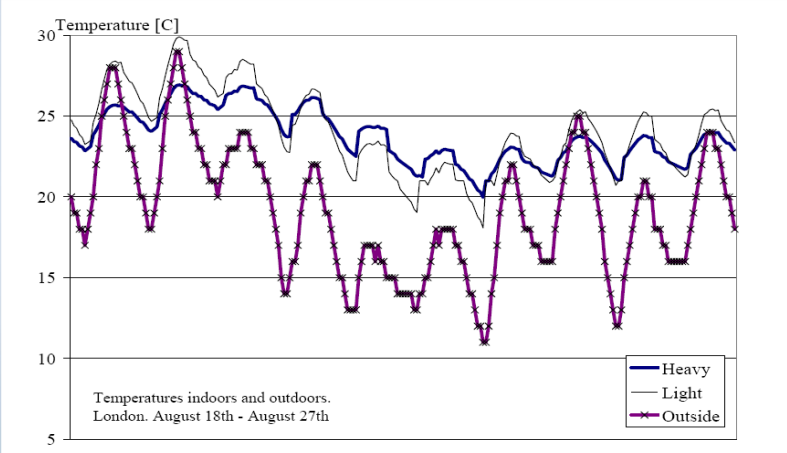
However, good airtightness and insulation help minimise this need.

Passive cooling in summer, and storage and release of free energy gains in winter.
Courtesy of The Concrete Centre.

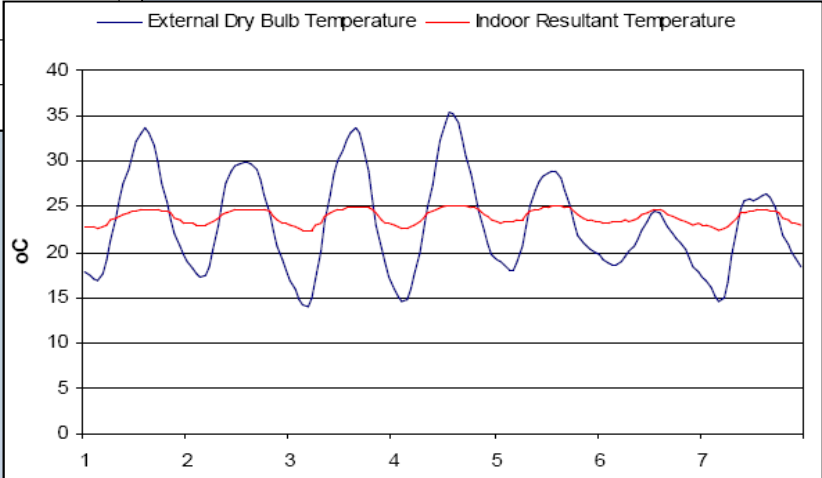


Fuente: Cembureau

CURVAS DE TEMPERATURA



Lisboa (Portugal)

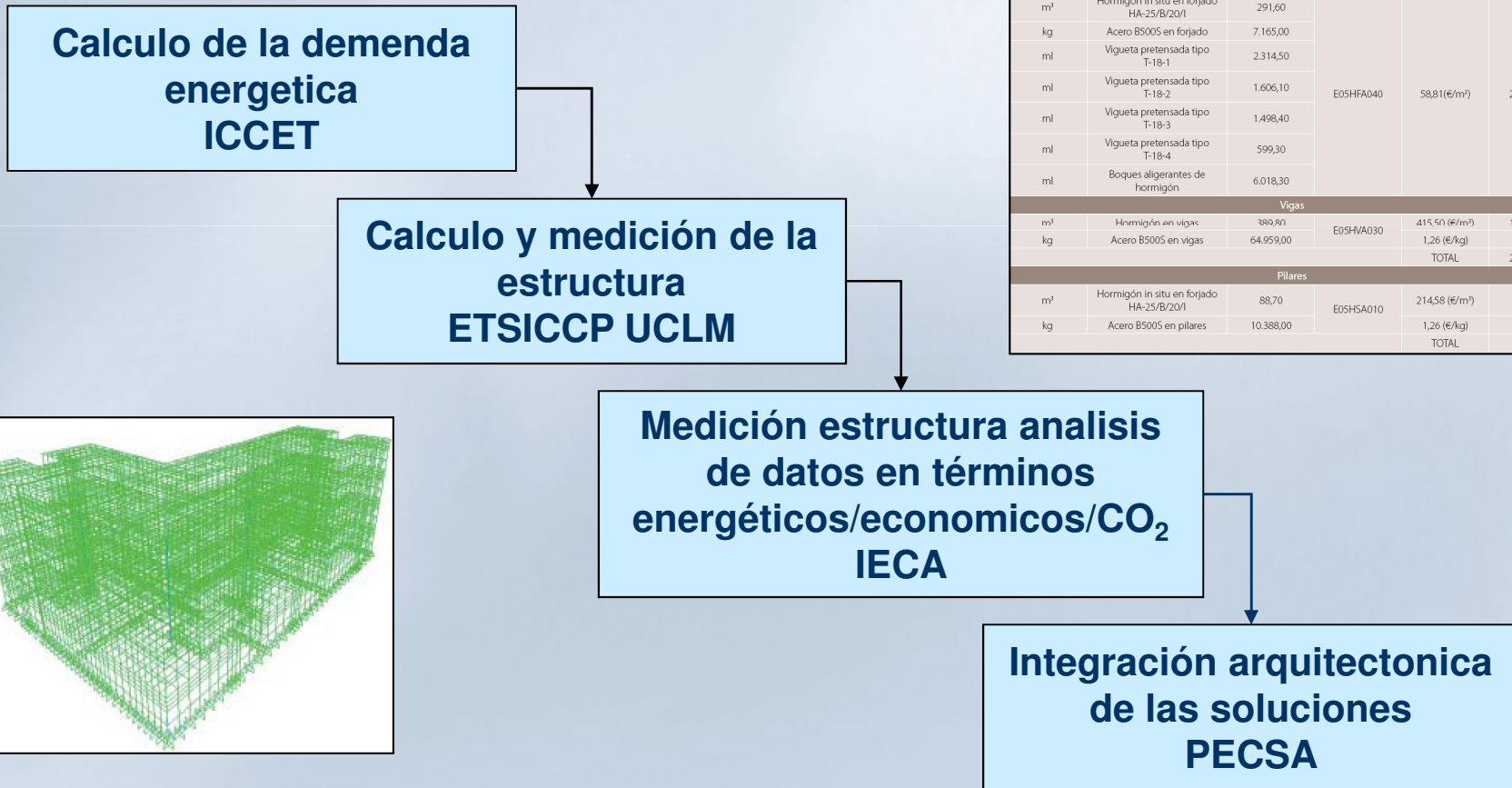


Carpentras (Francia)

Fuente: Proyecto Passive-On

¿COMO SE HA REALIZADO EL ANALISIS?

