

Trabajo Fin de Grado

Arquitectura zero emisiones en edificios de
oficinas. Caso de estudio CIRCE y CIEM.

Zero emissions architecture in office buildings.
Case studies CIRCE and CIEM.

Autor/es

María Pilar Dal León

Director/es

Marta Monzón Chavarrías

Escuela de Ingeniería y Arquitectura
2019



Trabajo fin de grado
Estudios en Arquitectura

Arquitectura zero emisiones

en edificios de oficinas

CASO DE ESTUDIO: CIRCE Y CIEM

Autor: María Pilar Dal León
Director: Marta Monzón Chavarrías

Resumen

Arquitectura zero emisiones en edificios de oficinas. Caso de estudio CIRCE y CIEM.

La reducción del consumo energético y de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector de la arquitectura, y en especial en la rama de la construcción, es un tema de alta importancia. En este se suceden avances de forma constante ya que su participación es fundamental en el camino hacia la sostenibilidad.

Aunque el consumo energético de los edificios varía en función de la región climática en la que se encuentren, este se incrementa más rápidamente cuando se utilizan medidas activas que requieren de energía para alcanzar el confort en el interior de los mismos.

Con el objetivo de reducir el consumo de energía primaria y emisiones de gases de efecto invernadero de los edificios, Europa ha liderado normativas que los países integrantes han ido aplicando en su territorio. Para ello, se han realizado cambios en las normativas existentes de los países miembros, y se han publicado pautas y disposiciones a seguir. Fruto de los resultados obtenidos en estudios y proyectos piloto, han surgido nuevas propuestas para poder conseguir estos objetivos. Dentro de las estrategias podemos encontrar propuestas tecnológicas, de diseño y psicológicas.

Estas medidas han sido tenidas en cuenta en dos edificios con un uso similar de oficinas en Zaragoza. El edificio CIRCE dentro del Campus Río Ebro y el edificio CIEM dentro de la Milla Digital.

Esta propuesta de Trabajo Fin de Grado está orientada al análisis constructivo, proyectual, funcional, tecnológico y de rendimiento de medidas de ahorro energético llevadas a cabo junto con el análisis de los resultados obtenidos gracias a las mismas.

Índice de contenidos

Objetivos y Metodología

01. Introducción

- 1.1. Situación actual del planeta
 - 1.1.1. Agenda 20/30
 - 1.1.2. Cambio climático
 - 1.1.3. Objetivos Unión Europea
- 1.2. Arquitectura y cambio climático
 - 1.2.1. Situación del sector
 - 1.2.2. Arquitectura sostenible
 - 1.2.3. Objetivos de futuro.
 - 1.2.4. Normativas

02. Balance energético en la edificación

- 2.1. Consideraciones previas
 - 2.1.1. Confort térmico
 - 2.1.2. Arquitectura y clima
- 2.2. Herramientas y definiciones del balance energético
 - 2.2.1. El estándar EECN
 - 2.2.2. Certificación LEED
 - 2.2.3. Estándar Passivhaus
- 2.3. Variables de diseño ambiental
 - 2.3.1. Pasivas
 - 2.3.2. Activas y auxiliares

03. Ejemplos de edificios de emisiones casi nulas en la tipología de oficinas en España

04. CIRCE

- 4.1. Sobre el proyecto
 - 4.1.1. Ubicación y objetivos del centro
 - 4.1.2. Información general sobre el edificio
- 4.2. Aspectos arquitectónicos
 - 4.2.1. Forma
 - 4.2.2. Espacios
 - 4.2.3. Sistema constructivo, estructural y acabados
- 4.3. Funcionamiento
 - 4.3.1. Climatización en invierno
 - 4.3.2. Climatización en verano
- 4.4. Energías renovables
- 4.5. Otras medidas de ahorro

05. CIEM

5.1. Sobre el proyecto

- 5.1.1. Ubicación y objetivos del centro
- 5.1.2. Información general sobre el edificio

5.2. Aspectos arquitectónicos

- 5.2.1. Forma
- 5.2.2. Espacios
- 5.2.3. Sistema constructivo, estructura y acabados

5.3. Funcionamiento

- 5.3.1. Climatización en invierno
- 5.3.2. Climatización en verano

5.4. Energías renovables

5.5. Otras medidas de ahorro

06. ESTUDIOS PROPIOS SOBRE CIRCE Y CIEM

6.1. Consumos

- 6.1.1. Consumos CIRCE
- 6.1.2. Consumos CIEM

6.2. Encuestas personales a usuarios

- 6.2.1. Encuestas CIRCE
- 6.2.2. Encuestas CIEM
- 6.2.3. Tablas comparativas

6.3. Valoración del funcionamiento real propuestas de mejora

- 6.3.1. Funcionamiento CIRCE
- 6.3.2. Funcionamiento CIEM

07. Conclusiones y reflexiones

08. Bibliografía

- Bibliografía general
- Documentos y artículos
- Documentos oficiales
- Webgrafía
- Otros
- Imágenes

09. Anexos

Objetivos y Metodología

Esta propuesta de Trabajo Fin de Grado está orientada al estudio del rendimiento de medidas de ahorro energético llevadas a cabo con el objetivo de reducir el consumo de energía primaria y emisiones de gases de efecto invernadero en dos edificios de oficinas en Zaragoza junto con el análisis de los resultados obtenidos gracias a las mismas.

En un primer momento se expone la situación actual de la Tierra y la necesidad de conseguir alcanzar un desarrollo sostenible en el que las generaciones futuras y el planeta no se vean comprometidas. Para conseguir este objetivo, la arquitectura debe contribuir ante los retos medioambientales existentes como gran consumidor de energía y recursos que es.

A nivel normativo se exponen las Directivas Europeas en las que se presentan diferentes medidas para conseguir un desarrollo sostenible a nivel europeo en lo que trasciende al sector de la arquitectura, así como su trasposición a la normativa española.

En su mayor medida, las normativas hacen referencia al balance energético en la edificación y la emisión de gases de efecto invernadero que produce. A continuación, se presentan diferentes herramientas que la arquitectura posee, aplicadas a la zona climática de España, con las que se puede trabajar para alcanzar un balance energético y de emisiones Zero sin comprometer el confort de los usuarios.

Posteriormente, siendo la tipología de oficinas el segundo consumidor de energía en la edificación después de la residencial, se eligen seis edificios de oficinas de diferentes años de construcción situados a una latitud similar en España, los cuales se han pensado desde estrategias de ahorro energético.

Por cercanía y facilidad de acceso a información y datos, estudio con más profundidad dos edificios de los seleccionados ya que se encuentran en Zaragoza. Estos son el CIRCE y el CIEM.

Para su investigación realizo un análisis constructivo, proyectual y funcional y tecnológico de los mismos.

Finalmente, para evaluar las medidas de ahorro energético y de reducción de las emisiones, realizo un estudio del funcionamiento real de los edificios mediante la observación de sus consumos energéticos, así como el nivel de confort de los usuarios de cada uno de los edificios mediante encuestas en las que se evalúan aspectos perceptivos del confort personal.

Finalmente, fruto de la observación de las deficiencias de funcionamiento detectadas y de las sugerencias de los usuarios se establecen diferentes conclusiones y propuestas de mejora posibles.

Agradecimientos: a Octavio Cabello, David Cambra y Claudio Javier por la información aportada y a todas las personas que han respondido a la encuesta facilitada.

1. Introducción

1.1. SITUACIÓN ACTUAL

1.1.1. AGENDA 2030

En 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) aprobó la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible, donde se proponen diecisiete objetivos para que los países sigan un nuevo camino con el que mejorar la vida de todos. Estos objetivos incluyen diferentes aspectos como la pobreza, la igualdad, la educación, la lucha contra el cambio climático, la defensa del medio ambiente o el diseño de las ciudades entre otros. Objetivos que marcaron en la Asamblea General de las Naciones Unidas de 2015 “*Estamos resueltos a poner fin a la pobreza y el hambre en todo el mundo de aquí a 2030, a combatir las desigualdades dentro de los países y entre ellos, a construir sociedades pacíficas, justas e inclusivas, a proteger los derechos humanos y promover la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de las mujeres y las niñas, y a garantizar una protección duradera del planeta y sus recursos naturales*”¹. A pesar de que todas las metas están relacionadas, en lo referente a la arquitectura destaca el punto número 11 “*Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*”¹.

[001] 17 objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Web oficial ONU.

¹ Resolución de la Agenda 2030 aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas el 25 de septiembre de 2015 en Nueva York.



Producción y edición con TRELLEBON - COMPANY. TheGlobalGoal@trellebon.com | +34 912 081 001
Para más información sobre este proyecto, por favor, contacta con: do@trellebon.com

001

Esta hoja de ruta se establece con el motivo principal de la inviabilidad del actual desarrollo económico, social y político ante las consecuencias que tiene en el presente y tendrá en el futuro. Varias de estas consecuencias se ven reflejadas a través de datos climáticos recientes donde se muestra la realidad de un mundo en el que se debe actuar; el cual es finito.

1.1.2. CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático es una realidad cuya consecuencia principal es el calentamiento global. Cada vez existe un mayor número de plantas y animales en peligro de extinción debido entre otros factores al aumento de la temperatura del planeta como consecuencia del efecto invernadero.

² DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO del 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

³ DIRECTIVA 2009/125/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO del 21 de octubre de 2009 por la que se instauro un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.

Como fruto de la revolución industrial nuestra calidad de vida ha mejorado, pero para ello, estamos transformando el planeta produciendo un desequilibrio en el sistema tierra que lo hace cada vez menos apto para nuestra supervivencia.

1.1.3. OBJETIVOS UNIÓN EUROPEA

Desde la Unión Europea se han fijado una serie de objetivos para reducir progresivamente las emisiones de gases de efecto invernadero hasta 2050 dentro de una economía baja en carbono.

Para lograr estos objetivos se propuso un paquete de medidas denominadas como la apuesta 20/20/20 que se han de cumplir para el año 2020. *“La mejora de la eficiencia energética es un objetivo clave de la Comunidad cuya finalidad es lograr una mejora del 20 % en la eficiencia energética de aquí a 2020”. “Habida cuenta de las opiniones expresadas por el Parlamento Europeo, el Consejo y la Comisión, conviene definir como objetivos obligatorios nacionales alcanzar una cuota del 20 % de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía”*².

- Reducción del 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero en relación con los niveles del año 1990.
- Promover las energías renovables hasta un 20% más respecto a las utilizadas en 1990.
- Mejorar la eficiencia energética en un 20% respecto a la de 1990.

Ya en las puertas de llegar al año 2020, las cifras de las medidas objetivo se incrementan para el año 2030 para ajustarse a la perspectiva a largo plazo que se establece en 2050. La reducción de las emisiones de efecto invernadero asciende hasta un 40% y el aporte de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética aumentan al 27%.

Estas metas establecidas por la UE son incorporadas a la legislación en 2009 para asegurar el cumplimiento de los objetivos marcados y afectan a los sectores de la vivienda, agricultura, residuos y transportes. *‘Los productos relacionados con la energía representan una gran proporción del consumo de recursos naturales y de energía en la Comunidad y tienen otros impactos importantes en el medio ambiente. En la mayoría de las categorías de productos disponibles en el mercado comunitario pueden observarse diferentes grados de impacto medioambiental, aunque proporcionan un rendimiento funcional similar’*³.

1.2. ARQUITECTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO

En este camino dirigido hacia la construcción de un mundo mejor, la arquitectura es una de las grandes responsables en algunos de los objetivos de desarrollo sostenible fijados.

1.2.1. SITUACIÓN DEL SECTOR

Los edificios emiten grandes cantidades de CO₂ contribuyendo de manera significativa al cambio climático.

El actual sector de la construcción incluida su industria asociada es el responsable nivel global de casi el 30% de las emisiones contaminantes, el 30% de los residuos sólidos y el 20% de extracciones de materiales de la corteza terrestre ⁴. Además, se presenta como un gran consumidor de energía y recursos, llegando el sector de la construcción a alcanzar el 40% del consumo total de energía ⁵.

Estos hechos son agravados por la idea de que la arquitectura es considerada como un producto de consumo rápido y ligado a los ciclos económicos. La práctica de la arquitectura sin ningún tipo de análisis ambiental y de los efectos que esta tiene en el medio ha sido evadida durante mucho tiempo.

Por otro lado, los edificios se construyen con materiales producidos de manera que son difíciles de devolver al ciclo de la vida sin producir un daño ambiental.

1.2.2. ARQUITECTURA SOSTENIBLE

Es por ello que la arquitectura se ve obligada a ser concebida y construida de forma sostenible. De esta manera la arquitectura debe poder ofrecer el máximo confort al usuario sin dañar al medio ambiente.

Según la ONU se define en el Informe titulado *"Nuestro futuro común"* de 1987 el desarrollo sostenible como *"la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades"*⁶.

Si trasladamos este concepto a la arquitectura surge la necesidad de establecer y poner en práctica el concepto de arquitectura sostenible. Una arquitectura que satisfaga las necesidades de confort y salubridad de los usuarios actuales sin comprometer dichas exigencias en las generaciones futuras.

⁴ Wadel, G., Avellaneda, J., Cuchí, A. (2010). *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales*.

⁵ DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO del 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

⁶ Definición establecida por la ONU para el desarrollo sostenible, <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>.

⁷ Definición establecida por la AEC para la arquitectura sostenible, <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/arquitectura-sostenible>.

⁷ Definición establecida por la AEC para la arquitectura sostenible, <https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/arquitectura-sostenible>.

⁸ COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS *Energy Roadmap 2050*.

Según la Asociación Española para la Ciudad (AEC) *“La arquitectura sostenible es aquella que tiene en cuenta el impacto que va a tener el edificio durante todo su Ciclo de Vida, desde su construcción, pasando por su uso y su derribo final. Considera los recursos que va a utilizar, los consumos de agua y energía de los propios usuarios y finalmente, qué sucederá con los residuos que generará el edificio en el momento que se derribe.*

Su principal objetivo es reducir estos impactos ambientales y asumir criterios de implementación de la eficiencia energética en su diseño y construcción. Todo ello sin olvidar los principios de confortabilidad y salud de las personas que habitan estos edificios. Relaciona de forma armónica las aplicaciones tecnológicas, los aspectos funcionales y estéticos y la vinculación con el entorno natural o urbano, para lograr hábitats que respondan a las necesidades humanas en condiciones saludables, sostenibles e integradoras’⁷.

1.2.3. OBJETIVOS DE FUTURO

Ante esta situación global, la European Commision’s Energy Roadmap 2050 ha establecido una economía baja en carbono para el año 2050 (80 por ciento menos que en 1990) ⁸. En la arquitectura esto se ve reflejado en una reducción total de las emisiones de dióxido de carbono en torno al 90 por ciento mediante la aplicación de diferentes medidas con objeto de reducir el consumo de energía, así como la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes de energía renovables.

Se establece también así en el sector de la arquitectura el objetivo 202020 como una de las metas-guía para conseguir los objetivos de 2050. Para ello contamos con los avances de la tecnología actual y conocimiento de la ciencia que proviene de la física cuya primordial premisa y conceptos directos de aplicación son que el sol incrementa la temperatura y la sobra refrigera.

Es a través de este conocimiento y la experimentación por medio de la tecnología como la arquitectura trata de aproximarse a conseguir los objetivos fijados mediante el diseño adaptado al lugar, la reducción de la demanda energética, la producción de energía mediante fuentes renovables en sustitución de la producida por combustibles fósiles o la utilización de sistemas de bajo impacto ambiental.

1.2.4. NORMATIVAS SOBRE LA EDIFICACIÓN

Para alcanzar los objetivos marcados para el año 2020 en cuanto a lo que respecta a la edificación se han desarrollado diferentes Directivas Europeas. Destaca la Directiva 2009/28/CE *relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables* y que se centra en el uso de energía procedente de fuentes renovables y la Directiva 2010/31/UE 2012/27/UE *relativa a la eficiencia energética de los edificios* y su trasposición a la normativa española mediante el Real Decreto 56/2016 *relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y*

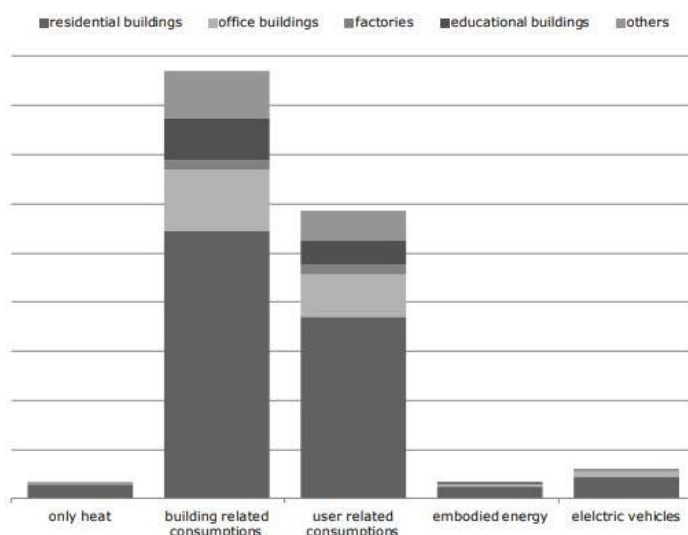
auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. En ellos se acentúa que los nuevos edificios residenciales, de oficinas y servicios construidos en la UE a partir de 2020 serán de energía casi nula reduciendo este plazo hasta 2018 para edificios públicos de nueva construcción.

En la directiva se define como edificio de consumo de energía casi nulo como *“un edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno”* ⁹.

Es reseñable la Recomendación europea (UE) 2016/1318 sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores prácticas para garantizar que antes de que finalice 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo. En esta se establecen los valores de referencia aplicables a la eficiencia energética de los Edificios de Energía Casi Nula (EECN) según las diferentes zonas climáticas de la Unión Europea ¹⁰.

