



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PASIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA MÁXIMA EN EL PARANINFO DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

AUTOR: MIGUEL BEATO PÉREZ

TUTOR: FRANCISCO BARCELÓ RUESCAS

Curso Académico: 2016-17

ÍNDICE:

<u>MEMORIA</u>	<u>3</u>
OBJETO DEL PROYECTO _____	<u>3</u>
INTRODUCCION _____	<u>4</u>
Antecedentes _____	<u>4</u>
Motivación _____	<u>6</u>
Justificación _____	<u>6</u>
NORMATIVA _____	<u>7</u>
SOFTWARE _____	<u>8</u>
DESCRIPCION DEL EDIFICIO _____	<u>9</u>
Descripción general y emplazamiento _____	<u>9</u>
PROCEDIMIENTO _____	<u>14</u>
Cerramientos _____	<u>17</u>
Muros exteriores _____	<u>17</u>
Particiones _____	<u>18</u>
Cubierta plana _____	<u>19</u>
Suelos interiores _____	<u>20</u>
Suelo con el terreno _____	<u>20</u>
Huecos _____	<u>21</u>
Superficie acristalada _____	<u>21</u>
Puertas _____	<u>23</u>
Cargas térmicas internas: Ocupación, iluminación y equipamiento eléctrico _____	<u>24</u>
Ocupación y actividad _____	<u>28</u>
Iluminación _____	<u>31</u>
Equipos _____	<u>35</u>
SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS _____	<u>37</u>
Refrigeración _____	<u>37</u>
Calefacción _____	<u>42</u>

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PASIVAS	45
Estudio de las medidas de ahorro energético pasivas ya implantadas	46
Cambio de ventanas	46
Aislamiento de la envolvente térmica	49
Agrupación de medidas	51
Estudio de inclusión de nuevas medidas de ahorro energético	53
Instalación de voladizos sobre las ventanas	53
Conversión de la cubierta del edificio en un <i>green roof</i>	55
Aumento de la estanqueidad del edificio	57
CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFÍA	61
PRESUPUESTO	62
ANEXO 1	63
PLANOS	69

OBJETO DEL PROYECTO

La finalidad del proyecto realizado es el estudio de las cargas térmicas presentes en el edificio de rectorado y del paraninfo de la Universidad Politécnica de Valencia con el fin de obtener la demandas energéticas pico de climatización y refrigeración en este. Acto seguido se dispondrá a proponer medidas pasivas para la reducción de la potencia consumida con un estudio asociado a cada una de ellas para poder evaluar la rentabilidad de su aplicación.

Para la realización de este proyecto se ha empleado la herramienta de simulación energética en edificios Design Builder. En esta se modela el edificio objeto a partir de sus planos, los datos de ocupación y actividad, la composición de los muros, techos y ventanas de este además de la iluminación y presencia de otros elementos consumidores de energía.

Este modelo será después simulado tanto en periodo estival como invernal para obtener la demanda máxima esperada en cada periodo y en cada zona dependiendo de su actividad y uso para poder acto seguido proponer medidas pasivas de ahorro energético y observar su aplicabilidad.

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

Es demostrable que el consumo de energía global haya aumentado de forma muy pronunciada en las últimas décadas, sin ir más lejos el incremento del consumo de energía primaria mundial entre el año 1989 y 2014 fue aproximadamente de un 62%, de este consumo de 2014 el 86% lo conformaron los combustibles fósiles (fuel, gas natural y carbón) los cuales, a pesar de las mejoras introducidas en ese campo respecto a la reducción de emisiones, siguen siendo las formas de energía más contaminantes.

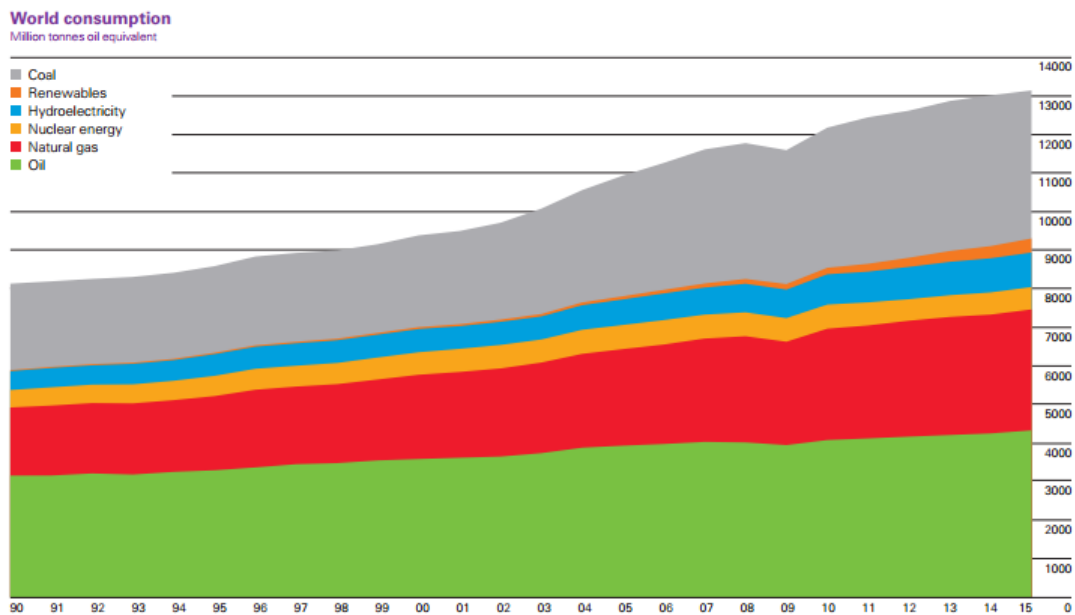


Ilustración 1. Evolución del consumo de energía primaria de 1990 a 2015

(BP Statistical Review of World Energy, 2016)

El uso reiterado de estas formas de producir energía y el crecimiento acuciante de la demanda energética global ha llevado a un punto en el cual resulta imperante la introducción de más sistemas de generación eléctrica alternativos, limpios y renovables, así como la introducción de medidas de ahorro energético en los puntos de consumo ya existentes aplicadas en todos los sectores, desde el industrial hasta el sector terciario y residencial pasando por muchos otros como el del transporte o el alumbrado público.

Esta necesidad de reducir la demanda energética ha empezado a hacerse notar con la fundación de organismos como el IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía) y la aplicación de planes de ahorro energético impulsados por instituciones como la Unión Europea, entre muchas otras, la cual marcó el objetivo de lograr una reducción del 20% del consumo energía primaria para el año 2020 en comparación con los valores de 2011, consecuencia de la cual se elaboró en España el Plan Nacional de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 impulsado por el Ministerio de Energía en colaboración con el IDAE.

Respecto a la aplicación de este tipo de medidas en el sector de la edificación se han tomado medidas de cara a asegurar la eficiencia energética en los edificios de nueva construcción o en los ya construidos ya sea debido a modificaciones sustanciales o por decisión propia, certificándolos en función de su eficiencia en función de los parámetros establecidos en el Código Técnico de la Edificación.

Esto es debido a que en 2015 cerca del 18% de la energía final a nivel nacional se consumió en el sector residencial y un 12.5% el porcentaje correspondiente al sector servicios. Del total del consumo de estos últimos edificios más de la mitad del consumo está asociado a la climatización siendo este el punto actuación más importante seguido de la iluminación y el equipamiento eléctrico.

Se observa que a pesar de la situación económica en España y de que se pueda identificar un descenso del consumo en casi todos los sectores a partir del año 2008 el consumo energético en el sector servicios es de los pocos que ha aumentado recientemente.

Fuentes ktep	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Industria	27.449	25.832	21.205	21.449	21.371	20.774	20.800	20.006	18.915
Transporte	42.328	40.531	37.911	37.192	36.037	33.348	31.785	31.989	33.595
Residencial	15.624	15.495	15.923	16.920	15.627	15.525	14.882	14.709	14.876
Servicios	8.819	9.296	9.405	9.797	10.203	10.046	9.615	8.845	10.037
Agricultura y Pesca	2.943	2.695	2.359	2.240	2.401	2.714	2.851	2.769	2.491
Otros	962	786	965	1.487	1.032	746	839	907	548
TOTAL	98.124	94.636	87.769	89.084	86.671	83.152	80.771	79.225	80.461

Ilustración 2. Estructura de Consumo de Energía Final (ktep) por Sectores. 2007-2015

(Plan Nacional de Ahorro y Eficiencia Energética, IDAE y MINETAD, 2016)

MOTIVACIÓN

El fin de este proyecto, y de otros de índole similar, es estudiar y analizar las posibilidades para la reducción de demanda energética máxima del edificio estudiado, especialmente el porcentaje referente a la potencia destinada a calefacción y refrigeración sin necesidad de reemplazar las propias máquinas climatizadoras ni reduciendo el grado de confort térmico, sino actuando sobre el conjunto de cargas térmicas que condicionan su consumo.

Lo que se busca es evaluar la implantación de medidas de ahorro energético pasivas que mejoren la eficiencia energética del edificio, las cuales se traducirán en un ahorro económico mensual y en una reducción de las toneladas de CO₂ equivalentes vertidas a la atmósfera colaborando así además con el desarrollo sostenible y manteniendo un control para evitar el despilfarro energético.

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto consta en un proceso de modelado 3D el cual permite calcular la demanda máxima de climatización, para ello es necesario conocer todos los parámetros que afecten en este valor. La identificación de estos parámetros es fundamental en el ámbito de la eficiencia energética en edificios, y es objeto de este trabajo el ser capaz de establecer las relaciones entre estos valores y la capacidad de diseño de refrigeración y calefacción así como de estudiar qué medidas de ahorro energético se pueden aplicar para reducir esta demanda en función de los resultados de la simulación y evaluar si el impacto que estas medidas generan es suficiente para proponer su aplicación.

NORMATIVA

En España, en el ámbito de la eficiencia energética, el documento que recoge los mínimos a cumplir es el Código Técnico de la Edificación (CTE). Este entró en vigor el 17 de marzo de 2016 y está redactado base a las pautas y recomendaciones establecidas por el IDAE, organismo asociado al Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.

Todos los edificios construidos hasta 6 meses después de la entrada en vigor del CTE se ven obligados a cumplir las especificaciones recogidas en este. Sin embargo, aunque tanto el edificio de rectorado como el paraninfo datan de una fecha bastante anterior a la publicación de este documento, nos basaremos en las pautas ahí establecidas de cara a establecer las características constructivas de las cuales no se dispongan datos.

El CTE presenta dos tipos de documentos, aquellos de obligado cumplimiento, llamados DB junto con varios documentos de apoyo a estos, y documentos de terceras fuentes reconocidos por el CTE. De todos los documentos DB los que resultan más importantes para la tarea empleada son los que se encuentran bajo la categoría DB-HE. Estos están enfocados únicamente al ámbito del ahorro energético y presenta seis puntos los cuales se enfocan a la limitación del consumo y la demanda energéticas, la mejora de la eficiencia en las instalaciones térmicas y la iluminación y la aplicación de la energía solar ya sea térmica para la producción de agua caliente sanitaria o fotovoltaica para generar un porcentaje de la energía eléctrica. El punto más importante en nuestro caso particular es la mejora de la eficiencia de las instalaciones térmicas el cual está redactado en base al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) del Ministerio de Energía.

De este último documento, el RITE, se han empleado los valores allí definidos de cara a determinar el caudal de aire a renovar mediante el sistema de ventilación del edificio en función del uso y tareas realizadas en este.

Para los datos de los cuales no proporcione información el Código Técnico de la Edificación se usarán las especificaciones de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

SOFTWARE

Para realizar el cálculo de la demanda energética de climatización del edificio se emplea el software de simulación energética en edificios Design Builder.

Design Builder emplea el motor de cálculo de EnergyPlus, de gran potencia y utilizado en un ámbito mundial, combinándolo con una interfaz sencilla e intuitiva la cual permite introducir prácticamente cualquier geometría y modificar la gran mayoría de los parámetros característicos sin necesidad de introducir comandos complejos.

Con este programa se es capaz de pasar los planos del edificio a un modelo 3D, modificar la composición de los cerramientos al detalle gracias a la biblioteca de diferentes materiales y composiciones tipo de las que dispone, cambiar la localización geográfica para que se ajusten con los datos climatológicos reales, introducir los datos de cargas térmicas (ocupación, iluminación y otros elementos consumidores de electricidad, ventilación...) e incluso opciones más concretas como la existencia de cortinas o similares o la presencia de edificios cercanos que puedan arrojar sombra.

Los resultados de la simulación realizada por este software serán capaces de arrojar luz sobre el consumo de climatización y refrigeración del edificio bien en los días con las condiciones más desfavorables para poder analizar los valores máximos o bien a lo largo de un año permitiendo ver tanto estos valores como la contribución de las diferentes cargas térmicas en cada momento y en cada zona, aportando la información suficiente para poder identificar los puntos críticos donde el consumo sea mayor pudiendo elegir las medidas de ahorro que mejor se adapten a nuestro caso.

DESCRIPCION DEL EDIFICIO

DESCRIPCIÓN GENERAL Y EMPLAZAMIENTO

El edificio objeto del estudio se trata del conjunto de edificios 2E y 3ª del Campus de Vera de la Universidad Politécnica de Valencia. En este se realizan múltiples funciones vitales para el funcionamiento de la universidad.

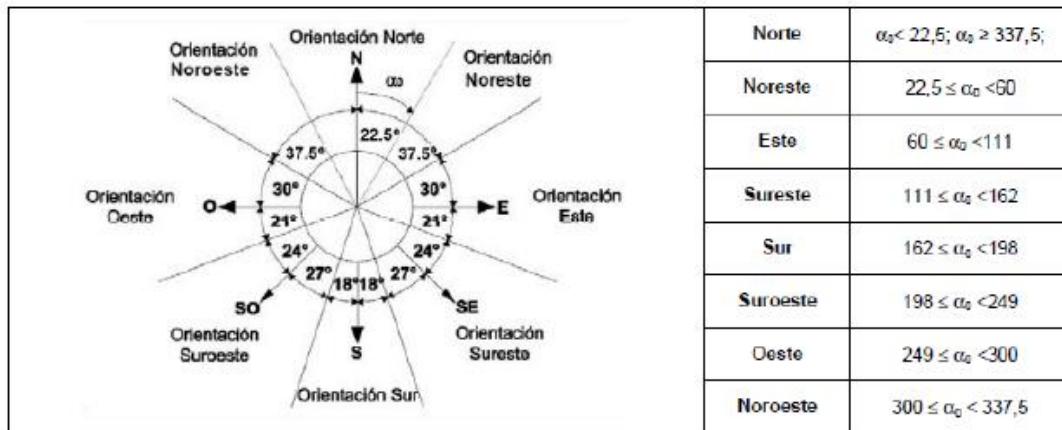
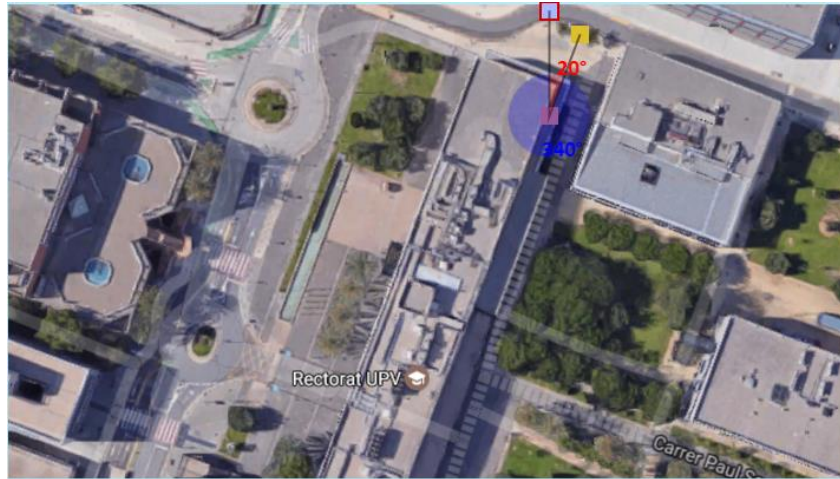


Ilustración 3. Orientaciones de las fachadas.

(IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2012)

Según la figura A1 del DB-HE 1 del Código Técnico de la Edificación sobre la orientación de las fachadas estas se calculan en función del ángulo α que forman la normal de dicha fachada con el norte geográfico en dirección horaria, en función de ese ángulo, se dirá que la fachada está orientada en uno de los ocho puntos cardinales.

En nuestro caso, como se muestra en la Ilustración 4, la fachada superior tiene una orientación de 20° respecto al norte geográfico lo cual implica que esta tiene orientación norte. Al tener el edificio una planta rectangular con sus fachadas opuestas paralelas entre sí, la orientación del resto de fachadas en sentido horario es este, sur y oeste.



Il·lustració 4. Orientación de la fachada norte de los edificios 2E y 3ª

El ala que se encuentra a la izquierda de la entrada principal se trata del edificio de rectorado, en él se alojan departamentos tales como el servicio de infraestructura y mantenimiento, administración, recursos humanos, asuntos generales, la escuela de rectorado y los despachos del rector y los vicerrectores de la universidad. Adjunto a este en la zona suroeste se encuentra el edificio de alumnado, de construcción más reciente.



Il·lustració 5. Edificio de alumnado en la cara suroeste del edificio



Ilustración 6. Detalle del muro cortina del edificio de alumnado

El ala situada a la derecha de la entrada principal es el edificio del paraninfo, en este se halla el departamento de cultura y el consejo social, así como una amplia sala de exposiciones, salones de actos y el auditorio de la universidad, entre otros servicios.



Ilustración 7. Fachada norte del edificio del paraninfo correspondiente a la zona del auditorio



Ilustración 8. Detalle del muro cortina de la fachada este del edificio del paraninfo

La fachada principal del edificio está orientada al este y tiene una longitud de 150 metros, la parte de esta fachada correspondiente al paraninfo presenta una construcción de tipo muro cortina completamente acristalada a lo largo de la planta baja y parte de la primera planta, sin embargo, el muro exterior de la parte del auditorio no presenta ventanas, dato interesante de cara al consumo de refrigeración teniendo en cuenta la importancia de la carga de ocupación en esta zona. No obstante, la parte oeste presenta una distribución más uniforme respecto a la composición de los muros y la presencia de ventanas.



Ilustración 9. Fachada principal (este) del edificio de rectorado



Ilustración 10. Fachada oeste del edificio de rectorado

Las fachadas laterales orientadas al sur y al norte tienen una longitud de 18 metros. El edificio de alumnado tiene una planta cuadrada de 30 metros de lado con un muro cortina similar al presente en parte del edificio del paraninfo situado en su cara norte y con una composición de muros igual a la del conjunto del edificio en el resto de sus fachadas.

PROCEDIMIENTO

El primer paso antes de introducir la geometría del edificio en Design Builder se trata de simplificar los planos, esto es debido a que Design Builder permite importar un archivo .dxf y emplearlo como plantilla, así, si se representan todos los cerramientos como una sola línea resultará más sencillo inscribir la estructura sin que estorben las coacciones en puntos no deseados.

Así se pasa de un plano complejo y recargado a uno más esquemático y de exactamente las mismas dimensiones como se puede observar en el ejemplo de la ilustración 11 para la primera planta.