Comparación desde el punto de vista térmico de un edificio de hormigón (forjados, fachada y particiones interiores) frente a uno de construcción tradicional



ESTRUCTURA					
Forjado unidireccional					
		Medición	Unidad	Precio unitario	Precio (€)
m ³	Hormigón in situ en forjado HA-25/B/20/I	291,60			
kg	Acero B5005 en forjado	7.165,00			
ml	Vigueta pretensada tipo T-18-1	2.314,50			
ml	Vigueta pretensada tipo T-18-2	1.606,10	E05HFA040	58,81(€/m ³)	2.22708,77
ml	Vigueta pretensada tipo T-18-3	1.498,40			
ml	Vigueta pretensada tipo T-18-4	599,30			
ml	Boques aligerantes de hormigón	6.018,30			
Vigas					
m ³	Hormigón en vigas	390,80	E05HVA030	415,50 (€/m ³)	161.961,90
kg	Acero B5005 en vigas	64.959,00		1,26 (€/kg)	81.848,34
				TOTAL	243.810,24
Pilares					
m ³	Hormigón in situ en forjado HA-25/B/20/I	88,70	E05HSA010	214,58 (€/m ³)	19.033,25
kg	Acero B5005 en pilares	10.388,00		1,26 (€/kg)	13.088,88
				TOTAL	32.122,13

EJEMPLO

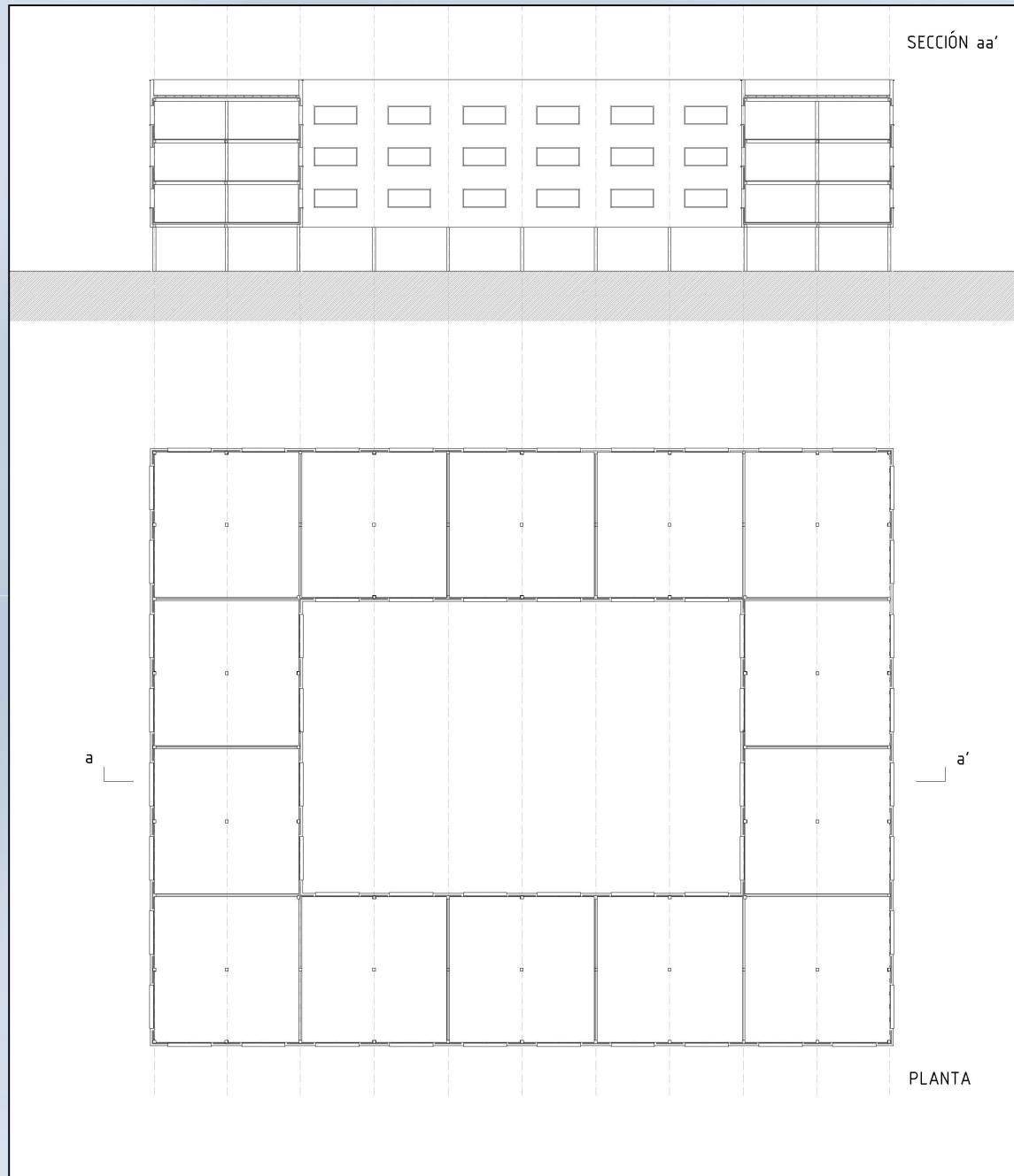
EDIFICIO: BLOQUE DE VIVIENDAS (de 100 m²)

Tres plantas en manzana cerrada
Planta baja exenta

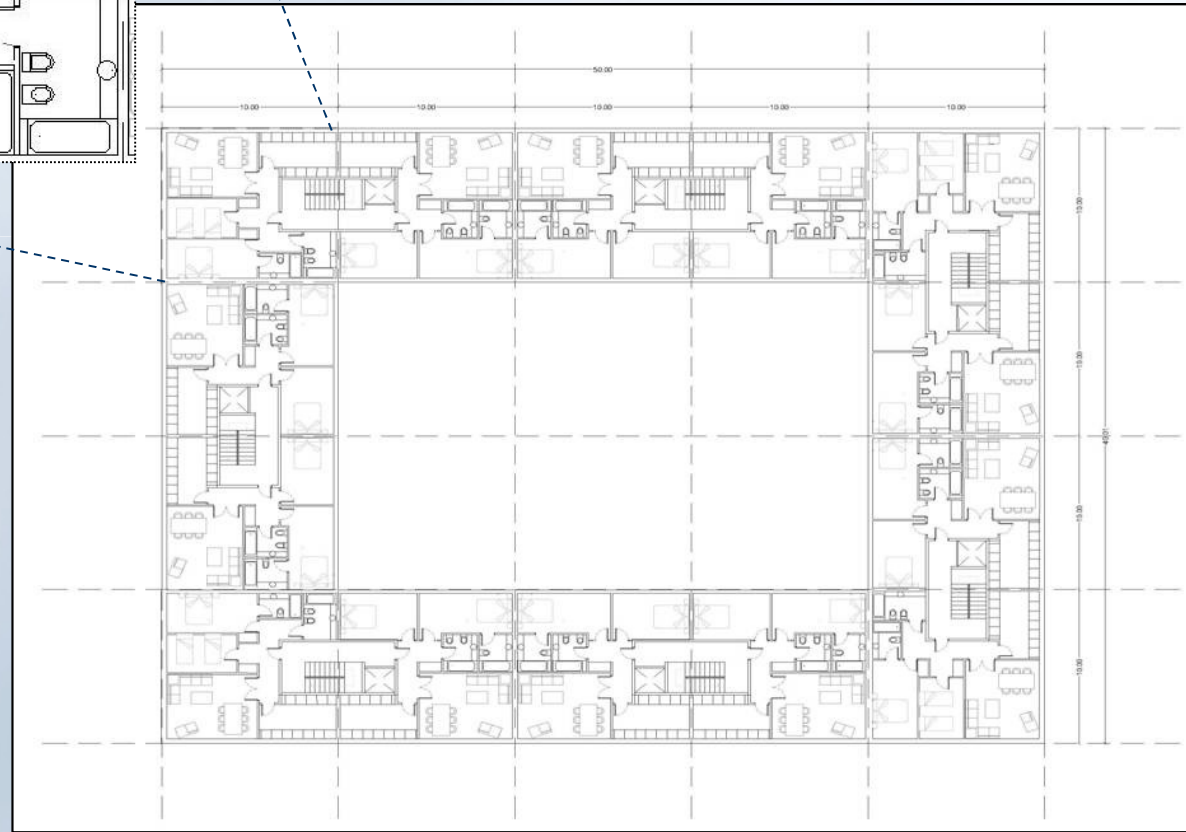
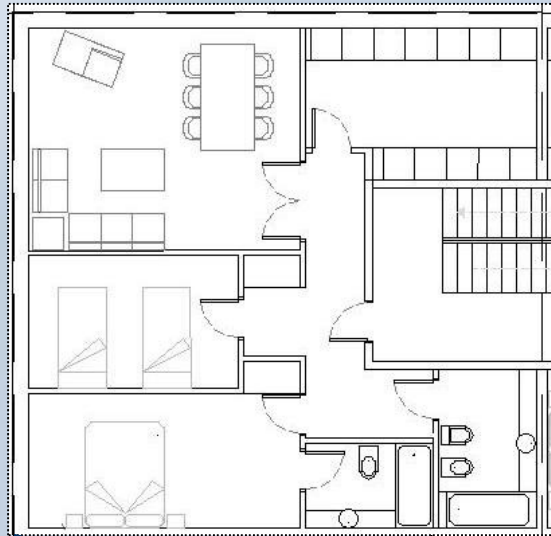