Se establece España como zona climática mediterránea con los siguientes valores ¹¹:

- Oficinas: 20-30 kWh/(m2/año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 80-90 kWh/(m2/año) cubierto por 60 kWh/(m2/año) procedentes de fuentes renovables in situ.
- Vivienda unifamiliar nueva: 0-15 kWh/(m2/año) de energía primaria neta, con, normalmente, un uso de energía primaria de 50-65 kWh/(m2/año) cubierto por 50 kWh/(m2/año) procedentes de fuentes renovables in situ.



002

[002] Desglose de la demanda energética (agua caliente y calefacción) según la tipología edificatoria. ECOFYS Estudio.

⁹ DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

¹⁰ RECOMENDACIÓN (UE) 2016/1318 DE LA COMISIÓN de 29 de julio de 2016 sobre las directrices para promover los edificios de consumo de energía casi nulo y las mejores prácticas para garantizar que antes de que finalice 2020 todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo.

¹¹ ECOFYS, Estudio *“Towards nearly zero-energy buildings, Definition on common principles under the EPBD”* para la DG Energía de la Comisión Europea, p.262.

02. Balance energético en la edificación

2.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

2.1.1. CONFORT TÉRMICO

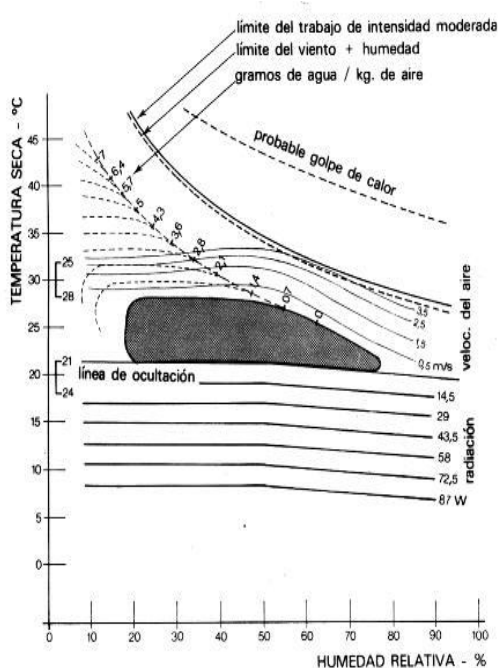
¹² Norma UNE-EN ISO 8996:2004 *Ergonomics of thermal environment- Determination of metabolic rate.*

El confort térmico se define como un estado de equilibrio registrado por los sentidos en un entorno de condiciones favorables para una determinada actividad. Se trata de un concepto subjetivo ya que depende de la sensación de cada usuario. Es un concepto que depende del metabolismo individual y de factores físicos y psicológicos.

Atendiendo al **metabolismo humano**, un individuo produce CO₂, libera vapor de agua e irradia un flujo de calor hacia el exterior de manera constante. Esta irradiación se produce como consecuencia de la diferencia entre nuestra temperatura interior y la superficial y, depende de la actividad desarrollada por la persona. El flujo de calor a través de la superficie corporal medido a través de la tasa metabólica (Met) varía desde 1 Met en una persona sentada, 2 Met una persona desarrollando trabajo medio y 3 Met un trabajo de alto rendimiento físico. Esta unidad evalúa el coste energético muscular, en un individuo con un área corporal estándar promedio, en función del nivel de actividad y otorga un índice numérico ¹². El **nivel de arropamiento**, además de la actividad y el metabolismo, también tiene una gran influencia en las condiciones de confort.

El **índice de ocupación**, es decir el número de personas por metro cuadrado de un espacio habitado presenta una clara influencia en el confort térmico y en la calidad del aire interior. Cuanto más elevando sea, mayor será el flujo de calor emitido por los usuarios y mayor exigente será la renovación del aire.

La **temperatura y la humedad relativa** son unos de los parámetros determinantes del confort térmico. Estos determinan las pérdidas de nuestro cuerpo fundamentalmente por convección. La humedad está relacionada con la humedad de la piel, en invierno un aire demasiado seco absorbe la humedad de la piel y enfría el cuerpo, mientras que en verano el aire demasiado húmedo satura el ambiente favoreciendo el sobrecalentamiento.



La temperatura del confort del aire se sitúa aproximadamente entre los 21°C en invierno y los 27°C en verano y la humedad relativa, con máximos y mínimos entre el 70% y el 20%.

[003] Diagrama bioclimático de Victor Olgyay. Zona de confort en función de los valores de temperatura y humedad relativa. Victor Olgyay.

003

El confort está relacionado con la habitabilidad de espacios saludables con una buena **calidad del aire**. La presencia de CO₂ y otras sustancias químicas pueden guardar relación con algunas enfermedades. En general, el síndrome de edificio enfermo suele estar relacionado con espacio sin ventilación donde paredes y/o suelos emiten compuestos volátiles perjudiciales para la salud. En la actualidad, edificios diseñados muy estancos para evitar pérdidas energéticas tienen más posibilidades de sufrir este síndrome por lo que deben mostrar especial atención a la renovación del aire. En el pasado, la baja estanqueidad de los edificios permitía que las infiltraciones fueran en favor de evitar este síndrome.

Además de las condiciones térmicas y saludables, el confort viene determinado por otros parámetros como las condiciones acústicas, iluminación, las vistas exteriores, la accesibilidad y funcionalidad de los espacios, etc.

Es la arquitectura el elemento intermediario entre el ser humano y las condiciones exteriores mediante la introducción de una serie de estrategias bioclimáticas que permiten el confort de manera pasiva: masa térmica, enfriamiento evaporativo, ventilación natural para el sobrecalentamiento y/o sistemas solares de captación y protección. Cuando estas soluciones no son suficientes, se introducen elementos de climatización como la calefacción y la refrigeración.

Es en este instante, cuando aparecen los elementos de climatización, es el momento en el que se establece una clara relación entre el confort térmico y consumo energético. Son, por tanto, la importancia del diseño y la gestión ambiental de la arquitectura las responsables de un óptimo confort y de un adecuado sistema energético que vaya en favor del camino para conseguir los objetivos propuestos para el año 2050.

¹³ Adrian Leaman & Bill Bordass (1999), *Productivity in buildings: the 'killer' variables*.

¹⁴ Pawel Wargocki, David P. Wyon, P. Ole Fanger, (2000), *Productivity is affected by the air quality in offices*.

Las mejoras y estrategias de diseño para conseguir la eficiencia energética no solo son importantes en la contribución para la preservación del medio ambiente, sino también en el **incremento de la productividad** del usuario.

Varios estudios ¹³ demuestran como las pérdidas o ganancias en una empresa instalada de una oficina típica pueden depender hasta en un 15% del diseño, gestión del espacio, comodidad, salud o calidad del aire y confort térmico, acústico y lumínico.

En cuanto a las condiciones del aire, otros estudios ¹⁴ demuestran cómo una mejora en su calidad afecta incrementando la velocidad de lectura o la de tecleado; y consecuencia aumentando su rendimiento.

2.1.2. ARQUITECTURA Y CLIMA

Tal y como se definió en el estudio titulado *Towards nearly zero-energy buildings* ¹¹ para la Dirección General de Energía de la Comisión Europea, España se encuentra en la zona I correspondiente a zona mediterránea.

El clima mediterráneo se caracteriza por su variabilidad a lo largo del año en términos de radiación, temperatura, la humedad y pluviometría. Por ello, las soluciones constructivas deben ser flexibles y adaptables según las condiciones de cada momento del año. Así, la captación solar durante el invierno se convertirá en protección solar durante el verano; la masa e inercia térmica se combinarán con la ventilación natural con un efecto refrigerador en verano.

2.2. ESTÁNDARES Y HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN

El **balance energético** de un edificio hace referencia a los flujos de energía entre el edificio y su entorno y se obtiene de la suma de las ganancias y de las pérdidas de energía. Para conseguir que este balance energético sea cero, es necesario que un edificio produzca la misma cantidad de energía que consume. Lograr el balance energético cero supone el establecimiento de una arquitectura de emisiones cero a la atmósfera durante toda la vida útil del edificio.

La energía consumida en la edificación puede ser reducida mediante la introducción y/u optimización de sistemas pasivos, activos y auxiliares.

Entendemos como sistemas pasivos aquellos que intervienen en el confort térmico a través de los elementos que conforman la propia construcción y que funcionan a favor del clima. Por otro lado, definimos los sistemas activos como aquellos que aportan energía procedente de fuentes renovables mediante diversos dispositivos tecnológicos. A ellos se añaden

elementos auxiliares que nos proporciona la tecnología y ayudan a controlar y reducir los consumos que habitualmente generan un consumo energético.

2.2.1. LOS EDIFICIOS EECN Y NZEB

El Estándar EECN (Edificio de Energía Casi Nulo) propone minimizar ese consumo al límite mediante la optimización de todos los elementos y dispositivos que intervienen durante la vida del edificio tal y como se establece en el artículo 9 de la Directiva 2010/31/UE ⁹, que define los edificios de consumo de energía casi nulo.

Encontramos este concepto asociado a las siglas nZEB que provienen del inglés y hacen referencia a *neraly Zero Energy Building* o *nearly Zero Emissions Building*.