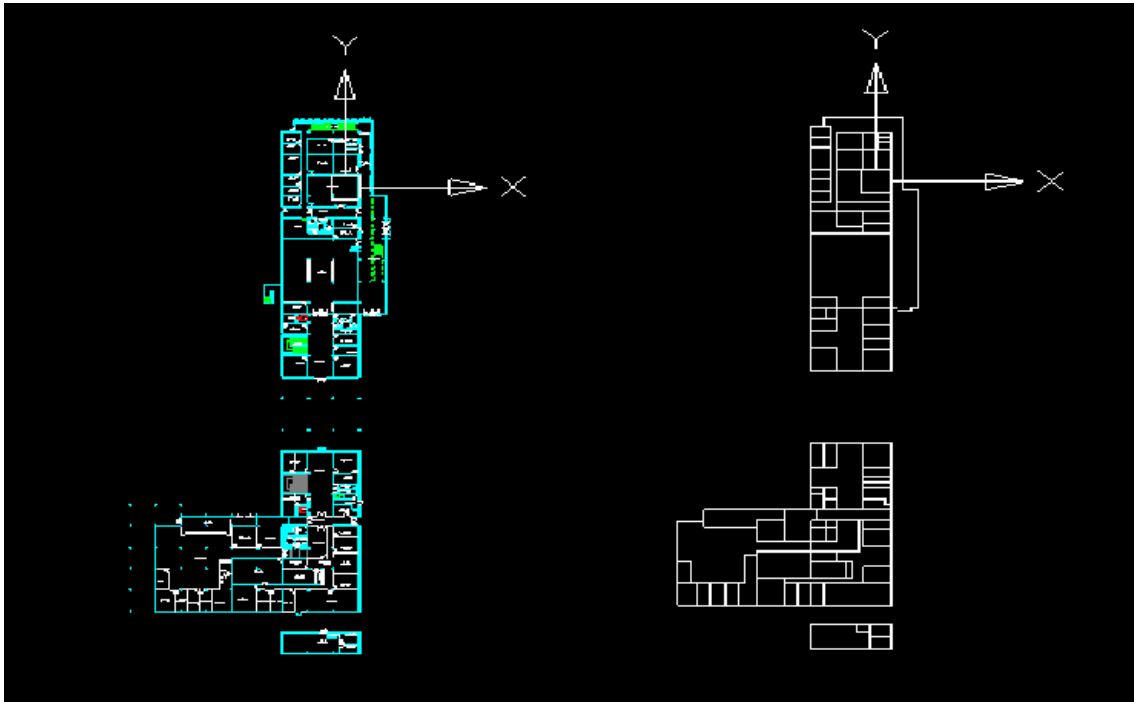


Ilustración 11. Comparativa entre el plano de la planta baja original y el simplificado

Se crea un nuevo edificio y se introduce el documento .dxf simplificado como plantilla en Design Builder, y aprovechando las coacciones que el programa es capaz de hacer con los vértices del plano usado como guía se inscribe toda la geometría exterior bloque a bloque y posteriormente se define la altura de cada piso, en nuestro caso según los planos es de 3,4 metros el primer piso, 3,8 el segundo y 4,1 el tercero. El conjunto del edificio estudiado está compuesto por cinco bloques, estando la planta baja separada en 3 bloques diferentes mientras que la primera y segunda planta son continuas y por ende se pueden representar como un único bloque cada una.

Después de crear todos los bloques y colocarlos en posición se pueden dibujar las particiones interiores fácilmente seleccionando cada una de las zonas y empleando el comando “Dibujar particiones”.

Puesto que el edificio no presenta construcciones muy complejas se han empleado directamente bloques de tipo edificio. Si este hubiese sido más complicado se habrían empleado bloques de tipo contorno, los cuales son simplemente figuras 3D sin datos de cerramientos por lo que se puede modificar su forma sin tanto volumen de simulación y después convertirlos a bloques de tipo edificio.

Se han utilizado bloques de tipo componente, los cuales tampoco presentan datos constructivos para representar los edificios cercanos, y las pasarelas y escaleras exteriores que puedan arrojar sombra sobre el edificio objeto de nuestro estudio. En este caso en concreto, el edificio lo suficientemente próximo como para afectar con su sombra al nuestro es el edificio 3F, situado al noreste del bloque estudiado.

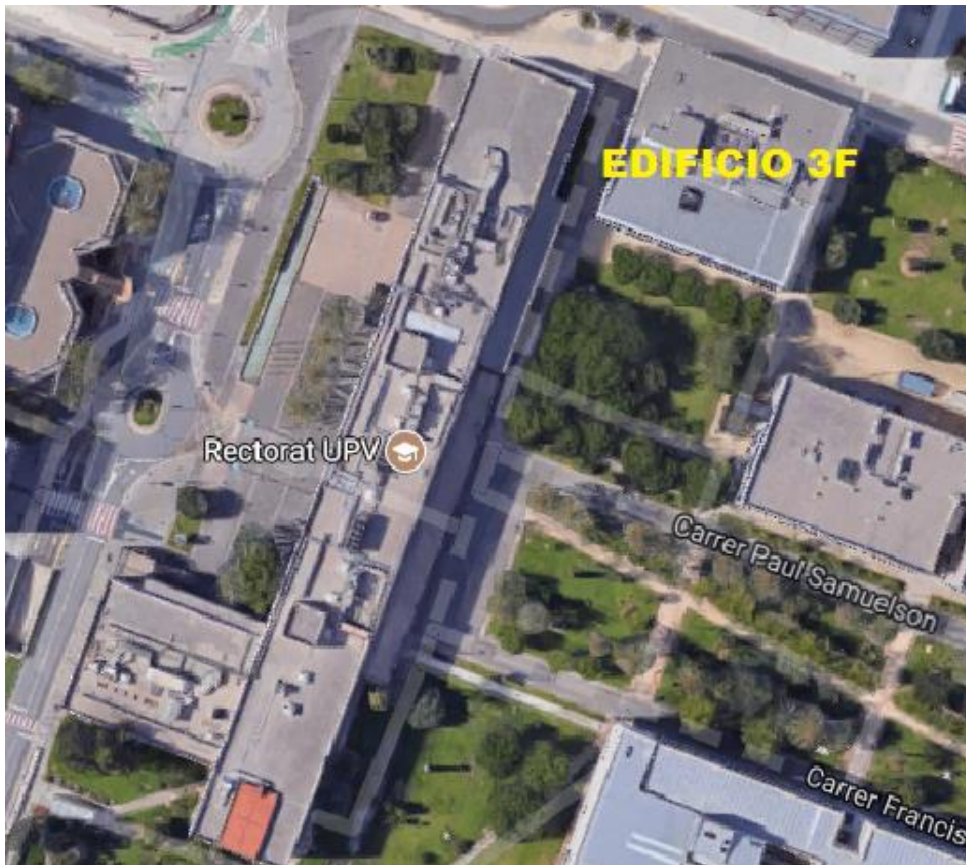


Ilustración 12. Situación de las estructuras cercanas fuente de sombras

En este momento se tiene totalmente representada la forma del edificio estudiado, de los edificios próximos que mediante su sombra puedan afectar a su demanda de climatización y gracias a los planos facilitados se puede conocer el tamaño y la posición exacta de cada una de las ventanas del edificio por lo que empleando la herramienta “dibujar ventana” somos capaces de introducir manualmente todas y cada una de las ventanas de nuestro edificio.

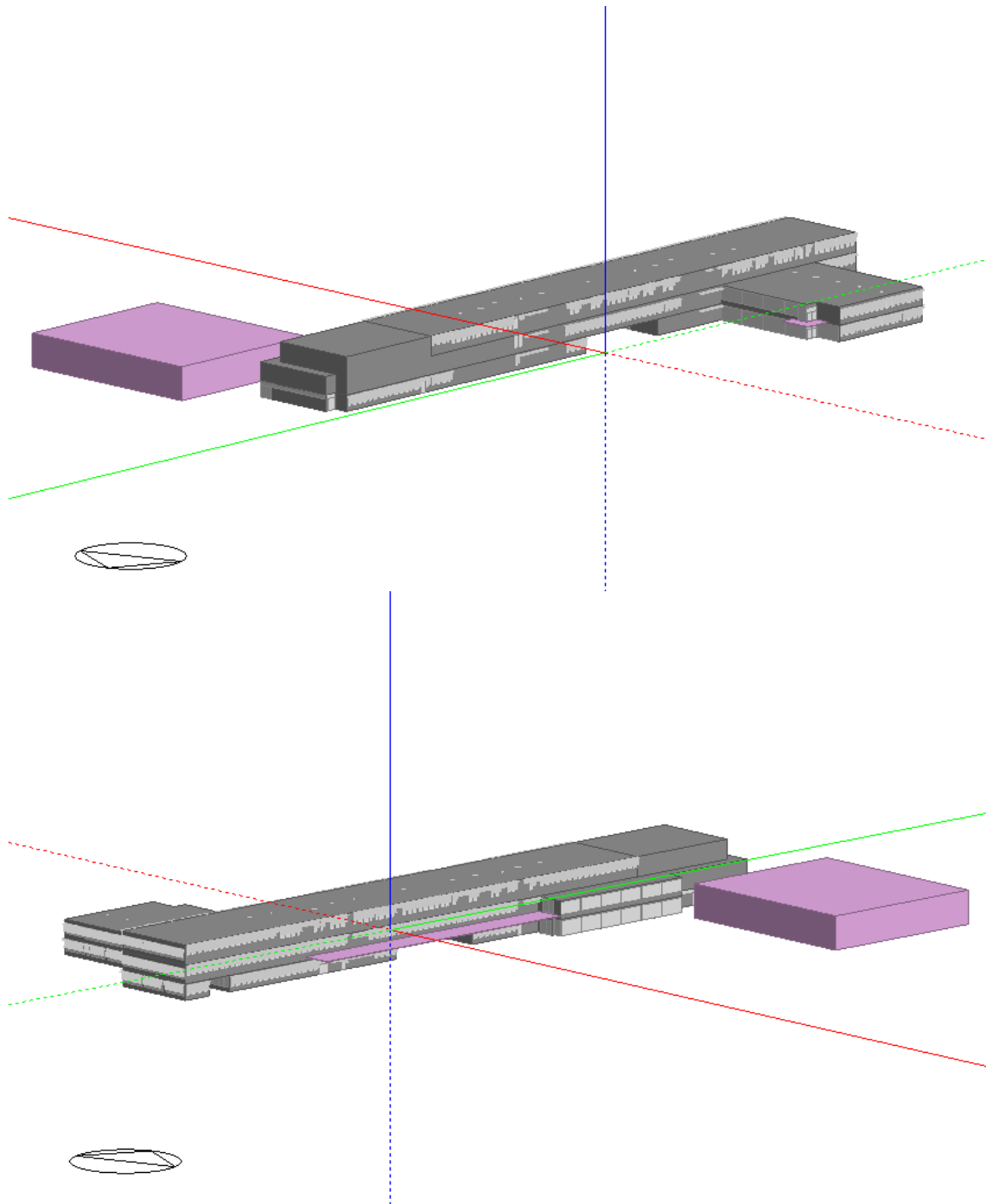


Ilustración 13. Modelo 3D final del edificio de rectorado y el paraninfo de la Universitat Politècnica de València
Design Builder software, 2015

Sin embargo todas las composiciones de los diferentes cerramientos siguen siendo las predeterminadas por el programa, así los materiales y características de las ventanas y otros huecos, por lo que es necesario estudiar estos parámetros e introducirlos posteriormente en nuestro modelo 3D antes de poder proceder a la simulación energética .

CERRAMIENTOS

El siguiente paso para poder terminar la representación de nuestro modelo y comenzar su simulación energética es modificar las composiciones de los cerramientos y huecos predefinidas por el programa por otras que se asemejen a las de nuestro edificio.

Los planos que nos han sido facilitados contienen información sobre el grosor de los muros y particiones interiores, sin embargo, tanto los materiales que los componen como los datos sobre techos y suelos siguen siendo una incógnita. Para conocer estos valores se ha acudido al departamento de infraestructuras de la Universidad donde el personal allí presente nos pudo facilitar gran parte de estos datos.

Muros exteriores

Prácticamente la mayoría de los muros del edificio están formados por paneles prefabricados de hormigón alveolar siendo los paneles centrales de 1,50 metros de eje entre vigueta y vigueta y de 1,25 los paneles laterales, cada uno de estos bloques tiene 20 cm de espesor y están rellenos de 10 cm de poliestireno expandido, en la parte de fuera, debajo de las ventanas hay una capa de hormigón aleteado de 5 cm. En la parte interior cerca de cada ventana como consecuencia del cambio de estas en el año 2015 se añadió un trasdosado compuesto por una estructura galvanizada oculta aislada con lana de roca de 40 mm y rematada con una doble placa de yeso de 13 + 13 mm.

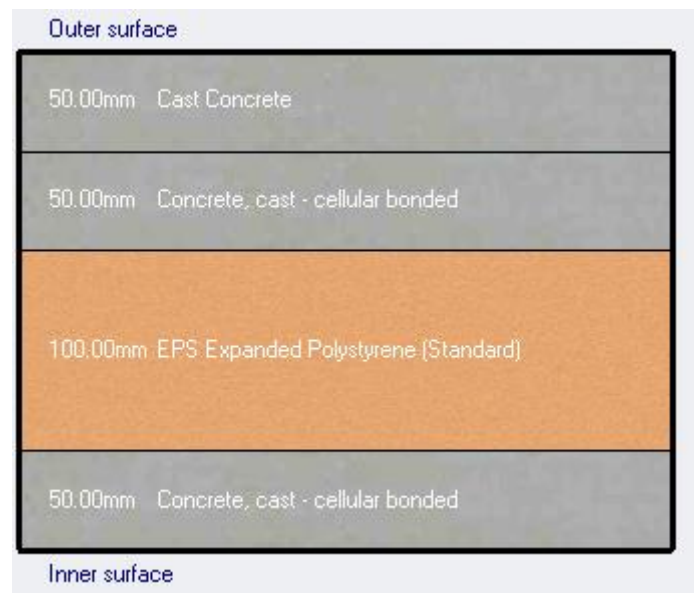


Ilustración 14. Composición de los muros exteriores I

En la cara oeste, los muros correspondientes a las escaleras internas del edificio están compuestos por bloques de hormigón compactos de 20 centímetros de espesor.



Ilustración 15. Composición de los muros exteriores II

Particiones

Las separaciones entre las diferentes zonas del edificio presentan diferentes composiciones en función del departamento en el que están situadas.

En general la separación entre zonas se realiza mediante tabiques de placas de yeso, al no saber su composición exacta y al ser similares a las particiones estándar definidas por Design Builder se han decidido mantener estas asumiendo que por su similitud no van a introducir grandes desviaciones en el resultado de la simulación.

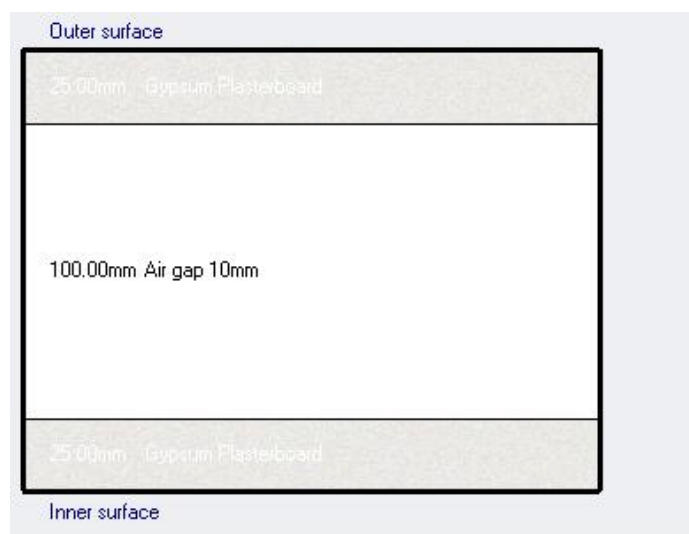


Ilustración 16. Composición de las particiones interiores I

En zonas de oficina amplias con despachos más pequeños anexos la separación está hecha mediante mamparas de conglomerado de madera ligeras, algunas de ellas con ventanas interiores sobre las puertas, es el caso de los departamentos de mantenimiento e infraestructuras y recursos humanos, así de como los despachos del edificio de alumnado.



Ilustración 17. Composición de las particiones interiores II

Cubierta plana

La estructura de la cubierta plana exterior comparte muchas similitudes con la de los suelos interiores, la capa más interior es un falso techo de placa de yeso laminado y una capa de lana de roca de 50 mm para aislar, estas capas son fruto de una modificación posterior a la construcción del edificio. Después se encuentra una capa de aire de para albergar cableado y conductos de ventilación y un forjado de placas de hormigón alveolares de 18 centímetros. La parte exterior de la cubierta está compuesta por una capa de grava compacta.

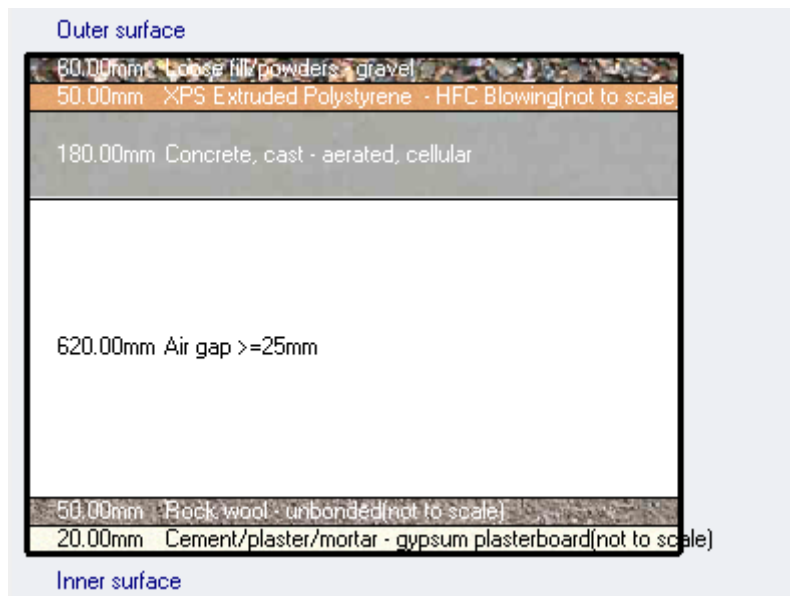


Ilustración 18. Composición de la cubierta plana

Suelos interiores

Al igual que la cubierta exterior los suelos interiores están compuestos por un falso techo de placa de yeso laminado bajo un forjado de placas de hormigón alveolares y aislado de lana de roca entre medias. No obstante la parte más exterior correspondiente al suelo de la planta superior está compuesta por losas de terrazo.

