

**ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS EMPLEADAS EN
EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS
AVANZADOS DEL CAMPUS DE ARABA
(UNIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO).**

Estudio de Arquitectura

GOP Oficina de Proyectos S.A

Arquitecto autor

Manuel Abad Carrascosa

Texto: Coordinador Eduardo Montero Fernández de Bobadilla. Director de Calidad GOP

ÍNDICE

- Programa funcional.
- Envolvente del edificio.
- Estrategias empleadas para mejorar la eficiencia energética.
 - Sombreamiento. Lamas.
 - Paneles FV. Doble cubierta.
 - Intercambiador geotérmico.
- Estudio de domótica de eficiencia energética.
- Certificación de la eficiencia energética.
- Participantes.
- Conclusión.
- Bibliografía. Referencias bibliográficas.
- Créditos.

RESUMEN

Este artículo describe con detalle todas las características del que será el nuevo Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Campus de Álava, perteneciente a la Universidad del País Vasco, uno de los proyectos de arquitectura bioclimática más interesantes de cuantos se están llevado a cabo en la actualidad en España. El texto explica con exactitud la envolvente del edificio, con hincapié en el aislamiento térmico y la superficie acristalada. Asimismo, indaga en el sombreado a través de lamas, los paneles fotovoltaicos y el intercambiador geotérmico con el que contará el centro. Destaca la importancia que el proyecto ha otorgado al sistema domótico, diseñado e instalado para un consumo energético óptimo, económico y racional.

SUMMARY

This article describes in detail the elements of the future Research and Advances Studies Centre in Alava Campus, University of Basque Country, one of the most interesting bioclimatic architectural projects nowadays in Spain. Text explains precisely the building enfolding, highlighting insulating materials and glass surface. Furthermore, article also describes shadow produced by slats, solar panels and the geothermic exchanger. Building automation is worth a special attention, which is developed and installed to get a good, cheap and smart energy saving.

PALABRAS CLAVE: bioclimática, domótica, fotovoltaico, geotérmico, ahorro energético.

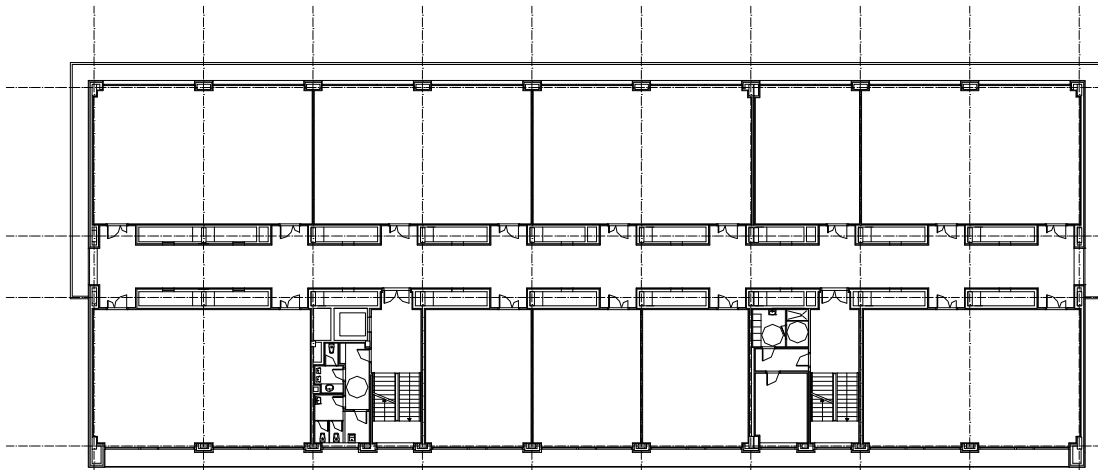
PROGRAMA FUNCIONAL

El edificio está destinado a albergar el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CIEA) del Campus de Álava, para la Universidad del País Vasco (Euskal Herriko Unibertsitatea).

El CIEA acogerá principalmente los “Servicios Generales de Investigación” de la UPV/EHU, grupos de referencia y espacios de relación con el mundo empresarial.

El edificio se desarrolla en 5 niveles, distribuidos en una planta sótano, planta baja, dos plantas tipo y la de cubierta.

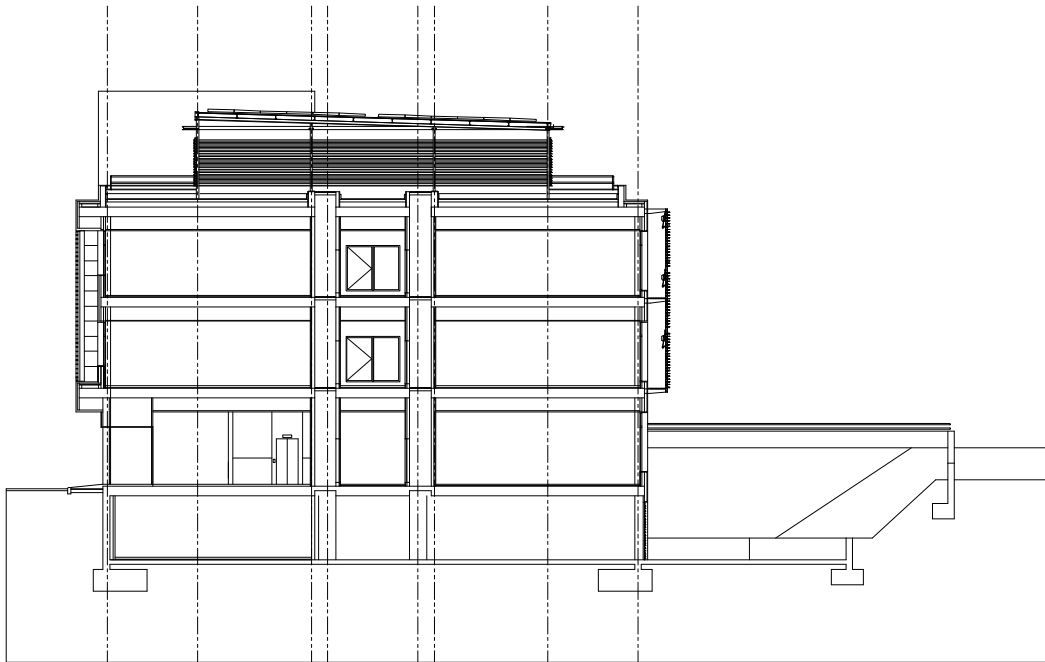
Bajo una sobrecubierta constituida por paneles fotovoltaicos, se resuelven todas las necesidades de instalaciones del edificio, así como la disposición de pequeños almacenes para los diferentes residuos que generen las actividades de investigación.



Planta segunda.

La UPV impuso como requisito básico que se tratase de un edificio funcional, sin un tipo de usuario definido, que permitiera asumir distintas funciones a lo largo de su vida y que tuviera un coste aceptable. Otra de las premisas sostenía que en caso de incumplirse algún requisito económico, debería deberse a inversiones ecológicas, que se amortizan generalmente en plazos razonables.

El tratamiento exterior introduce una segunda piel que contiene una doble finalidad. Por una parte, generar un edificio “multidisciplinar” -dado que las actividades a realizar en sus locales pueden cambiar a lo largo del tiempo y puede necesitar alterar algunos elementos de fachada- pero con una imagen perdurable y representativa. Otro de los objetivos era, también, utilizar estos mismos elementos para mejorar de la eficiencia energética.



Sección.

Todo espacio diseñado por el hombre tiene un significado aparente, entendiendo como tal lo que “dice” un edificio cuando se entra en él. En este caso, lo que se ha pretendido es que el espacio presente una imagen de trabajo, creación e investigación, con un confort y una calidad ambiental óptimas.



Fachada Sur.

La mayoría de las actuaciones que se han tenido en cuenta en el diseño intentan reducir el impacto medioambiental y potencian la salubridad del centro. Este último aspecto es importante, dada la agresividad para la salud que comportan algunas de las actividades que pueden desarrollarse en el edificio.

De entre las medidas implantadas destaca, por su carácter innovador, el intercambiador tierra-agua que aprovecha la energía geotérmica de baja entalpía (temperatura) que posee la tierra para reducir el consumo energético.

Cabe señalar que este proyecto no sólo cumple con el Documento Básico HE Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación (CTE), si no que lo supera en muchos de los requisitos de esta nueva normativa.

Debemos tener presente que el CTE nace con una finalidad limitada e imperfecta, pues se centra únicamente en el ahorro energético, pasando de puntillas por temas como el bienestar y la salud humana, y no menciona aspectos éticos como la sostenibilidad. Sin embargo, se trata de un importante paso adelante en la buena dirección.