2.2.2. DESARROLLO NORMATIVO. CERTIFICACIÓN.

La Certificación Energética de los edificios se establece en la Directiva 2010/31/UE ⁹, en concreto en el Artículo 11 se establece lo siguiente: “Los estados miembros tomarán las medidas necesarias para establecer un sistema de certificación de la eficiencia energética de los edificios. El Certificado de eficiencia energética deberá incluir la eficiencia energética de un edificio y los valores de referencia tales como requisitos mínimos de eficiencia energética con el fin de que los propietarios o arrendatarios del edificio o de la unidad de este puedan comparar y evaluar su eficiencia energética”

El Certificado Energético de un Edificio es un documento oficial que incluye información objetiva sobre sus características energéticas. Su indicador principal es dado por el consumo anual de energía primaria necesario para satisfacer la demanda energética en condiciones normales de ocupación y funcionamiento expresado en kWh por m² de superficie útil del edificio y las emisiones anuales de CO₂ expresadas en kg por m² ¹⁵.

En este certificado se asigna a cada edificio mediante una etiqueta una Clase Energética que varía desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, hasta la clase G para los menos eficientes.



004

[004] Escala de etiquetado correspondiente a la calificación energética de un edificio. IDAE.

¹⁵ Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Escala de calificación energética. Edificios de nueva construcción.

2.2.3. OTROS CERTIFICADOS DE SOSTENIBILIDAD: LEED Y BREEAM

[005] Etiqueta LEED®,
U.S. Green Building
Council.

Etiqueta BREEAM®,
BRE, Reino Unido.

[006] Los cinco
principios básicos de la
Estrategia Passivhaus.
Passive House
Institute.

Existen otras herramientas y certificados de carácter no obligatorio que permiten evaluar el impacto ambiental de los edificios en su fase de construcción, uso; con el análisis de sus respectivos consumos y emisiones, y derribo. Dos ejemplos de certificados a nivel global y europeo son LEED y BREEAM respectivamente.

Estas certificaciones evalúan una serie de impactos en torno a diferentes categorías. De esta manera se obtiene una puntuación final que otorga diferente valoración en función de los puntos obtenidos en cada una de las categorías.

LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), de carácter más global, evalúa cinco áreas relacionadas con la eficiencia en el uso del agua, la calidad ambiental, los materiales y recursos, la energía y la atmósfera entre otros.

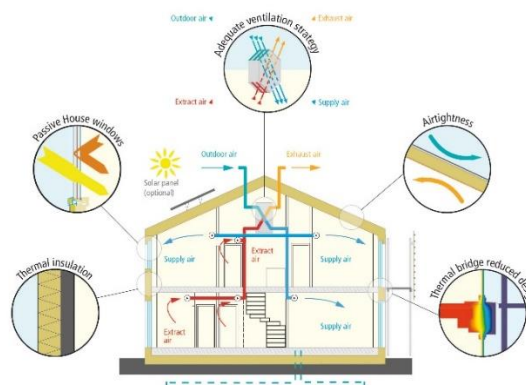
BREEAM (*Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*), con una visión más europea y local cuenta con adaptaciones a determinados países. Está basada en el análisis de estos diez criterios: gestión, energía, agua, suelo, contaminación, salud y bienestar, transporte, materiales, residuos e innovación.



005

2.2.4. ESTÁNDAR PASSIVHAUS

El estándar Passivhaus es una alternativa a las herramientas de evaluación o certificación. Este estándar garantiza unos consumos de energía reducidos en fase de uso mediante la aplicación de cinco principios, cuatro vinculados con sistemas pasivos y uno a sistemas auxiliares: aislamiento térmico, ventanas y puertas de altas prestaciones, ausencia de puentes térmicos, hermeticidad del aire y ventilación mecánica con recuperación de calor.



006

Para lograr el balance energético cero habrá que considerar las características del clima y las condiciones particulares del territorio, los recursos regionales disponibles, el entorno urbano o no urbano en el que se inserta y la integración de los sistemas pasivos, activos donde destacan las energías renovables y los sistemas auxiliares.

2.3. VARIABLES DE DISEÑO AMBIENTAL EN ARQUITECTURA.

El diseño arquitectónico es la herramienta fundamental para establecer los sistemas pasivos dentro de la edificación de forma integrada en los propios elementos de la construcción mediante estrategias bioclimáticas.

Las condiciones a las que el diseño arquitectónico debe responder se establecen en torno a cuatro temas principales sujetos a la especificidad de cada proyecto y localización: el entorno, la habitabilidad, la forma y los sistemas constructivos.

2.3.1. EL ENTORNO

Para establecer una adecuada estrategia en relación con el entorno, se tienen en cuenta variables relacionadas con el sol y la orientación, el viento y el terreno.

EL SOL

La **orientación** establece la posición de una edificación respecto al Sol. En el clima mediterráneo las orientaciones sur tienen gran importancia, al permitir la captación de radiación en invierno, que por el contrario debe ser evitada en verano para evitar el sobrecalentamiento. Por contra, las fachadas este y oeste tienen una baja capacidad de captación solar en invierno y sufren un mayor calentamiento en verano.

EL VIENTO

La **compacidad** establece la superficie de la edificación en contacto con el exterior y por tanto su exposición a los vientos y otros agentes meteorológicos y el área de intercambio energético. Una menor superficie determinará una menor probabilidad de pérdida de energía a través de la envolvente.

EL TERRENO

La **posición** que ocupa el edificio con respecto al terreno es un factor determinante del intercambio con el medio. Una posición enterrada reduce la superficie en contacto con el exterior y, por tanto, la superficie de pérdidas

energéticas y permite aprovechar la temperatura constante del terreno; el apoyo facilita la continuidad interior-exterior con generando espacios intermedios de control climático tales como patios y la elevación permite una mayor captación solar o facilidad de entrada del aire.

2.3.2. VARIABLES DE HABITABILIDAD

La **actividad** desarrollada dentro de los edificios, así como su concepción y gestión pueden constituir herramientas que influyan de manera favorable en el balance energético final.

Las ganancias térmicas como consecuencia de la actividad de las personas, los **aparatos** de ventilación, los **equipos** o las instalaciones modifican las temperaturas del aire interior. Todas estas fuentes de calor pueden ser valoradas y algunas de ellas recuperadas y almacenadas para su uso posterior.

2.3.3. VARIABLES FORMALES

Las oportunidades propias de la forma arquitectónica determinan el orden y proporción de los volúmenes, la permeabilidad, los huecos, su materialidad, color y acabados exteriores e interiores.

LA FORMA

La forma de la arquitectura determina su exposición al sol.

El **volumen** arquitectónico también gestiona el **viento** y, con ello la ventilación y movimiento del aire en el espacio habitable y en su perímetro exterior. Una vez conocidos los vientos dominantes se puede gestionar la proporción y dimensionamiento de las fachadas expuestas y de **los huecos** que determinan el soleamiento y la ventilación natural, además de proporcionar iluminación natural y vistas.

El volumen arquitectónico **gestiona la lluvia** y tienen la capacidad de almacenarla para su posterior uso.

La arquitectura también genera **vacío espacial** que permite la ventilación natural de las estancias adyacentes y proporciona una reserva de aire fresco.

2.3.4. VARIABLES CONSTRUCTIVAS

Las oportunidades propias de los materiales y elementos constructivos determinan el comportamiento y la respuesta del edificio ante las exigencias ambientales. Estas variables dan respuesta a la disminución de la demanda del edificio, no solo en la fase de uso, sino también en el momento de su construcción y posterior demolición.

LOS MATERIALES

Conviene conocer que las **exigencias ambientales** surgidas en torno a los materiales y sistemas empleados en la construcción conllevan una serie de exigencias medioambientales. Estas son medidas a través del concepto de **huella ecológica** definida en el año 1996 William Rees y Mathis Wackernagel como el *“área de territorio productivo o ecosistema acuático necesario para producir los recursos utilizados para asimilar los residuos producidos por una población definida con un nivel de vida específico”*.

En arquitectura se ha determinado la huella ecológica de cada material, definida por su huella de carbono emitido, cantidad de energía consumida o cantidad de agua necesaria para producirlo. También existe el **análisis del ciclo de vida de un material (ACV)** que evalúa las cargas ambientales asociadas a cada material. Un objetivo de este análisis es el de asegurar la reutilización de los materiales tras el fin de su vida útil para establecer procesos con los que lograr residuos cero.

Por otra parte, se deben conocer las **características termodinámicas de los materiales** puesto que cada material posee una conductividad térmica y masa térmica. El espesor del mismo definirá la resistencia térmica del material como parte del conjunto de capas que forman la envolvente del edificio.

Especial atención tienen los **vidrios**. El factor solar, el espesor y su conductividad definirán una de las cualidades de los huecos. El factor solar definirá el porcentaje de radiación que atraviesa el vidrio y alcanzará por tanto el espacio interior. La transmitancia térmica definirá las pérdidas de energía. Destacan los vidrios bajo emisivos que presentan una menor transmitancia y por tanto menores pérdidas energéticas.

LA ENVOLVENTE TÉRMICA

La **envolvente térmica** es uno de los elementos determinantes en la gestión de la energía ya que funciona como la piel a través de la cual se producen los intercambios de energía. Se compone por muros, suelos, cubiertas y huecos que separan el espacio interior o calefactado del espacio exterior o no calefactado. Es importante la continuidad de la envolvente para evitar al máximo los puentes térmicos.