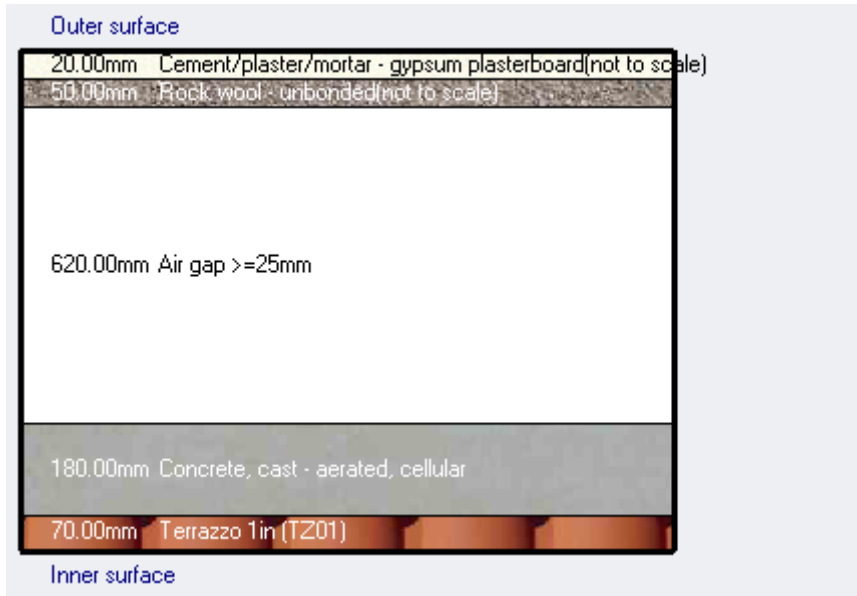


Ilustración 19. Composición de los suelos interiores

Suelo con el terreno

El suelo con el terreno tiene una primera capa compuesta por espuma de urea formaldehído para proteger de la humedad, seguida de una capa de hormigón y losas de terrazo.



Ilustración 20. Composición del suelo con el terreno

HUECOS

Superficie acristalada

A excepción de las superficies acristaladas de la fachada este del edificio del paraninfo y de las presentes en el edificio de alumnado del ala suroeste, ambos muros cortina completamente acristalados y de reciente construcción, el resto de los ventanales han sido renovados hace pocos años. El cambio en los ventanales fue llevado a cabo debido a la antigüedad de estos y al gran impacto que ejercían sobre el confort térmico y el consumo energético del edificio pues eran de vidrio monolítico de 4mm de grosor con carpintería de acero. Actualmente las ventanas son de vidrio doble bajo emisivo en el interior de 4+4 mm con cámara de aire de 14 mm y vidrio exterior de 6 mm, en la planta baja estas tienen efecto espejo para mayor privacidad.

La nueva carpintería es ahora de aluminio con rotura del puente térmico y aislamiento acústico, la cual introduce una mejoría generalizada en la calidad de los diferentes espacios de trabajo de este edificio.

La protección solar empleada se realiza mediante lamas de aluminio extruido de perfil “ala de avión” de 150 mm con inclinación de 15 a 30 grados y una separación de 20 cm entre lama y lama. Prácticamente la mayoría de ventanales, exceptuando aquellos que dan a cuartos de aseo y zonas comunes o técnicas tienen en su interior un estor de color claro como elemento de sombra.



Ilustración 21. Detalle de lamas de aluminio empleadas como método de protección solar en las ventanas

Para los muros completamente acristalados, también denominados muros cortina de la cara este del paraninfo y la norte del edificio de alumnado se supone que la composición del muro es la del marco, en este caso un marco de aluminio sin rotura del puente térmico. Después se introduce una ventana de vidrio simple de 3 centímetros de espesor que ocupe la mayor del muro y sin posibilidad alguna de abertura para poder así emular en el software este método constructivo. En estos muros hay como modo de elemento de sombra varios estores opacos en el interior para poder limitar así la gran cantidad de radiación que incide por estos huecos.



Ilustración 22. Muro cortina de la fachada principal del edificio de alumnado

También se tienen que introducir las cinco claraboyas situadas en la azotea del edificio de alumnado, dotando de luz natural al despacho común del departamento de recursos humanos y otras once claraboyas más situadas en la azotea a lo largo de todo el edificio aportando luz natural en este caso al pasillo central de la segunda planta.

Para estas claraboyas al no saber su composición exacta se ha empleado la plantilla predefinida por Design Builder con un vidrio doble de 6mm cada panel separados por una cámara de aire de 6 mm, lo que si se ha cambiado es la composición de los marcos a unos de aluminio sin rotura del puente térmico y estableciendo el porcentaje de apertura del hueco a un cero por ciento.



Ilustración 23. Claraboyas en los pasillos del segundo piso

Puertas

Para introducir las puertas exteriores se emplea el mismo método que se utiliza para dibujar las ventanas, puesto que como se conocen tanto su posición como sus dimensiones somos capaces de poder dibujarlas sobre la geometría de nuestro edificio.

Estas puertas exteriores están compuestas por perfiles de acero, estando algunas de ellas, como las puertas de acceso principales, parcialmente acristaladas. Esta composición no es la más idónea térmicamente hablando, esto es debido a la antigüedad de estas puertas, sin embargo se ha decidido mantenerlas debido a que estas ofrecen una mejor resistencia física la cual resulta deseable debido a las características de uso del edificio.



Ilustración 24. Puerta de acceso principal al edificio del paraninfo

Respecto a las puertas interiores debido a su cantidad y al gran trabajo que supondría introducirlas manualmente se usa la opción de auto-generar facilitada por el software, la cual crea una puerta en cada partición eliminando posteriormente mano a mano aquellas que no correspondan con la realidad.

La composición de las puertas interiores es de madera, de características muy similares a aquellas predefinidas por el programa por lo que se tomará la composición predeterminada sin generar apenas distorsiones en los resultados de la simulación.

Para tanto las puertas exteriores tanto como las interiores se ha supuesto un porcentaje de apertura de cara a los cálculos de infiltraciones del 90%, en otras palabras, se asume que un 10% de la puerta está formada por el marco.

Respecto al porcentaje de tiempo que estas permanecen abiertas se ha supuesto un 5% al ser un valor bastante realista y se le ha asignado una plantilla de uso igual a la de ocupación de las oficinas (más información referida a las plantillas en el apartado de ocupación y actividad más adelante).

CARGAS TÉRMICAS INTERNAS: OCUPACIÓN, ILUMINACIÓN Y EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO

Con la geometría de nuestro edificio ya totalmente inscrita y con las composiciones de los huecos y cerramientos actualizadas tan solo faltan definir los parámetros necesarios para calcular las cargas internas de nuestro conjunto. Estas cargas son las relacionadas con la ocupación, iluminación y demás equipamiento eléctrico.

Es muy importante de cara a introducir los datos correspondientes a estas cargas, el hacer un trabajo previo de zonificación del edificio diferenciando en función del uso que se le da a cada parte del edificio y creando una plantilla por cada zona que represente estos valores .

A simple vista somos capaces de identificar 8 zonas diferentes en función de su uso y ocupación:

- Oficinas: Ya sean despachos individuales, compartidos o grandes salas con un alto número de trabajadores la mayor parte del edificio de rectorado está conformado por oficinas administrativas. En estas zonas es común la presencia de gran cantidad de ordenadores, impresoras, fotocopiadoras y equipo eléctrico de aplicaciones similares.
- Pasillos y zonas comunes: distribuidos a lo largo de todo el edificio son la arteria central de la que ramifican los diferentes despachos y puestos de trabajo.
- Salas de reuniones y salones de actos: presentan una ocupación menos constante que las oficinas, pero en situaciones puntuales la densidad de ocupación en estas puede ser muy elevada, el equipo eléctrico en las salas de reuniones suele quedar limitado a un proyector y poco más.
- Auditorio: Situado en el edificio del paraninfo es la zona más singular que presenta este edificio, las características principales de esta sala son la gran potencia de iluminación y la ocupación masiva pero esporádica.
- Sala de exposiciones: Otra sala peculiar, la sala de exposiciones no presenta una asignación de equipos e iluminación regular, pues depende de las cualidades de la exposición actual. La ocupación, al igual que en el paraninfo tampoco presenta un valor predeterminado habitual y depende de si se celebra o no algún evento.
- Cuartos de aseo: distribuidos a lo largo de todo el edificio.
- Ascensores: dos ascensores, uno en la parte de rectorado y otro en la del paraninfo.
- Almacenes y zonas técnicas: de uso esporádico, en este tipo de zonas tanto la ocupación como la iluminación suele ser baja.

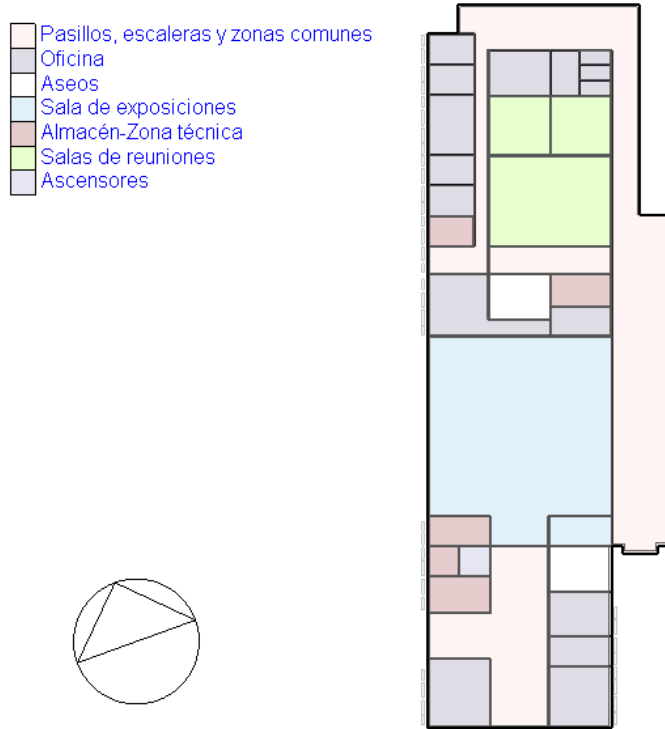


Ilustración 25. Zonificación del bloque 1

Design Builder Software, 2015

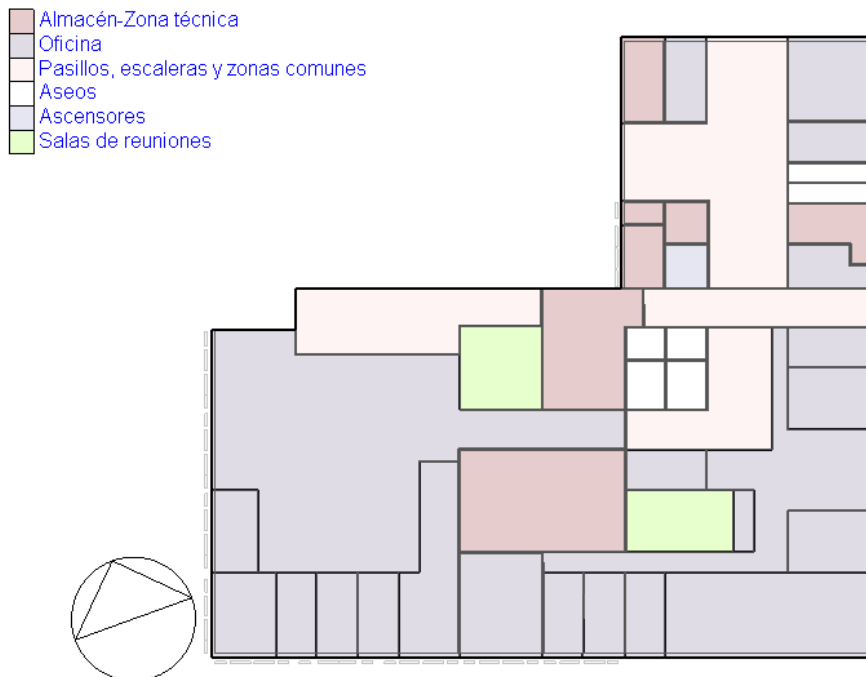


Ilustración 26. Zonificación del bloque 2

Design Builder Software, 2015

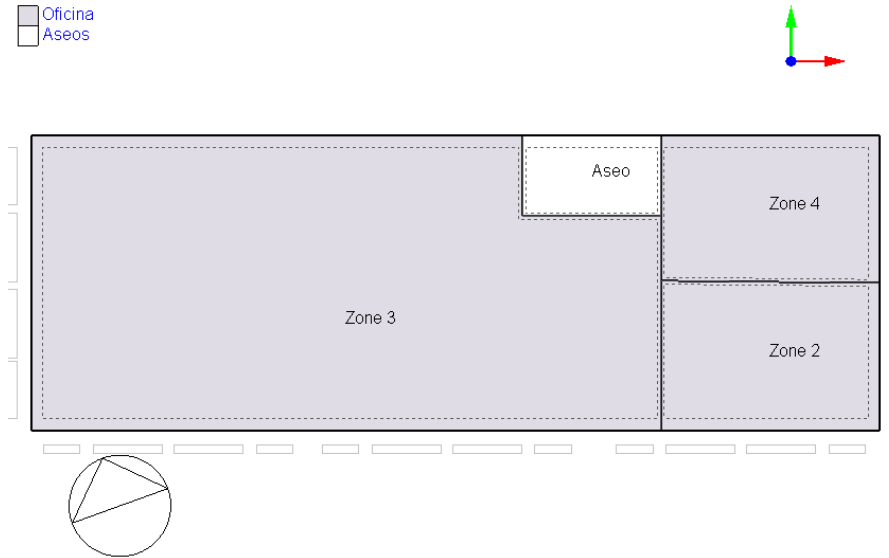


Ilustración 27. Zonificación del bloque 3

Design Builder Software, 2015

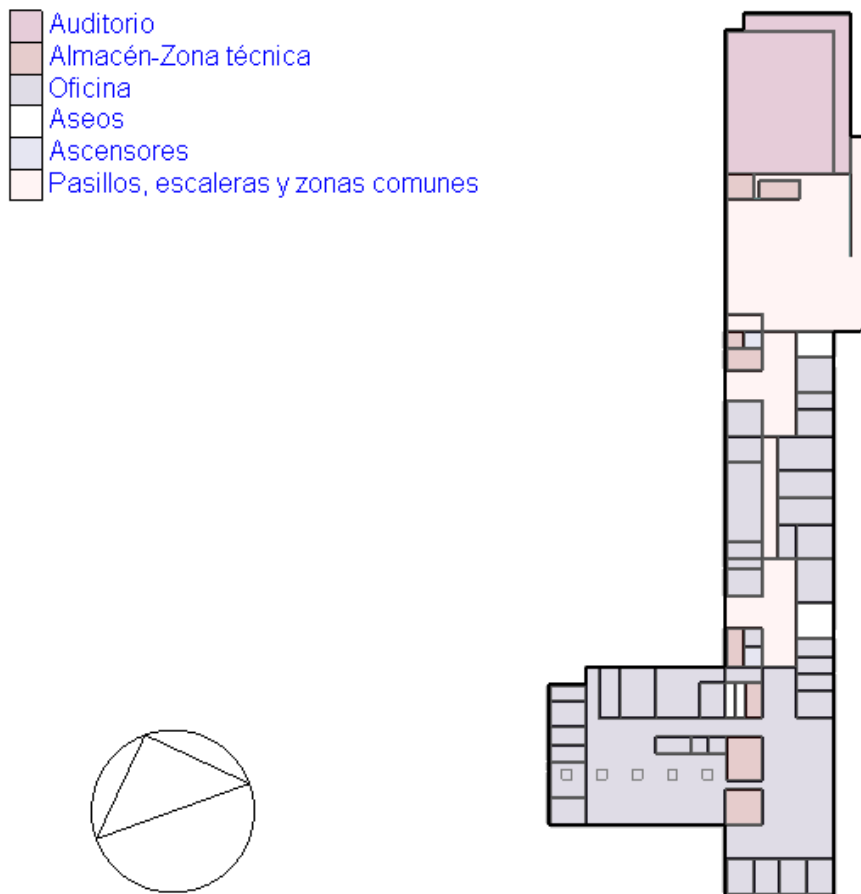








Ilustración 28. Zonificación del bloque 4

Design Builder Software, 2015

-  Pasillos, escaleras y zonas comunes
-  Oficina
-  Aseos
-  Almacén-Zona técnica
-  Ascensores
-  Salas de reuniones

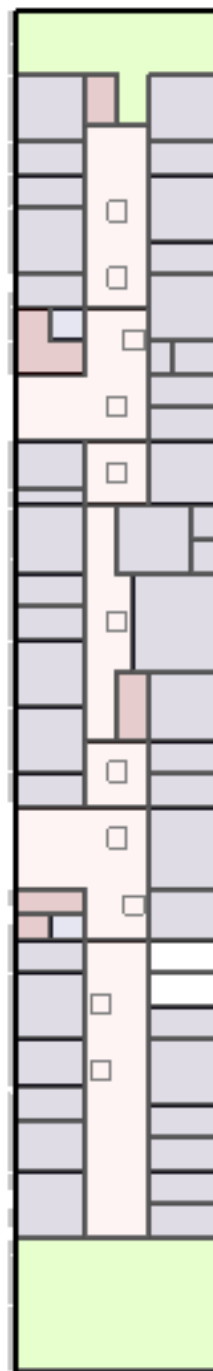
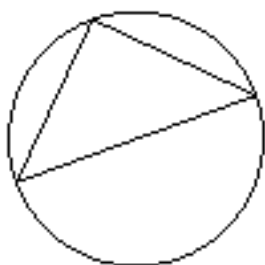


Ilustración 29. Zonificación del bloque 5

Design Builder Software, 2015

Ocupación y actividad

La carga de ocupación es muy importante a la hora de calcular el consumo de la climatización de nuestra instalación, especialmente para el cálculo de la potencia máxima de refrigeración, pues se tiene una alta densidad de ocupación por unidad de superficie y además estas personas están realizando una actividad física con un alto gasto metabólico será mayor la potencia necesaria para superar estas cargas internas y alcanzar la temperatura de consigna de refrigeración deseada.

Por la misma razón que antes, una mayor ocupación de personas realizando tareas de mayor intensidad física disminuyen la potencia necesaria de calefacción pues ya se está aportando una carga interna que nos acerca más a la temperatura de confort deseada. Es por esto por lo que se definen dos días con las condiciones más adversas posibles de cara a calcular la potencia máxima de refrigeración y calefacción. Estos días se denominan “Día de diseño de verano” y “Día de diseño de invierno” y Design Builder los asigna a los días típicamente más calurosos y fríos del año, el 15 de Julio para el día de diseño de verano y para el día de diseño de invierno se supone un horario de ocupación constante y una ganancia solar nula a lo largo de todo el invierno haciendo indiferente el día escogido.

En el día de diseño de verano se supone que la ocupación del edificio es la máxima que este puede soportar a lo largo de toda una jornada laboral típica. Esto implica que todo el personal de oficinas esté trabajando simultáneamente en el edificio, que todos los salones de actos, salas de reuniones, el auditorio y la sala de exposiciones estén al máximo de sus aforos y que haya una ocupación excepcionalmente alta en los pasillos y resto de zonas comunes. Además de la carga máxima de ocupación también se supondrá un uso máximo de la iluminación y la aparatación eléctrica a lo largo de todo el horario de uso habitual.

Por el contrario, para el día de diseño de invierno se supondrá una ocupación nula, así como que toda la iluminación y equipos de oficina estén apagados.

Lo primero que se ha de hacer para definir las condiciones de ocupación y uso de nuestro edificio es crear plantillas de ocupación para cada una de las zonas diferentes definidas en el apartado anterior. Para ello se emplearán las plantillas predefinidas por Design Builder que se asemejen a locales con usos similares a nuestras zonas y se modificarán los datos por los propios de nuestro edificio.

Los valores necesarios que se han de introducir son la densidad de ocupación en personas por metro cuadrado, el horario de ocupación del edificio, el caudal de renovación de aire exterior en litros por segundo y persona y la actividad metabólica la cual se toma de las plantillas predefinidas por Design Builder las que a su vez toman los datos del *ASHRAE Handbook of Fundamentals* (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009.)