- **SOLUCIÓN (M-1): CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL: PARAMENTOS VERTICALES DE LADRILLO, FORJADOS DE VIGUETA Y BOVEDILLA**
- **SOLUCIÓN (M-2): PARAMENTOS VERTICALES CON PANTALLAS DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL Y FORJADOS DE LOSA MACIZA DE HORMIGON**

Planta y alzado



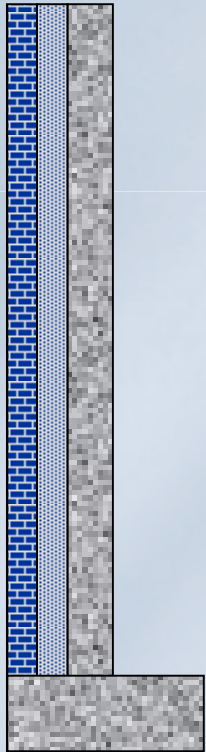
Disposición de las viviendas



ESTUDIO COMPARATIVO

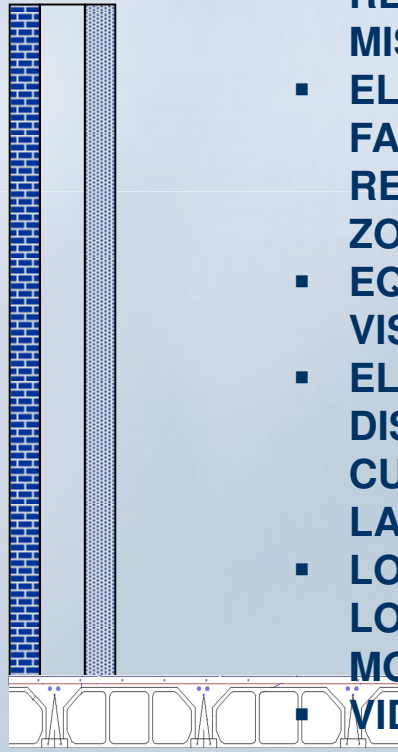
¿QUE ALTERNATIVAS SE COMPARAN?

Fachada ladrillo cara vista
Aislamiento
Hormigón



**Edificio
hormigón**

Fachada ladrillo cara vista
Camara aire
Tabique+enlucido de yeso

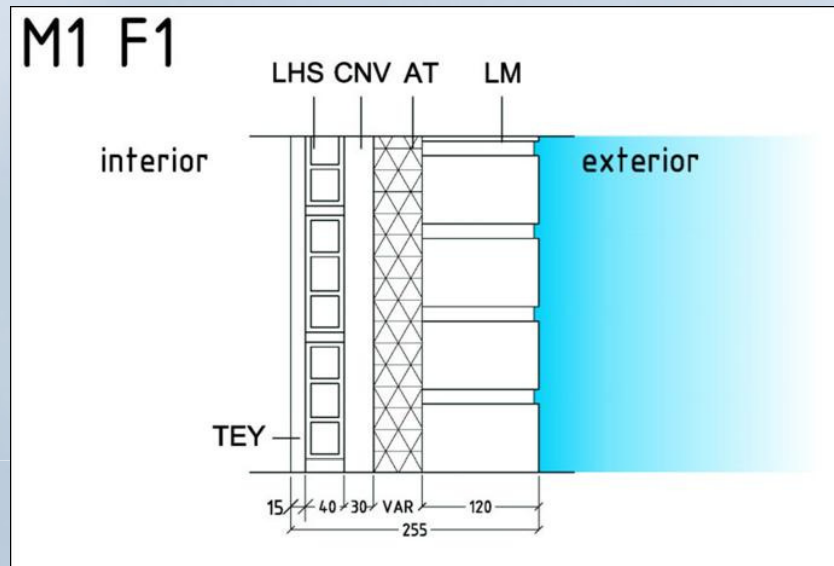


**Edificio
tradicional**

BAJO LAS SIGUIENTES HIPÓTESIS:

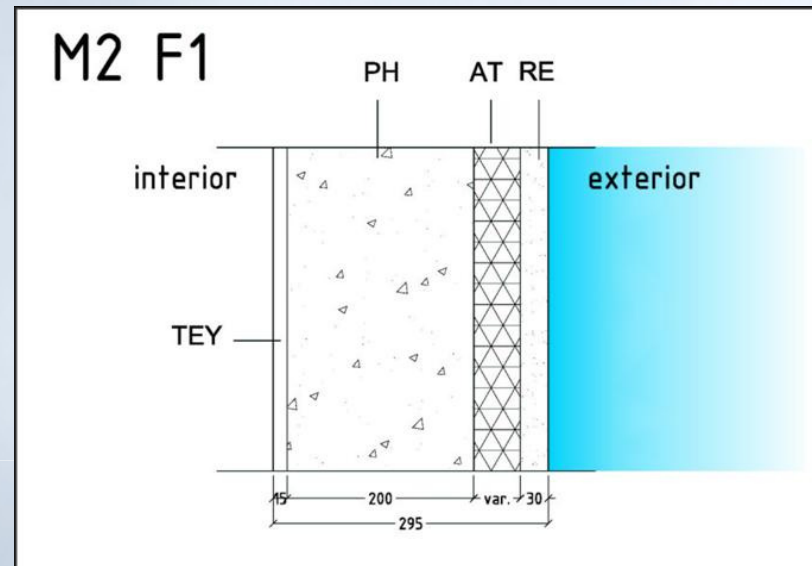
- LA SUPERFICIE DE HUECOS EN FACHADA REPRESENTA EL 30% DE LA SUPERFICIE DE LA MISMA
- EL COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA DE LA FACHADA ES EL MISMO Y CUMPLE LOS REQUISITOS DEL CTE, PARA CADA UNA DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS ESTUDIADAS ACABADO EQUIVALENTE EN EL EXTERIOR (LADRILLO CARA VISTA)
- EL ESPESOR DE AISLAMIENTO TÉRMICO DISPUESTO ES EL MÍNIMO NECESARIO PARA CUMPLIR EL REQUISITO DEL CTE EN CADA UNA DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS.
- LOS PUENTES TÉRMICOS CONSIDERADOS SON LOS CORRESPONDIENTES, EN CADA SOLUCIÓN, AL MODO HABITUAL DE CONSTRUIRLA
- VIDA ÚTIL 50 AÑOS

