

PATIO INGLÉS | MEMORIA

ÍNDICE

a. Sistema de condiciones contemporáneas: Memoria descriptiva	2
b. Sistema constructivo	2
1b. Aislamiento rígido bajo losa	2
2b. Estructura de paneles de madera contralaminada	3
3b. Aislamiento exterior y eliminación de puentes térmicos	4
4b. Carpintería	4
5b. Estanqueidad	4
6b. Valores-U de la envolvente térmica	4
c. Sistemas de optimización energética y bioclimática	6
1c. Norte-Sur: diferenciación de fachadas	6
2c. Efecto isla de calor	6
3c. Sombreamiento: árboles de hoja caduca y lamas	6
4c. Galerías climáticas	6
5c. Captación de energía solar térmica y fotovoltaica	6
6c. Ventilación cruzada, efecto chimenea y free cooling nocturno	7
7c. Recuperación de calor	7
8c. Intercambiador tierra-aire	7
9c. Reutilización de aguas pluviales	7
d. Programa	7
e. Presupuesto	8
ANEXO A . Esquema de los sistemas de climatización del edificio	9
ANEXO B . Descripción del Concepto Energético	10
Anexo B.1. Estrategia energética global del edificio	10
Anexo B.2. Sistemas propuestos para cubrir las necesidades de calor	10
Anexo B.3. Sistemas propuestos para cubrir las necesidades de frío	11
Anexo B.4. Sistemas propuestos para cubrir las necesidades de iluminación	11
Anexo B.5. Energías renovables asociadas al edificio	12

a. Memoria descriptiva

El proyecto surge del entendimiento de la **génesis del edificio contemporáneo** como un sistema que nace de la suma de una serie de **condiciones contemporáneas**. Así, partiendo de un **paquete inicial programático**, basado en las superficies y localización óptimas de las diferentes áreas que componen el edificio en su funcionalidad; el edificio se ve condicionado por la búsqueda de las orientaciones necesarias para cubrir las necesidades de luz natural y ganancias térmicas por radiación **solar**; y a su vez, los límites urbanísticos de la parcela. Por tanto, la geometría del edificio resultante es todo menos azarosa. Estructura, construcción y programa desarrolladas según las premisas del Blended Learning, sumadas al máximo aprovechamiento en el espacio docente con el mínimo número de metros cuadrados construidos para abaratar costes. Además, los beneficios de la apertura del Sistema constructivo a los jardines, ofrece una extensión del Sistema de aprendizaje propuesto, es decir, permitiendo la versatilidad programática desde el Sistema Blended Learning.

Las necesidades de **acceso** a diferentes puntos del programa, los flujos de **circulación**, y las diferentes **visuales** que se crean al recorrer el edificio, entendido como pabellón, resultan en un juego de luces y sombras; muros opacos, que se **cierran al norte**, para evitar cualquier tipo de pérdida energética, y paramentos acristalados, que se **abren a las fachadas más radiadas**, aprovechando la energía solar.

De la misma forma que los paramentos verticales son condicionados por los flujos de circulación, la trayectoria solar, y las visuales; las **cubiertas** se inclinan según las necesidades de **aprovechamiento de la radiación solar y del agua de lluvia**.

Entendido el edificio como un sistema productivo más, dentro de un **microclima** del que depende y el cual depende de él, se extiende éste hacia las zonas exteriores para **desdibujar los límites interior-exterior**.

b. Sistema constructivo

El sistema constructivo se basa en una **estructura mixta de porticos de madera laminada encolada con una modulación cada 2,5 m sobre losa de hormigón armado y forjados a partir de paneles de madera contralaminada**. Se evitan puentes térmicos en la envolvente al ir todo ello **aislado exteriormente de forma continua**; las fachadas irán revestidas de listones de madera de origen local, cuyo color va curtiéndose naturalmente con el clima; y una combinación de **cubiertas verdes, paneles fotovoltaicos y captadores solares térmicos**.

La elección del sistema constructivo parte de la búsqueda de un **proceso constructivo simplificado** que proporcione una envolvente térmica de **cualidades térmicas** excepcionales, facilite la **continuidad térmica tendente a la idea de edificio pasivo**, use materiales de **baja huella de carbono**, y que a la vez que nos dé **gran libertad geométrica y espacial**.