Fachada Norte.

El equipo rectoral ha fomentado esta actuación teniendo presente que el progresivo nivel de conciencia sobre el impacto medioambiental constituye una realidad que mueve el razonamiento y los ideales colectivos hacia actividades y formas de pensar más comprometidas con la conservación, la preservación y el progreso. El proyecto nace con vocación de convertirse en un modelo para el resto de las intervenciones públicas del País Vasco en esta materia.

Entre los objetivos del Ente Vasco de la Energía (EVE) se encuentra el máximo aprovechamiento del avance científico y tecnológico en el ámbito energético, el aprendizaje y aplicación de nuevas tecnologías, la coincidencia de intereses entre la universidad y el ente en cuanto estudio, investigación, formación de especialistas y profundización en la disciplina de energías renovables, es evidente.

El proyecto se pondrá, una vez materializado, a disposición de los investigadores y expertos en el ámbito de las energías renovables, para que su infraestructura y recursos materiales sirvan para la formación, investigación interdisciplinar y desarrollo e innovación tecnológica. El edificio será un modelo de referencia en eficiencia energética.

Según el CTE, los cerramientos deben construirse de forma que la demanda energética anual del edificio esté limitada adecuadamente -teniendo en cuenta el clima de la localidad, el uso del edificio y el régimen de verano e invierno- por lo que el primer paso fue el análisis de la envolvente del edificio.

ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

El estudio de la envolvente, desde el punto de vista energético, se centró en los siguientes aspectos:

- El aislamiento térmico de la parte ciega de la fachada, de la cubierta, suelos y otras particiones que forman parte de la envolvente.
- La superficie acristalada.
- Las sombras que otros elementos pueden arrojar sobre la envolvente.

Los coeficientes de transmisión del valor K (U en el caso del CTE) en $W/m^2\text{°C}$ de los diferentes cerramientos que se emplearon fueron los siguientes:

Cerramiento	$K_{\text{cerramiento}}$	$K_{\text{NBE CT 79}}$	K_{CADEM}	U_{CTE}
Huecos acristalados	1,80		4,60	
Forjado sobre LNC 1	0,73	1,20	0,37	0,49
Muro a LNC 1	0,56	1,60	0,91	0,66
Forjado bajo LNC 2	0,43	1,20	0,40	0,49
Muro a LNC 2	0,32	1,60	0,91	0,66
Cubierta 1	0,25	0,90	0,40	0,38

Coef. Transmisión de calor K y U en $W/m^2\text{°C}$.

Los valores en negrita superan los valores recomendados por CADEM.

El valor en rojo supera el valor exigido por el actual.

Todos los valores señalados cumplían con lo exigido en la norma básica NBE CT, vigente en el momento en que se realiza el proyecto. No obstante, en un ejercicio de anticipación, el edificio cumple además con el Documento Básico HE Ahorro de Energía del CTE.

Es interesante señalar como se puede ver, al analizar los datos mostrados, el incumplimiento puntual de algún valor con respecto a los parámetros exigidos como mínimos por el CADEM, que no tiene porqué influir en la clasificación final del edificio.

En la anterior tabla no figuran los coeficientes de los muros exteriores (fachadas), dado que su comportamiento energético se estudió conjuntamente con los huecos acristalados, tanto en periodo invernal como estival.

El análisis efectuado determina el flujo de calor en verano y en invierno, comparando ambos con el valor límite de flujo de calor establecido en función de la zona climática, para así determinar si el comportamiento del muro exterior y de los huecos acristalados es eficiente desde el punto de vista energético.

En la determinación del flujo de calor no sólo interviene el valor del coeficiente U del cerramiento y los huecos, sino también otra serie de parámetros, tales como la capacidad calorífica del muro, el factor solar de las ventanas, las cargas internas, como son la potencia de alumbrado instalada, la densidad media de la potencia de los equipos, etc.

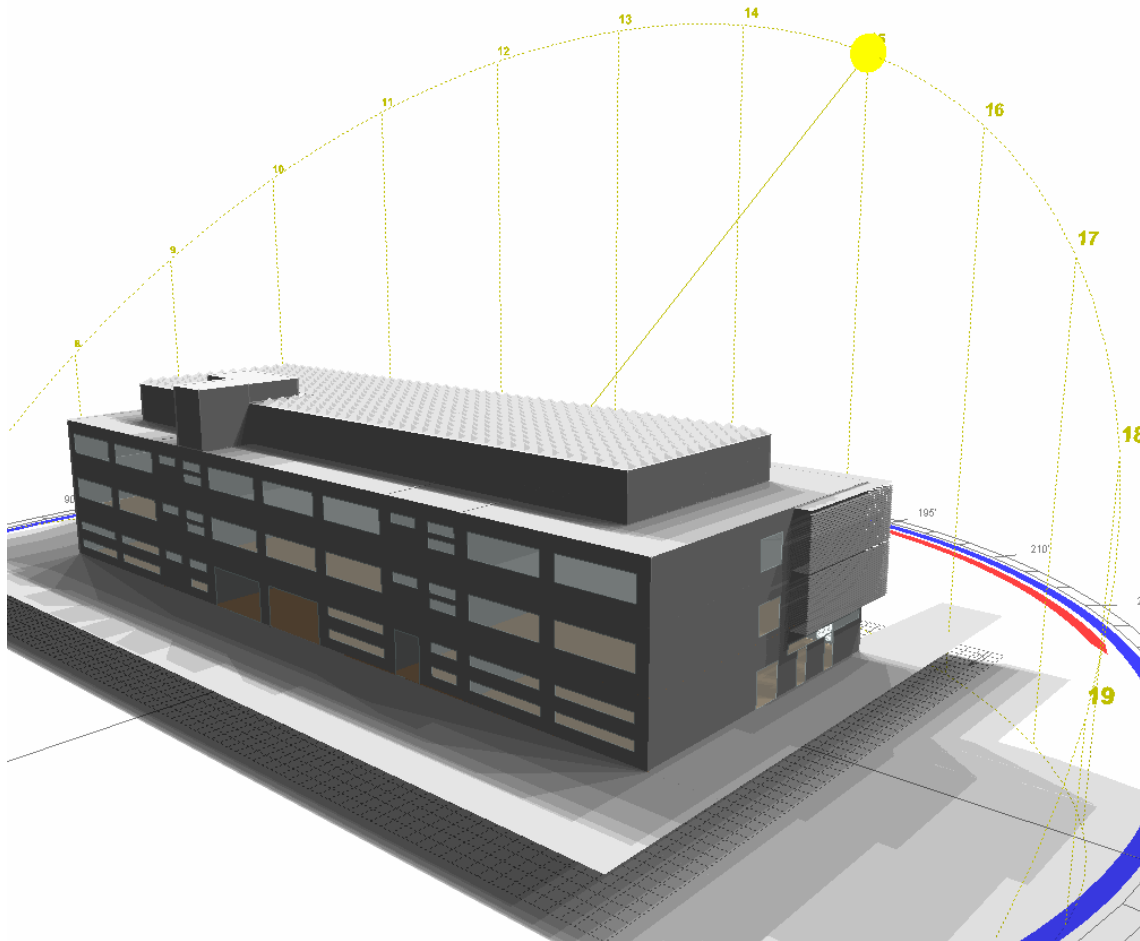
Una vez definidos los datos a emplear en la simulación, se realiza un estudio comparativo de los consumos de calefacción y refrigeración con objeto de optimizar energéticamente la envolvente del edificio.