Degree of Activity		Total Heat, W		Sensible Heat, W	Latent Heat, W	% Sensible Heat that is Radiant ^b	
		Adult Male	Adjusted, M/F ^a			Low V	High V
		Seated at theater	Theater, matinee	115	95	65	30
Seated at theater, night	Theater, night	115	105	70	35	60	27
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	130	115	70	45		
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	140	130	75	55		
Standing, light work; walking	Department store; retail store	160	130	75	55	58	38
Walking, standing	Drug store, bank	160	145	75	70		
Sedentary work	Restaurant ^f	145	160	80	80		
Light bench work	Factory	235	220	80	140		
Moderate dancing	Dance hall	265	250	90	160	49	35
Walking 4.8 km/h; light machine work	Factory	295	295	110	185		
Bowling ^d	Bowling alley	440	425	170	255		
Heavy work	Factory	440	425	170	255	54	19
Heavy machine work; lifting	Factory	470	470	185	285		
Athletics	Gymnasium	585	525	210	315		

Ilustración 30. Ratios representativos a los cuales el calor y la humedad son generados por seres humanos en diferentes estados de actividad

ASHRAE Handbook of Fundamentals (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009.)

Para calcular la densidad de ocupación máxima, al saber el número de trabajadores totales y al ser cada una de las habitaciones pertenecientes a zonas del mismo tipo de uso tan diferentes en tamaño se toma el área total del conjunto de estancias de la misma zona y mediante la siguiente fórmula se calcula la densidad de ocupación media.

$$Densidad\ de\ ocupación_{zona} = \frac{N^{\circ}\ máximo\ de\ personas_{zona}}{Area\ total_{zona}}$$

Ecuación 1. Expresión de la densidad de ocupación

Los datos de ocupación máxima los se conocen gracias a los aforos máximos en el caso del auditorio, salas de exposiciones, salas de reuniones y ascensores; y en el resto de zonas gracias a la información proporcionada por el personal del edificio.

Para poder determinar el caudal de renovación de aire de ventilación por persona se toman los datos del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (Ministerio de Energía, Industria y Comercio, 2013). En este se clasifican los diferentes espacios de los edificios mediante un sistema de calidad del aire interior en función de su uso (IDA), estableciendo así unos valores mínimos de renovaciones de aire. Según este sistema de clasificación, la mayor parte del edificio entra dentro de la categoría IDA 2 (aire de buena calidad) la cual según el método indirecto corresponde a un caudal de renovación 12.5 litros por segundo y persona, este es el caso de las zonas de oficinas, aseos, salas de reuniones, almacenes y zonas técnicas y comunes. En el caso del auditorio y sala de exposiciones ambos exigen un aire interior de calidad media, categoría IDA 3, a la cual corresponde una renovación de aire de 8 litros por segundo y persona.

ZONA	AREA (m2)	OCUPACIÓN MÁXIMA	DENSIDAD DE OCUPACION (Personas/m2)	CAUDAL DE RENOVACIÓN DE AIRE (L/s·persona)	TIPO DE ACTIVIDAD
Oficinas	4511.97	212	0.047	12.5	Trabajo ligero de oficina/ de pie/ andando
Pasillos- zonas comunes	2359.88	30	0.013	12.5	De pie/ andando
Ascensor	2.56	4	1.563	12.5	De pie relajado
Sala de exposiciones	355.25	30	0.084	8	De pie/ andando
Salas de reuniones	565.89	256	0.452	12.5	Trabajo ligero de oficina/ de pie/ andando
Aseos	212.22	47	0.221	12.5	De pie/ andando
Auditorio	550	405	0.736	8	Sentado en silencio
Archivos y zonas técnicas	515.44	5	0.010	12.5	De pie/ andando

Tabla 1. Actividad, densidad de ocupación y caudal de renovación de aire por zona

Finalmente se crean los horarios de ocupación para cada una de las zonas basándose en la información facilitada por el personal del edificio y en la recogida en el plan “Concilia” redactado por la Universidad Politécnica de Valencia donde vienen indicados los periodos vacacionales, servicios mínimos y jornadas y horarios de trabajo más detallados para el personal administrativo y de servicios de la universidad.

Se han definido los siguientes horarios, estos se encuentran en modo compacto tal y como se introducen en Design Builder en el Anexo 1.

- Ocupación_oficinas: este horario empieza a las 7 de la mañana, cuando empieza a llegar el personal de seguridad y limpieza, a partir de las 8 hasta las 14 el edificio alcanza su ocupación máxima al llegar todos los demás trabajadores del edificio, hasta las 16 se reduce la ocupación debido a la pausa de la comida la cual vuelve a crecer hasta las 18:30 cuando la mayor parte del personal acaba su jornada laboral. Los sábados hay una mínima fracción de empleados trabajando de 8 a 15.
- Ocupación_aseos: las horas en las que está ocupado este espacio son las mismas que la descritas en la plantilla de ocupación de las oficinas, solo que el porcentaje de ocupación máxima en cada hora es sustancialmente inferior. Esta ocupación reducida y dependiente del horario de oficinas también sirve para definir la ocupación en los ascensores
- Ocupación_almacenes: para los almacenes y zonas técnicas se supone una ocupación constante y reducida a lo largo de toda la jornada laboral
- Ocupación_pasillos: en los pasillos y demás zonas comunes se supone un horario similar al de oficina durante la jornada laboral, con una ocupación ligera al finalizar esta

- Ocupación_SalasDeReuniones: para simular el comportamiento de estas zonas, las cuales pueden albergar una gran ocupación de forma esporádica se ha supuesto un horario de ocupación más bien bajo, el cual se concentra especialmente entre las 12 y las 14.
- Ocupación_Auditorio: la ocupación de esta zona da lugar especialmente en fines de semana y vacaciones, la ocupación empieza ligeramente desde primeras horas de la tarde hasta las 18, y a partir de ahí hasta las 23 se supone una ocupación completa
- Ocupación_SalaDeExposiciones: para la sala de exposiciones se supone que habitualmente esta se halla a mitad de su ocupación máxima todos los días a lo largo de su horario habitual: de 11 a 14 y de 17 a 20.

Iluminación

Para calcular las cargas térmicas dependientes de la iluminación en nuestro modelo se tienen que crear plantillas en Design Builder para cada zona con unas necesidades de iluminación diferentes.

Los parámetros a rellenar en Design Builder son la densidad de potencia normalizada ($W/m^2 \cdot 100 \text{ lux}$), también denominada Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI) en el Documento Básico HE de Ahorro de Energía (DBHE) del Código Técnico de la Edificación; el tipo de luminaria, las fracciones radiantes y visibles de la luminaria y su horario de uso.

Puesto que no se conocen los valores de las fracciones radiantes y visibles de nuestras luminarias se usarán las plantillas predefinidas de Design Builder por tipo de iluminación (en nuestro caso fluorescente y LED en algunos casos) y se modificará el valor del VEEI y el horario.

El cálculo del VEEI se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

Siendo P la potencia total de las lámparas más elementos auxiliares en vatios, S la superficie de la zona en metros cuadrados y E_m la iluminancia media mantenida expresada en lux. Este valor también es importante porque según el DBHE se establece un VEEI máximo por cada zona de actividad diferenciada

Zonas de actividad diferenciada	VEEI limite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Ilustración 31. Valores límite de eficiencia energética de la instalación de iluminación

CTE DB-HE (IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2012)

En nuestro caso se conoce la potencia y la cantidad de luminarias de la mayor parte del edificio, así como el área que ocupa cada zona, solo queda por conocer el valor de la iluminancia media mantenida la cual se estimará a partir de los valores dados en la norma europea sobre iluminación para interiores UNE 12464.1, especialmente en los datos de la tabla de valores típicos para oficinas, pues estas componen la mayor parte del edificio

1. OFICINAS		
Nº REF	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E_m lux
1.1	ARCHIVO, COPIAS, ETC.	300
1.2	ESCRITURA, ESCRITURA A MÁQUINA, LECTURA Y TRATAMIENTO DE DATOS	500
1.3	DIBUJO TÉCNICO	750
1.4	PUESTOS DE TRABAJO DE CAD	500
1.5	SALAS DE CONFERENCIAS Y REUNIONES	500
1.6	MOSTRADOR DE RECEPCIÓN	300
1.7	ARCHIVOS	200

Ilustración 32. Valores típicos de iluminancia media mantenida en espacios de oficinas

UNE 12464.1

El valor para las zonas comunes es de 100 lux según la tabla de edificios de uso público

Dado que la iluminación del edificio no es nada uniforme, debido a la antigüedad de algunas zonas en comparación a otras se han elegido zonas representativas con cualidades similares para observar el valor de su VEEI, esto da lugar a un total de 7 plantillas de iluminación diferentes:

- En las zonas comunes y pasillos, el VEEI se aproxima a los $7 \text{ W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}$, ligeramente superior al máximo fijado por el CTE de 6 para zonas comunes de edificios no residenciales, sin embargo esto es teniendo en cuenta el número total de luminarias instaladas, si se cuentan solo las luminarias encendidas el valor es cercano a 3, esto es debido a una medida de ahorro tomada recientemente en el edificio consistente en apagar hasta 2 luminarias de cada 3.
- Lo mismo ocurre en las zonas de oficina ya sean despachos comunes o individuales, o en las salas de reuniones de todo el edificio donde el VEEI ronda los $3 \text{ W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}$ rozando el límite establecido por el CTE para zonas administrativas, sin embargo, esto es otra vez teniendo en cuenta la potencia total instalada, no la utilizada en el momento. Si se tiene en cuenta que prácticamente en todas las zonas solo están funcionando la mitad de las luminarias a la vez el VEEI se reduce a cerca de $1.5 \text{ W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}$.
- La excepción ocurre en las oficinas de la planta baja del edificio de alumnado, donde debido al cambio de iluminación a lámparas LED de 30 W requiere el uso de una plantilla única, por lo menos en el tema de la iluminación. El VEEI en este caso es de $1 \text{ W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}$, siendo en este caso la potencia total instalada en iluminación igual a la empleada en cada momento.
- En las zonas técnicas, así como en los almacenes y archivos el VEEI es aproximadamente de $3 \text{ W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}$, pero la iluminación se controla manualmente por lo que el horario de uso es mínimo.
- En los cuartos de aseo de todo el conjunto estudiado el VEEI es de $4.5 \text{ W/m}^2 \cdot 100 \text{ lux}$ y la iluminación está regulada por sensores de presencia.
- Para las zonas del auditorio y la sala de exposiciones se usarán las plantillas predeterminadas por Design Builder para zonas con este tipo de actividad basadas en los datos de ASHRAE Handbook of Fundamentals.

Los horarios de uso de iluminación dependen principalmente de los de ocupación, y en general coinciden con los horarios de uso del equipo eléctrico. Todos estos horarios vienen recogidos en el Anexo 1.

- Iluminación_Equipos_Oficinas: las luces y equipos permanecen apagados hasta el inicio de la jornada, a partir de ahí funcionan a total capacidad hasta que empieza el turno de tarde donde se reducen un poco, desde que acaba el turno de tarde hasta que se cierra el edificio se supone que quedan encendidas una pequeña fracción de las luces. Los fines de semana por las mañanas se encienden una pequeña parte del total. Este horario es aplicable a las salas de reuniones.
- Iluminación_Equipos_Pasillos: estas luces se encienden al abrirse el edificio y se apagan al cerrarse. Es el mismo horario que en los ascensores y aseos.
- Iluminación_Almacenes: la luz de los almacenes y demás zonas técnicas se enciende periódicamente a lo largo de toda la jornada de trabajo laboral.
- Iluminación_Equipos_Auditorio: iluminación máxima constante a lo largo de su horario de uso.
- Iluminación_Equipos_SalaDeExposiciones: igual que el auditorio, iluminación máxima constante a lo largo de su horario de uso.

Equipos

Para calcular las cargas térmicas introducidas mediante ordenadores y otros equipos electrónicos se debe calcular el valor de la densidad de potencia por área en vatios por metro cuadrado e introducirla en Design Builder, además de conocer la fracción radiante de estos equipos.

La potencia estimada media típica para un ordenador más monitor es de 77 vatios según *ASHRAE handbook - fundamentals, Chapter 18, table 8* (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009) y de unos 98 W para el resto de equipos tales como impresoras o fotocopiadoras.

Equipment	Description	Nameplate Power Consumption, W	Average Power Consumption, W
Desktop computer ^a	Manufacturer A (model A); 2.8 GHz processor, 1 GB RAM	480	73
	Manufacturer A (model B); 2.6 GHz processor, 2 GB RAM	480	49
	Manufacturer B (model A); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	77
Laptop computer ^b	Manufacturer B (model B); 3.0 GHz processor, 2 GB RAM	690	48
	Manufacturer A (model C); 2.3 GHz processor, 3 GB RAM	1200	97
	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 430 mm screen	130	36
	Manufacturer 1; 1.8 GHz processor, 1 GB RAM, 430 mm screen	90	23
	Manufacturer 1; 2.0 GHz processor, 2 GB RAM, 355 mm screen	90	31
	Manufacturer 2; 2.13 GHz processor, 1 GB RAM, 355 mm screen, tablet PC	90	29
	Manufacturer 2; 366 MHz processor, 130 MB RAM, 355 mm screen)	70	22
Flat-panel monitor ^c	Manufacturer 3; 900 MHz processor, 256 MB RAM (265 mm screen)	50	12
	Manufacturer X (model A); 760 mm screen	383	90
	Manufacturer X (model B); 560 mm screen	360	36
	Manufacturer Y (model A); 480 mm screen	288	28
	Manufacturer Y (model B); 430 mm screen	240	27
	Manufacturer Z (model A); 430 mm screen	240	29
	Manufacturer Z (model C); 380 mm screen	240	19

Ilustración 33. Ganancias térmicas recomendadas de ordenadores típicos

ASHRAE Handbook of Fundamentals (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009.)

Equipment	Description	Nameplate Power Consumption, W	Average Power Consumption, W
Laser printer, typical desktop, small-office type ^a	Printing speed up to 10 pages per minute	430	137
	Printing speed up to 35 pages per minute	890	74
	Printing speed up to 19 pages per minute	508	88
	Printing speed up to 17 pages per minute	508	98
	Printing speed up to 19 pages per minute	635	110
Multifunction (copy, print, scan) ^b	Printing speed up to 24 page per minute	1344	130
	Small, desktop type	600	30
Scanner ^b	Medium, desktop type	40	15
	Small, desktop type	700	135
Copy machine ^c	Large, multiuser, office type	1750	800 (idle 260 W)
		1440	550 (idle 135 W)
		1850	1060 (idle 305 W)
Fax machine	Medium	936	90
	Small	40	20
Plotter	Manufacturer A	400	250
	Manufacturer B	456	140

Ilustración 34. Ganancias térmicas recomendadas de impresoras y fotocopiadoras típicas

ASHRAE Handbook of Fundamentals (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2009.)

La totalidad de estas cargas se concentra en la zona de oficinas, sin embargo dependiendo del departamento hay despachos de tamaños similares con densidades diferentes de potencia de equipos y ordenadores, así que se han escogido por planta despachos con características y número de equipos similares, se han agrupado y se ha hecho una media aproximada de la densidad de potencia de ordenadores y equipamiento de oficina. Esta simplificación se debe a que no se dispone de información de todos los equipos de todos los despachos, pero sí de la gran mayoría, y como las cargas térmicas introducidas por equipos son un porcentaje pequeño del total se supondrá que varios despachos de la misma zona y de tamaños muy similares presentaran una densidad similar de potencia de equipamiento sin alejarse mucho de la realidad.

El resultado es de una densidad de 5,71 W/m² para ordenadores y de 4.16 W/m² para el resto de equipo, las fracciones radiantes para ambos ronda el 20%.

Los horarios de uso de equipo eléctrico, en la zona en la que los haya, coinciden con los horarios de iluminación de esa misma zona. Estos horarios se hallan en el Anexo 1.

SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con el modelo 3D de nuestro edificio ya finalizado y habiendo introducido todos los parámetros necesarios para poder definir las cargas térmicas ha llegado el momento de simular nuestro conjunto para poder conocer las potencias máximas de refrigeración y climatización. Los resultados de esta simulación servirán como base para poder determinar las zonas donde la aplicación de medidas de ahorro energético pasivas sea más efectiva.

Se ha seleccionado como parámetro para poder controlar el confort térmico del edificio la temperatura operativa, la cual es una temperatura media entre la temperatura radiante y la del aire.

REFRIGERACIÓN

El cálculo de la demanda máxima de refrigeración se realiza en el denominado “Día de diseño de verano”, el cual en Design Builder viene predefinido en el 15 de Julio y con un coeficiente de seguridad fijado en un 1.15. En este día de diseño además se supone que la ocupación del edificio a lo largo de su horario de uso habitual es máxima en todo momento, así como que toda la potencia instalada en iluminación y equipamiento eléctrico esté funcionando a lo largo de la jornada estudiada.

Del análisis general del edificio se obtienen distintos resultados a resaltar:

	Hora de potencia máxima	Potencia máxima (kW)
Acrisolamiento	09:00	118.11
Muros	14:00	17.61
Suelos interiores	05:00	36.83
Particiones	05:00	64.64
Tejados	05:00	25.60
Infiltración exterior	14:00	66.24
Ventilación exterior	16:00	112.56
Iluminación	17:00	56.09
Equipos y ordenadores	17:00	50.99
Ocupación	17:00	53.65
Ganancias solares de las ventanas exteriores	12:00	42.83
Refrigeración sensible de zona	17:00	-366.34
Refrigeración sensible	16:00	-476.01
Refrigeración total	16:00	-549.33

Tabla 2. Ganancias y demanda de refrigeración máximas en el día de diseño de verano

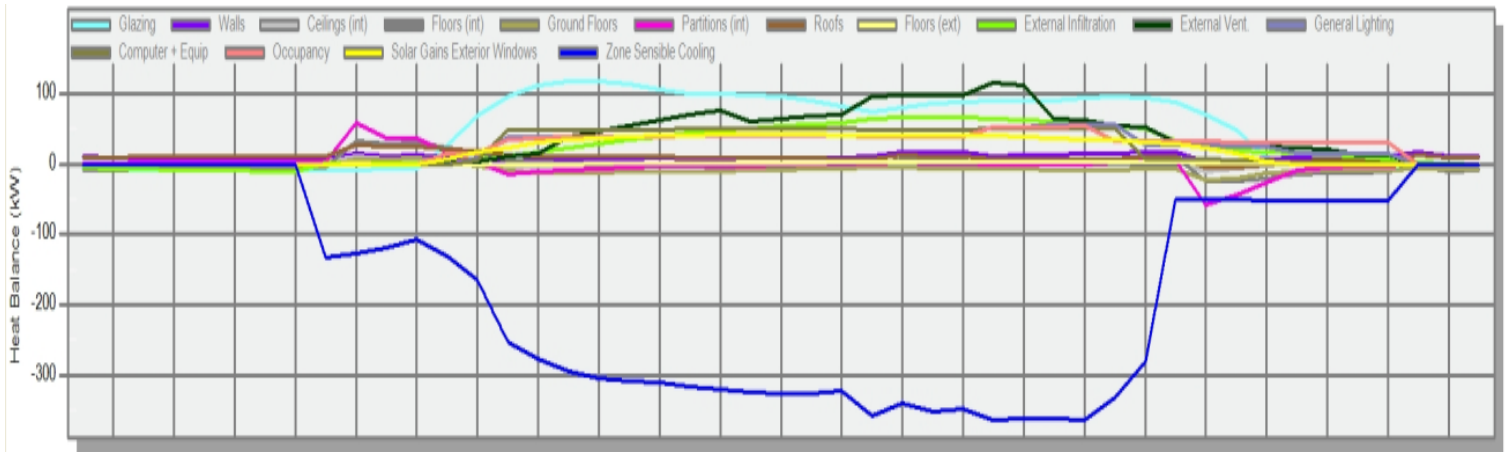


Ilustración 35. Evolución de las ganancias y la demanda de refrigeración en el día de diseño de verano - Caso base

(Design Builder Software, 2015)

Se observa que la ganancia de calor más importante de nuestro edificio es como era de esperar a través de las superficies acristaladas, en esta situación el calor cedido al interior será mayor cuando el sol incida directamente sobre el mayor número de cristales simultáneamente. En nuestro caso, este fenómeno da lugar a las nueve de la mañana, y observando el diagrama solar de la ventana de visualización de Design Builder se descubre que este valor máximo se puede justificar ya que a esta hora el sol incide directamente sobre la cara este del edificio, de gran superficie y con muchas ventanas que además cuenta con la presencia de un muro cortina completamente acristalado, al mismo tiempo que está lo suficientemente alto como para proyectarse sobre las claraboyas del tejado y el muro cortina presente en la cara norte del edificio de alumnado. A las cinco de la tarde se tiene otra máximo relativo cuando el sol incide directamente sobre la cara oeste del edificio.