Además de caracterizarse por su **excelencia estática** (bidireccionalidad), **rapidez de montaje**, sus cualidades **medioambientales, ligereza, y su alto grado de industrialización**; las uniones entre los elementos estructurales de forjado en madera, se llevan a cabo mediante elementos conectores simples, que simplifican y agilizan el proceso constructivo, lo que se traduce en una reducción del presupuesto de ejecución y de imprevistos en obra.

1b. Aislamiento rígido bajo losa

Una vez hecha la excavación y montadas las capas filtrantes y de compensación, el edificio recibe **“pies calientes”**, con la colocación de los aislamientos de alta resistencia a la compresión, antes de que el hormigón sea suministrado a la obra.

Los **módulos** de aislamiento consisten en una espuma resistente al agua de la gama de poliestireno y son **prefabricados** individualmente para luego unirse fácilmente en obra, **eliminando los residuos**.

2b. Estructura de madera

Sostenibilidad

Así como el acero y el hormigón fueron los materiales del siglo XIX y siglo XX, parece obvio que la madera, como único material vivo y renovable que se usa en construcción, debe ser el **material de construcción del siglo XXI**; pues mientras que sus predecesores son materiales excelentes, su huella de carbono es muy alta.

Además de tratarse de un material renovable, con bajo consumo energético en el proceso de transformación en material de construcción y que **almacena carbono** en los edificios en lugar de emitirlo a la atmósfera, es el único material de construcción con un balance positivo de energía y clima.

Rapidez de montaje: ahorro económico

El tiempo de montaje de la estructura de madera laminada y forjado de madera contralaminada del edificio Bosque productivo es de **3 semanas**.

El alto grado de prefabricación conlleva tiempos de obra mucho más cortos que en el caso de una estructura de hormigón, lo que supone una gran reducción de los costos de construcción fácilmente cuantificables.

Excelencia estática. Bidireccionalidad

Debido a que la orientación de las fibras de dos capas adyacentes es perpendicular entre sí, los paneles trabajan de forma **bidireccional**, similar a como lo haría una losa de hormigón armado, con la diferencia de su **ligereza** y la facilidad de trabajar y realizar ajustes en los mismos.

La alta capacidad de carga con un peso propio bajo permite dimensionar componentes **delgados** para grandes vanos, ofreciendo más espacio con las mismas medidas externas.

Salud

La madera **regula la humedad** ambiental, **absorbe sustancias nocivas del aire** y reduce significativamente la energía estática y las emisiones de CO₂ a la atmósfera, creando de esta manera espacios limpios y amables, que transmiten fiabilidad y potencian la calidad de los efectos ópticos.

Óptimas resistencia térmica y acústica

Gran **aislamiento térmico** gracias a que posee un λ de 0,14 W/(m.K) y excelentes características acústicas con buenas **atenuaciones acústicas** al ruido debido a su buena rigidez dinámica.

También tiene un alto coeficiente de absorción acústica, al tener estructura porosa.

Detalles simples

Las uniones entre los distintos elementos de la estructura portante, se caracterizan por la rapidez en el ensamble, mediante encolados y pernos

Las uniones entre los paneles de forjado se llevan a cabo mediante elementos conectores como tornillos, tirafondos y escuadras que rigidizan la estructura.

Cimientos más ligeros

El bajo peso propio de la estructura de madera trae consigo cimientos más ligeros.

3b. Aislamiento exterior y eliminación de puentes térmicos

La estructura del edificio es envuelta completamente por aislamiento exterior, de espesores generosos, de forma **continua** a todos los elementos que forman la envolvente, lo que elimina puentes térmicos, y hace que la temperatura superficial en la cara interior de la envolvente se acerque más a la temperatura de confort, lo que mejora la sensación térmica en el interior del edificio.

Con esta solución, la necesidad de climatización del edificio se reduce sustancialmente y así mismo, el gasto energético disminuye.

4b. Carpintería

Las carpinterías son las zonas más débiles de la envolvente por lo que la gran calidad de las puertas y ventanas juega un papel importantísimo a la hora de para aprovechar la mejor fuente de calefacción de los edificios, el sol. Éstas se fijan a la cara exterior de la envolvente y los marcos se cubren con el aislamiento exterior de forma que se **minimizan las pérdidas de energía** en los encuentros estructura-ventana.