COMPARACION DE LOS PARAMENTOS VERTICALES



(SOLUCION TRADICIONAL)

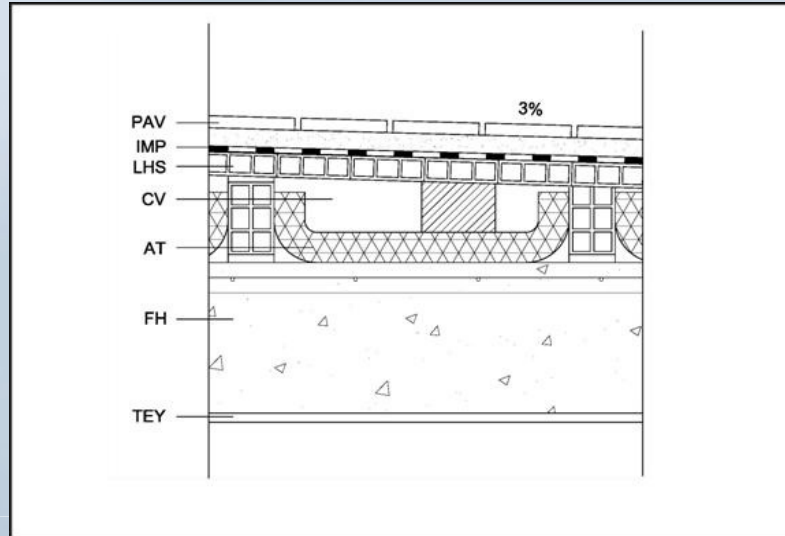
LM LADRILLO VISTO MACIZO
 LHS LADRILLO HUECO SENCILLO
 CNV CÁMARA DE AIRE NO VENTILADA
 AT AISLANTE TÉRMICO
 TEY TENDIDO Y ENLUCIDO DE YESO



(SOLUCION HORMIGON)

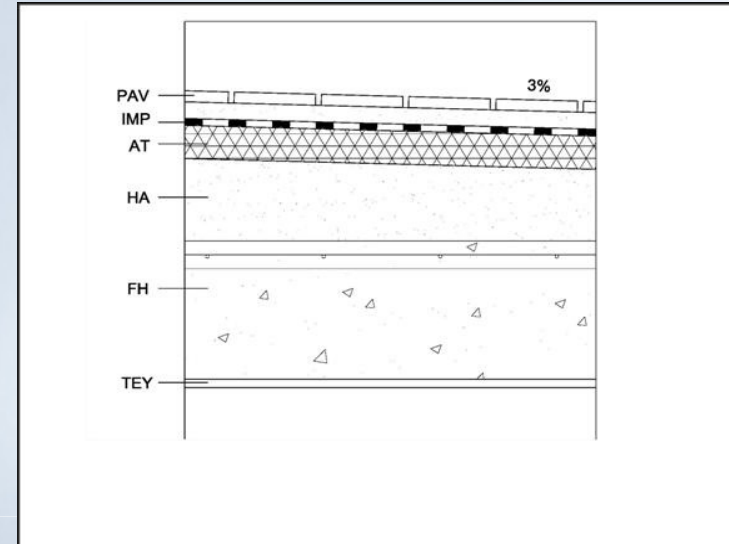
PH MURO DE HORMIGÓN ARMADO
 AT AISLANTE TÉRMICO
 RE REVOCO DE MORTERO
 TEY TENDIDO Y ENLUCIDO DE YESO

COMPARACION DE LOS PARAMENTOS HORIZONTALES



(SOLUCION TRADICIONAL)

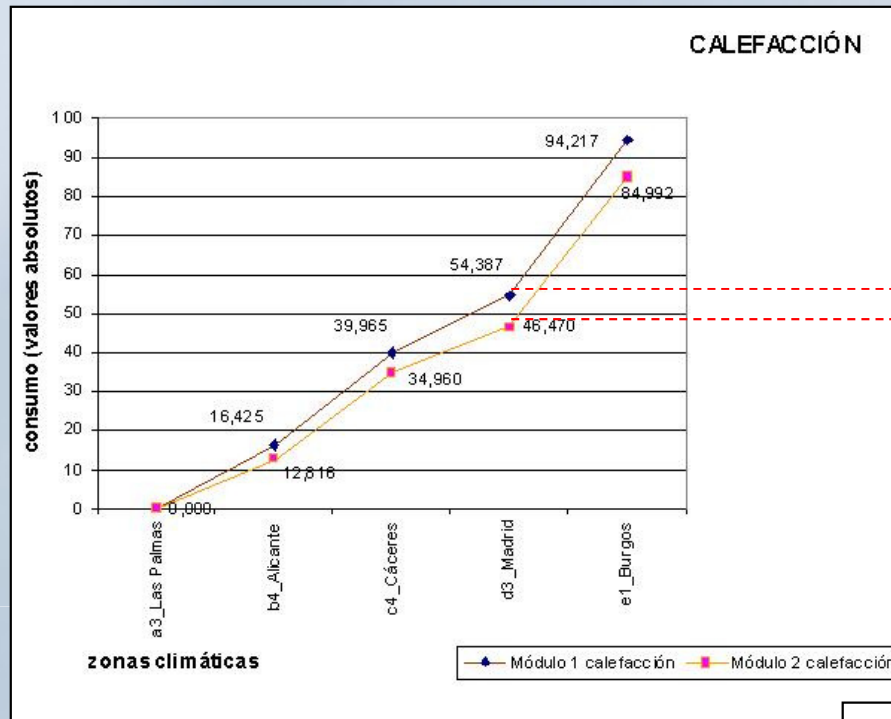
PAV PAVIMENTO CERÁMICO
 IMP SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN
 LHS LADRILLO HUECO SENCILLO
 CV CÁMARA DE AIRE VENTILADA
 AT AISLANTE TÉRMICO
 FH FORJADO DE VIGUETA Y BOVEDILLA
 TEY TENDIDO Y ENLUCIDO DE YESO



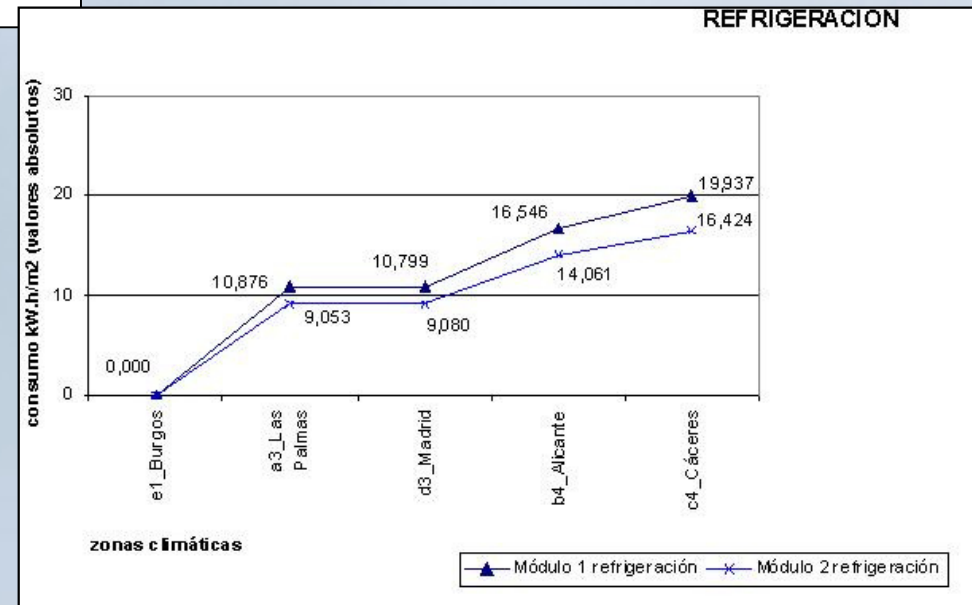
(SOLUCION HORMIGON)