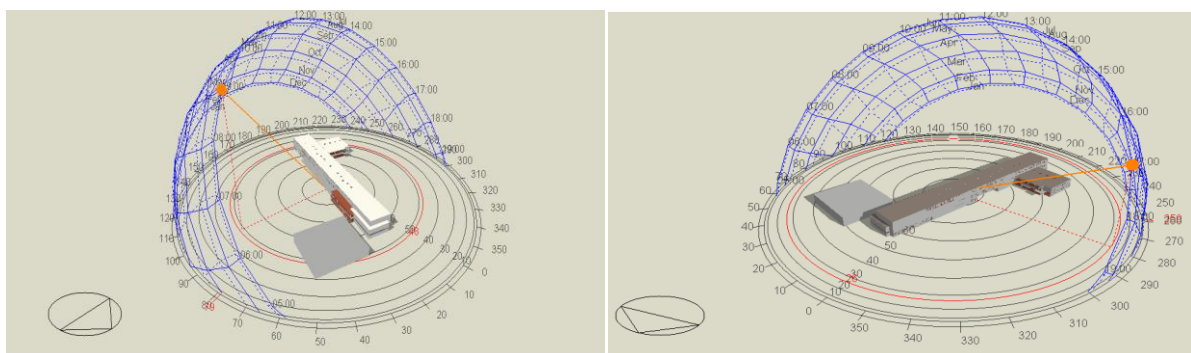


Ilustración 36. Ángulo de incidencia solar sobre el edificio de rectorado y paraninfo. 15 de Julio a las 09:00 (derecha) y 17:00 (izquierda)

(Design Builder Software, 2015)

También se puede observar que a las cinco de la tarde suceden los picos de potencia en las ganancias internas del edificio. La razón por la que el calor generado por la ocupación del edificio, su iluminación y equipos consumidores de electricidad es máxima a esta hora es una combinación del hecho de que en el día de diseño de verano se suponga la ocupación y uso de luces y aparatos eléctricos como la más alta posible a lo largo de toda una jornada típica de trabajo junto a que a esa hora se solapan la presencia de todos los trabajadores propios del edificio que aun ejercen su turno de tarde con aquellos que acuden al auditorio el cual celebra la mayoría de sus eventos a partir de esta hora en adelante.

Las cargas introducidas al edificio debidas a la infiltración de aire exterior y a la ventilación externa son de las más elevadas a las que tiene que hacer frente nuestro sistema de refrigeración, especialmente estas últimas las cuales se aproximan mucho a las cargas generadas a través del acristalamiento del edificio. Las cargas asociadas a la infiltración de aire exterior deberían ser máximas a la hora en la cual la temperatura exterior sea máxima, y así es, pues el máximo se da a las dos de la tarde donde la temperatura de bulbo seco del ambiente alcanza los 33 grados. El valor máximo de potencia introducida mediante la renovación de aire externo da lugar a las cuatro de la tarde, en esta hora son especialmente elevados los dos parámetros que influyen de forma más directa en este valor, la temperatura del aire exterior y la ocupación del edificio, ya que el caudal del renovación de aire es directamente proporcional a la cantidad de personas que ocupen el espacio estudiado.

Se observa que a las cinco de la mañana se da el valor máximo de potencia térmica introducida al edificio a través de los cerramientos, suelos interiores y tejados, así como presentarse también un máximo relativo en el caso de los muros exteriores. Esto se debe a Design Builder asume de forma predefinida que a esta hora se active el sistema de climatización, por lo cual al formarse un desequilibrio súbito entre la temperatura interior y exterior se provoca una transmisión de calor hacia dentro del edificio de manera generalizada a través de todos sus cerramientos. De forma similar, a las siete de la tarde, hora en la que se apaga el sistema de climatización se tiene un pico negativo debido a la fuga de calor al exterior a fin de alcanzar el equilibrio térmico con este. Este comportamiento se representa en la ilustración inferior.

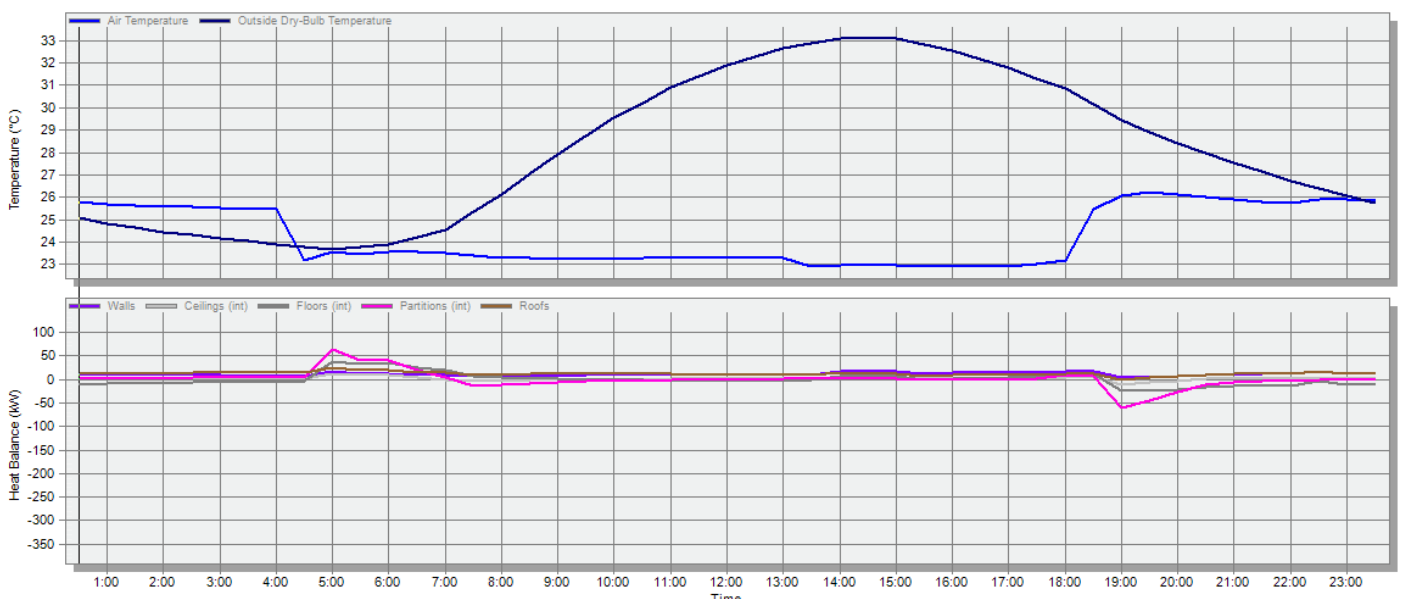


Ilustración 37. Comportamiento de la transmisión de calor a través de cerramientos opacos con la variación de temperaturas exteriores e interiores

En la siguiente tabla se expone un análisis más detallado por zonas de nuestro edificio, en el cual vienen recogidos los valores de capacidad y caudal de diseño, así como la carga total de refrigeración separada en su componente sensible y latente. También se ha añadido el dato de la carga de refrigeración de diseño por unidad de área para poder identificar de forma sencilla los puntos más críticos de nuestra instalación:

ZONA		Capacidad de diseño (kW)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Carga total de refrigeración (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	Carga de diseño de refrigeración por área (W/m ²)
Planta baja (Bloques 1, 2 y 3)	Oficinas	89.63	6.29	77.95	67.71	10.24	68.90
	Pasillos y zonas comunes	47.28	3.39	41.10	37.53	3.57	56.55
	Almacenes y zonas técnicas	11.81	0.86	10.27	8.64	1.62	41.53
	Salas de reuniones	34.30	2.63	29.84	29.84	0.00	137.59
	Ascensores	4.15	0.26	3.61	3.61	0.00	234.46
	Aseos	5.18	0.34	4.50	4.45	0.06	49.52
	Sala de exposiciones	14.75	0.86	12.82	10.04	2.79	41.17
Primera planta (Bloque 4)	Oficinas	146.84	10.64	127.73	113.71	14.01	77.01
	Pasillos y zonas comunes	34.91	2.20	30.36	26.54	3.82	37.01
	Almacenes y zonas técnicas	9.04	0.67	7.88	6.47	1.39	54.13
	Ascensores	4.24	0.28	3.69	3.69	0.00	245.09
	Aseos	4.96	0.28	4.32	3.60	0.72	63.51
	Auditorio	128.14	8.16	111.43	87.37	24.05	232.85
Segunda planta (Bloque 5)	Oficinas	109.52	8.20	95.23	86.99	8.31	103.12
	Pasillos y zonas comunes	28.56	1.89	24.83	22.15	2.69	47.54
	Almacenes y zonas técnicas	6.84	0.57	5.95	5.19	0.76	92.31
	Salas de reuniones	71.75	4.89	62.39	49.62	12.77	221.66
	Ascensores	3.74	0.24	3.25	3.25	0.00	252.70
	Aseos	3.48	0.19	3.03	2.39	0.64	102.96
	TOTAL	759.12	52.84	660.18	572.79	87.44	85.10

Tabla 3. Capacidad máxima de diseño de refrigeración por zonas

El primer dato que llama la atención es la elevada demanda de refrigeración por unidad de superficie que presentan los ascensores, sin embargo este dato es así debido a su pequeña superficie y al hecho de que se supone que estos están al máximo de su capacidad lo cual introduce unas importantes cargas por ocupación y ventilación exterior en este espacio tan reducido. En una situación realista, el valor de la capacidad de diseño de refrigeración en los ascensores sería considerablemente menor a la aquí representada y supondría una fracción muy pequeña del consumo total de la instalación.

A simple vista se observa que una de las zonas críticas de nuestro edificio es, como era de esperar, el auditorio de la universidad, el cual representa cerca del 17% de la demanda total de refrigeración del conjunto estudiado al mismo tiempo que tiene una carga de diseño por área sustancialmente elevada. Esto se debe a la elevada ocupación y potencia de iluminación de la sala, además al estar relacionado directamente el valor de ventilación externa con la cantidad de personas presentes esto hace que este valor sea el más determinante a la hora de evaluar la demanda de refrigeración del auditorio. Este valor es más elevado a las cinco y media de la tarde cuando la temperatura exterior es elevada y la ocupación del auditorio empieza a ser significativa.

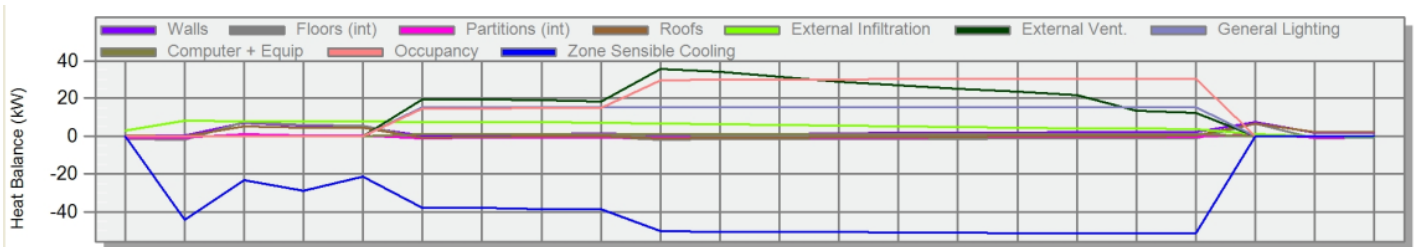


Ilustración 38. Evolución de las ganancias y la demanda de refrigeración en el día de diseño de verano - Auditorio, Caso base

(Design Builder Software, 2015)

Las otras zonas que destacan por una gran demanda de frío por metro cuadrado son las salas de reuniones y salones de actos a lo largo de todo el edificio. Por el mismo motivo que el auditorio, ya que se supone una ocupación máxima, se tiene una elevada carga interna por ocupación en esta zona, y por consiguiente esto contribuye a un valor elevado debido a las cargas introducidas por la renovación de aire exterior. Se observa que esta elevada necesidad de refrigeración se hace especialmente acuciante en las dos salas de actos y reuniones de la tercera planta, esto se da porque están dispuestas de forma que tres de los muros que la delimitan están en contacto con el exterior incrementando así las ganancias a través de muros y ventanas.

CALEFACCIÓN

La simulación para conocer la demanda máxima de calefacción de nuestro edificio se realiza en el llamado “Día de diseño de invierno”, este es un día tipo de invierno en el que se supone tanto una ocupación nula como un horario de uso de la iluminación y otros aparatos eléctricos en el que estos permanecen apagados durante todo el día. Como Design Builder supone una ganancia solar nula durante todo el invierno esto hace que el resultado sea independiente del día del año escogido.



Ilustración 39. Pérdidas de calor en el día de diseño de invierno. Caso base

(Design Builder Software, 2015)

	Potencia máxima (kW)
Acrisolamiento	-81.29
Muros	-31.44
Suelos interiores	0.30
Particiones	0.00
Tejados	-20.29
Infiltración exterior	-162.57
Ventilación exterior	-291.14
Calefacción sensible de zona	591.54

Tabla 4. Pérdidas de calor y calefacción sensible máxima para el día de diseño de invierno

Se observa que los principales puntos de pérdida de calor del edificio son debidos a la infiltración y renovación de aire exterior, esta primera viene fijada por el programa en función de las características constructivas del edificio y la ventilación exterior depende de la densidad de ocupación, la cual a pesar de tener una ocupación nula en el horario del día de diseño de invierno se calcula en función de la ocupación máxima. La razón de que esta sea la mayor causa de pérdida de calor es debido a que se introduce aire dentro del edificio a la temperatura del aire exterior, por lo tanto habrá que emplear más energía para llevar este aire a la temperatura de confort prefijada.

Las pérdidas de calor a través del acristalamiento también son de gran influencia para determinar la demanda máxima de calefacción, esto es importante en todo el edificio ya que las ventanas son abundantes pero estas pérdidas son más notables en las zonas con muro cortina, completamente acristalados y con una carpintería sin rotura del puente térmico a diferencia del resto de ventanales del edificio.

También se tienen pequeñas pérdidas térmicas por los muros exteriores y el tejado las cuales representan cerca del 9% del total, estas pérdidas son notables debido al gran área de intercambio de calor de estos cerramientos, pero podrían ser mucho más elevadas si no fuera por la capa de aislamiento que estos presentan.

Del análisis por zona al igual que en el cálculo de la demanda máxima de refrigeración se observa que las zonas con mayor capacidad de diseño por unidad de área son aquellas donde las cargas por ventilación externa son máximas, es decir, aquellas con una densidad de ocupación más alta. Este valor es extremadamente elevado en los ascensores, pero al igual que en el caso del cálculo de la demanda máxima de refrigeración esto se debe al gran número de personas por metro cuadrado máximas en el ascensor, valor que emplea Design Builder para calcular el caudal de renovación de aire, y a la pequeña área de esta zona. Al ser esta situación de ocupación máxima muy hipotética y debido a la poca incidencia que estos tienen sobre el cálculo total se focalizará en las zonas con mayor importancia de cara al cómputo total.

Las salas de reuniones y el auditorio son de nuevo las zonas que más impacto en el cálculo de las demandas máximas de climatización. En este caso de calefacción en el que tanto las pérdidas por infiltraciones como por ventilación externa son los parámetros más determinantes es de esperar que las zonas con mayor densidad de ocupación sean las más castigadas. También influyen en engordar estos valores el hecho de que tanto el auditorio como las salas de reuniones de la tercera planta tengan la mayoría de sus paredes conectando con el exterior.

ZONA		Pérdida de calor (kW)	Capacidad de diseño (kW)	Pérdida de calor por área (W/m ²)	Capacidad de diseño por área (W/m ²)
Planta baja (Bloques 1, 2 y 3)	Oficinas	64.86	74.59	49.86	57.34
	Pasillos y zonas comunes	46.60	53.59	55.73	64.10
	Almacenes y zonas técnicas	6.09	7.00	21.41	24.63
	Salas de reuniones	40.44	46.51	162.21	186.55
	Ascensores	7.67	8.82	433.33	498.33
	Aseos	7.60	8.74	72.66	83.56
	Sala de exposiciones	10.74	12.35	29.97	34.47
Primera planta (Bloque 4)	Oficinas	90.56	104.14	47.50	54.62
	Pasillos y zonas comunes	34.94	40.18	37.04	42.60
	Almacenes y zonas técnicas	1.88	2.16	11.26	12.95
	Ascensores	7.31	8.41	422.54	485.92
	Aseos	5.65	6.50	72.34	83.19
	Auditorio	111.76	128.52	203.09	233.55
Segunda planta (Bloque 5)	Oficinas	56.97	65.52	53.64	61.68
	Pasillos y zonas comunes	24.89	28.62	41.43	47.64
	Almacenes y zonas técnicas	1.19	1.37	16.06	18.47
	Salas de reuniones	62.93	72.37	194.41	223.57
	Ascensores	6.52	7.50	440.54	506.62
	Aseos	2.93	3.37	86.69	99.69
TOTAL		591.53	680.26	66.29	76.24

Tabla 5. Capacidad máxima de diseño de calefacción por zonas

ANÁLISIS DE SOLUCIONES PASIVAS

Tras realizar el análisis térmico del edificio ya se tiene una idea clara tanto del consumo máximo de climatización en este como de las zonas y puntos que contribuyen en mayor manera a elevar estos resultados. Con esta información se realizará un estudio de la implantación de medidas de ahorro pasivas en nuestro edificio y su efecto en las demandas pico de refrigeración y calefacción.

Las medidas de ahorro energético pasivas son aquellas que reducen la demanda energética máxima sin precisar de una puesta a punto posterior a su implementación, a diferencia de las medidas de ahorro energético activas estas no afectan directamente a los sistemas de producción de frío y calor instalados; en su lugar, estas medidas de ahorro actúan principalmente sobre la envolvente térmica del edificio, sus infiltraciones y renovaciones de aire.