Se han elegido ventanas y puertas plegables de **triple hoja** de una serie certificada.

5b. Estanqueidad

Además, los detalles constructivos han sido parte del proceso proyectual desde el principio, con el fin de asegurar que la estanqueidad del edificio es **continua**, que evite infiltraciones de aire indeseadas, de forma que el edificio pueda ser acondicionado mediante ventilación mecánica, sin recurrir a ningún otro sistema.

6b. Valores-U de la envolvente térmica

Ventanas: $7U_w=0,79 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ certificada

Puertas plegables: $U_w=0,79 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ certificada

Los valores que aparecen en hoja excel adjunta han sido calculados usando la herramienta PHPP v9.3. (Passive House Planning Package):

Secondary calculation: Equivalent thermal conductivity of still air spaces -> (on the right)

Wedge-shaped assembly layer -> (on the right)

Unheated / uncooled attic -> (on the right)

Assembly no.	Building assembly description					Interior insulation?
01ud	Suelo planta baja					
Orientation of building element: 3-Floor		Heat transmission resistance [m²K/W]				
Adjacent to: 2-Ground		interior R_{si}	0.13			
		exterior R_{se}	0.00			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Aislamiento rígido losa (Isoquick)	0.038					200
Losa hormigón	2.100					400
Camara suelo tecnico	0.277					150
Suelo tecnico	0.170					37
Linoleo	0.170					3
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						79.0 cm
U-value supplement: 0.00 W/(m²K)				U-value: 0.160 W/(m²K)		

Assembly no.	Building assembly description					Interior insulation?
02ud	Fachada					
Orientation of building element: 2-Wall		Heat transmission resistance [m²K/W]				
Adjacent to: 3-Ventilated		interior R_{si}	0.13			
		exterior R_{se}	0.13			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Revestimiento madera sin acabado						22
Listones horizontales madera						38
Listones verticales madera						38
Tablero de fibra de madera	0.070					22
Aislamiento fibra mineral	0.034					180
Panel estructural de madera contralaminada	0.130					120
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						42.0 cm
U-value supplement: 0.00 W/(m²K)				U-value: 0.150 W/(m²K)		

Assembly no.	Building assembly description					Interior insulation?
03ud	Cubierta placas fotovoltaicas / termicas					
Orientation of building element: 1-Roof		Heat transmission resistance [m²K/W]				
Adjacent to: 3-Ventilated		interior R_{si}	0.13			
		exterior R_{se}	0.13			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Tablero de fibra de madera	0.070					22
Aislamiento fibra mineral	0.034					80
Panel estructural de madera contralaminada	0.130					200
Camara de aire	0.000					500
PYL (falso techo)	0.250					20
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
100%						82.2 cm
U-value supplement: 0.00 W/(m²K)				U-value: 0.223 W/(m²K)		

Assembly no.	Building assembly description					Interior insulation?
04ud	Cubierta verde					
Orientation of building element: 1-Roof		Heat transmission resistance [m²K/W]				
Adjacent to: 1-Outdoor air		interior R_{si}	0.13			
		exterior R_{se}	0.04			
Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Cubierta verde, tierra	2.600					100
Capa drenante	0.046	Plastico drenante	0.170			25
Tablero de fibra de madera	0.070					22
Aislamiento fibra mineral	0.034					80
Panel estructura de madera contralaminada	0.130					208
Camara de aire	0.000					130
PYL (falso techo)	0.250					20
Percentage of sec. 1		Percentage of sec. 2		Percentage of sec. 3		Total
85%		15.0%				58.5 cm
U-value supplement: 0.00 W/(m²K)				U-value: 0.203 W/(m²K)		

c. Sistemas de optimización energética y bioclimática

El edificio, a nivel energético, se basa en una serie de estrategias, las cuales se explican a continuación:

1c. Norte-Sur: diferenciación de fachadas

El edificio se **cierra** principalmente al **norte** para evitar cualquier tipo de pérdida energética, mientras que se **abre en las fachadas más radiadas**, aprovechando la energía solar como ganancias térmicas en invierno.