La envolvente puede servir a la vez como elemento donde **integrar dispositivos** de captación de energía renovable, cubiertas verdes y otros dispositivos.

La envolvente puede desdoblarse generando un colchón de aire en su interior que sirve como colchón térmico. Este desdoblamiento puede a la vez habilitar un espacio en donde se produzca movimiento del aire.

LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

La **estructura** masiva puede proporcionar un eficaz **almacén de energía** al comportarse como elemento de gran inercia térmica.

Existen **elementos constructivos específicos** que permiten generar sistemas de ventilación natural posibilitando la renovación del aire y el enfriamiento de los espacios. Estos sistemas se basan en la introducción de aire exterior y la extracción de aire interior utilizando sistemas forzados de huecos o conductos que activan el movimiento de aire debido a la menor densidad del aire caliente que asciende de forma natural, el aprovechamiento de la dirección de los vientos dominantes y de la radiación como elemento activador de las chimeneas solares. Un sistema serían las torres de refrigeración o captadores de viento que capturan el aire fresco y lo introducen en el espacio interior.

Elementos constructivos como tubos enterrados posibilitan el intercambio térmico del aire con la masa de tierra o con el agua. Uno de los sistemas habituales son los pozos canadienses que proporcionan geotermia pasiva por los que se hace circular aire antes de introducirlo preclimatizado en el espacio interior.

2.3.5. SISTEMAS ACTIVOS Y AUXILIARES

En la mayoría de los casos resulta necesaria la instalación de algún tipo de tecnología activa y auxiliar para lograr el confort térmico.

Los sistemas activos más habituales responden a tecnologías impulsadas por la energía solar, eólica, geotérmica y biomasa. Con ellos se pretende la generación de energía mediante **fuentes de energía renovables**.

Los sistemas activos deben responder a su adecuada elección en función del clima y situación, al diseño para conseguir la máxima integración arquitectónica y urbana.

Otras instalaciones habituales son los sistemas de ventilación con recuperación de calor, sistemas de iluminación y electrodomésticos de alta eficiencia y redes de automatización y domótica. Todos estos generan una reducción significativa de demanda energética del edificio.

03. Edificios de oficinas en España

A nivel nacional, en España encontramos diferentes casos de Estudio de Edificios de Energía Casi Nula de nueva construcción. Algunos ejemplos de este tipo de edificios en la tipología de oficinas son los siguientes:

Edificio SANITAS- Madrid 2002
Edificio Trasluz- Madrid 2005
Edificio CTTA- Valladolid 2008
Edificio LUCIA- Valladolid 2013
Edificio CIRCE - Zaragoza 2006
Edificio CIEM-Zaragoza 2010



[007] Localización de los ejemplos expuestos. Elaboración propia.

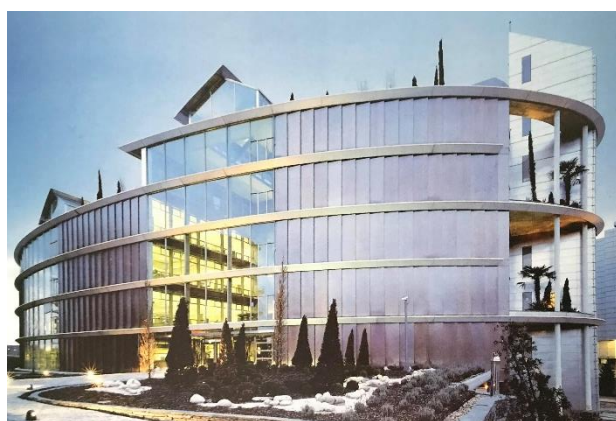
[008] Visión general edificio Sanitas. Ignacio Paricio, *La piel ligera*.

Los cuatro primeros ejemplos representan, a modo introductorio, proyectos de oficinas pensados desde la sostenibilidad y eficiencia energética. Los últimos dos ejemplos; CIRCE y CIEM serán expuestos con detalle desde su concepción hasta su funcionamiento real.

3.1. EDIFICIO SANITAS - MADRID 2002

Ortiz.León Arquitectos. Íñigo Ortiz y Enrique León.

El edificio Sanitas se planteó desde el objetivo de la sostenibilidad medioambiental. La orientación favorable planteada y la opacidad de las fachadas este y oeste permitió garantizar un elevado ahorro energético.



En su planta elíptica aparecen las oficinas divididas en tres cuerpos, todos ellos con orientación norte-sur para optimizar el consumo energético y la ventilación e iluminación natural. Con esta división se generan diferentes formas de relación de los espacios de trabajo con el exterior.

En las orientaciones este y oeste mediante la fachada doble opaca se pretende garantizar un buen aislamiento térmico y acústico.

[009] Visión aérea
edificio Sanitas.
Ignacio Paricio, *La piel
ligera*

[010] Planta tipo.
Ignacio Paricio, *La piel
ligera*.

[011] Patio interior.
Ignacio Paricio, *La piel
ligera*.

Las fachadas norte del bloque norte y sur del bloque sur están compuestas a base de dos hojas de vidrio separadas por una cámara de aire que permite la ventilación controlada de los espacios de oficinas.

Entre cada uno de los bloques se abren dos patios que sirven como colchón natural térmico para conseguir un equilibrio en las condiciones climáticas del edificio. Para conseguir este balance, los patios se abren y se cierran según si las condiciones climáticas exteriores son favorables o desfavorables. En invierno funciona como un invernadero para aumentar la temperatura interior, y en verano facilitan la ventilación nocturna.

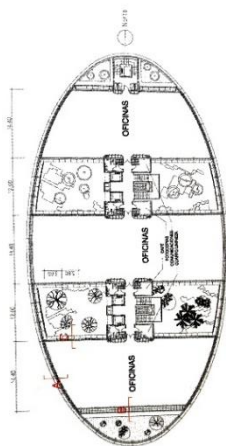
Los patios constan de lucernarios que se abren para permitir la ventilación y garantizar un gradiente de temperatura similar en todas las plantas. Estos están orientado a sur para permitir la máxima entrada de luz natural. En el interior de los mismos, la vegetación existente permite la oxigenación y aumento de la humedad del aire que posteriormente entra en los espacios de trabajo.

Su construcción está basada en elementos prefabricados con el objetivo de facilitar el tratamiento de los residuos de la demolición una vez haya finalizado la vida útil del edificio.

009



010



011



3.2. EDIFICIO TRASLUZ - MADRID 2005

ALIA arquitectos. Emilio Miguel Mitre y Carlos Expósito Mora

El edificio TRASLUZ se caracteriza por ser un edificio de oficinas bioclimático y modular.

012



Este presenta en planta una forma de T, en cuyo centro se encuentra un atrio central. Los interiores se diseñan como espacios flexibles sin ni compartimentación para permitir la distribución que más adecuada a cada usuario.

Su diseño bioclimático se orienta para que el edificio sea capaz de utilizar el clima exterior en beneficio del clima y confort interior. Según las necesidades térmicas de invierno y verano, mediante las soluciones constructivas, instalaciones y sistemas de control, rechazará el calor lo almacenará y distribuirá por su interior.

En verano se protege del sol durante el día y expulsa el calor durante la noche. Para ello, dispone de distintos tipos de parasoles según la orientación. En la fachada sureste se activan automáticamente para evitar el calentamiento por la mañana. En la noroeste, dispone de parasoles móviles manuales para crear sombreado personalizado por la tarde y en la suroeste aparecen parasoles fijos a diferentes alturas.



014



015

Los forjados de hormigón alveolar expuestos almacenan calor colaborando en la estabilidad térmica interior.

[012] Visión general desde la calle Edificio Trasluz. Ficha técnica, AMBIENTECTURA[®]

[013] Parasoles fijos fachada sureste. Ficha técnica, AMBIENTECTURA[®]

[014] Parasoles fijos fachada suroeste. Ficha técnica,

[015] Sistema de captadores tubulares térmicos. AMBIENTECTURA[®]



013



016

El atrio central permite un elevado nivel de iluminación natural que evita el encendido de los sistemas de alumbrado artificial.

Cuenta con 192 m² de instalación de captadores solares tubulares térmicos para la producción de agua caliente utilizada en calefacción y 20kW de captadores solares fotovoltaicos para la generación de electricidad.

Para lograr el correcto funcionamiento del edificio y garantizar el confort térmico existe un sistema de control global que integra los sistemas ambientales arquitectónicos, las instalaciones y la interacción del usuario.

Para mejorar la calidad ambiental se han tenido en cuenta la calidad de los materiales siendo lo más naturales posibles, se ha colocado vegetación en las zonas comunes y se ha pensado en la capacidad de adaptabilidad del edificio a lo largo de su vida útil permitiendo diferentes configuraciones del espacio.

3.3. EDIFICIO CTTA - VALLADOLID 2008

r-Arquitectura. Rodrigo Almonacid

Centro de Transferencia de Tecnologías Aplicadas que une la eficacia funcional y el alto rendimiento bio-climático.

017



Posee soluciones de acondicionamiento activo y pasivo con mantenimiento sencillos.