ESTRATEGIAS EMPLEADAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Entre las estrategias pasivas y activas empleadas en el diseño del edificio, destacamos las siguientes:

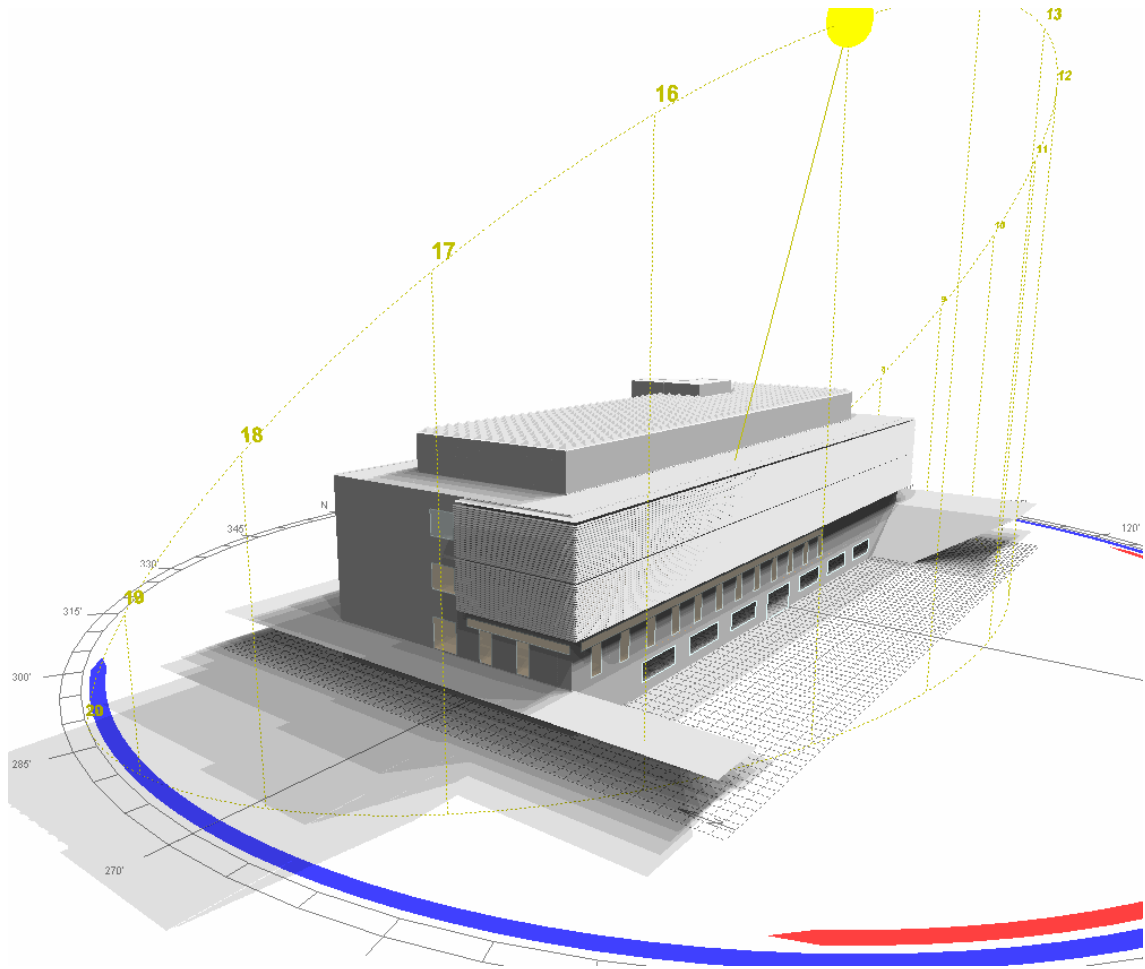
Sombreamiento

Las lamas situadas en la fachada norte tienen una función meramente ornamental, ya que dicha fachada no recibe radiación solar, por lo que se consideran un elemento que da integridad formal a la fachada del edificio. Dado lo anterior, para simplificar el modelo, no se han tenido en cuenta en la simulación.

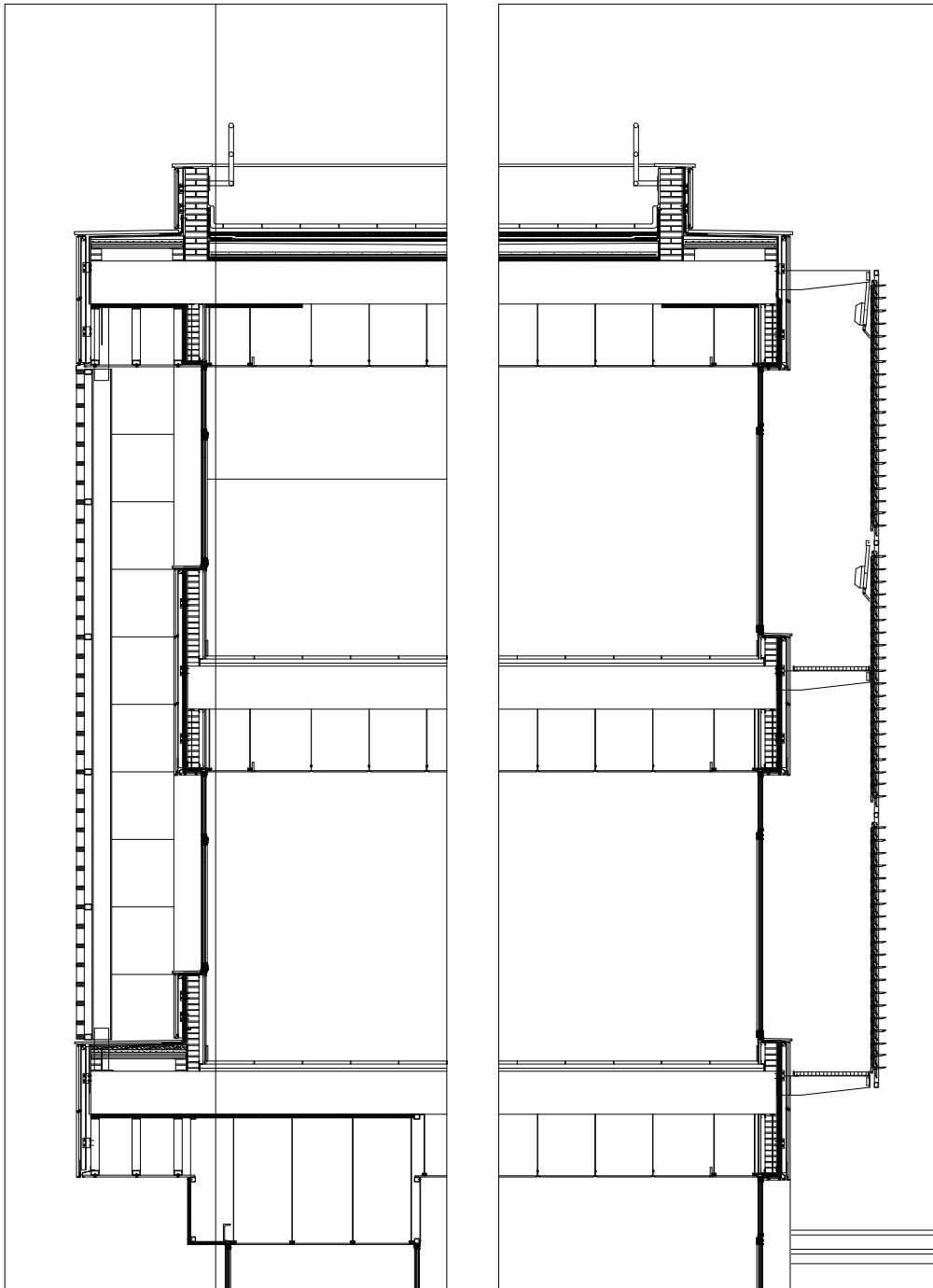


Fachada Norte del Centro de Investigaciones del campus de Álava sin lamas.

Sin embargo, sí se han tenido en cuenta las lamas orientales del lado Sur, ya que influyen de forma significativa en la radiación solar que incide sobre la fachada.



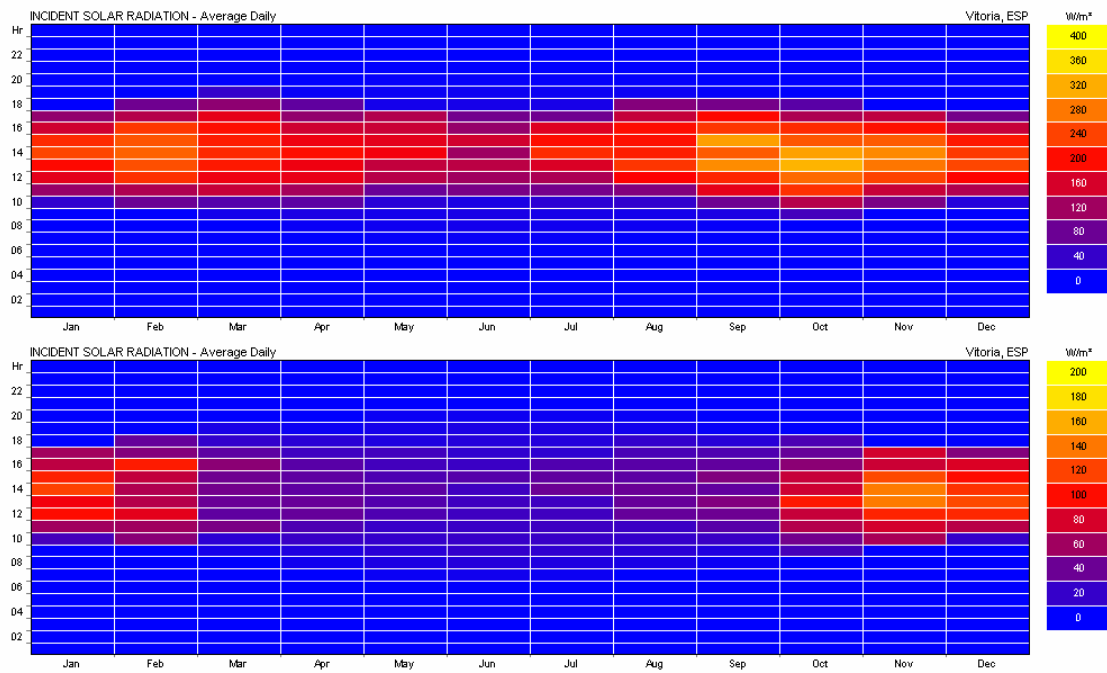
Fachada sur del modelo empleado en la simulación.