2c. Efecto isla de calor: microclima

Se propone **mínima pavimentación** de las zonas verdes y se estudia la vegetación a implantar, principalmente plantas autóctonas que se mantengan por sí solas sin necesidad de un sistema de goteo, para trabajar crear un **microclima** que mejore el **confort a escala urbana** y evite el efecto isla de calor, además de mejorar la **biodiversidad** de la zona y **reducir el CO2**.

Las **cubiertas verdes** se entienden como la extensión del jardín que además de contribuir a crear un microclima que evite el efecto isla de calor, mejora el aislamiento térmico reduciendo la demanda energética interior y **evitando el sobrecalentamiento** en verano. Se localizan en el animalario, el brazo sur y brazo central del edificio.

Las cubiertas verdes además son capaces de **almacenar hasta 75% del agua de lluvia** en verano y 40% en invierno, lo que además de convertir a la cubierta en **elemento de inercia**, podrían evitar inundaciones en nuestras ciudades en caso de lluvias torrenciales, el efecto isla de calor y mejorar la biodiversidad.

3c. Sombreamiento: árboles de hoja caduca y lamas

Excesivo soleamiento puede ser perjudicial en ciertos momentos, especialmente cuando existe una demanda de refrigeración. Por eso, se estudia cuidadosamente la implantación de la vegetación de hoja caduca como elemento imprescindible para controlar la radiación solar que llega al edificio en las diferentes épocas del año. Además, el edificio está provisto de lamas **conectadas al sistema de gestión de la energía del edificio**, para controlar la radiación cuando es necesario.

4c. Galerías climáticas

Las fachadas más radiadas, con orientación predominante sur, se conciben como **colchones climáticos** o galerías solares que aprovechan o rechazan la energía solar adaptándose a las condiciones climáticas, suponiendo un **complemento pasivo al sistema activo de calefacción y refrigeración edificio**.

En **verano**, las lamas se cierran para evitar la entrada del sol y la carpintería exterior se pliega hasta desaparecer quedando la carpintería interior sombreada por la cubierta.

En **invierno**, las lamas dejan pasar la radiación solar que calienta la carpintería cerrada más cercana al exterior, y el aire caliente que se concentra entre los dos planos de carpintería es aprovechado para cubrir la demanda de calefacción.

La orientación de las lamas en la fachada sur es horizontal y en la fachada norte vertical, para protegernos de la radiación solar.

5c. Captación de energía solar térmica y fotovoltaica

Además de los sistemas pasivos de aprovechamiento de la energía solar como las galerías climáticas y los muros de inercia, la energía solar es aprovechada mediante la disposición en la cubierta del brazo final con más inclinación que el resto, de 250 m2 de paneles **solares térmicos** para la producción de **ACS** y para contribuir a cubrir la **demanda de calefacción** en invierno, y 320 m2 de paneles **fotovoltaicos** conectados a la red para **compensar la electricidad consumida** por los equipos y sistemas de gestión de la energía.

6c. Ventilación cruzada, efecto chimenea y free cooling nocturno

El edificio está diseñado de forma que pueda llegar al **confort en primavera y otoño** mediante ventilación cruzada **natural** aprovechando las condiciones de entretiempo sin necesidad del uso de sistemas activos, simplemente con el correcto uso de las galerías climáticas.

Además, se favorece la ventilación natural cruzada al disponer ventanas y puertas en fachadas opuestas; y teniendo en cuenta el **efecto chimenea** por el que el aire tiende a elevarse cuando se calienta debido a su pérdida de densidad, se proponen también unas ventanas “bodegueras” en las zonas donde el techo es más alto, con el fin de extraer aire caliente y viciado del edificio de forma natural.

El descenso de la temperatura durante la noche se aprovecha para contrarrestar la carga interna refrigerando el edificio de forma pasiva poniendo el recuperador en **modo by-pass**.

7c. Recuperación de calor

La climatización del edificio se basa en el máximo aprovechamiento del uso de recuperadores de calor de **alta eficiencia** que transfieren el calor que transporta el aire extraído del interior al aire de fresco del exterior. Además, este sistema de ventilación autónoma del edificio garantiza condiciones muy buenas de **calidad del aire interior** que se traducen en alto grado de confort y salud.