FH FORJADO DE HORMIGÓN
 AT AISLANTE TÉRMICO
 TEY TENDIDO Y ENLUCIDO DE YESO
 HA HORMIGÓN ALIGERADO FORM. PEND.
 PAV PAVIMENTO CERÁMICO
 IMP SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN

CALCULO TERMICO



≈16%



CALCULO TERMICO

Zona climática	MÓDULO 1 (convencional)		MÓDULO 2 (alta inercia)		Reducción calefacción %	Reducción refrigeración %
	<i>Calef.</i> <i>kWh/m²</i>	<i>Refrig.</i> <i>kWh/m²</i>	<i>Calef.</i> <i>kWh/m²</i>	<i>Refrig.</i> <i>kWh/m²</i>		
a3_Las Palmas	0,00	10,88	0,00	9,05	-	16,76
b4_Alicante	16,43	16,55	12,82	14,06	21,97	15,02
c4_Cáceres	39,97	19,94	34,96	16,42	12,52	17,62
d3_Madrid	54,39	10,80	46,47	9,08	14,56	15,92
e1_Burgos	94,22	0,00	84,99	0,00	10,85	-

Zona climática	Módulo 1_2 (convencional sin PT)		Módulo 2 (alta inercia)		Reducción calefacción %	Reducción refrigeración %
	<i>Calef</i> <i>kWh/m²</i>	<i>Refrig</i> <i>kWh/m²</i>	<i>Calef</i> <i>kWh/m²</i>	<i>Refrig.</i> <i>kWh/m²</i>		
a3_Las Palmas	0,000	10,720	0,000	9,053	-	15,55
b4_Alicante	13,585	16,068	12,816	14,061	5,66	12,49
c4_Cáceres	35,282	19,246	34,960	16,424	0,91	14,66
d3_Madrid	48,872	10,479	46,470	9,080	4,91	13,35
e1_Burgos	87,045	0,000	84,992	0,000	2,42	-

CALCULO TERMICO, CONCLUSIONES

- El ahorro en calefacción en porcentaje es mayor en las zonas cálidas que en las frías, pero en valores absolutos el ahorro neto es mayor en las zonas frías.
- La inercia térmica nos está ayudando, en las zonas más cálidas, a reducir la demanda de calefacción de forma importante y creciente con la severidad climática.
- A nivel económico el ahorro total en valores absolutos va a ser mayor en las zonas frías, donde la demanda de calefacción crece, sin embargo este ahorro repercute menos en el porcentaje total por representar una parte menor del consumo.
- El porcentaje de ahorro en refrigeración es mayor cuanto menor es la severidad climática de verano. La inercia térmica nos está dando un mayor ahorro absoluto cuanto mayor es la severidad climática de verano.
- las zonas con mayor reducción de la demanda total serían la e1 (la zona de máxima severidad climática de invierno), seguidas de la d2 y la c2 (zonas templadas de la península, cuya severidad climática de invierno no se acerca a los límites y cuya severidad climática de verano es baja).
- Las zonas con mayor porcentajes de ahorro son las zonas cálidas las que ven disminuida en mayor porcentaje su demanda energética debido a que su consumo es principalmente de refrigeración.
- El ahorro medio de energía de calefacción y refrigeración que la solución de hormigón estudiada produce sobre el consumo correspondiente a la solución tradicional es de un **16%**.

CALCULO ESTRUCTURAL

SOLUCIÓN TRADICIONAL:

- **PÓRTICOS CONVENCIONALES (Pilares y vigas) Y**
- **FORJADO UNIDIRECCIONAL (Vigueta y Bovedilla)**
- **CIMENTACIÓN SUPERFICIAL (Zapatas aisladas)**

SOLUCIÓN DE HORMIGÓN:

- **PANTALLAS ESTRUCTURALES (Un único pilar por vivienda Y LOSA DE FORJADO (Sin vigas)**
- **CIMENTACIÓN SUPERFICIAL (Zapatas corridas y aisladas)**
- **BUENA CONFIGURACIÓN FRENTE A LA ACCIÓN SÍSMICA**

EN AMBAS SOLUCIONES:

- **RESISTENCIA AL FUEGO R-E-I = 120 minutos**
- **MATERIALES Y RECUBRIMIENTOS PARA VIDA ÚTIL = 50 años (100 años en clase general de exposición I, interior de edificios sin condensación)**

MEDICION DE LA ESTRUCTURA

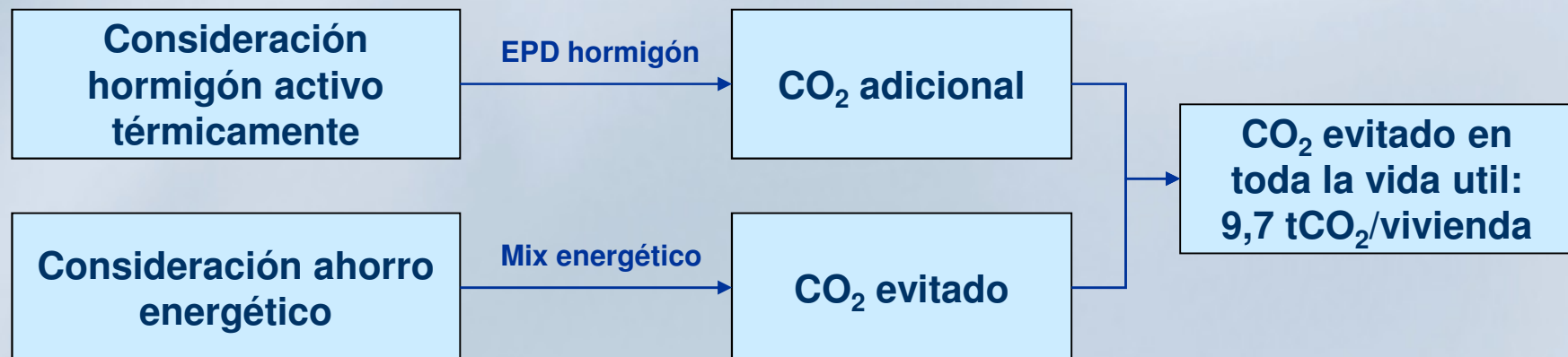
CIMENTACION	Medición	Unidad	P. Unitario	Precio (€)
m ³	Hormigón cimentaciones aisladas HA-25 /B20/IIa	4,24	E04CA010	117,64
kg	Acero B500S en cimentaciones aisladas	295,00		1,26
m ³	Hormigón cimentaciones corridas HA-25 /B20/IIa	83,00		117,64
kg	Acero B500S en cimentaciones corridas	6000,00		1,26
				18194,61