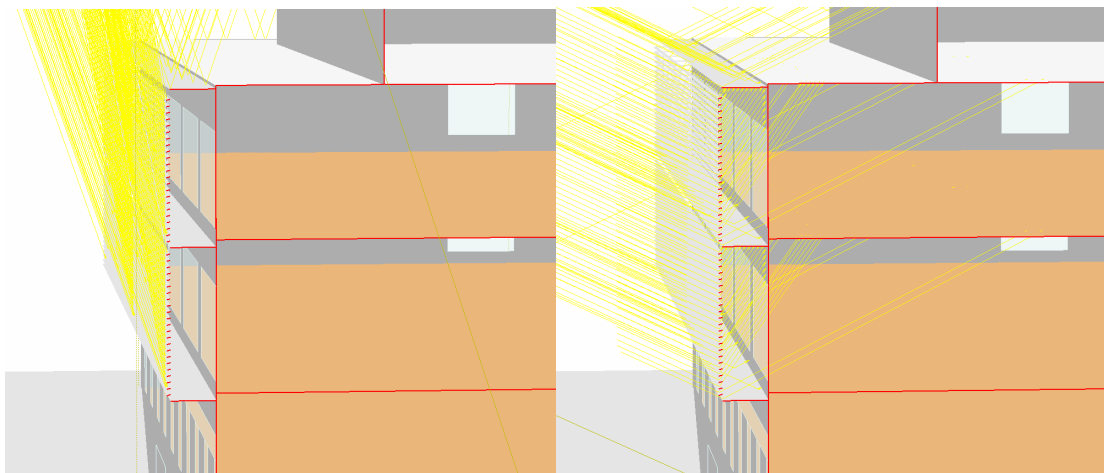
Protección de las fachadas mediante lamas.

Norte: Lamas fijas.

Sur: Móviles.



La imagen muestra la radiación recibida por una ventana de la fachada sur. En el segundo caso, se ve el efecto que tiene sobre la misma la presencia de las lamas. Este cálculo se ha efectuado con las lamas de la fachada sur estáticas en posición horizontal. Su movilidad permite gestionar de una manera más eficiente la radiación a lo largo de todo el año.

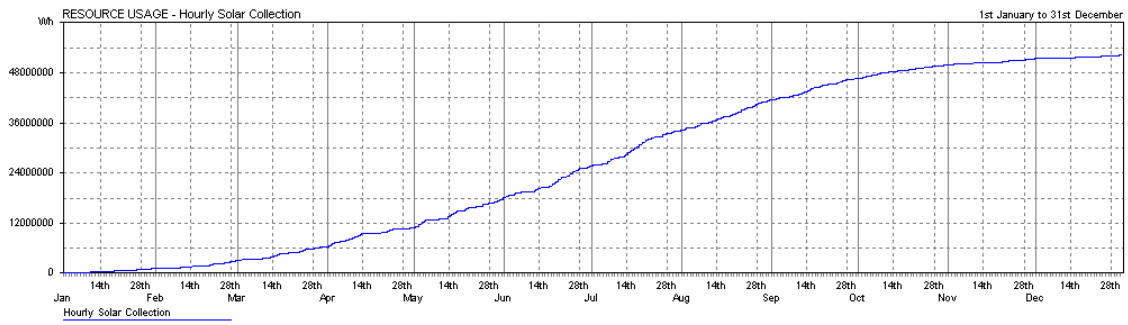


Simulación de la radiación directa en fachada sur, en junio y en enero respectivamente.

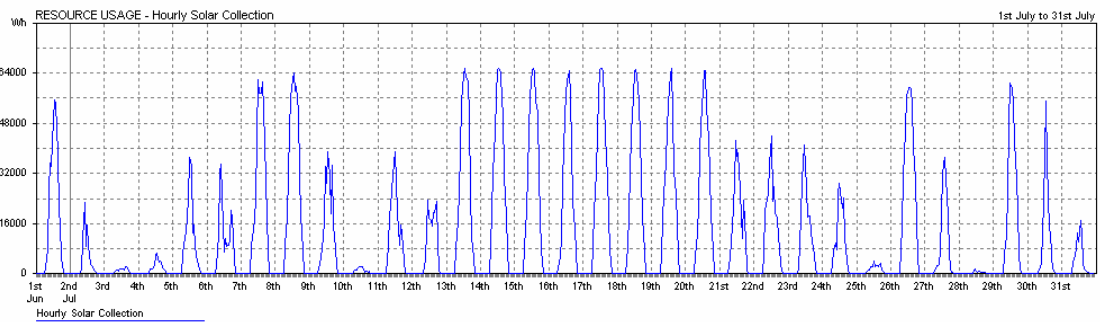
Paneles F.V. Doble cubierta

Los paneles instalados en el edificio cumplen una doble función: la clásica, de generación de energía y la de actuar como una doble cubierta que sombrea el edificio en los meses más calurosos del año.

En el edificio se instalarán 432 paneles fotovoltaicos, marca ISO FOTON, con una potencia pico de 150 Wp, lo que totaliza una potencia total instalada de 65 kWp.

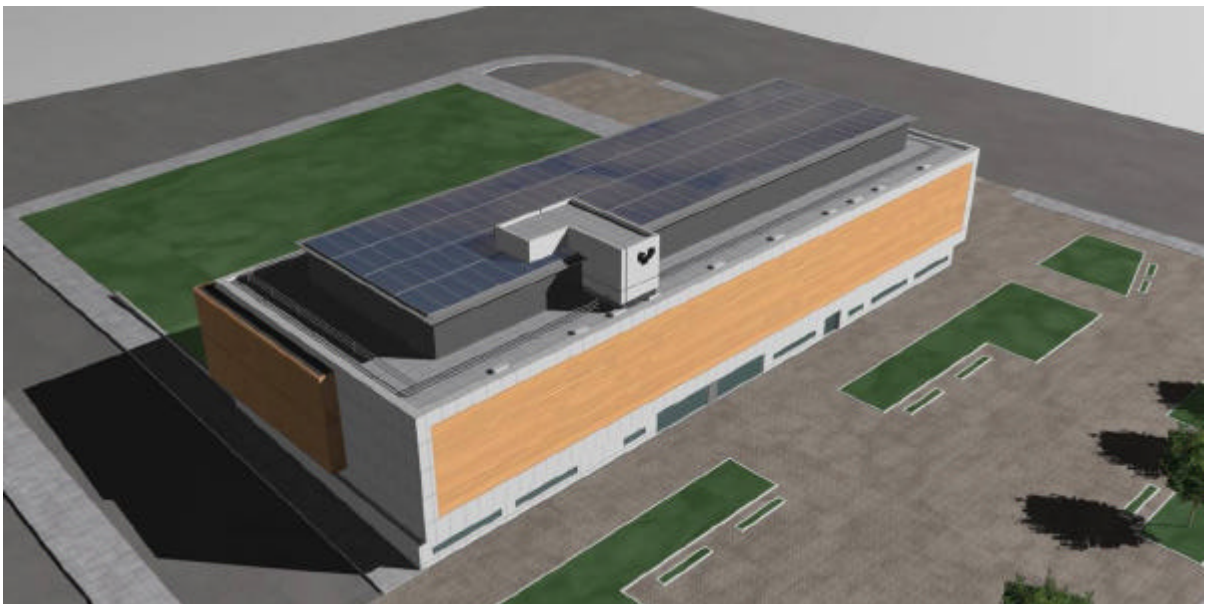


Electricidad generada por los paneles fotovoltaicos a lo largo del año (base de datos LIDER).