8c. Intercambiador tierra-aire

Cada una de las partes del edificio consta de un emparrillado de tuberías de hormigón subterráneas a unos 2 metros de profundidad bajo la capa vegetal. El aire exterior de renovación pasa por las tuberías **atemperándose** al intercambiar calor con la tierra gracias a la inercia térmica de ésta. Este aire es introducido en las oficinas a través de los recuperadores, con el consiguiente ahorro de energía que esto supone.

9c. Reutilización de aguas pluviales

Se recoge el agua de lluvia de las cubiertas para reutilizarla en los aseos y para el riego por goteo en las zonas de ajardinamiento en las que éste sea necesario.

d. Programa

A. ESPACIOS DE APRENDIZAJES:

TOTAL: 1890 m²

1.a: Individuales: 630 m²

planta -3.6 m: 10 Md = 300 m²

planta 0.0 m: 10 Md = 300 m²

planta +3.6 m: 10 ud = 30 m²

2.a: Mentorías: 720 m²

planta -3.6 m: 9 Md = 300 m²

planta 0.0 m: 11 Md = 300 m²

planta +3.6 m: 4 Md = 30 m²

3.a: Magistrales: 540 m²

planta -3.6 m: 3 ud = 270 m²

planta 0.0 m: 3 ud = 270 m²

B. LABORATORIOS: TOTAL: 956 m²

planta -3.6 m: 3 ud = 360 m²

planta 0.0 m: 2 ud = 240 m²

ANIMALARIO = 356 m²

C. DESPACHOS: TOTAL: 350 m²

planta +3.6 m: 25 ud = 240 m²

D. BAÑOS: TOTAL: 180 m²

planta -3.6 m: 2 ud = 60 m²

planta 0.0 m: 2 ud = 60 m²

planta +3.6 m: 2 ud = 60 m²

E. JARDINES: TOTAL: 1110 m²

SUR = 300 m²

CENTRAL = 250 m²

NORTE = 560 m²

F. ENTRADAS: TOTAL: 270 m²

planta 0.0 m = 120 m²

planta -3.6 m = 150 m²

G. BICICLETERO: TOTAL: 50 m²

H. CAFETERÍA: TOTAL: 100 m²

I. MEDiateca: TOTAL: 330 m²

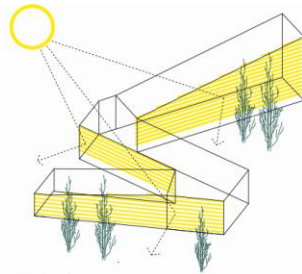
J. PARKING SÓTANO planta – 7.2 m:

TOTAL: 1200m²

e. Presupuesto

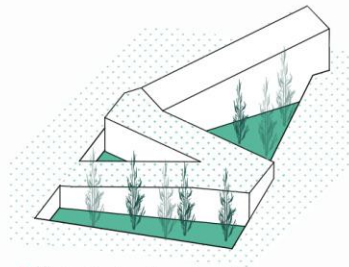
CAPÍTULO / RESUMEN	EUROS
0 Demoliciones.....	11.025,00
1 Movimiento de tierras.....	30.456,00
2. Cimentaciones.....	295.800,00
3. Estructura de madera	1.409.285,00
4. Control lumínico de lamas de madera.....	..950.400,00
5. Divisiones interiores.....	105.000,00
6. Cubiertas.....	142.225,00
7. Aislamientos e impermeabilizaciones.....	328.416,00
8. Pavimentos, falsos techos y revestimientos interiores.....	240.156,00
9. Carpintería exterior, cerrajería y vidriería.....	1.070.000,00
10. Carpintería interior.....	734.657,00
11. Pinturas.....	14.890,00
12. Instalaciones mecánicas: ascensores.....	63.470,00
13. Fontanería y aparatos sanitarios.....	59.586,00
14.Saneamiento.....	64.236,00
15. Instalación eléctrica e iluminación.....	531.500,00
16. Instalación de climatización y ventilación.....	218.720,00
17. Instalación solar térmica y fotovoltaica.....	313.120,00
18. Instalación protección contraincendios.....	80.108,00
19. Instalación de telecomunicaciones, megafonía, voz y datos.....	73.300,00
20. Urbanización y jardinería.....	132.000,00
21. Gestión de residuos.....	25.900,00
22. Control de calidad.....	36.700,00
23. Seguridad y salud.....	69.050,00
Total ejecución material.....	7.000.000 €