En nuestro caso particular, actuar sobre la cantidad de aislante en muros exteriores, techos y tejados resultaría un poco excesivo, ya que los cerramientos de nuestro edificio están suficientemente aislados. Lo mismo ocurre si se decide actuar modificando los huecos del edificio, ya que estos fueron reemplazados hace menos de tres años incluyendo un cambio de cristal monolítico a uno doble, de carpintería de acero a carpintería de aluminio con rotura del puente térmico e instalando lamas de aluminio como elementos de sombra externos.

Respecto a las infiltraciones y renovaciones de aire el valor de estas últimas viene fijado por un valor por ocupante en función de la zona especificado en el *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios* (Ministerio de Energía, Industria y Comercio, 2013) por lo que no se puede actuar sobre él. Las infiltraciones de aire vienen fijadas por Design Builder mediante el valor de la estanqueidad expresado en renovaciones de aire por hora (ac/h), valor el cual es la fracción del volumen total del edificio que se filtra cada hora por lo que se puede modificar este valor para ver el impacto en el consumo máximo de frío y calor del conjunto estudiado.

Un par de medidas interesantes teniendo en cuenta el importante porcentaje de las ganancias y pérdidas de calor que supone la renovación del aire interior del edificio sería la instalación de un intercambiador de calor entre el aire de salida y el aire exterior de entrada del sistema de ventilación externa o la implantación de un método de *free cooling* el cual renueve el aire del edificio durante la noche donde las temperaturas exteriores son inferiores. Sin embargo estas medidas de ahorro energético son de tipo activo por lo que no son objeto de este estudio, no obstante resultan interesantes de mencionar ya que con las condiciones de nuestra instalación estas presentan un potencial de reducción del consumo total muy prometedor.

Finalmente se han decidido dividir las medidas de ahorro pasivas en dos apartados:

- Por un lado se estudiarán las medidas pasivas de ahorro energético ya implementadas en el edificio, en concreto el aislamiento de los muros, suelos y techados y el reciente cambio de huecos e instalación de elementos externos de sombra, y se observará su impacto sobre las capacidades de diseño de las instalaciones de climatización
- Por otra parte se analizará la inclusión de nuevas medidas de ahorro de menor repercusión como son la instalación de voladizos sobre las ventanas, un aumento de la estanqueidad del edificio para reducir las infiltraciones de aire externo y la implementación de un *green roof* sobre la cubierta de este.

ESTUDIO DE LAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO PASIVAS YA IMPLANTADAS

En este apartado se estudiará el impacto de las medidas de ahorro energético pasivas ya implantadas en el edificio, al ser estas las relacionadas con el aislamiento térmico y las composiciones de los huecos se puede esperar que la reducción en el consumo de climatización debido a estas será significativa debido a las características climatológicas de nuestro emplazamiento; especialmente las relacionadas con las características de los huecos ya que las ganancias térmicas a través del acristalamiento en verano son las más influyentes de nuestro edificio a pesar tener un vidrio doble, una carpintería con rotura del puente térmico y protecciones solares externas e internas que deberían paliar en gran medida el flujo de calor hacia el interior.

Cambio de ventanas

Para poder observar el consumo máximo de nuestro edificio con el estado de las ventanas previo a la reforma que este sufrió recientemente se han eliminado las lamas de aluminio empleadas a modo de protección solar y se ha reemplazado el vidrio doble que hay instalado actualmente por cristal monolítico de 4 mm de espesor así como un cambio de carpintería con rotura del puente térmico a una sin este.

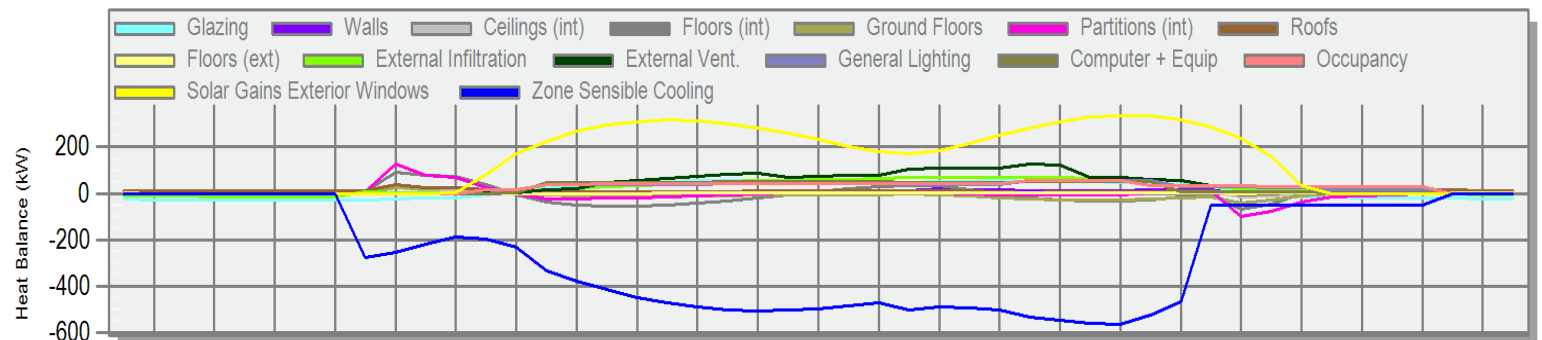


Ilustración 40. Evolución de las ganancias y la demanda de refrigeración en el día de diseño de verano - Caso vidrio simple sin protección solar

(Design Builder Software, 2015)

	Hora de potencia máxima vidrio doble + protección solar	Potencia máxima (kW) vidrio doble + protección solar	Hora de potencia máxima vidrio simple	Potencia máxima (kW) vidrio simple	Diferencia de potencias
Acrisolamiento	09:00	118.13	11:00	56.18	-61.95
Suelos interiores	05:00	33.35	05:00	90	56.65
Particiones	05:00	58.74	05:00	128	69.26
Infiltración exterior	14:00	66.25	15:00	70.77	4.52
Ventilación exterior	16:00	112.33	17:00	123.75	11.42
Ganancias solares de las ventanas exteriores	12:00	42.83	17:00	336.55	293.72

Tabla 6. Diferencia de potencias entre el modelo con vidrio simple y es caso base en el día de diseño de verano

De la simulación energética en el día de diseño de verano a fin de conocer la demanda máxima de refrigeración se observa que aunque las ganancias térmicas debidas al calor transmitido por el acristalamiento han disminuido casi la mitad las ganancias solares a través de las ventanas exteriores son prácticamente siete veces el valor anterior.

Esto es debido a que el conjunto de ventanas ahora dejan pasar gran parte de la radiación solar incidente por lo que se calientan menos y no acaban transmitiendo tanto calor a través de ellas como antes. Este aumento de las ganancias solares a través de las ventanas se debe a que ya no hay una protección solar exterior que haga sombra y que el vidrio simple permite que la radiación solar lo atravesase más fácilmente. La hora la que esta ganancia es máxima ha cambiado de las 12:00 a las 17:00, hora en la que el sol incide directamente sobre la fachada oeste, es porque antes la fachada este se veía más afectada debido a tener un muro cortina sin apenas protecciones solares el cual suponía un alto porcentaje de este valor, ahora que todos las ventanas cuentan sin protección la fachada oeste es la que se ve más afectada debido que tiene una mayor superficie al estar el edificio de alumnado en este lado.

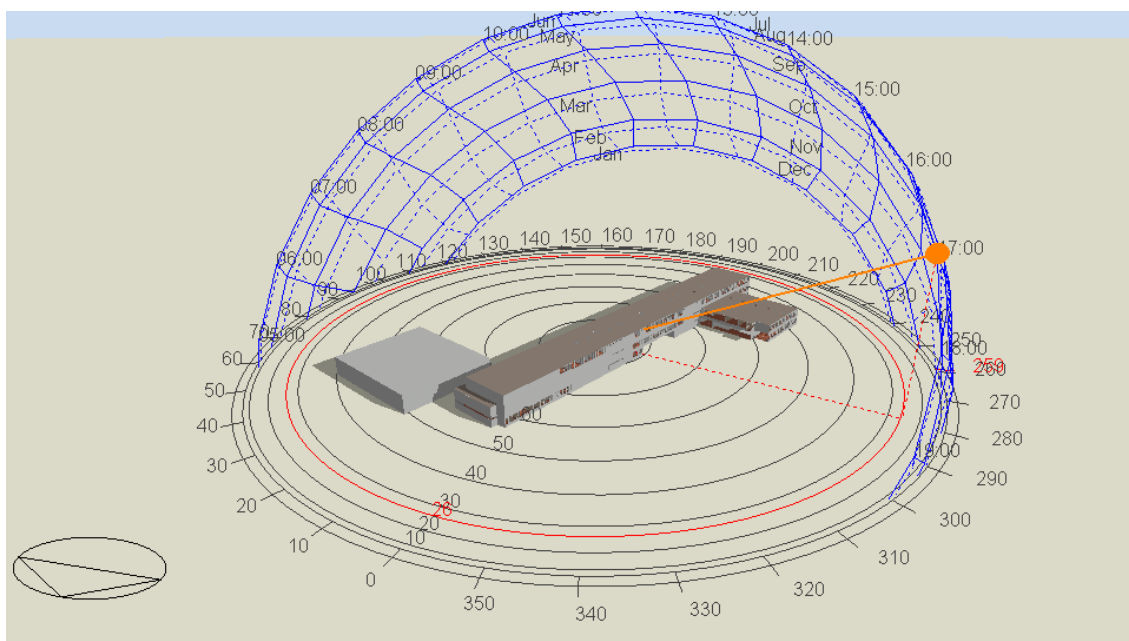


Ilustración 41. Ángulo de incidencia solar sobre el edificio de rectorado y paraninfo. 15 de Julio a las 17:00

(Design Builder Software, 2015)

Esta mayor cantidad de calor introducida en el edificio mediante la radiación solar incidente hace que aumenten las transmisiones de calor entre los suelos y particiones interiores a la hora en la que se activa el sistema de refrigeración debido a que se ha acumulado más calor en el interior del edificio.

	Capacidad de diseño (kW)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Carga total de refrigeración (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	Carga de diseño de refrigeración por área (W/m ²)
Caso base	759.12	52.84	660.18	572.79	87.44	85.1
Caso vidrio simple sin protección solar	1074.71	101.212	934.54	839.93	94.6	120.4
Incremento	29.37%	47.79%	29.36%	31.81%	7.57%	29.32%

Tabla 7. Incremento de la capacidad de diseño de refrigeración entre el modelo con vidrio simple y el caso base

Comparando las capacidades de diseño del sistema de refrigeración entre el estado actual del edificio y el que tenía antes de sufrir el cambio de la mayoría de huecos se observa que la reducción de demanda máxima fue aproximadamente del 30%. Un valor más que sustancial el cual muestra la importancia que tiene el estado y composición de los huecos en la eficiencia energética de los edificios, especialmente los de aquellos emplazados en lugares típicamente cálidos y con muchas horas diarias de sol como es nuestro caso.

Aunque la instalación de elementos de sombra no tenga ningún tipo de incidencia sobre la capacidad máxima de calefacción del edificio ya que en el día de diseño de invierno no se suponga radiación solar ninguna la composición del vidrio es importante de cara a determinar

las pérdidas de calor, al ser este un vidrio monolítico simple en comparación con el vidrio doble la pérdida de calor a través de este se ha duplicado prácticamente.

Se concluye que esta medida también ha tenido un efecto beneficioso para regular la demanda máxima de calefacción aportando una disminución de esta de un 13%.

	Potencia máxima (kW) vidrio doble	Potencia máxima (kW) vidrio simple	Incremento
Acrisolamiento	-81.29	-161.93	-80.64

Tabla 8. Diferencia de ganancias por acristalamiento entre el modelo con vidrio simple y es caso base en el día de diseño de invierno

	Pérdida de calor (kW)	Capacidad de diseño (kW)	Perdida de calor por área (W/m ²)	Capacidad de diseño por área (W/m ²)
Caso base	591.53	680.26	66.29	76.24
Caso vidrio simple	679.34	781.24	76.13	87.55
Incremento	12.93%	12.93%	12.93%	12.93%

Tabla 9. Incremento de la capacidad de diseño de calefacción entre el modelo con vidrio simple y el caso base

El aislamiento de la envolvente del edificio es una medida de ahorro energético la cual es beneficiosa tanto en verano como en invierno, pues evita la transmisión de calor desde el exterior y desde el interior en función de la diferencia de temperaturas entre ambos medios, haciendo esta medida igual de interesante para reducir tanto la demanda máxima de refrigeración como la de calefacción, especialmente esta última y de forma más pronunciada cuanto más frío sea el clima en el cual nos encontremos .

Para cuantificar el efecto del aislante ya instalado en nuestro edificio se ha reemplazado la capa de poliestireno expandido de los muros exteriores por una cámara de aire y la capa de lana de roca instalada como parte de los falsos techos a razón de la reciente reforma en la cual también se reemplazaron la mayor parte de las ventanas del edificio como se explica en el apartado anterior.



Ilustración 42. Composición de los muros exteriores (izquierda), suelos interiores (derecha) y cubierta plana (abajo) sin capa aislante

Tras la simulación se observa el efecto sobre la potencia térmica ganada o perdida a través de la envolvente del edificio tanto en el día de diseño de verano como en el de invierno:

Se comienza viendo el efecto sobre la capacidad máxima de refrigeración

	Hora de potencia máxima con aislamiento	Potencia máxima (kW) con aislamiento	Hora de potencia máxima sin aislamiento	Potencia máxima (kW) sin aislamiento	Incremento de potencias
Muros	14:00	17.24	18:00	49.99	32.75
Suelos interiores	05:00	33.35	05:00	48.77	15.42
Particiones	05:00	58.74	05:00	92.44	33.7
Tejados	05:00	27.05	05:00	34.7	7.65

Tabla 10. Diferencia de potencias entre el modelo sin aislamiento y el caso base en el día de diseño de verano

Como era de esperar las ganancias térmicas a través de la envolvente han aumentado de forma significativa con la única diferencia de que la fachada oeste es ahora la más afectada con una hora de potencia máxima a través de los muros de esta a las 18:00.

	Capacidad de diseño (kW)	Caudal de diseño (m3/s)	Carga total de refrigeración (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	Carga de diseño de refrigeración por area (W/m2)
Caso base	759.12	52.84	660.18	572.79	87.44	85.1
Caso sin aislamiento	813.01	58.3	706.97	612.45	94.51	91.1
Incremento	6.63%	9.37%	6.62%	6.48%	7.48%	6.59%

Tabla 11. Incremento de la capacidad de diseño de refrigeración entre el modelo sin aislamiento y el caso base

La medida repercute sobre la capacidad de diseño de la instalación de refrigeración con una reducción del 7% aproximadamente respecto al caso sin aislante.

En el día de diseño de invierno el proceso sucede a la inversa y la pérdida de calor a través de los muros y tejados sin aislar es lógicamente superior:

	Potencia máxima (kW) con aislamiento	Potencia máxima (kW) sin aislamiento	Incremento
Muros	-31.44	-84.24	-52.80
Suelos interiores	0.30	1.03	0.73
Tejados	-20.29	-27.15	-6.86

Tabla 12. Diferencia de potencias entre el modelo sin aislamiento y el caso base en el día de diseño de invierno

	Pérdida de calor (kW)	Capacidad de diseño (kW)	Perdida de calor por área (W/m2)	Capacidad de diseño por área (W/m2)
Caso base	591.53	680.26	66.29	76.24
Caso sin aislamiento	662.36	761.71	74.23	85.36
Incremento	10.69%	10.69%	10.69%	10.69%

Tabla 13. Incremento de la capacidad de diseño de calefacción entre el modelo sin aislamiento y el caso base

En este caso la medida resulta igual de interesante o más en invierno suponiendo cerca de un 11% de la reducción de la potencia máxima de calefacción total

Agrupación de medidas

Tras haber cuantificado el impacto de las medidas de ahorro energético pasivas ya presentes en nuestro edificio por separado, se dispone a observar el efecto que ejercen ambas simultáneamente para poder así justificar el gran impacto que tienen estas medidas en concreto sobre el consumo total de climatización del edificio objeto.

En el caso de verano:

	Capacidad de diseño (kW)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Carga total de refrigeración (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	Carga de diseño de refrigeración por área (W/m ²)
Caso base	759.12	52.84	660.18	572.79	87.44	85.1
Caso sin aislamiento ni cambio de huecos	1127.59	107.85	980.51	879.17	101.34	126.4
Incremento	32.68%	51.01%	32.67%	34.85%	13.72%	32.67%

Tabla 14. Incremento de la capacidad de diseño de refrigeración entre el modelo sin aislamiento ni los huecos modificados y el caso base

En el caso de invierno:

	Pérdida de calor (kW)	Capacidad de diseño (kW)	Perdida de calor por área (W/m ²)	Capacidad de diseño por área (W/m ²)
Caso base	591.53	680.26	66.29	76.24
Caso sin aislamiento ni cambio de huecos	749.82	862.29	84.03	96.64
Incremento	21.11%	21.11%	21.11%	21.11%

Tabla 15. Incremento de la capacidad de diseño de calefacción entre el modelo sin aislamiento ni los huecos modificados y el caso base

Este caso, con estas medidas concretas consigue una reducción de la demanda máxima de refrigeración de casi un tercio del total a la vez que en invierno disminuye la capacidad de diseño de la instalación de calefacción en cerca de un 20%. Prueba evidente del enorme potencial de ahorro que pueden introducir estas medidas cuando afectan a los puntos más castigados de un edificio.

ESTUDIO DE INCLUSIÓN DE NUEVAS MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO

En este apartado se estudiará la aplicación de medidas pasivas de ahorro energético de mucho menor impacto que las ya instaladas en nuestro edificio y que han sido analizadas en el apartado anterior.

El objetivo de las siguientes simulaciones es el de tratar de tantear el margen de mejora que aportarían nuevas medidas de ahorro energético pasivas a fin de reducir la demanda de climatización máxima y justificar lo beneficiosa que sería su implantación.

Concretamente, las medidas que analizaremos en este apartado son las siguientes:

- La instalación de voladizos sobre las ventanas para ver si estos reducen las ganancias por acristalamiento de forma significativa
- La conversión de la cubierta del edificio en un *green roof* y ver como este afecta sobre su demanda térmica
- Aumentar la estanqueidad de la envolvente, exponer procedimientos que permitan reducir este valor y observar su impacto sobre las potencias máximas de climatización.

Instalación de voladizos sobre las ventanas

Con esta medida se trata de probar hasta qué punto se podrían seguir reduciendo las ganancias térmicas por acristalamiento, para ello se ha decidido simular la instalación de un voladizo sobre las ventanas del edificio.

Puesto que no es necesario reemplazar nuestro vidrio ya que el actual ya es lo suficientemente eficiente, y se poseen tanto elementos de sombra interiores en forma de estores y exteriores en forma de lamas de aluminio la instalación de voladizos es de las pocas medidas que quedan por instalar. No obstante al ya poseer de un elemento de protección solar exterior no se prevé que el efecto de los voladizos sea muy influyente en nuestra instalación, pero se ha decidido simular su efecto para poder corroborar si el hecho de añadir más modificaciones a las características de los huecos en el estado actual del edificio conlleva ahorros de energía relevantes.