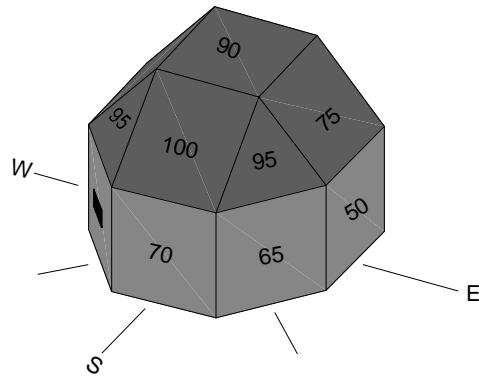


Electricidad generada en el mes de julio (base de datos LIDER).

La energía eléctrica producida por esta instalación se estima en 52000 kWh/año y, aunque ésta se conectará a la red, se considera autoconsumida por el propio edificio a efectos de ahorro energético.



Aunque la posición de los paneles no es la óptima, su rendimiento disminuye aproximadamente en un 10%. Su disposición obliga a ser cuidadoso con su limpieza para evitar la acumulación de suciedad sobre los paneles, por lo que se ha optado por colocarlos prácticamente horizontales para favorecer su integración arquitectónica.



Intercambiador geotérmico

La reducción del gasto energético en sistemas de climatización se relaciona directamente con el foco con el que se intercambia calor (aire, agua, suelo). El medio más empleado como foco es el aire pero no el más eficiente, debido a la oscilación de su temperatura a lo largo del año. El agua, por otro lado, es un foco más estable en cuanto a temperaturas, por lo que el intercambio producido es más eficiente; sin embargo, presenta otros problemas asociados al sistema de intercambio (torres de refrigeración) como la legionelosis. El intercambio con el suelo es mucho más ventajoso, ya que la temperatura de la tierra es estable a lo largo del año, unos 14°C en la zona que nos ocupa, y el intercambio se produce mediante un sistema cerrado sin contacto exterior.

En el diseño de un sistema de climatización geotérmica, con intercambiador enterrado, hay que tener en cuenta algunos factores que no se tienen en cuenta en el diseño de un sistema de climatización convencional. En primer lugar, hay que determinar la demanda energética anual del edificio, mediante programas de modelado y simulación energética, con el objetivo de conocer qué cantidad de energía se va a ceder o absorber del terreno. Este aspecto supone un cambio de mentalidad en los proyectistas de instalaciones de climatización, acostumbrados a diseñar en términos de potencia en lugar de energía, dimensionando las instalaciones no para que se adapten a la curva de la demanda energética del edificio, sino a la potencia pico de los días más desfavorables de invierno o verano. En este caso, la energía demandada por el edificio es la que se refleja en la siguiente tabla. Como se puede observar, la demanda energética anual está descompensada, ya que la energía necesaria para “calefactar” el edificio es muy superior a la necesaria para refrigerar. Esto, en el diseño del intercambiador, implica una mayor longitud de tubería, ya que la longitud de intercambio necesaria se optimiza cuando se extrae en invierno el mismo calor que se cede en verano.

Superficie	Potencia térmica	
	Refrigeración(kWh)	Calefacción(kWh)
Sin zonas comunes		
3.400	253.000	428.000

Otro dato fundamental para el diseño de este tipo de intercambiadores, que lo diferencia del resto de las instalaciones de climatización, es el coeficiente de conductividad térmica del terreno, que se obtiene mediante un ensayo efectuado in situ y específico para cada caso. En este caso, el ensayo fue realizado por el EVE, dando como resultado 4,1 W/m °C, parámetro relativamente alto.

Por último, calculando la potencia necesaria, se seleccionan las bombas de calor agua-agua y se determina su punto de funcionamiento en función de la temperatura de entrada y salida del agua al edificio y al terreno, conociendo así los rendimientos (COPs) con los que se va a trabajar. Estos rendimientos, intercambiando calor con las temperaturas a las que está el suelo, son de aproximadamente 4-4,5, mientras que si la bomba de calor intercambiara con el foco aire, tendrían un valor en torno a 2.

Con todos estos parámetros se determina la longitud de intercambiador y, por consiguiente, de perforación necesaria, realizando un análisis económico-energético. Es decir, debido a que el coste de ejecución del intercambiador (realización de las perforaciones) es elevado al ser una tecnología novedosa, es importante diseñar teniendo en cuenta el periodo de retorno de la inversión a partir de los ahorros que se van a obtener durante la explotación. En este proyecto se analizaron dos escenarios:

- Cubrir todas las necesidades térmicas del edificio con el intercambiador.
- Cubrir el 70% de la demanda de calefacción y el 100% de refrigeración.

De las dos opciones, se decidió incorporar al proyecto la segunda, resultando un intercambiador formado por 30 perforaciones de 135 metros en una configuración en malla de 10x3 con una separación entre perforaciones de 6,5 metros. La potencia instalada prevista en el sistema geotérmico es de 300 kW en calefacción y 250 kW en refrigeración, mientras que el resto de la demanda energética en calefacción se proporcionará con una bomba de calor aire-agua de unos 100 kW térmicos. La potencia geotérmica se modulará instalando varias bombas para un mejor funcionamiento del intercambiador enterrado por factores de simultaneidad.

En la siguiente tabla se muestra la simulación de la temperatura media mensual del fluido en el terreno, temperaturas siempre mucho más suaves que las temperaturas medias del aire exterior, lo que significa que el salto térmico que debe vencer la bomba de calor entre el edificio y el foco térmico es menor, por lo que su compresor trabaja en mejores condiciones, disminuyendo su consumo y aumentando el ahorro energético.

BASE LOAD: MEAN FLUID TEMPERATURES (at end of month)

Month	Year 1	Year 2	Year 5	Year 10	Year 25
JAN	9.03	8.37	7.45	6.74	5.90
FEB	8.82	8.29	7.39	6.69	5.86
MAR	9.50	9.09	8.23	7.54	6.70
APR	9.52	9.11	8.28	7.59	6.76
MAY	10.20	9.72	8.90	8.22	7.40
JUN	12.96	12.39	11.55	10.88	10.06
JUL	15.57	15.00	14.14	13.48	12.67
AUG	17.14	16.66	15.81	15.16	14.36
SEP	15.80	15.40	14.59	13.95	13.16
OCT	12.23	11.88	11.13	10.49	9.71
NOV	9.64	9.27	8.57	7.94	7.16
DEC	8.83	8.43	7.76	7.13	6.35

En la simulación de la evolución de temperaturas en el intercambiador hay que comprobar que, a lo largo de la vida útil de la instalación, el terreno no se sature térmicamente, es decir, que ni se caliente ni se enfríe considerablemente.

Respecto a la ejecución, hay que destacar que la perforación se efectúa habitualmente con un equipo de retoperación con martillo de fondo, con un diámetro que oscila entre los 150 y 200 mm, a la profundidad determinada por el cálculo. En la perforación se inserta una doble tubería de polietileno de alta densidad, de Ø 40 milímetros PN 16 SDR 11, unida en el extremo inferior formando un bucle. El sondeo, posteriormente, se rellena introduciendo arena silíceo de Ø 2-6 milímetros, sellándose los últimos metros con bentonita.

Resumiendo, el sistema geotérmico previsto será una fuente de calor y frío para el edificio durante el invierno y el verano, arrojando un ahorro energético anual de 368.000 kWh/año, aproximadamente, que evitará verter a la atmósfera 132 Tm de CO₂/año.

El edificio dispondrá de un sistema de monitorización que permita tener información del funcionamiento y que medirá el caudal que circula por el intercambiador y las temperaturas de entrada y salida de las bombas de calor al bucle exterior.

La idea es que el EVE se encargue del seguimiento del funcionamiento del intercambiador para

que esta experiencia sirva para el perfeccionamiento de futuras instalaciones.

El EVE dispone ya de experiencia en esta materia, pues ha diseñado y construido una instalación similar en el centro de investigación metalúrgico Azterlan, en Durango. Se trata de un edificio de 3.750 metros cuadrados, en el que la longitud del circuito de intercambio geotérmico consta de 2.750 metros de perforaciones y 7.500 metros de tubería de polietileno de 40 milímetros, longitud inferior a la prevista en el edificio de la UPV que dispondrá de 4.050 ml de perforaciones. Dado que el edificio de Durango lleva funcionando desde el mes de marzo, los datos disponibles son aún escasos, aunque las medidas obtenidas durante el verano de 2006 muestran una media de 340 kWh/día de consumo eléctrico del conjunto de generación bomba de calor/bomba circuladora primaria, valor realmente bajo.