ANEXO A. Esquema de los sistemas de climatización del edificio



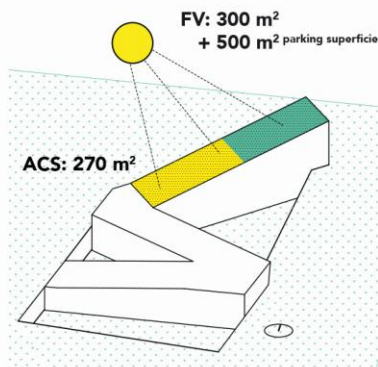
● Control solar: hoja caduca, sombra y lamas

Los árboles de hoja caduca y las lamas conectadas al sistema gestión del edificio controlan la entrada de la radiación solar cuando es necesario.



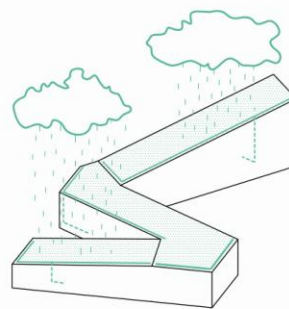
● Efecto isla de calor: microclima

Mínima pavimentación y estudiada vegetación a implantar crean un microclima que mejora el confort a escala urbana. Las cubiertas verdes contribuyen a la reducción de la demanda energética interior y evitan el sobrecalentamiento en verano.



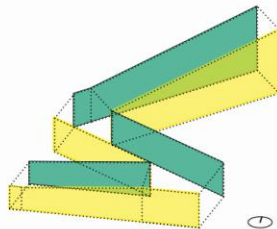
● Captación de energía solar, térmica y fotovoltaica

Los paneles solares térmicos cubren las necesidades de ACS y contribuyen a cubrir la demanda de calefacción, mientras que los paneles FV, conectados a la red, compensan la electricidad consumida.



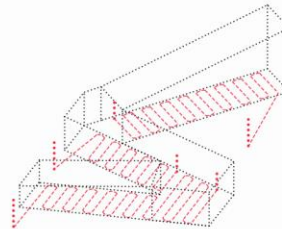
● Reutilización de aguas pluviales

Se recoge el agua de lluvia de las cubiertas para reutilizarla en los aseos y para el riego por goteo en las zonas ajardinadas en las que éste sea necesario.



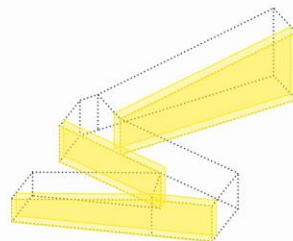
● Norte-Sur: diferenciación de fachadas

El edificio se cierra principalmente al norte para evitar cualquier tipo de pérdida energética mientras que se abre en las fachadas más radiadas, aprovechando la energía solar como ganancias térmicas en invierno.



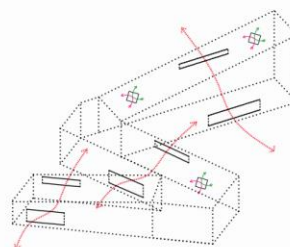
● Intercambio tierra-aire

El aire exterior de renovación pasa por el emparrillado subterráneo atemperándose al intercambiar calor con la tierra gracias a la inercia térmica de ésta. Este aire es introducido en las oficinas a través de los recuperadores, lo que supone un ahorro de energía.



● Galerías climáticas

Las fachadas más radiadas se conciben como colchones climáticos que se adaptan a las condiciones climáticas, suponiendo un complemento pasivo al sistema activo de calefacción y refrigeración edificio.



● Ventilación cruzada, efecto chimenea y free cooling nocturno

Los huecos en fachadas opuestas favorecen la ventilación natural cruzada mientras que los huecos en las partes altas aprovechan el efecto chimenea para extraer aire viciado. Por la noche y en condiciones de entretiempo, se puede refrigerar de forma pasiva.

ANEXO B. Descripción del Concepto Energético

Anexo B.1. Estrategia energética global del edificio

Con el fin de **reducir la demanda energética** y asegurar el **confort de los ocupantes**, la generación del edificio surge de la elección de un **sistema constructivo**, que resulta en una **envolvente energética** de comportamiento térmico excepcional, y una serie de **estrategias de optimización energética y bioclimática**, que permiten al edificio aprovechar al máximo los recursos naturales.