UNIDAD OBRA	DESCRIPCION
E04CA010	Hormigón armado HA-25 N/mm ² , consistencia plástica, T máx. 20mm., para ambiente normal, elaborado en central en relleno de zapatas y zanjas de cimentación, incluso armadura (40 kg/m ³), vertido por medios manuales, vibrado y colocación. Según normas NTE-CSZ, EHE y CTE-SE-C.
E05HLA125	Hormigón Armado HA-25 N/mm ² , Tmax. 20mm., consistencia plástica, elaborado en central, en losas planas de espesor 25 cm, i/p.p. de armadura (85 kg/m ³) y encofrado metálico, vertido con pluma-grúa, vibrado y colocado. Según norma NTE-EME, EHL y EHE

- Según la publicación “precios de la construcción **CENTRO 2008**” editado por el Gabinete Técnico de Publicaciones del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Guadalajara
- De la comparación de los presupuesto se deduce que la solución de hormigón es un **2'94%** más cara que la solución tradicional
- A igualdad de acabado arquitectónico de la fachada el porcentaje se eleva al **11'06%**.

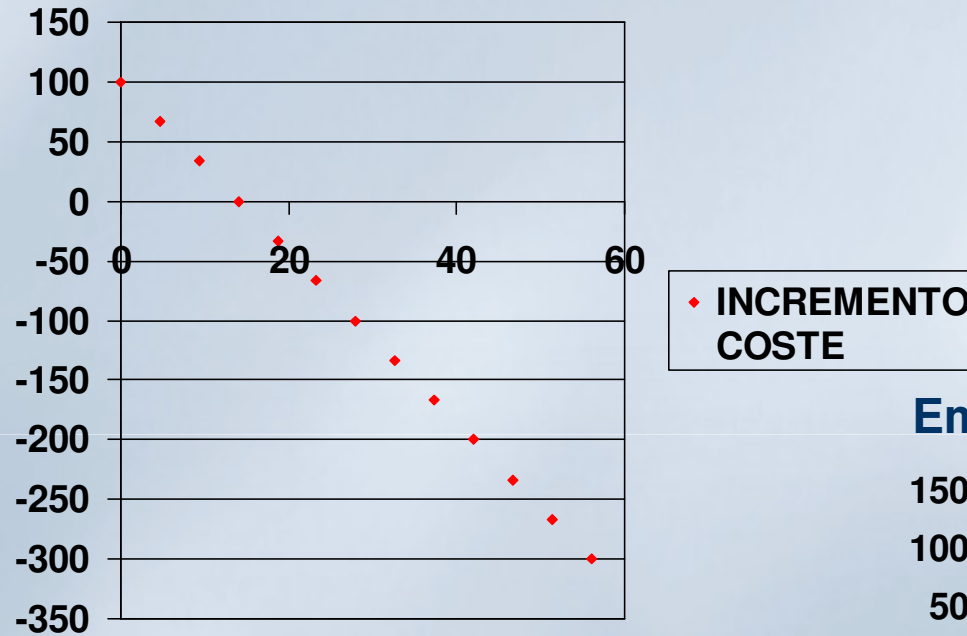
BALANCE ECONOMICO Y AMBIENTAL

- El valor medio, en España, de la disminución del gasto en energía de climatización compensa el incremento de coste (ejecución material) de construcción de la solución con envolvente de hormigón en **14 años**.
- Compensación de las emisiones de CO₂ iniciales (producción del hormigón de la fachada y particiones entre viviendas): **16 años**.
 - Consideración del hormigón activo térmicamente
 - Huella de carbono hormigón (producción más construcción) = 215 kg CO₂/m³
 - Emisiones indirectas mix energético nacional: 0,3 kg/kWh