Centro de investigación metalúrgico Azterlan de Durango.

Domótica

Dado que la integración de soluciones inmóticas en la edificación es normalmente rentable, tanto para el propietario del edificio, usuario final y en general para toda la sociedad, el centro las ha integrado para acrecentar la eficiencia de las medidas activas y pasivas adoptadas.

La primera decisión que se tomó fue la elección del sistema EIB/KNX, que es un estándar mundial y el único que cumple la norma europea EN50090, recomendada por la UE para implantaciones en edificios. Ésta es una garantía a presente y futuro debido a las opciones que posibilita en cuanto a la adecuación por posibles cambios.

El sistema se adapta a las necesidades del edificio en cada caso, ya que permitirá realizar modificaciones o ampliaciones futuras con facilidad, sin necesidad de desplegar un nuevo cableado y, además, permite adaptarse a las futuras posibilidades, como por ejemplo inteligencia ambiental, entendiéndose como tal la capacidad del edificio para comportarse según la utilización que le de el usuario.

La automatización de un edificio como éste se efectúa con la idea de optimizar el consumo energético y así conseguir un adecuado ambiente de trabajo, cumpliendo con las necesidades específicas de gestión, confort y seguridad deseables en este tipo de instalaciones. El ahorro energético y el aprovechamiento óptimo, económico y racional en su funcionamiento ha sido la prioridad a la hora de diseñarlo.

Mediante esta instalación se puede gestionar eficazmente y de manera óptima el consumo energético de la iluminación y climatización, lo que contribuye a la protección del medio ambiente y permite reducir dicho consumo.

Los detectores de movimiento que dispone consiguen que las luces no estén encendidas más tiempo del necesario en zonas de paso. La regulación constante de la iluminación en los despachos, laboratorios, salas de conferencias evitará consumir más energía de la necesaria para una correcta visibilidad; en caso de luz natural suficiente, las luminarias no se encenderán. En algunas ocasiones, como en el garaje, los fluorescentes no se apagarán, sino que se regulará su intensidad a un mínimo evitando, de esta forma, el consumo de encendido y apagado, que es el gasto principal de los fluorescentes, así como la duración de dichos consumibles, hasta que no se detecte presencia de vehículos o peatones. Con la solución propuesta es posible lograr un ahorro de energía de hasta un 70% en la iluminación del edificio (siendo la media del 40% con una amortización media de 3 años).

Por otro lado, la instalación proporciona un control óptimo de la climatización. Las entradas de calor en cada estancia, zona, planta, etc. se ajustan individualmente mediante controladores específicos. El sistema reduce de forma automática la demanda de calefacción cuando las estancias o el edificio queden vacías, aunque sea en un corto espacio de tiempo. De la misma manera, se medirá la eficacia térmica del cerramiento. Se estima que las medidas anteriores hacen posible alcanzar un ahorro de energía de más de un 30% al año en climatización.

Además, todo el sistema se podrá gestionar desde un puesto de control (incluso desde una PDA), lo que facilitará las tareas diarias de gestión del personal del edificio.

La optimización de recursos y las soluciones de confort, seguridad y sobre todo ahorro, son responsabilidad del usuario final y del servicio de mantenimiento de la UPV. El usuario disfruta de unas condiciones de luz y temperatura de forma automática, racional y sin necesidad de intervención manual. El ahorro total previsto permitirá amortizar la instalación realizada en un periodo de 3-5 años.

ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La finalidad de este tipo de estudios es demostrar que el edificio cumple con los requisitos exigidos por el Código Técnico de la Edificación y el Documento Básico HE Ahorro de Energía y, además, permitir optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales disponibles.

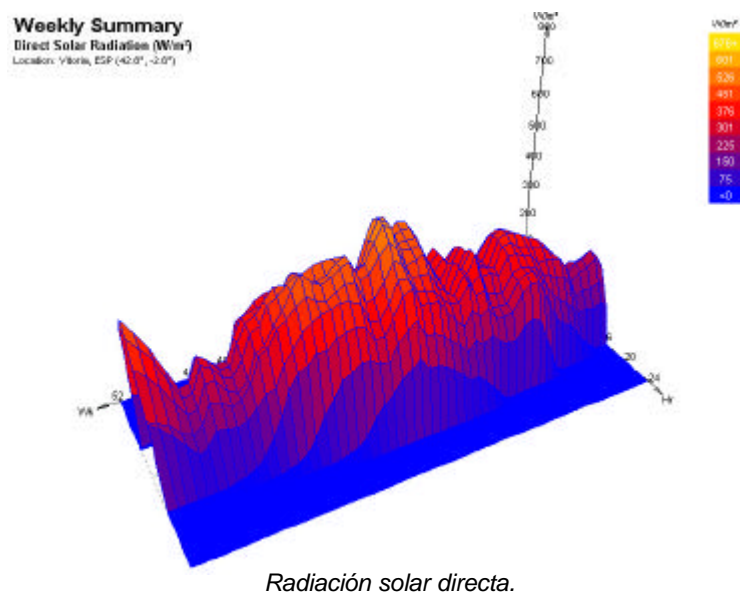
En el estudio efectuado sobre el proyecto básico –un poco más desarrollado de lo que es habitual– se analizan diversas posibilidades para mejorar el rendimiento del edificio en la fase de proyecto mediante medidas asequibles y rentables desde el punto de vista técnico y económico. Las citadas mejoras se tienen en cuenta en el proyecto de ejecución. Con esta forma de proceder, las recomendaciones se pueden analizar y cuantificar, incorporando en el proyecto constructivo aquellas que realmente son más adecuadas desde el punto de vista energético.

Las magnitudes que se analizan son:

- Demanda de calefacción.
- Demanda eléctrica para iluminación.
- Emisiones de CO₂ asociadas a ambos consumos.

Para el cálculo de la demanda de climatización, se utilizó el método de evaluación dinámica CIBSE, desarrollado por el Chartered Institute of Building Service Engineers británico, que permite dimensionar adecuadamente las instalaciones de calefacción y refrigeración de un edificio, esto es, la demanda neta de energía prevista, así como el máximo valor de potencia necesario en los picos de consumo.

En el caso de la demanda de iluminación, se ha partido de la iluminación natural en los luxes del cielo de Vitoria que, como se sabe, aporta 7.518 luxes (Fórmula de Tregenza) en espacio abierto un día cubierto. Este valor representa el mínimo valor de iluminación que existe, el 85% del tiempo comprendido entre las 9:00 y las 17:00h durante todo el año.



También se han evaluado las necesidades de energía eléctrica para la iluminación, pero sin profundizar en la distribución superficial de la misma ni en otros aspectos que tienen relación, como el calor, la integración con la luz natural, etc. No obstante, anticipándonos en su momento a las exigencias del CTE, el edificio dispone de un circuito perimetral, el más próximo a la fachada, con un sistema de iluminación conjugada que regula la iluminación artificial en función de la natural existente.

El método seguido para analizar las oportunidades de mejora fue estudiar los siguientes casos:

- **Caso 0 - Edificio de referencia del CTE.**

Los datos obtenidos fueron los que figuran en la siguiente tabla.

	CARGA CALEFACCIÓN (kWh)	CARGA REFRIGERACIÓN (kWh)
	435.000	243.000
Por m ²	128	71

Valores similares a los obtenidos del cálculo de demanda energía previo, efectuado para dimensionar el intercambiador.

- **Caso 1 - Edificio proyecto básico.**

	CARGA CALEFACCIÓN (kWh)	CARGA REFRIGERACIÓN (kWh)
	412.000	170.000
Por m ²	121	50

Lo que supone una **mejora en calefacción del 5,5%** con relación al edificio de referencia y un **30% en refrigeración** como consecuencia del efecto de **sombreado de la fachada sur**.

A partir de este momento, es cuando se efectuó el trabajo que aporta más valor: estudiar el efecto sobre la eficiencia del edificio de los posibles escenarios de mejora.