En términos funcionales, se plantea de forma flexible adaptándose a la variedad de encuentros y actividades. Estos espacios aparecen en cada una de las bandejas superpuestas que quedan envueltas por una única piel de policarbonato traslúcida que permite una gran captación natural reduciendo el uso de iluminación artificial.

Esta piel es una envolvente traslúcida que cambia según la incidencia del sol en respuesta de las necesidades bioclimáticas. La alta compacidad formal que presenta el edificio permite reducir las pérdidas energéticas a través de la envolvente.

La climatización del espacio interior se limita únicamente a los espacios de trabajo como oficinas, despachos, laboratorios... Los pasillos que rodean estas estancias permiten crear voladizos en el perímetro de los forjados. En verano, estos evitan la incidencia solar directa en los recintos de trabajo. El espacio que se crea entre las estancias interiores y la piel de policarbonato actúa como amortiguador térmico entre el exterior e interior y como efecto invernadero que permite reducir el consumo para climatización en invierno.



018

[017] Visión general edificio CTTA. La construcción de un funcionalismo sostenible, r-Arquitectura.

[018] Esquemas de funcionamiento energético CTTA. La construcción de un funcionalismo sostenible, r-Arquitectura.

[019][020] Contraste
de volúmenes. CTTA.
La construcción de un
funcionalismo
sostenible, r-
Arquitectura.

[021] Pasillos
perimetrales. CTTA. La
construcción de un
funcionalismo
sostenible, r-
Arquitectura.

Los volúmenes oscuros que contienen núcleos y aseos se comportan como cuerpos que absorben y retienen el calor en invierno aumentando la inercia térmica del edificio.



019

020

Las lamas de vidrio que aparecen en las ventanas permiten la refrigeración en las noches de verano.

En el aparcamiento del semisótano se evitó la instalación de un sistema de ventilación forzada por medio de un sistema de ventilación natural a través de unos amplios huecos enfrentados en las fachadas largas, permitiendo al mismo tiempo la iluminación natural a todo el espacio.

Cuenta con un sistema de recuperación entálpica en los equipos de ventilación mecánica de las oficinas y laboratorios, aprovechando el calor del aire antes de ser expulsado al exterior.,

El control de edificio se realiza mediante un sistema de domótica. De esta forma, el grado de efectividad de las medidas es muy alto impidiendo el uso "incorrecto" del edificio debido al desconocimiento del usuario.



021

3.4. LUCIA (LANZADERA UNIVERSITARIA DE CENTROS DE INVESTIGACIÓN APLICADA)- VALLADOLID 2013

Francisco Valbuena García

El edificio se diseña con el objetivo de ser un lugar donde investigar sobre la edificación sostenible. De esta forma el edificio sirve como un prototipo donde probar métodos para la evaluación medioambiental de edificios. Es un ejemplo de edificación sostenible en el que se busca perfeccionar las energías locales a favor de la descentralización energética e impulsar las energías renovables.

[022] Visión general edificio LUCIA. Blog oficial Edificio LUCIA.

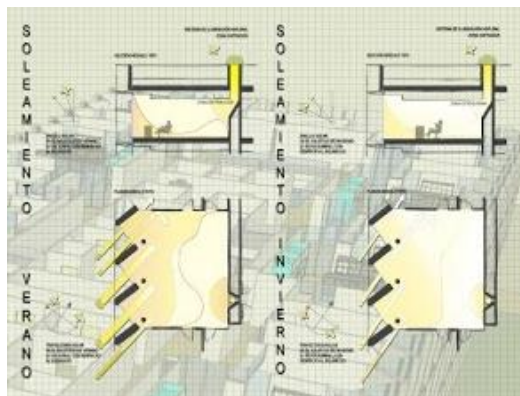
[023] Esquemas de iluminación pozos y huecos. Blog oficial Edificio LUCIA.



022

El edificio LUCIA utiliza estrategias basadas en el diseño bioclimático mediante el uso de energías renovables, estrategias, principios para la reducción de la demanda energética, así como la atención al uso del agua, el uso de materiales de bajo impacto medioambiental y la gestión de residuos tanto en fase de construcción, uso y posterior fin de su vida útil.

El edificio presenta una forma compacta con largas fachadas suroeste y noreste que responden a la parcela. Esto supuso la realización es un estudio solar para la reorientación en el diseño de los huecos y sus aleros con el fin de conseguir orientaciones sur y este. Con ello se consiguió ganancias térmicas en invierno, el sombreado adecuado en verano para evitar el exceso de calentamiento y una adecuada iluminación natural.



023

[024] Esquema fuentes de energía y uso. Blog oficial Edificio LUCIA.

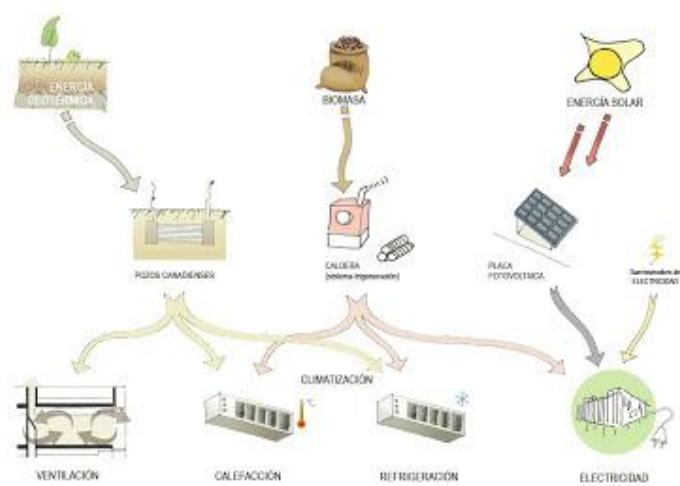
[025] Huecos fachada. Blog oficial Edificio LUCIA.

Para aumentar la iluminación natural, los espacios interiores están dotados de pozos de luz natural y los cuerpos de las escaleras de lucernarios.

El espacio de aparcamiento abierto al aire libre pero cubierto permite tener ventilación e iluminación naturales que reducen las demandas de iluminación y ventilación artificial.

En cuanto a los materiales utilizados, los aislamientos tienen una baja transmitancia que limita las pérdidas por transmisión y, la estructura de hormigón armado junto con la cubierta vegetal permiten aportar inercia térmica al edificio.

Todas las energías que utiliza son renovables, incluyendo la biomasa, la energía solar fotovoltaica y la geotérmica. La energía que se produce con biomasa genera la electricidad necesaria para calefacción, agua caliente y refrigeración. Esta se complementa con la energía fotovoltaica y pozos geotérmicos, consiguiendo así un Edificio de Energía y Emisiones Zero.



024



025

04. CIRCE



[026] Visión general
CIRCE. Colección
propia.

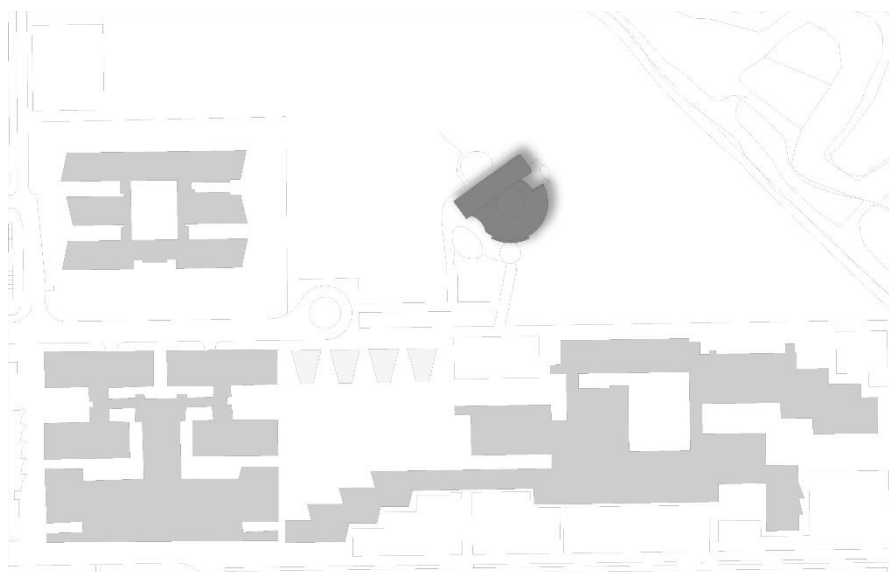
[027] Situación en
Campus Río Ebro.
Elaboración propia.

026

4.1. SOBRE EL PROYECTO

4.1.1. UBICACIÓN Y OBJETIVOS DEL CENTRO

El edificio CIRCE se encuentra dentro del Campus Río Ebro de la Universidad de Zaragoza y fue desarrollado dentro del Plan de Infraestructuras de I+D de la Universidad de Zaragoza 2006-2012.



027

El proyecto fue elaborado por el equipo de arquitectos dirigido por Petra Jebens Zirkel. Este equipo se caracteriza por su preocupación por la actual situación de desequilibrio social y económico existente en la cual quieren aportar su propia manera de construir y habitar los edificios donde la autosuficiencia, la eficiencia energética, el respeto por el entorno natural y el cuidado de la salud en la arquitectura son sus premisas.