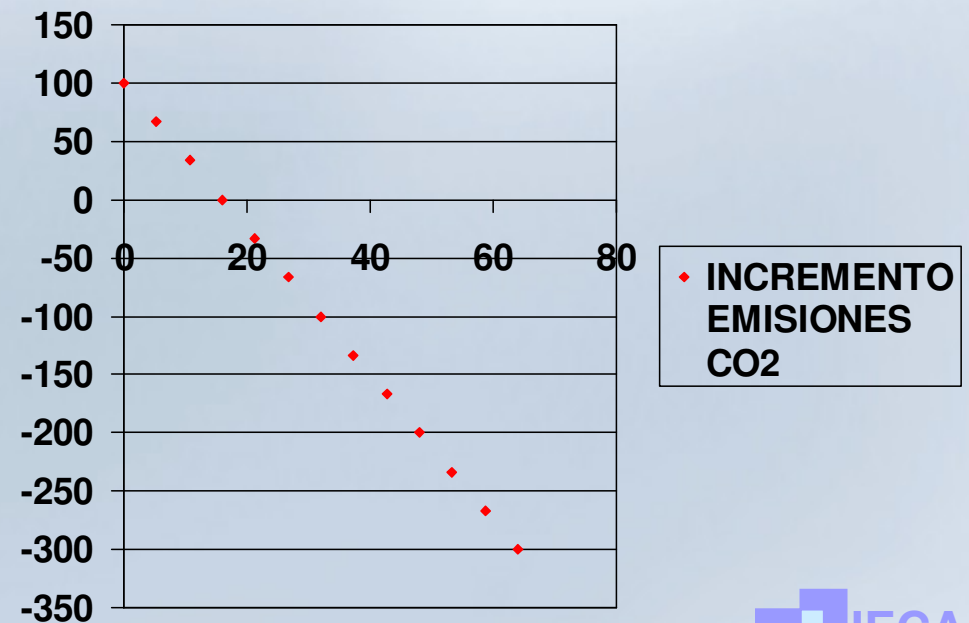


BALANCE ECONOMICO Y AMBIENTAL

Incremento del coste de construcción =100

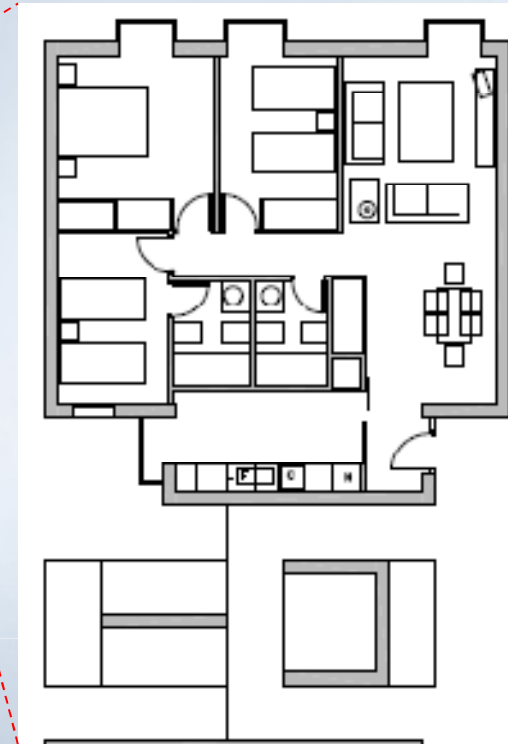
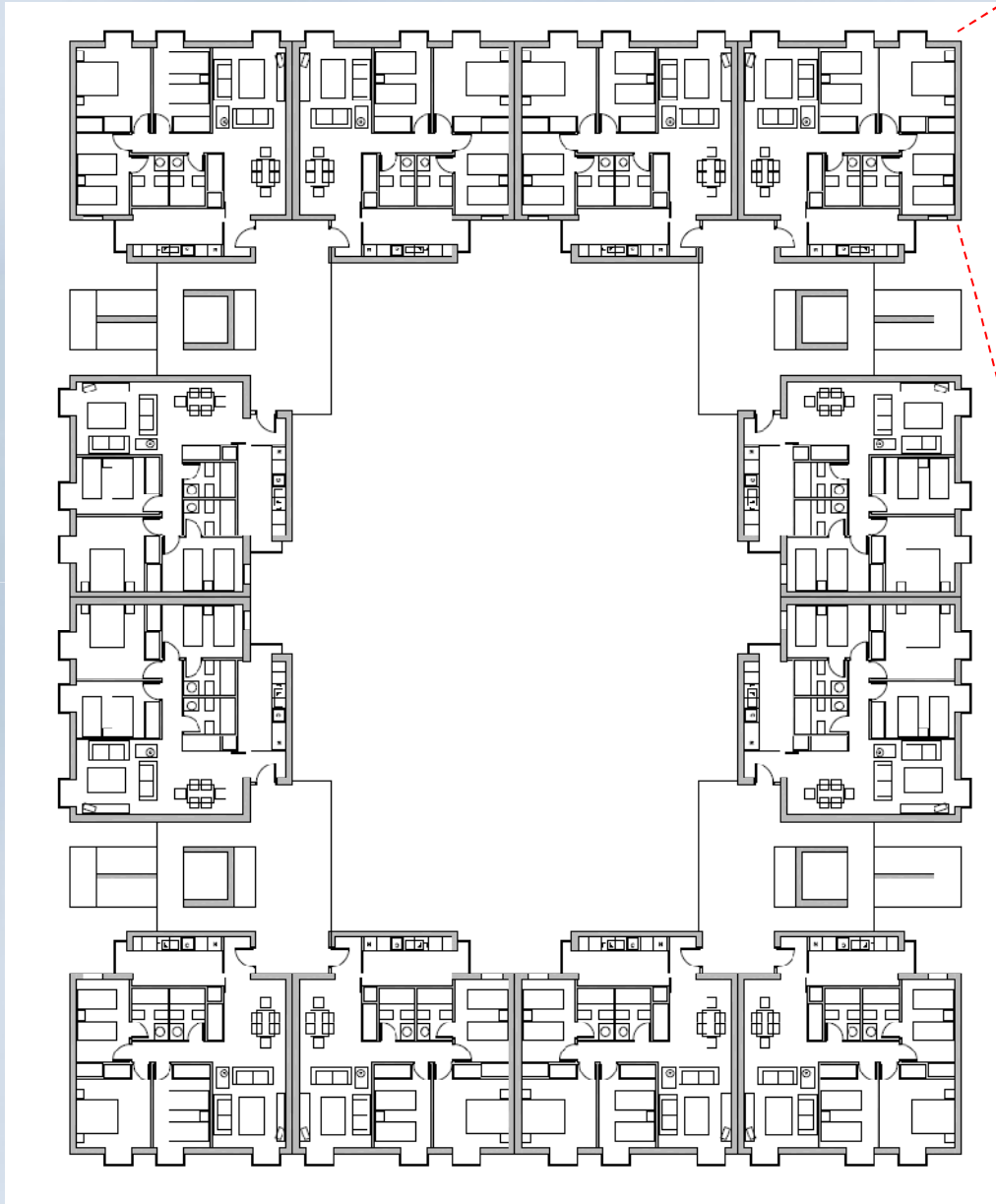