En el estudio se analizaron las siguientes posibilidades:

Caso 2- Modificar el tipo de vidrio previsto en el edificio del proyecto básico por un **vidrio doble de cámara simple**, con tratamiento de capa **tipo Planitherm 4-12-4**, con una transmisión luminosa de 76%, factor solar 0,63 y coeficiente de transmisión térmica $U = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

EDIFICIO PROYECTO		EDIFICIO VIDRIO CASO 2	
CARGA CALEFACCIÓN (kWh)	CARGA REFRIGERACIÓN (kWk)	CARGA CALEFACCIÓN (kWh)	CARGA REFRIGERACIÓN (kWk)
412.000	170.000	371.000	180.000
Por m ² 121	50	109	52

En este caso, el resultado obtenido en **calefacción** supone una **mejora del 11%, empeorando la refrigeración en un 6%**, siendo compensado holgadamente este perjuicio por la mejora en climatización, además de mejorar sobradamente el consumo del edificio de referencia.

El empleo de vidrios con menor factor solar da lugar a que las necesidades de refrigeración sean menores ya que la radiación incidente se reduce. Dado que el consumo de refrigeración es una pequeña parte del consumo energético, parece más interesante centrar los esfuerzos en la mejora del consumo de calefacción.

Caso 3- Modificar el vidrio por un **vidrio doble con cámara simple tipo Cool-lite 6-12-4** de transmisión luminosa 50%, factor solar 0,36 y coeficiente de transmisión forma $U=1,7 \text{ W/m}^2\text{k}$.

EDIFICIO PROYECTO		EDIFICIO VIDRIO CASO 2	
CARGA CALEFACCIÓN (kWh)	CARGA REFRIGERACIÓN (kWk)	CARGA CALEFACCIÓN (kWh)	CARGA REFRIGERACIÓN (kWk)
412.000	170.000	373.600	172.000
Por m ² 121	50	110	51

En este caso, la **mejora en calefacción** es del 10% y las **pérdidas en refrigeración de 1%**.

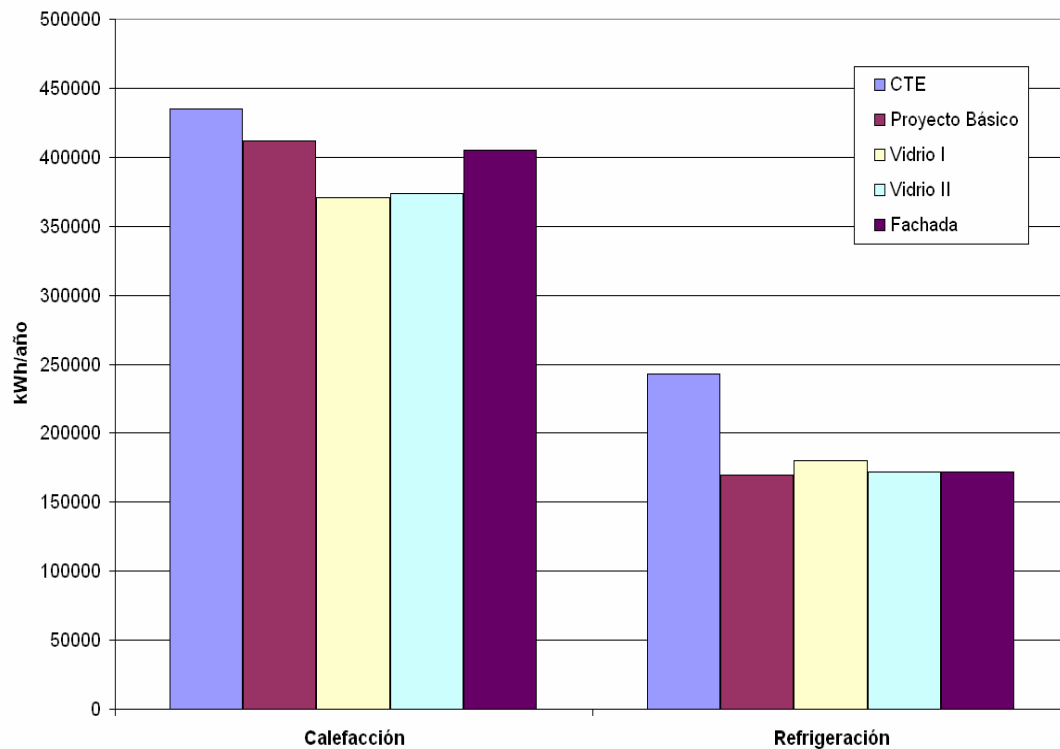
Caso 4- Aumentar el aislamiento de poliuretano en **15 mm más** de espesor de poliuretano, de tal forma que el espesor total pase a ser 50 mm.

EDIFICIO PROYECTO		EDIFICIO MAYOR AISLAMIENTO	
CARGA CALEFACCIÓN (kWh)	CARGA REFRIGERACIÓN (kWk)	CARGA CALEFACCIÓN (kWh)	CARGA REFRIGERACIÓN (kWk)
412.000	170.000	405.000	172.000
Por m ² 121	50	119	51

Como se puede ver, el incremento de espesor del aislamiento de poliuretano no es una buena estrategia, ya que no mejora prácticamente nada y además penaliza el edificio en verano al no permitirle disipar el calor generado por las cargas internas.

Del análisis de los casos estudiados se concluye que la solución de mejorar los vidrios presenta un mejor comportamiento que la optimización de las fachadas.

Comparativa de casos analizados



Los resultados obtenidos para las demandas de energía eléctrica para iluminación.

	Luminancia media por m ²	Superficie a iluminar (m ²)	Aportación natural media (lux)	Potencia equivalente (W/m ²)	Aportación Artificial (lux)	Potencia Unitaria (W/m ²)	Potencia total día (W)	Potencia total noche (W)
Planta Sótano	150	1.742	25	0,81	125	4,06	7.077	8.492
Oficinas y aulas	600	1.783	100	3,25	500	16,25	28.974	34.769
Laboratorios	900	2.485	100	3,25	800	26,00	64.610	72.686
Pasillos	300	1.458	100	3,25	200	6,50	9.477	14.216
Aseos 1 y 2	300	450	100	3,25	200	6,50	2.925	4.388
TOTAL		7.918					105.986	126.058

Energía en:

Planta Sótano	27.897	kWh/año
Oficinas y Aulas	114.215	kWh/año
Laboratorios	247.618	kWh/año
Pasillos	41.509	kWh/año
Aseos 1 y 2	12.812	kWh/año
TOTAL	444.050	kWh/año

Cabe destacar el hecho de que el consumo de energía en iluminación supone la tercera parte del consumo total de energía del edificio.

Por último, indicar que las emisiones de CO₂ asociadas a los casos analizados son los que se muestran en la siguiente tabla:

	Calefacción Tn/año	Refrigeración Tn/año	TOTAL Tn/año
Edif. Referencia del CTE	87	36	123
Edif. proyecto	82	25	107
Caso 1 4-12-4 Climat. Con Planitherm	73	26	99
Caso 2 6-12-4 Cool-Lite	74	25	99
Caso Aislamiento 50 mm	81	25	106
Iluminación	-	-	56

CERTIFICACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA (CADEM)

A la vista del proyecto de ejecución, el edificio presenta, en todas las instalaciones energéticas estudiadas, sistemas muy eficientes.

- ✓ En el sistema constructivo, todos los cierres, tanto a exterior como a local no calefactado, presentan aislamiento térmico y se utiliza acristalamiento de baja emisividad. Lamas orientables motorizadas para evitar excesivo soleamiento en verano a través de los huecos acristalados.
- ✓ En climatización, sistema basado en bombas de calor con aprovechamiento geotérmico con elevados rendimientos, climatizadoras de aire primario con unidades de recuperación del calor y sistema de regulación centralizado informáticamente.
- ✓ En iluminación, sistema basado en lámparas de bajo consumo y tubos fluorescentes, con regulación de la potencia en función de la iluminación natural en el perímetro de todo el edificio.