Para ello se han modificado las características de todas las plantillas de acristalamiento a excepción de los cristales de los muros cortina y se han añadido sobre ellas un voladizo de un metro de proyección, acto seguido se simularán los resultados:

	Hora de potencia máxima sin voladizo	Potencia máxima (kW) sin voladizo	Hora de potencia máxima con voladizo	Potencia máxima (kW) con voladizo	Incremento de potencias
Acristalamiento	09:00	118.13	09:00	108.45	-9.68
Ganancias solares de las ventanas exteriores	12:00	42.83	12:00	39.26	-3.57

Tabla 16. Diferencia de potencias entre el modelo con voladizo y el caso base en el día de diseño de verano

	Capacidad de diseño (kW)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Carga total de refrigeración (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	Carga de diseño de refrigeración por área (W/m ²)
Caso base	759.12	52.84	660.18	572.79	87.44	85.1
Con voladizo	723.13	49.46	628.81	543.56	85.26	81
Incremento	-4.98%	-6.83%	-4.99%	-5.38%	-2.56%	-5.06%

Tabla 17. Incremento de la capacidad de diseño de refrigeración entre el modelo con voladizo y el caso base

Se observa que la reducción de potencia máxima en verano es del 5% del consumo actual mientras que en el caso de la demanda máxima de calefacción no tiene ningún tipo de influencia ya que Design Builder supone el día de diseño de invierno con una radiación solar nula.

Esto da a entender que aunque en una situación real la radiación solar en invierno no siempre es nula, esta medida no va a tener un gran impacto en nuestro edificio a no ser que se dé una radiación solar suficientemente elevada la gran parte del año. Un efecto secundario a tener en cuenta con la instalación de voladizos es que estos repercuten negativamente sobre la cantidad de luz natural que entra en las habitaciones pudiéndose requerir una mayor densidad de iluminación o reduciendo la viabilidad de un posible sistema de iluminación controlado mediante la cantidad luz natural en la estancia a fin de reducir la potencia consumida en alumbrar el edificio.

En resumen, no queda mucho margen de mejora si se decide actuar sobre el acristalamiento y estructura de los huecos, y las medidas que se decidan aportar van a reportar unas mejoras que al tener en cuenta el coste de la instalación y los efectos secundarios que estas introducen puedan no estar justificadas.

Este también puede ser el caso de sustituir el vidrio y la carpintería de ambos muros cortina por unos más eficientes, esta medida afectaría a una pequeña parte del edificio la cual comprende sobretodo espacios comunes de menos ocupación que otras zonas más críticas del edificio además de suponer un cambio completo de la fachada formada por estos muros con el coste de obra correspondiente asociado. En nuestro caso concreto esta medida reduciría la capacidad de diseño de la instalación de refrigeración de 759 a 737 kW, una reducción de apenas un 3% y sin apenas un impacto discernible sobre la demanda máxima de climatización en los meses más fríos.

Conversión de la cubierta del edificio en un *green roof*

Un *green roof*, también llamado cubierta verde consiste en incluir una capa de suelo cultivado sobre la cubierta de un edificio, a este se le ha de añadir un sistema de drenaje, una membrana que evite que las raíces de las plantas se extiendan bajo la estructura base de nuestra cubierta y otra membrana que desempeñe una función impermeable. Las plantas cultivadas en una cubierta vegetal suelen ser aquellas de tipo sedum, las cuales no crecen mucho por lo que afectan duramente sobre la estabilidad constructiva de la cubierta, almacenan bien el agua, sus raíces no son agresivas, proporcionan una buena cobertura del terreno y no tienden a expandirse más allá de la cubierta; sin embargo la elección de plantas no queda limitada a las de este tipo, pero energéticamente hablando son la especie más apta. Estas plantas mediante su proceso de evapotranspiración y la sombra que proyectan sus hojas sobre la cubierta reducen la temperatura general sobre la cubierta al mismo tiempo que en conjunción con la capa de sustrato sirven como medio aislante adicional.

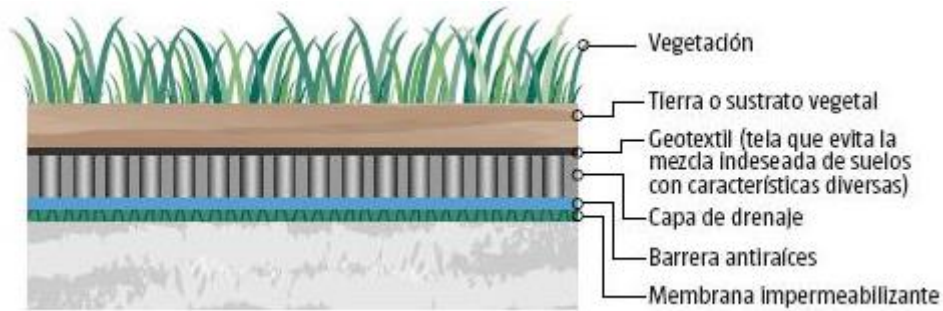


Ilustración 43. Esquema de composición de una cubierta vegetal típica

(*Green Mat*)

Se ha decidido estudiar la aplicación de esta medida ya que al estar el edificio debidamente aislado la aplicación de un *green roof* es una opción creativa que permitirá confirmar si aún queda margen de mejora mediante la aplicación de medidas que afecten al grado de aislamiento de la envolvente del edificio al mismo tiempo que este aporta otras ventajas como la retención y depuración de aguas pluviales, la reducir la cantidad de CO₂ de la atmósfera, ayuda a preservar los materiales sobre los que se asienta la cubierta y la mitigación del denominado efecto isla que se produce en las ciudades debido a las altas temperaturas que pueden llegar a alcanzar las cubiertas convencionales.

En nuestro caso la cubierta verde que se simulará es de tipo extensivo, con suelos de 15 cm de espesor máximo, plantas tipo sedum y poca necesidad de llevar un mantenimiento continuo. Para ello se modifica la plantilla de composición de nuestra cubierta plana, se elimina la capa de grava y se reemplaza por una de suelo cultivable de 15 cm a la cual se le añadirán las características predefinidas por Design Builder para un *green roof* las cuales son valores típicos para una cubierta verde extensiva. No se han añadido el resto de capas que componen un *green roof* al no presentar estas una gran relevancia en el cálculo de las cargas térmicas.

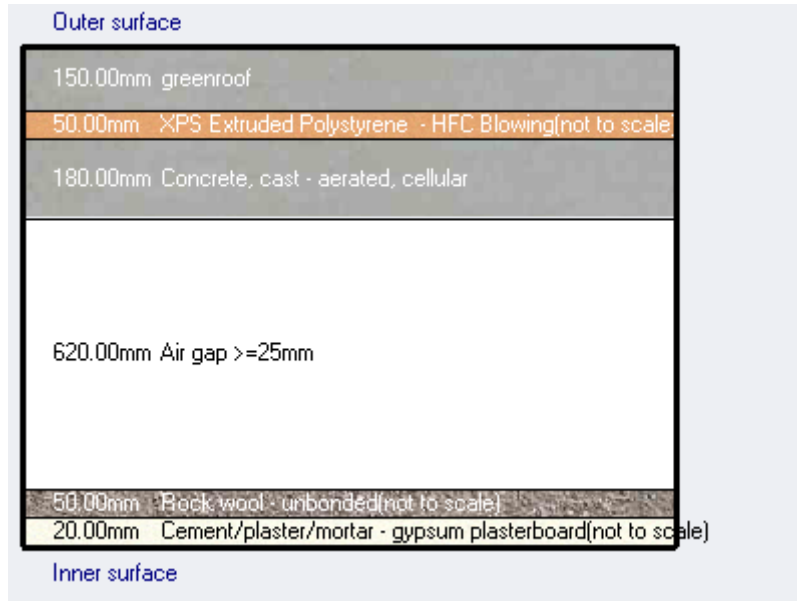


Ilustración 44. Composición de la cubierta plana con un green roof instalado

	Hora de potencia máxima cubierta convencional	Potencia máxima (kW) cubierta convencional	Hora de potencia máxima green roof	Potencia máxima (kW) green roof	Diferencia de potencias
Muros	14:00	17.24	14:00	17.76	0.52
Suelos interiores	05:00	33.35	05:00	39	5.65
Particiones	05:00	58.74	05:00	67.41	8.67
Tejados	05:00	27.05	05:00	21.93	-5.12

Tabla 18. Diferencia de potencias entre el modelo con cubierta verde y el caso base en el día de diseño de verano

	Capacidad de diseño (kW)	Caudal de diseño (m3/s)	Carga total de refrigeración (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	Carga de diseño de refrigeración por área (W/m2)
Caso base	759.12	52.84	660.18	572.79	87.44	85.1
Green roof	760.97	53.03	661.71	574.15	87.56	85.3
Incremento	0.24%	0.36%	0.23%	0.24%	0.14%	0.23%

Tabla 19. Incremento de la capacidad de diseño de refrigeración entre el modelo con cubierta verde y el caso base

Se observa que aunque la cubierta vegetal es capaz de reducir la transmisión de calor a través del tejado, este calor acaba transmitiéndose a través de los suelos interiores y particiones, especialmente los de la segunda planta, manteniendo el valor de la capacidad de diseño del sistema de refrigeración prácticamente sin alterar. Este comportamiento se hace especialmente de notar a las 5 de la mañana, hora en la que entra en funcionamiento el sistema de climatización y se produce un desequilibrio térmico entre el interior del edificio y el ambiente.

	Pérdida de calor (kW)	Capacidad de diseño (kW)	Perdida de calor por área (W/m ²)	Capacidad de diseño por área (W/m ²)
Caso base	591.53	680.26	66.29	76.24
Green roof	591.24	679.93	66.26	76.20
Incremento	-0.05%	-0.05%	-0.05%	-0.05%

Tabla 20. Incremento de la capacidad de diseño de calefacción entre el modelo con cubierta verde y el caso base

En invierno el comportamiento que produce esta medida es similar al que se tiene en verano, teniendo una mejoría prácticamente inapreciable en la demanda máxima del sistema de calefacción.

Se puede concluir que debido al estado de aislamiento actual de nuestro edificio y las características meteorológicas del entorno la implantación de un modelo de cubierta verde extensiva no resulta relevante al menos desde un punto de vista energético.

Aunque pueda seguir resultando interesante incluir esta medida debido a todos los beneficios secundarios que tiene asociada aparte del puramente energético estos no son relevantes al objeto de este proyecto y requerirían de un estudio especializado para evaluar su viabilidad.

Aumento de la estanqueidad del edificio

Otro de los puntos sobre los cuales se puede actuar con las medidas pasivas de ahorro energético es el de las cargas térmicas introducidas al edificio mediante la infiltración de aire exterior.

En este apartado se observa la repercusión que tiene el valor de la estanqueidad sobre la demanda energética máxima de climatización y se comentan diferentes medidas que se pueden emplear para reducir este valor.

Para poder modificar el valor de la estanqueidad en Design Builder hay que actuar sobre el valor del mismo nombre que se halla en la pestaña de construcción y este viene representado en cambios de aire por hora (ac/h), en otras palabras, este valor representa el porcentaje de aire exterior que se infiltra en el edificio a través de grietas, juntas y huecos respecto del volumen total del recinto cada hora. Al no saber el valor real de la estanqueidad de nuestro edificio se ha tomado el valor predefinido por Design Builder de 0,7 ac/h y se verá el impacto que tiene reducir este.

Según el valor representativo aportado en la tabla 8 del documento de apoyo al documento básico de ahorro de energético del Código Técnico de la Edificación CTE DA DB-HE/1 (IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2015), este valor es ligeramente mejor que el correspondiente a un edificio con sus componentes debidamente sellados pero con pequeñas aperturas de ventilación.

Nivel de estanqueidad	h ⁻¹
Ni puertas, ni ventanas, ni aberturas de ventilación	0
Todos los componentes sellados, sin aberturas de ventilación	0,5
Todos los componentes bien sellados, pequeñas aberturas de ventilación	1
Poco estanco, a causa de juntas abiertas o presencia de aberturas de ventilación permanentes	5
Poco estanco, con numerosas juntas abiertas o aberturas de ventilación permanentes grandes o numerosas	10

Ilustración 45. Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior

CTE DA DB-HE (IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2015),

Se va a reducir este valor de 0,7 ac/h a 0,5 ac/h, el correspondiente a un edificio con todos sus componentes bien sellados y sin aberturas de ventilación.

	Estanqueidad (ac/h)	Potencia máxima por infiltración exterior (kW)
	0.70	66.25
	0.50	47.31
% de reducción	28.57%	28.59%

Tabla 21. Relación entre el valor de estanqueidad y las cargas térmicas máximas por infiltración exterior el día de diseño de verano

Se observa que el valor de la estanqueidad está relacionado proporcionalmente con la potencia máxima introducida al edificio mediante la infiltración exterior, sabiendo esto se evalúa el efecto que tiene esta medida sobre la demanda máxima de refrigeración y calefacción para poder evaluar su viabilidad.

	Capacidad de diseño (kW)	Caudal de diseño (m ³ /s)	Carga total de refrigeración (kW)	Carga sensible (kW)	Carga latente (kW)	Carga de diseño de refrigeración por área (W/m ²)
Estanqueidad: 0.7 ac/h	759.12	52.84	660.18	572.79	87.44	85.1
Estanqueidad: 0.5 ac/h	733.47	51.37	637.8	556.48	81.31	82.2
Incremento	-3.50%	-2.86%	-3.51%	-2.93%	-7.54%	-3.53%

Tabla 22. Incremento de la capacidad de diseño de refrigeración entre el modelo con estanqueidad 0.5 ac/h y el caso base

	Pérdida de calor (kW)	Capacidad de diseño (kW)	Perdida de calor por área (W/m ²)	Capacidad de diseño por área (W/m ²)
Estanqueidad: 0.7 ac/h	591.53	680.26	66.29	76.24
Estanqueidad: 0.5 ac/h	545.06	626.82	61.08	70.25
Incremento	-8.53%	-8.53%	-8.53%	-8.53%

Tabla 23. Incremento de la capacidad de diseño de calefacción entre el modelo con estanqueidad 0.5 ac/h y el caso base

Se observa que al no ser la carga térmica por infiltración externa una de las más determinantes en periodo estival, el porcentaje de reducción de demanda máxima de refrigeración no alcanza unos valores muy elevados. No obstante en invierno una reducción del 28% de la estanqueidad conlleva una reducción del casi 9% de la capacidad de diseño del sistema de calefacción.

Esto se debe a que en el día de diseño de invierno como no se tiene en cuenta la radiación solar ni las cargas internas por ocupación, iluminación y equipos; la infiltración de aire exterior gana una mayor importancia de cara a inflar la demanda máxima. Sin embargo aun suponiendo un perfil de uso del edificio más próximo a la realidad la infiltración de aire frío del exterior al interior del edificio es un factor que sigue teniendo una gran relevancia.

Además, estos resultados parten de un valor inicial de estanqueidad definido por Design Builder que no es el real del edificio al no conocerse este, por lo que cuanto más optimista se haya sido al adoptar este valor más potencial de mejora tiene esta medida, lo cual hace interesante proponer que se calcule el flujo de infiltración de aire exterior real del edificio para tener así un valor de estanqueidad fiable que pueda dar una idea del impacto real que tendría esta mejora sobre el edificio.

Para poder conseguir un edificio más estanco se debe actuar especialmente sobre las rendijas y grietas de las puertas y ventanas sellando correctamente la unión de estas con los muros, instalando burletes para evitar la infiltración en ventanas y puertas practicables o implementando sistemas de cierre automático. Otros puntos conectados directamente con el exterior donde pueden producirse infiltraciones de aire son entre otros la entrada de tubos y cables al edificio, uniones y grietas en la envolvente. Todos estos puntos críticos han de ser identificados mediante un procedimiento que determina el caudal de infiltración de aire exterior forzando una diferencia de presiones entre el interior del edificio y el ambiente y, una vez localizados, han de ser sellados debidamente.

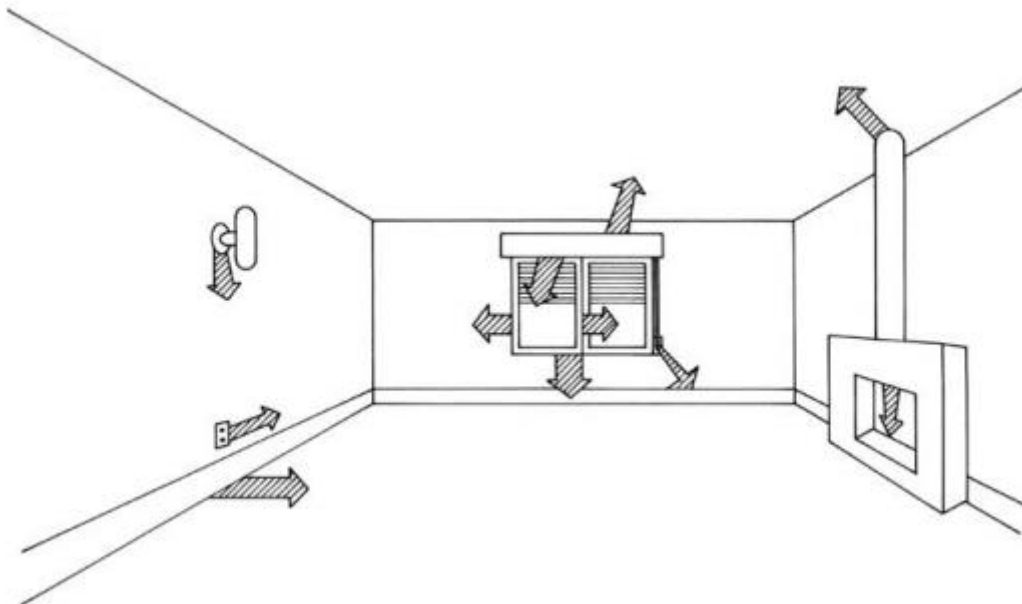


Ilustración 46. Posibles infiltraciones de aire al interior de una vivienda

(Eduardo Cabrero)

CONCLUSIONES

Tras haber estudiado el efecto de las medidas de ahorro pasivas ya aplicadas en el edificio, centradas concretamente en la actuación sobre la composición y características de los huecos y aislamiento de la envolvente térmica, haber propuesto dos medidas nuevas en estos mismos ámbitos en forma de la instalación de voladizos sobre las ventanas y un *green roof* en la cubierta a fin de tantear el margen de mejora disponible y incluyendo otra nueva medida relacionada con la infiltración de aire exterior, se han alcanzado las siguientes conclusiones:

- Las medidas ya aplicadas en el edificio son aquellas que presentan un mayor porcentaje de reducción de demanda de climatización máxima, con un 33% de reducción en la demanda pico de refrigeración y de un 20% en climatización. Esto se debe a su amplio alcance, el estado del edificio antes de su aplicación y la mejora que estas conllevan dadas las condiciones climatológicas de nuestro emplazamiento.
- La especial importancia de las cargas por acristalamiento y radiación solar a través de ventanas en localizaciones con climas cálidos y muchas horas anuales de sol como es el caso de Valencia y el gran potencial de mejora que tiene la actuación sobre estos puntos, especialmente en edificios de gran antigüedad.
- Dado que las actuaciones ya aplicadas sobre envolvente térmica y acristalamiento son de tanta relevancia, el tratar de actuar aun más sobre estos puntos no ofrece porcentajes de ahorro que realmente justifiquen la aplicación de estas medidas desde el punto de vista de la eficiencia energética. Este es el caso de la instalación de voladizos sobre las ventanas y la conversión de la cubierta en un *green roof*, el cual tiene otros beneficios secundarios beneficiosos pero que al no tener una incidencia directa sobre el ahorro energético en las instalaciones de climatización no son objeto de nuestro estudio
- La mejora de la estanqueidad del edificio es una medida que tiene unos beneficios visibles a lo largo de todo el año, especialmente en los meses invernales. Además al haber sido calculada esta medida en base al valor predeterminado de estanqueidad de Design Builder el cual ya es un valor bueno, tiene un potencial de mejora aun mayor cuanto menos estanco sea en realidad nuestro edificio en comparación.