Emisiones de CO₂ (prod+constr) =100



**¿ES POSIBLE LLEVAR A
LA PRACTICA ESTA
PROPUESTA?**

PLANTA TIPO





**FACHADA CON PANELES
TESTEROS CON PANELES**



**FACHADA CON FÁBRICA DE LADRILLO VISTO Y
TESTEROS CON JARDÍN VERTICAL**



**FACHADA CON
TESTEROS CON
SISTEMA DE I**

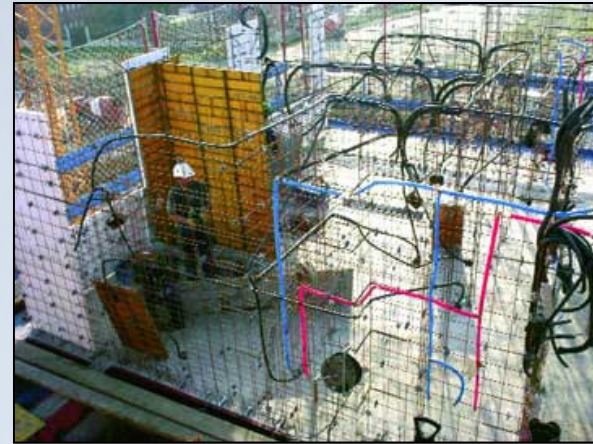


**FACHADA Y TESTEROS CON MORTEROS
MONOCAPAS CONTINUOS**

EDIFICACIÓN CON HORMIGÓN

**MATERIAL Y TECNOLOGÍA DE CONSTRUCCIÓN
BIEN CONOCIDA...**

In situ



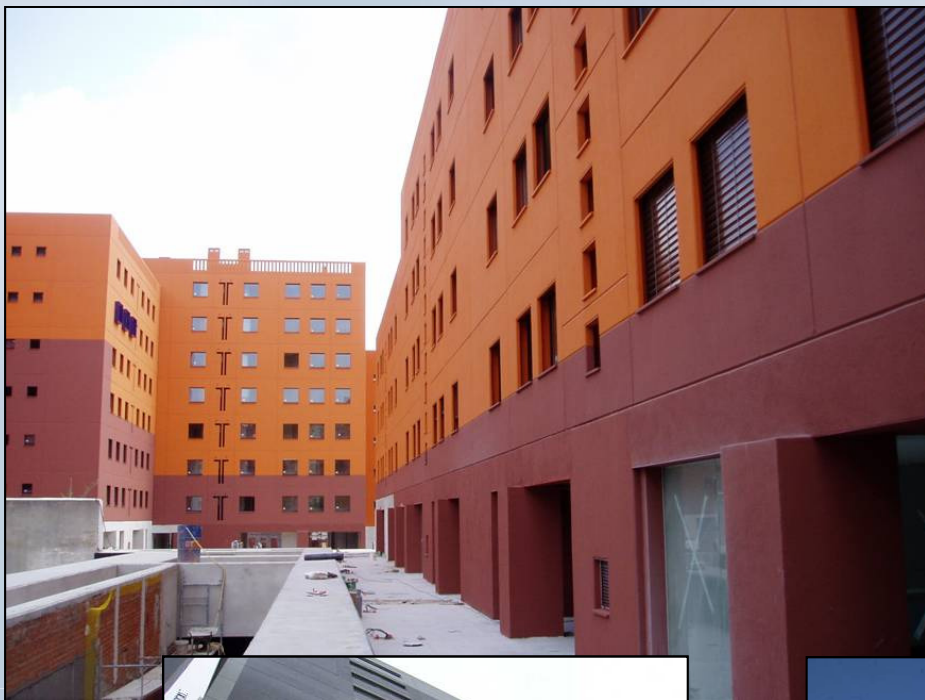
© Barcons

Prefabricado

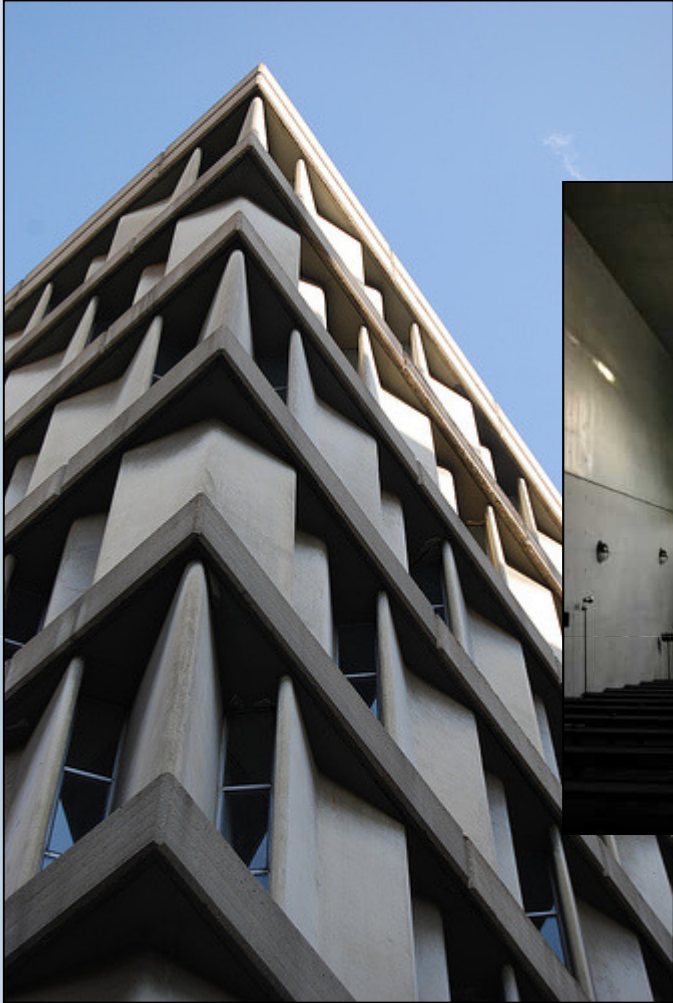


A

**Con múltiples
posibilidades de acabado**



**Capaz de expresar, por
sí mismo, la belleza
concebida por el
arquitecto**



UN EJEMPLO REAL



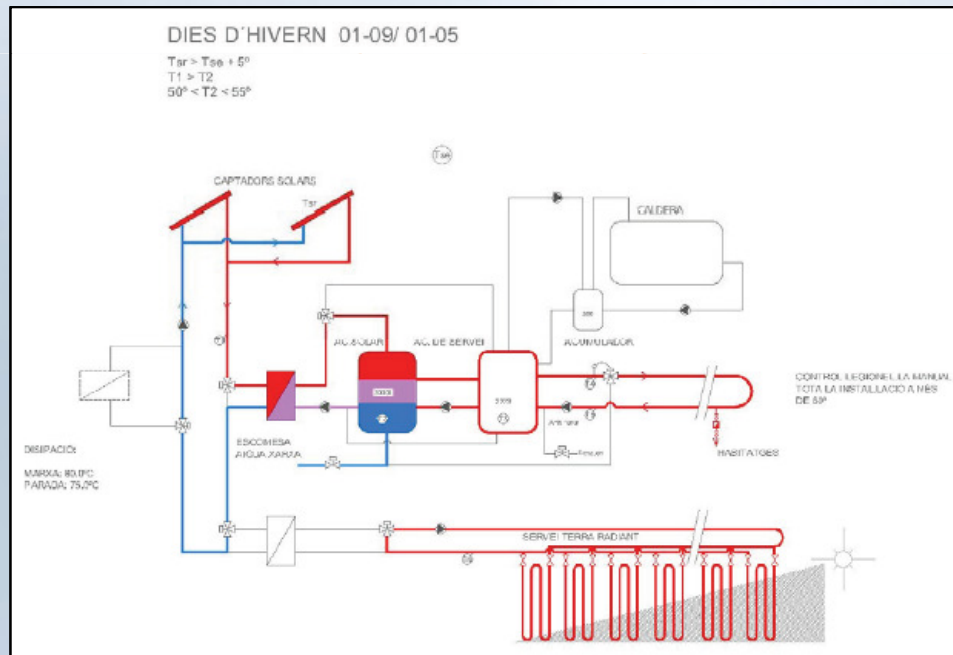
Fotos y documentación cortesía Lluís Grau

Edificio Mataró.

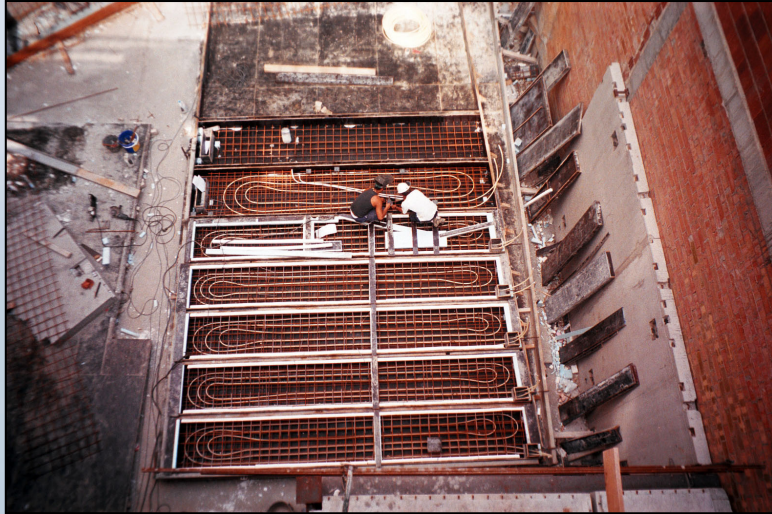
Ficha Técnica:

Jerónimo Duran Perez, arquitecto
Lluís Grau i Molist, arquitecto

- Localización: calle Teià, 5-9 08303 Mataró (Barcelona)
- Aparejador: Joan Valls i Casanovas
- Promotor: Promocions Urbanístiques de Mataró S.A (Ayuntamiento de Mataró)
- Contratista: U.T.E Surava S.A Rabassa O.y C S.L.
- Consultor Medioambiental: TFM y Energie Solaire
- Tecnología del hormigón : BSCP SL
- Costes de construcción: 1.552.238 € (7% IVA incluido)



UN EJEMPLO REAL



Construcción industrializada.

Aprovechamiento de la inercia térmica.

Empleo de energías renovables.



Funcionamiento automático y parametrizable.

Ahorros en el consumo energético global del **42% (edificio monitorizado por la UPC)**

CONCLUSIONES

- Es posible **compensar** las emisiones de CO₂ en el ciclo de vida
- Los ahorros de energía por efecto combinado de la inercia térmica y ausencia de puentes térmicos son en promedio del **16%**.
- Las prestaciones son **pasivas**, intrínsecas al material y **sin coste asociado al uso**.
- La inversión adicional necesaria es **retornable en el ciclo de vida del edificio**.
- **Activando** la inercia térmica pueden conseguirse ahorros de energía muy relevantes.
- Beneficiándonos además de el resto de aportaciones del hormigón a la sostenibilidad:
 - Elevada vida útil al servicio del usuario
 - Seguridad frente al fuego: resistencia y compartimentación.
 - Buen aislamiento acústico.
 - Resistencia y estabilidad estructural

GRACIAS POR SU ATENCION