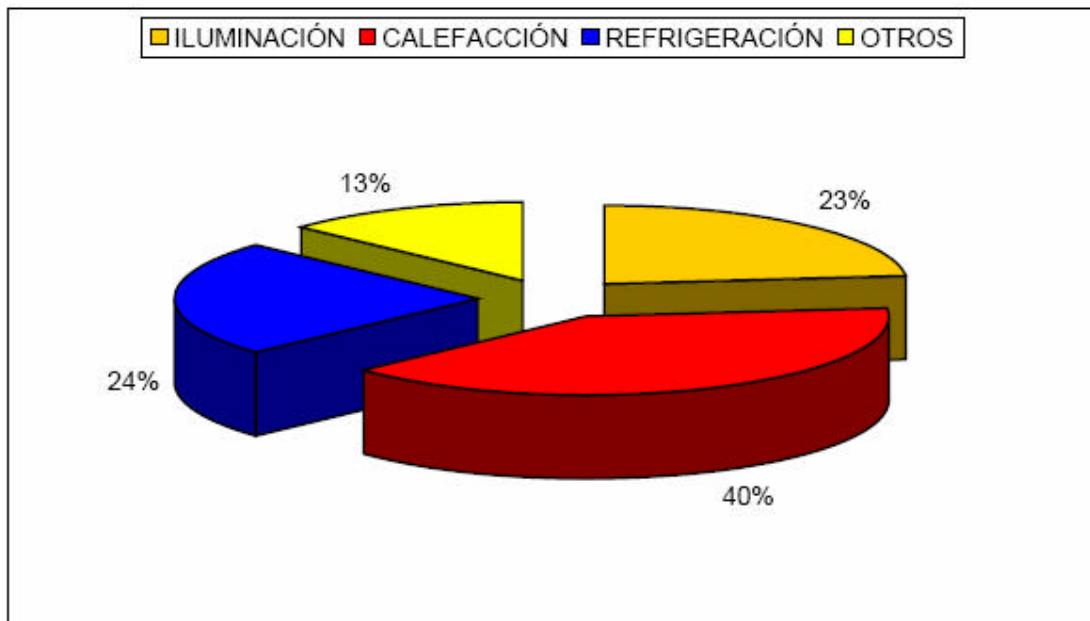
El Certificado de Eficiencia Energética de CADEM compara el consumo del edificio en proyecto con el que tendría ese mismo edificio si cumpliera estrictamente con la normativa aplicable, tanto en el sistema constructivo como en las instalaciones térmicas y eléctricas.

Después de la simulación realizada tanto en el edificio de referencia como con el edificio de proyecto, los consumos estimados son los siguientes:

Sistema	Edificio Referencia	Edificio de proyecto
Calefacción	243.000	149.000
Iluminación	115.000	87.000
Refrigeración	144.000	89.000
Otros	49.000	49.000
E.Fotovoltaica	-	-51.000
TOTAL	551.000	322.000

Nota: consumo energético kWh/año

Siendo la distribución de consumos:



La reducción del consumo de energía obtenida representa una disminución de las emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera, reflejada en la tabla siguiente:

Energía	Reducción	NO _x	CO	SO ₂	P.S.	V.O.C	CO ₂
Electricidad	229.000 kWh/año	173	34	1.134	34	14	115.000

Nota: Reducción de emisiones de contaminantes (Kg/año)

P.S: Partículas sólidas

V.O.C: compuestos orgánicos volátiles

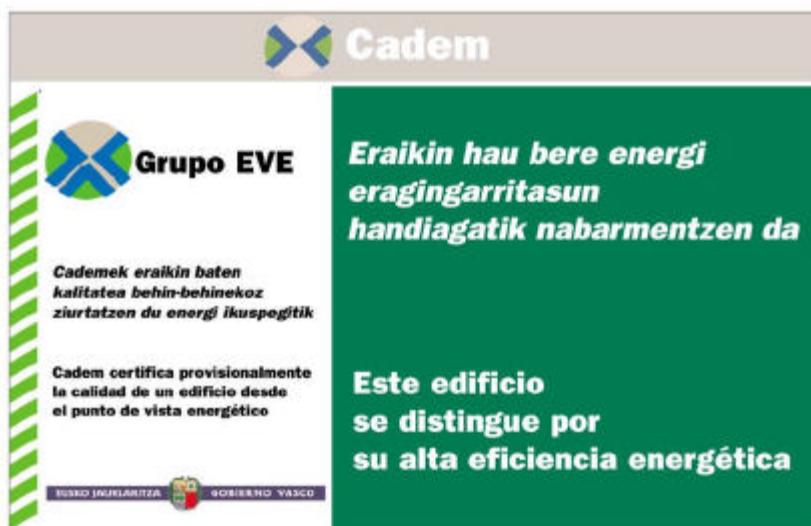
La clasificación obtenida depende del coeficiente de consumo que se obtiene dividiendo el consumo del proyecto entre el que tiene el de referencia que, en este caso arroja el valor siguiente:

$$\text{Coeficiente de consumo} = 322.000 / 551.000 = 58,5\%$$

Con este valor la calificación energética obtenida por el edificio es la siguiente:



El objetivo que se persigue al certificar a edificios no residenciales es conseguir que los edificios de nueva planta sean capaces de proporcionar un elevado confort a sus ocupantes para así mejorar su productividad y bienestar, al tiempo que se minimiza el consumo de energía.



Cartel de obra de CADEM

CONCLUSIÓN

Los requisitos que fija la normativa son los mínimos que legalmente puede tener una edificación, pero pueden ser perfectamente superados si se siguen estrategias bioclimáticas que no tienen porqué encarecer el producto final y que, en cualquier caso, deben ser consideradas una inversión.

La instalación y diseño de un sistema de climatización geotérmico supone un salto cualitativo en la utilización de recursos energéticos renovables, ya que su aplicación hasta el momento se situaba esencialmente en un medio experimental. De otro lado, la instalación de paneles fotovoltaicos conlleva la dotación de un sistema limpio para generar energía, que debe garantizar además un suministro alternativo para el equipamiento crítico de experimentación y conservación de muestras, del Centro y sus laboratorios de investigación, muy sensibles a la falta del suministro de la red convencional. Las actuaciones vinculadas a la domótica suponen, por último, la optimización continua y garantizada en la eficiencia energética, en base a una regulación adecuada a cada momento, del funcionamiento de las distintas instalaciones y componentes del edificio, que tienen un efecto decisivo en el consumo y ahorro energético.

En este edificio la Administración y, en concreto la Universidad del País Vasco apuestan por la eficiencia energética que, siendo sólo una herramienta para intentar conseguir la sostenibilidad, es un paso adelante para conseguir un desarrollo sostenible, entendiendo por tal aquél que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades, tal como lo definió la Comisión Brundtland en 1987.

BIBLIOGRAFÍA / REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bose, J.E. et Al. 2001. "Advances in Ground Source Heat Pump Systems an Internacional Overview"
- Caneta Research Inc 1995. "Comercial/Institutional Grond-Source Heat Pump Engineering Manual". ASHRAE
- Caneta Research Inc 1998. "Operating Experiences With Commercial Ground-Sources Heat Pump Systems. ASHRAE
- EPA 1993. "Space Conditioning: The Next Frontier, Office of Air and Radiation. R-93-004
- FTA 1993. "Ground-Source Heat Pumps Applied to Federal Facilities-Second Edition"
- GHPC 1999. "Geoexchange Heating and Cooling Systems: Fascinating Facts"
- IGSHPA, Varios manuales (6) sobre diseño e instalaciones
- Kavanaugh, S. P. & Rafferty, K. 1997. "Ground-Source Heat Pumps Design of Geothermal Systems For Commercial and Institutional Buildings". ASHRAE
- McCray, K. (Ed) 1999. "Guidelines for the Construction of Vertical Boreholes for Closed Loop Heat Pump Systems. National Ground Water Association-Geoexchange
- Monasterio R., Hernández P., Saiz J. 1993 "La bomba de calor. Fundamentos, técnicas y aplicaciones" Serie electrotecnologías MacGraw Hill/ Eve/ Iberdrola
- Shonder, J.A. & Beck, J.V. 2000. "A New Method to Determine the Termal Properties of Soil Formations from In Situ Field Tests. Oak Ridge National Laboratory. USDOE
- VDI 2004, VDI 4640 Termal Use of the Underground, Part 2 Ground Source Heat Pump Systems,

CRÉDITOS

- UPV. Servicio de Patrimonio y Obras
Apoyo a la obtención, realización del proyecto bioclimático y la tramitación de subvenciones.
Ignacio Ruiz de Gordejuela
- EVE (Ente Vasco de Energía)
Asesoría técnica en el diseño del intercambiador.

Realización de ensayos in situ del terreno.
Iñigo Arrizabalaga
- CADEM
Certificado de Eficiencia Energética de Edificios.
Oscar Puche Ormaetxea
- CIDEMCO Centro Tecnológico
Cálculos de eficiencia energética.
Sergio Saiz
- ENERGESIS INGENIERIA S.L.
Colaboración en el diseño previo del intercambiador.
Teresa Magraner
- ASETECNIC S.L.
Proyecto de instalaciones.
José Luís García Cruz
- ETAP
Iluminación.
Alfonso González Barandilla
- TECDOA S.L.
Domótica.
Jordi Monreal