BIBLIOGRAFÍA

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (2009). *ASHRAE, Handbook: Fundamentals*.

Aurea Consulting, (2014). *Manual de ayuda de Design Builder en español*.

B.P, (2016). *B.P Statistical Review of World Energy*.

Código Técnico de la Edificación. (2013). *Documento Básico de Ahorro de Energía DBHE*.

Design Builder Software, (2015). Design Builder V4.7.0.027.

Energy Plus, (2016). Energy Plus V8.6.0.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, (2010). *Condiciones climáticas exteriores de proyecto*.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, (2012). *Documento Básico HE; Ahorro de energía*.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, (2015). *Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE; Ahorro de energía*.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, (2012). *Guía de recomendaciones de eficiencia energética, certificación de edificios existentes CE3*.

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, (2014). *Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética*.

Ministerio de Energía, Industria y Comercio, (2013). *Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios*.

UNE 12464.1, (2012). *Norma Europea sobre la iluminación para interiores*.

Universitat Politècnica de València, (2013). *Plan Concilia: adaptación del acuerdo para la conciliación de la vida familiar y laboral del personal de administración y servicios de la Universitat Politècnica de València*.

PRESUPUESTO

Para presupuestar la tarea desempeñada en este estudio se tendrá en cuenta el equipo usado, y el software de simulación energética empleado. Respecto al trabajo personal se presupuestan las horas empleadas para la elaboración del informe, así como los desplazamientos llevados a cabo para las visitas y reuniones.

	Ordenador	Design Builder
Coste (€)	800.00	2800.00
Horas de uso (h/año)	1095.00	1936.00
Vida útil	5.00	1.00
Precio (€/h)	0.15	1.45

Tabla 24. Precios base para el cálculo del presupuesto

PRECIO DESGLOSADO

	Precio (€)	Unidad	Cantidad	Total (€)
Software	1.45	hora	300	433.88
Ordenador	0.15	hora	300	43.84
Visitas	5	visita	6	30.00
Elaboración del informe	20	hora	300	6000.00
Reuniones	20	hora	8	160.00
Impresión del informe	0.05	página	74	3.70

COSTE TOTAL (SIN IVA)

6671.42 €

Tabla 25. Precio desglosado por unidad para el cálculo del presupuesto

ANEXO 1. HORARIOS DE OCUPACIÓN, ILUMINACIÓN Y EQUIPOS

Ocupación Oficinas

Schedule:Compact,
Office_OpenOff_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: SummerDesignDay,
Until: 07:00, 0,
Until: 18:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekdays,
Until: 07:00, 0,
Until: 08:00, 0.001,
Until: 09:00, 0.75,
Until: 14:00, 1,
Until: 16:00, 0.5,
Until: 18:30, 1,
Until: 19:00, 0.25,
Until: 21:00, 0.005,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Ocupación Aseos

Schedule:Compact,
Office_Toilet_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays SummerDesignDay,
Until: 07:30, 0,
Until: 08:00, 0.05,
Until: 09:00, 0.075,
Until: 17:00, 0.2,
Until: 18:00, 0.075,
Until: 21:00, 0.05,
Until: 24:00, 0,
For: Saturday,
Until: 08:00, 0,
Until: 15:00, 0.05,
Until: 24:00, 0,
For: Sunday,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Ocupación Almacenes

Schedule:Compact,
Office_Store_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays ,
Until: 08:00, 0,
Until: 18:30, 0.25,
Until: 24:00, 0,
For: SummerDesignDay ,
Until: 08:00, 0,
Until: 18:30, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: AllOtherDays WinterDesignDay,
Until: 24:00, 0;

Ocupación Pasillos

Schedule:Compact,
Office_Circulation_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays SummerDesignDay,
Until: 07:00, 0,
Until: 08:00, 0.25,
Until: 09:00, 0.5,
Until: 12:00, 1,
Until: 14:00, 0.75,
Until: 17:00, 1,
Until: 18:00, 0.5,
Until: 21:00, 0.15,
Until: 24:00, 0,
For: Sunday,
Until: 24:00, 0,
For: Saturday,
Until: 08:00, 0,
Until: 15:00, 0.25,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Ocupación SalasDeReuniones

Schedule:Compact,
Office_OpenOff_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays,
Until: 08:00, 0,
Until: 12:00, 0.1,
Until: 14:00, 0.3,
Until: 18:00, 0.1,
Until: 24:00, 0,
For: SummerDesignDay,
Until: 08:00, 0,
Until: 18:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Ocupación Auditorio

Schedule:Compact,
D2_Auditoria_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekends Holidays,
Until: 16:00, 0,
Until: 18:00, 0.5,
Until: 23:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: SummerDesignDay,
Until: 16:00, 0,
Until: 23:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Ocupación SalaDeExposiciones Iluminación Equipos Oficinas

Schedule:Compact,
LibMusGall_CirculationPub_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays,
Until: 11:00, 0,
Until: 14:00, 0.5,
Until: 17:00, 0,
Until: 20:00, 0.5,
Until: 24:00, 0,
For: SummerDesignDay,
Until: 11:00, 0,
Until: 14:00, 1,
Until: 17:00, 0,
Until: 20:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Schedule:Compact,
Office_OpenOff_Light,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays,
Until: 07:30, 0,
Until: 15:00, 1,
Until: 18:30, 0.75,
Until: 21:00, 0.10,
Until: 24:00, 0,
For: SummerDesignDay,
Until: 08:00, 0,
Until: 18:30, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Saturday,
Until: 08:00, 0,
Until: 15:00, 0.10,
Until: 24:00, 0,
For: Sunday,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Iluminación Equipos Pasillos

Schedule:Compact,
Office_Circulation_Light,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays SummerDesignDay,
Until: 07:30, 0,
Until: 21:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Saturday,
Until: 07:30, 0,
Until: 15:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Sunday,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Iluminación Almacenes

Schedule:Compact,
Office_Store_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: SummerDesignDay ,
Until: 08:00, 0,
Until: 18:30, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekdays,
Until: 08:00, 0,
Until: 18:30, 0.1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: AllOtherDays WinterDesignDay,
Until: 24:00, 0;

Iluminación Equipos Auditorio

Schedule:Compact,
D2_Auditoria_Light,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays SummerDesignDay,
Until: 16:00, 0,
Until: 23:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 16:00, 0,
Until: 23:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 16:00, 0,
Until: 23:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Iluminación Equipos SalaDeExposiciones

Schedule:Compact,
LibMusGall_CirculationPub_Occ,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays SummerDesignDay,
Until: 11:00, 0,
Until: 14:00, 1,
Until: 17:00, 0,
Until: 20:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

PLANOS

- ALZADO DEL EDIFICIO: 1.
- PLANTA BAJA: 2.
- PRIMERA PLANTA: 3.
- SEGUNDA PLANTA: 4.
- CUBIERTA DEL EDIFICIO: 5.

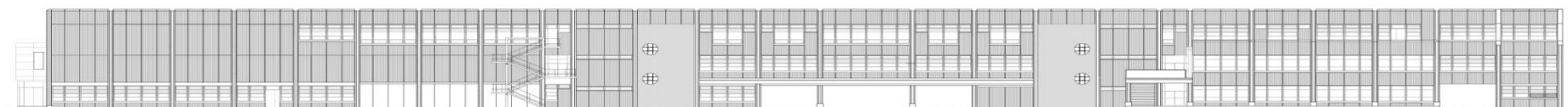


ALZADO NORTE

ALZADO SUR



ALZADO ESTE



ALZADO OESTE

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA SUSTITUCIÓN DE LA CARPINTERÍA
EN EL EDIFICIO 2E-3A EN EL CAMPUS DE VERA DE LA U.P.V.

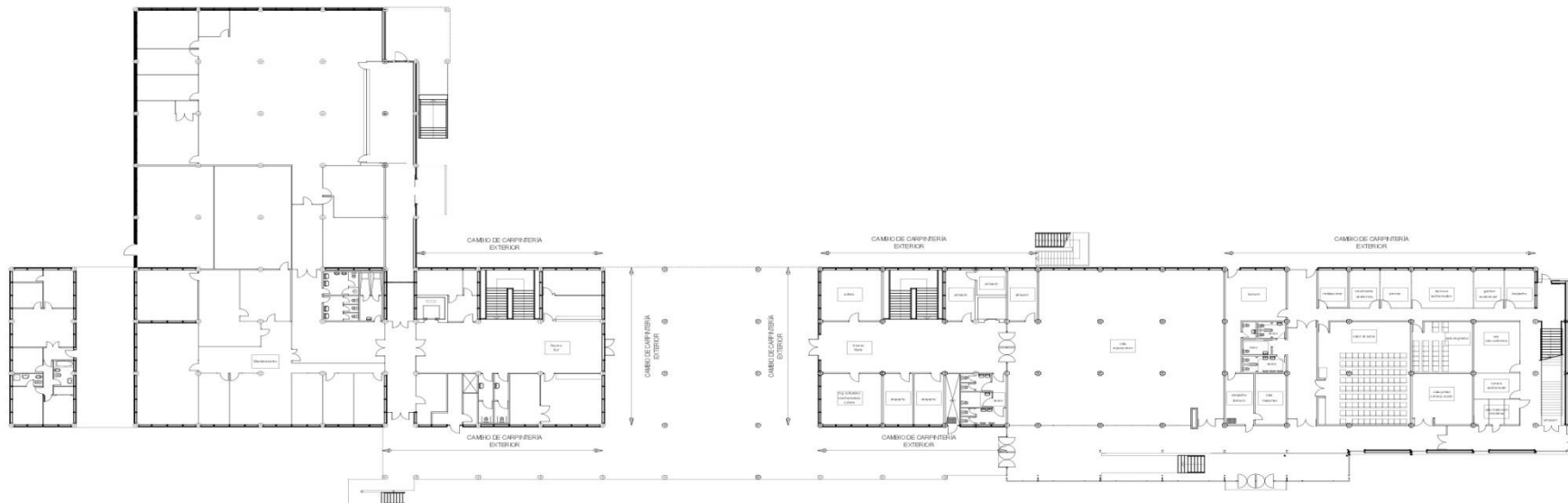


UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCALA GRÀFICA
1:200

FECHA
FEBRER 2016

PROY.
JOSÉ PABLO SERRA
ALZADOS

ESTADO ACTUAL.
ALZADOS.
1:200



PLANTA BAJA

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO PARA SUSTITUCIÓN DE LA CARPINTERÍA
EN EL EDIFICIO 2E-3A EN EL CAMPUS DE VERA DE LA U.P.V.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
VALENCIA
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y
MANTENIMIENTO

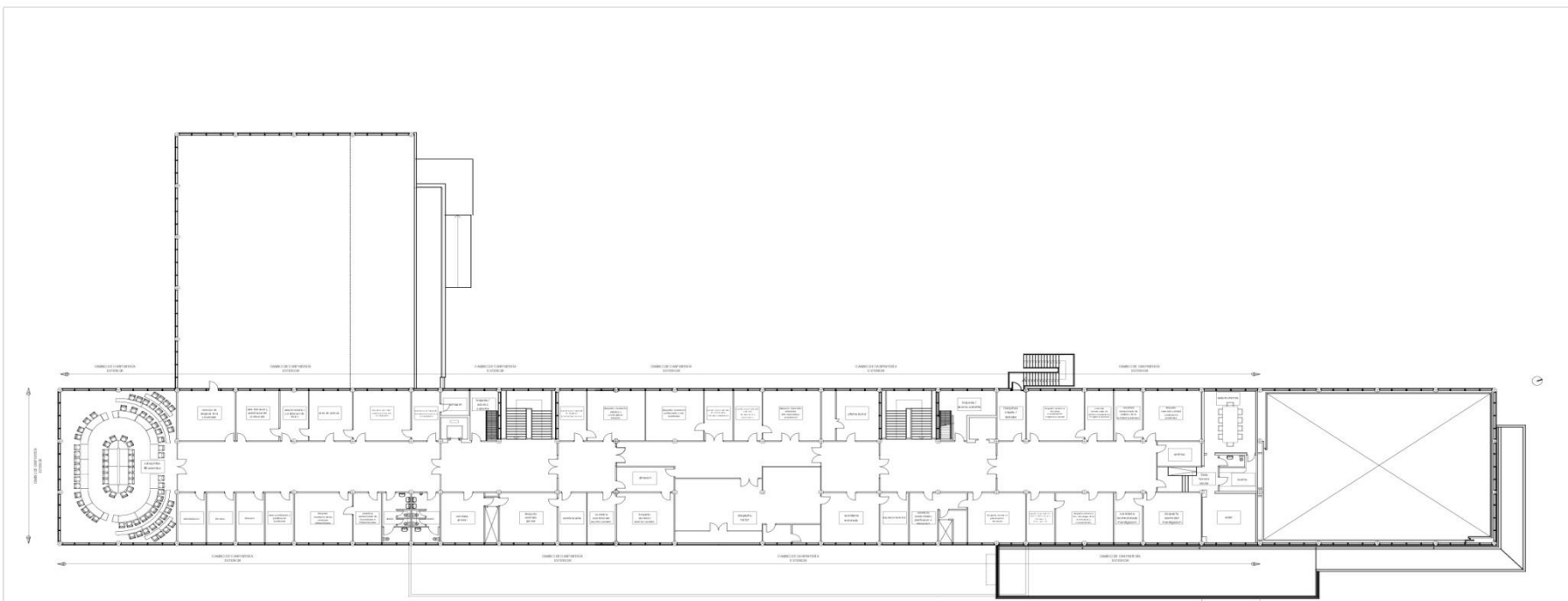
ESCALA GRÁFICA
0 5 10 15M

FECHA
FEBRERO 2015

FDO.
JOSEP PERIS SERRA
ARQUITECTO TÉCNICO

PLANO
ESTADO ACTUAL.
PLANTA BAJA.

Nº
02.1_PB
E
1:400



PLANTA SEGUNDA

ESTUDIO TECNICO-ECONÓMICO PARA SUSTITUCIÓN DE LA CARPINTERÍA
EN EL EDIFICIO 2E-3A EN EL CAMPUS DE VERA DE LA U.P.V.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE
VALENCIA
VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y
MANTENIMIENTO

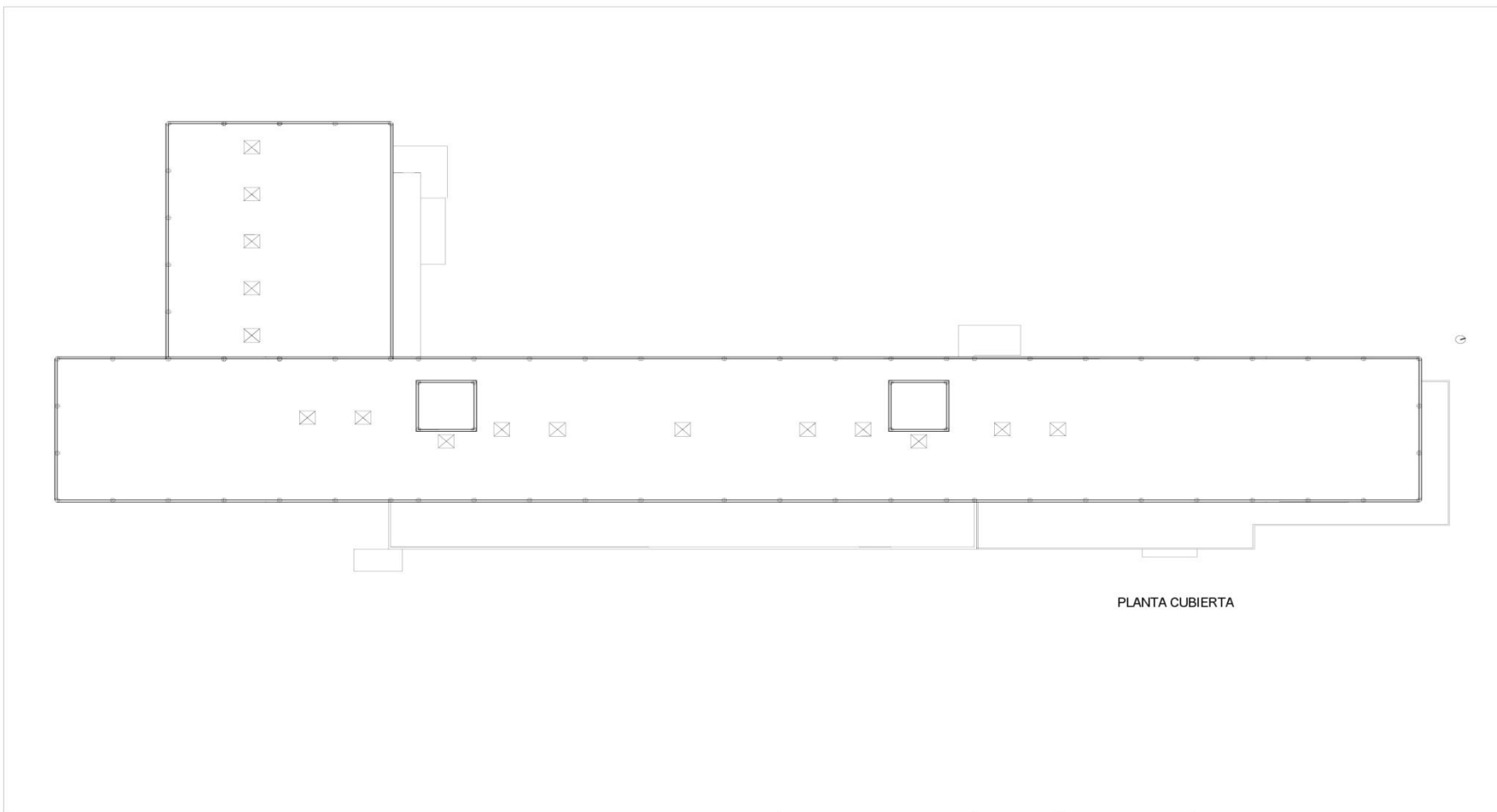


FECHA
FEBRERO 2015

FDO.
JOSEP PERIS SERRA
ARQUITECTO TÉCNICO

PLANO
ESTADO ACTUAL.
PLANTA SEGUNDA.

Nº
02.3_P2
E
1:400



PLANTA CUBIERTA

ESTUDIO TECNICO-ECONÓMICO PARA SUSTITUCIÓN DE LA CARPINTERÍA EN EL EDIFICIO 2E-3A EN EL CAMPUS DE VERA DE LA U.P.V.	 <p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURAS Y MANTENIMIENTO</p> ESCALA GRÁFICA 	FECHA FEBRERO 2015	FDO. JOSEP PERIS SERRA ARQUITECTO TÉCNICO	PLANO ESTADO ACTUAL. PLANTA CUBIERTA.	Nº 02.4_PC E 1:400
--	---	-----------------------	---	---	-----------------------------