CIRCE es el Centro de Investigación de Recursos y Consumo Energéticos creado en 1993 para desarrollar soluciones innovadoras en el ámbito energético con el fin de transferirlas al sector empresarial. Por ello sus objetivos principales son fomentar la mejora de los procesos energéticos de las empresas y promover el uso de las energías renovables mediante

[028] Esquema formal
en planta CIRCE.
Elaboración propia.

acciones educativas y labores de I+D+I. Respondiendo así a la contribución para un desarrollo sostenible con el que se pretende experimentar y establecer principios científicos y tecnológicos para el desarrollo de Edificios de Cero Emisiones de Ciclo de Vida (LC-ZEB).

El edificio CIRCE ha sido hasta recientemente la sede del Centro de Investigación, que cuenta al mismo tiempo con una delegación en Bruselas para facilitar su participación a nivel europeo.

En la actualidad, debido a la falta de espacio en el edificio y, a un cambio en el rumbo de la fundación CIRCE, se dejó el edificio por parte de estos usuarios. Ahora está ocupado por el Instituto CIRCE (la parte de CIRCE que pertenece a la Universidad de Zaragoza) con un uso de despachos de profesores, y como consecuencia con un grado de ocupación mucho menor.

4.1.2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL EDIFICIO

Se trata de un edificio Zero Emisiones a lo largo de su Ciclo de Vida. Es un modelo que integra técnicas de bioconstrucción y sostenibilidad a través de medidas de ahorro energético, de agua, en la selección de los materiales y utilización de energías renovables, obteniendo así la máxima eficiencia de los recursos.

El concepto de Edificio Zero Emisiones propuesto va más allá de las emisiones asociadas únicamente al uso de edificio ya que tiene en cuenta las emisiones en el ciclo completo de vida del edificio, es decir, durante su construcción, uso y mantenimiento.

Características generales:

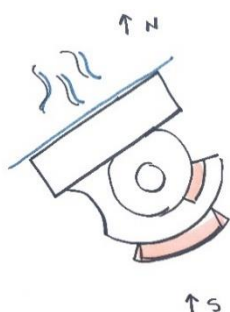
- Zero Emisiones durante el ciclo de vida del edificio.
- Modelo de bioconstrucción.
- Uso e integración de energías renovables.
- Adaptación a las condiciones climáticas y necesidades funcionales.
- Demanda energética inferior a otros edificios.
- Reflejo del pensamiento de sus usuarios.
- Empleo de materiales de bajo impacto ambiental.

4.2. ASPECTOS ARQUITECTÓNICOS

El edificio se sitúa en una parcela con una superficie de 4357 m² ocupando 1381 m² de la misma. En total dispone de 1743 m² útiles dispuestos en dos plantas.

4.2.1. FORMA

Para su diseño, la forma no fue el punto de partida, sino que fue el resultado del proceso proyectual. El aspecto arquitectónico exterior refleja en su



materialización lo que ocurre en su interior (el continente refleja el contenido).

En su volumetría podemos diferenciar tres elementos principales; una nave rectangular que alberga los laboratorios, el núcleo redondo con la cúpula y los despachos agrupados a su alrededor. En ellos aparecen elementos para el acondicionamiento pasivo como una chimenea solar, un espacio invernadero, una torre de refrigeración y cubiertas verdes.

La nave rectangular situada a 36 grados sobre el eje este-oeste actúa como barrea contra los vientos predominantes en la zona conocidos como "el cierzo".

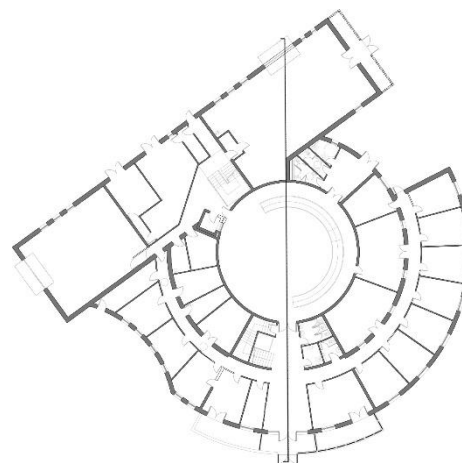
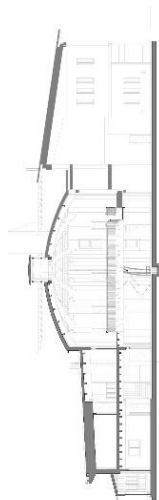
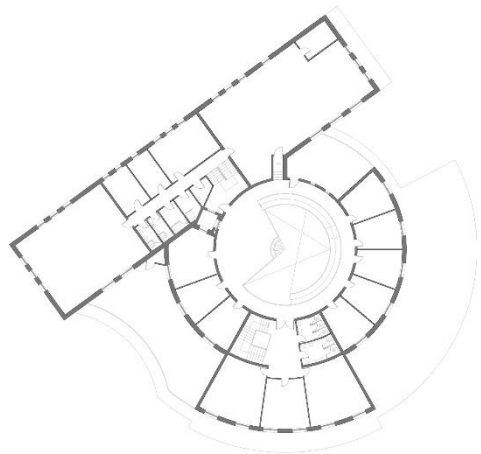
[029] Planta baja,
primera, sección
CIRCE. Elaboración
propia.

4.2.2. ESPACIOS

Es un edificio con forma compacta dividido en dos planas.

Tanto en planta baja como en primera se distribuyen en torno al núcleo central aseos, almacenes y despachos. Junto a estos aparecen los distribuidores y los invernaderos.

En el volumen norte se encuentran los laboratorios de doble altura junto con espacios de altillo.



029

4.2.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO, ESTRUCTURA Y ACABADOS

[030] [031] Sistema constructivo muros y forjados. Dossier explicativo CIRCE.

[032] Acabados interiores espacio cúpula. Dossier explicativo CIRCE.

Es un edificio **bioconstructivo** ya que ha usado en su construcción materiales respetuosos con el medio ambiente como la madera, el corcho, la piedra natural, bloques de arcilla aligerada y pinturas naturales al silicato.

La estructura vertical está formada por muros de carga de diferentes espesores apoyados sobre una losa de cimentación. Los muros exteriores son de doble capa unidas, la exterior de bloques de termoarcilla reforzado de 29 cm con armadura en el tendel y la interior de ladrillo perforado de un pie.

La estructura horizontal se basa en forjados y cubiertas de vigas de madera laminada apoyadas en zunchos de hormigón como final de los muros de ladrillo.



030



031

032



El aislamiento se ha colocado de forma optimizada según las necesidades térmicas de cada una de las zonas dependiendo de su grado de exposición al exterior en cuando a ganancias y pérdidas energéticas y la diferente utilización de los espacios. Como aislamiento se ha utilizado corcho natural en planchas y en forma granular mezclado con arcilla expandida. De igual modo se ha estudiado la correcta ubicación de los elementos constructivos con mayor inercia térmica.

Todas las carpinterías se han realizado con madera de pino y tablero hidrófugo OSB.

En la carpintería exterior se han utilizado vidrios dobles con cámara de aire 4-16-4 mientras que en el interior y en el invernadero los vidrios son simples. Todos ellos son de baja emisividad y bajo factor solar mientras que la transmisión luminosa es alta.

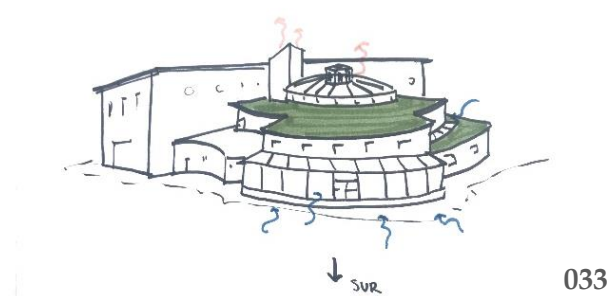
Se ha utilizado linóleo natural de 25 cm de espesor que es una mezcla de aceite de linaza, resina de pino, corcho en polvo, polvo de madera y pigmentos dispuestos sobre una malla de cáñamo para la pavimentación de despachos y pasillos. En los invernaderos y en las entradas principales al edificio se ha pavimentado con losas de piedra natural de Calatorao (Zaragoza).

Es un edificio bioclimático por el intercambio de energía que se produce con el medio.

[033] Esquema de funcionamiento del edificio. Elaboración propia.

[034] Invernadero sur. Dossier explicativo CIRCE.

4.3. FUNCIONAMIENTO



El sistema de climatización del edificio requiere de dos modos de funcionamiento; calefacción y refrigeración.

4.3.1. CLIMATIZACIÓN EN INVIERNO

El **sistema de calefacción** consta de una bomba de calor geotérmica que aprovecha la temperatura estable del terreno para proporcionar energía y que suministra agua caliente a través una red de tuberías de polipropileno. Este aporte de energía se ve incrementado por el aporte de la radiación solar directa que es aprovechada por el invernadero. Si la energía no es suficiente para alcanzar el confort térmico con la proveniente de estas dos fuentes, esta se completa con una caldera de gas natural de condensación.