Hoy en día, el **efecto isla de calor** supone uno de los grandes problemas de nuestras áreas urbanas. Es por esto que el proyecto se plantea desde un principio como un gran **espacio natural**, proponiendo mínima pavimentación de las zonas verdes y estudiando la vegetación a implantar, creando un **microclima** en el que se incluye el propio edificio, y cuyo objetivo es ayudar a enfriar el área donde se sitúa cuando hace más calor, además de mejorar la biodiversidad de la zona y reducir el CO₂.

Al igual que el resto de la vegetación, el edificio **aprovecha el agua de lluvia** (cubiertas verdes y recogida de aguas pluviales), **capta la energía solar** (galerías climáticas, captadores solares, fotovoltaicos), se atempera **utilizando la inercia del suelo** (intercambiador tierra-aire), se **beneficia al máximo de la ventilación** (ventilación cruzada, efecto chimenea y free-cooling nocturno) **e iluminación natural** (medición luz disponible y detectores de presencia que controlan los reguladores) y aprovecha las **ganancias de calor internas** (ocupantes, equipos e iluminación) y se **adapta a las necesidades** (sombreamiento por árboles hoja caduca y lamas móviles conectadas al sistema inteligente de gestión de la energía).

La elección del sistema constructivo elegido se basa en conseguir una **envolvente térmica continua** excepcional (buen aislamiento (200, 185 y 80mm) y ventanas de alta calidad) con **aislamiento al exterior** (empezando por el aislamiento rígido bajo losa que además sirve de encofrado), **evitando los puentes térmicos** (el aislamiento exterior envuelve totalmente la estructura y los marcos de puertas y ventanas); el uso de **materiales renovables** (la madera es el único material vivo usado en construcción), que no sólo tengan una reducida huella de carbono, sino que además **almacenen carbono**; y un alto grado de **industrialización** (estructura de madera laminada y paneles estructurales de madera contralaminada), que se traduce en **reducción de los tiempos de montaje** (la estructura se monta en 2 semanas), que conlleva no sólo **ahorro** en el presupuesto de ejecución, sino que además se trata de un **proceso integrado** capaz de adelantarse a los problemas que surgen en obra.

Los estudiados detalles constructivos aseguran la **estanqueidad del edificio** para evitar infiltraciones, y acondicionar únicamente mediante **ventilación mecánica con recuperadores de calor**.

La **modelización energética** del edificio se ha llevado a cabo mediante la herramienta PHPP v.9.1 (**Passive House Planning Package**), dirigiendo el proceso proyectual hacia el edificio de **energía cero**. Así, se han obtenido demandas de calefacción y refrigeración de **9,3 kWh/m².a**, y **10,4 kWh/m².a**, respectivamente, mientras que la energía primaria exportada (por las células fotovoltaicas) y suministrada por la red son de **97 kWh/m².a** y **42 kWh/m².a**. Además, se asegura una temperatura de confort estable de unos 20°C en invierno y 25°C en verano.

Anexo B.2. Sistemas propuestos para cubrir las necesidades de calor

La gran reducción de la **demanda de calefacción a 9,3 kWh/m².a** hace posible que se pueda usar el **aire de ventilación como vehículo calportador**. Así, las necesidades del edificio se cubren mediante un Sistema basado en la recuperación de calor y **aprovechamiento máximo de la radiación del sol**.

El edificio está conectado a un insuflador que en invierno toma el **aire de renovación** de las **galerías climáticas**, ya **atemperado** debido a la radiación solar, de manera que el recuperador tiene que trabajar menos y consumir menos energía. El recuperador de alta eficiencia transfiere el calor que transporta el aire extraído del interior al aire de renovación. Las **baterías frío-calor** de los recuperadores están conectadas al **depósito acumulador de agua** calentada por **paneles solares térmicos** (270 m²).

Para cubrir posibles **demandas pico**, los depósitos acumuladores, y a su vez las baterías frío-calor, están conectados a una **bomba de calor aire-agua**, que también se conecta al **muro radiador de inercia**.

Además, el sistema está provisto de **controladores de presencia, CO₂ y temperatura** para evitar ventilar o climatizar más de lo necesario, y al **sistema de control de la energía**.

La bomba de calor es elegida como equipo de apoyo porque su **consumo de energía es muy reducido** en comparación con su rendimiento, ya que su funcionamiento está basado en transportar calor en vez de generarlo.

Anexo B.3. Sistemas propuestos para cubrir las necesidades de frío

La **demanda de refrigeración es de 10,4 kWh/m².a**, y en el caso de la refrigeración, los **recuperadores** situados en el falso techo del conjunto edificatorio, toman el aire de renovación, impulsado por un insuflador, del **intercambiador tierra-aire**, ya atemperado.

Cada módulo del edificio consta de un **emparrillado de tuberías de hormigón** subterráneas a unos 2 metros de profundidad. El aire exterior de renovación pasa por las tuberías atemperándose al intercambiar calor con la tierra gracias a la **inercia térmica** de ésta.

Para cubrir las posibles **demandas pico**, las **baterías frío-calor** de los recuperadores, están conectados a la **bomba de calor aire-agua**.

El uso de recuperadores de alta eficiencia garantiza una recuperación del 95% de la energía del aire extraído, y al ser un sistema semi-descentralizado, las **pérdidas de transporte se reducen**.

La **bomba de calor aire-agua** es **reversible** pudiéndose usarse tanto para producir calefacción como refrigeración, y **no emite dióxido de carbono** a la atmósfera. Su bajo **consumo eléctrico** es compensado por las **células solares fotovoltaicas**, conectadas a la red.

Además, el edificio está diseñado de forma que pueda llegar al confort en **primavera y otoño** mediante **ventilación cruzada natural** aprovechando las condiciones de entretiempo sin necesidad del uso de sistemas activos, simplemente con el correcto uso de las galerías climáticas, y beneficiándose del **efecto chimenea** a través de ventanas “bodegueras” semiocultas.

El descenso de la temperatura durante la **noche** se aprovecha para contrarrestar la carga interna **refrigerando el edificio de forma pasiva** realizando poniendo el recuperador en modo **by-pass**.

Anexo B.4. Sistemas propuestos para cubrir las necesidades de iluminación

La iluminación natural es garantizada en todo el programa a través del juego de cuadernas que se abren a las diferentes orientaciones, aprovechando las diferentes cualidades de iluminación en cada una de ellas; y el uso de paramentos transparentes y lamas fijas o móviles en el interior.

Las lamas móviles exteriores, junto con los árboles de hoja caduca, permiten atenuar o evitar la entrada de luz directa cuando se requiere.

La iluminación artificial es de bajo consumo y alta eficiencia energética, con niveles mínimos en zonas comunes, regulados de forma automática inteligente a través de reguladores de intensidad según el nivel de luz natural disponible, y detectores de presencia.

El sistema inteligente de gestión de la energía reduce los costos energéticos y de consumo a través de mediciones en tiempo real y sistemas de control sobre la iluminación, acondicionamiento y ventilación, reportes sobre emisiones de carbono y gestión de la respuesta a la demanda.

Anexo B.5. Energías renovables asociadas al edificio

a) Solar térmica

Además de los sistemas pasivos de aprovechamiento de la energía solar como las galerías climáticas y los muros de inercia, la **energía solar térmica** es aprovechada mediante la disposición en una de las cubiertas de paneles solares térmicos para la producción de **ACS** y para contribuir a cubrir la **demandas de calefacción en invierno**. El depósito acumulador de calor del agua de las placas solares térmicas está conectado a la bomba de calor aire-agua, que a su vez está conectada a las baterías calor-frío de los recuperadores de calor. La bomba solamente tendrá que trabajar para trabajar cuando el calor aportado por las galerías solares, el muro de inercia y los paneles de energía solar térmica no sea suficiente.

b) Fotovoltaica

Los paneles fotovoltaicos, están conectados a la red para compensar la electricidad consumida por los equipos y sistemas de gestión de la energía. Así, la **energía primaria total exportada es 97 kWh/(m2.a)**, mientras que la **energía primaria total suministrada por la red es 42 kWh/(m2.a)**.

c) Geotérmica: intercambio tierra-aire

Con el fin de mejorar energéticamente el sistema de climatización basado en recuperadores de calor, estos se pre-conectan un intercambiador de calor aire-tierra que aprovecha la inercia térmica del terreno, que a diferencia de la energía solar, está siempre disponible.