La bomba de calor tierra-agua que calienta el agua que pasa por los tubos del suelo radiante del edificio obtiene su energía captada de la tierra mediante un sistema de tubos horizontales enterrados un metro y medio en el terreno.

El sistema de agua caliente sanitaria se realiza de forma individual en la zona de duchas y office por medio de termos eléctricos.

El **invernadero** situado en planta baja se adosa a la fachada sur permitiendo la transmisión del calor captado a los espacios adyacentes. La gran inercia que poseen su pared posterior y suelo permite la acumulación de calor durante las horas de sol y su posterior intercambio de calor con el interior elevando así la temperatura en invierno.

034



4.3.2. CLIMATIZACIÓN EN VERANO

[035] Cubierta vegetal, chimenea solar y torre de refrigeración. Dossier explicativo CIRCE.

[036] Esquema de funcionamiento noche de la chimenea solar. Elaboración propia.

El **sistema de refrigeración** consta de la combinación de medidas pasivas y activas.

Las medidas activas cuentan con el movimiento de agua de una fuente situada en el espacio central del edificio y el suelo radiante refrescante.

Las medidas pasivas surgen a partir de decisiones constructivas para evitar el sobrecalentamiento de los muros, forjados y cubiertas, la protección de los huecos mediante la vegetación externa, voladizos y celosías y la ventilación nocturna por medio de la chimenea solar y la torre de refrigeración.



035

La **vegetación** exterior permite mejorar las condiciones ambientales perimetrales al edificio que se ven reflejadas en el comportamiento del mismo. La vegetación regula la temperatura gracias a la humedad que aporta a la vez que mejora la protección contra el ruido, la incidencia solar y el viento. Además, mejora la calidad del aire.

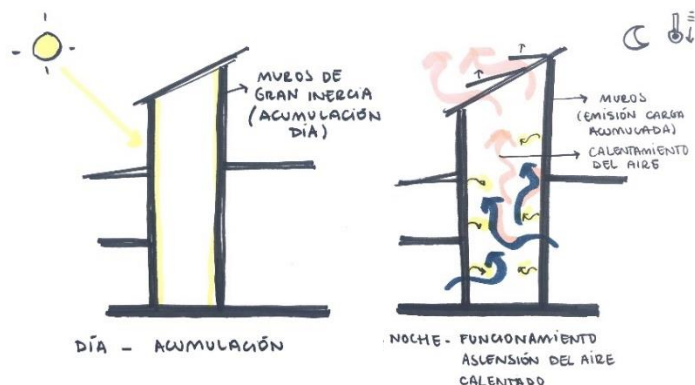
Por otra parte, la vegetación de las cubiertas del edificio evita el sobrecalentamiento en verano, generan oxígeno y actúan como aislamiento térmico y acústico reduciendo las oscilaciones de temperatura.

La **chimenea solar** permite la ventilación nocturna en verano cuando la temperatura exterior es inferior a la del interior del edificio. Sus muros de gran inercia térmica retienen el calor recibido durante el día y cuando llega la noche, esta diferencia de temperatura genera un movimiento de aire desde el interior del edificio hacia el exterior.

La **torre de refrigeración** junto con la chimenea solar permite expulsar en verano el aire más caliente del edificio debido al menor peso del mismo. Estos dos elementos poseen sistemas de apertura y cierre manuales por parte del personal encargado para permitir la salida del aire.



036



037

[037] Esquema de funcionamiento día, noche de la torre de refrigeración
Elaboración propia.

[038] Esquema de funcionamiento invierno, verano del invernadero.
Elaboración propia.

El verano, los elementos móviles de **invernadero** como las ventanas y los toldos de la cubierta permiten en verano crear un porche en sombra con ventilación que permite refrigerar los espacios adosados al invernadero.

El dimensionado de los aleros y la diferencia de altura del sol en verano e invierno permiten junto con los elementos de protección como persianas y toldos evitar el paso de la radiación solar directa en los meses de verano. Mientras, en invierno no se usan para conseguir la mayor captación solar posible.

El funcionamiento básico del invernadero fomenta la máxima captación energética en invierno quedando los toldos plegados y las puertas y ventanas cerradas para permitir el paso de la energía calorífica al interior. En verano se perseguirá que el invernadero funcione como un espacio abierto en sombra que no se sobrecaliente para evitar introducir más calor al interior. Para conseguirlo las ventanas y puerta deben mantenerse abiertas y los toldos desplegados.



038

Los **sistemas auxiliares de refrigeración y calefacción** se activan con una temperatura y caudal variables según las necesidades térmicas de cada uno de los espacios atendiendo a usos y orientación.

El **control de la temperatura** de cada uno de los despachos es regulado por los usuarios de cada despacho por medio de **termostatos**, mientras que la temperatura de las zonas comunes (biblioteca, office, sala de reuniones y espacio central de la cúpula) son manipulados por el personal de conserjería.

Cada uno de los termostatos dispuesto en cada una de las estancias emiten información por radiofrecuencia para que la unidad base de regulación actúe sobre los cabezales electrotérmicos encargados de regular la entrada de agua a través de las tuberías del suelo radiante.

4.4. ENERGÍAS RENOVABLES

Como centro para la demostración in-situ de diferentes tecnologías energéticas cuenta con distintos sistemas de energía renovables.

Dispone de un aerogenerador que aporta una potencia de 6 kW, módulos fotovoltaicos con diversas tecnologías que suman unos 5,5 kW y la bomba de calor con geotermia anteriormente mencionada que aporta 66kW de potencia en calefacción y 55kW en refrigeración.

4.5. OTROS SISTEMAS Y MEDIDAS DE AHORRO

El edificio cuenta con tecnologías de ahorro energético como lámparas de alta eficiencia y dispositivos de control lumínico con detectores de presencia.

Dado que es un centro de integración y demostración de nuevas tecnologías en la edificación dispone además de otros equipos sobre los que se está investigando que van desde la simulación y almacenamiento energético como super condensadoras y convertidores de cargas hasta una estación de recarga rápida para coches eléctricos.

05. CIEM



039

[039] Visión general
CIEM. Colección
propia.

[040] Situación en La
Milla Digital.
Elaboración propia.

5.1. SOBRE EL PROYECTO

5.1.1. UBICACIÓN Y OBJETIVOS DEL CENTRO

El edificio CIEM se encuentra dentro de la Milla Digital de la ciudad de Zaragoza y fue desarrollado por el Ayuntamiento de Zaragoza y financiado por el Gobierno de España a través del Fondo Estatal para el Empleo y la Sostenibilidad y construido en 2010.

CIEM es el Centro de Incubación Empresarial Milla Digital que junto con el Centro de Arte y Tecnología forman el conjunto Milla Digital hasta el momento. El edificio está destinado a albergar un vivero de empresas para jóvenes emprendedores con proyectos relacionados con la tecnología o la eficiencia energética. Conseguir la máxima certificación energética y un edificio Zero Emisiones (nZEB) son unos de sus objetivos principales dentro del desarrollo del proyecto, garantizando al mismo tiempo un nivel de confort adecuado. Es decir, se pretende que el balance neto de la energía consumida en su funcionamiento y la energía que es capaz de producir a través de fuentes renovables sea cero.



040

5.1.2. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL EDIFICIO

Este edificio pretende mostrar distintas soluciones de eficiencia energética que se han planteado en su desarrollo. Es un modelo que integra razonamientos bioclimáticos de diseño pasivo con sistemas activos junto con fuentes de energía renovables. El conjunto de todos ellos combinados con un sistema de gestión inteligente permiten alcanzar los objetivos planteados. Además, cuenta con un sistema de recogida de datos mediante sensores que proporcionan información acerca del funcionamiento del edificio permitiendo así su optimización y estudio de comportamiento.

Características generales:

- Edificio Zero Emisiones
- Diseño bioclimático
- Gestión energética eficaz
- Uso e integración de energías renovables como compensación de las emisiones
- Adaptación a las condiciones climáticas y necesidades funcionales.
- Aumento de la eficiencia de climatización por medio de tubos canadienses.
- Monitorización del comportamiento del edificio y uso de domótica.

5.2. ASPECTOS ARQUITECTÓNICOS

El edificio se sitúa en una parcela con una superficie de 3004m² ocupando 690m² de la misma. En total dispone de 2309m² dispuestos en cinco plantas.

En el resto de la parcela se encuentra enterrado el sistema de tubos canadienses, una zona de aparcamiento y tres aerogeneradores.

5.2.1. FORMA

El edificio presenta una volumetría totalmente cúbica con 22 metros de lado dividido en cinco plantas. La compacidad que presenta el edificio beneficia a su comportamiento energético.

La diagonal del volumen cúbico se encuentra formando 45 grados con el norte. Esto permite establecer dos tipos de fachada para su tratamiento, dos fachadas norte y dos sur. Previo a su implantación se realizaron estudios de soleamiento de las sombras arrojadas por los volúmenes edificados en sus proximidades para evitar sombreamientos sobre el edificio que redujeran la ganancia solar.

5.2.2. ESPACIOS

En sus cinco plantas encontramos un semisótano donde se encuentra el parking y las instalaciones, la planta baja donde se encuentra la recepción y



041

salón de actos y tres plantas alzadas donde se ubican los 24 módulos de viveros de empresas.

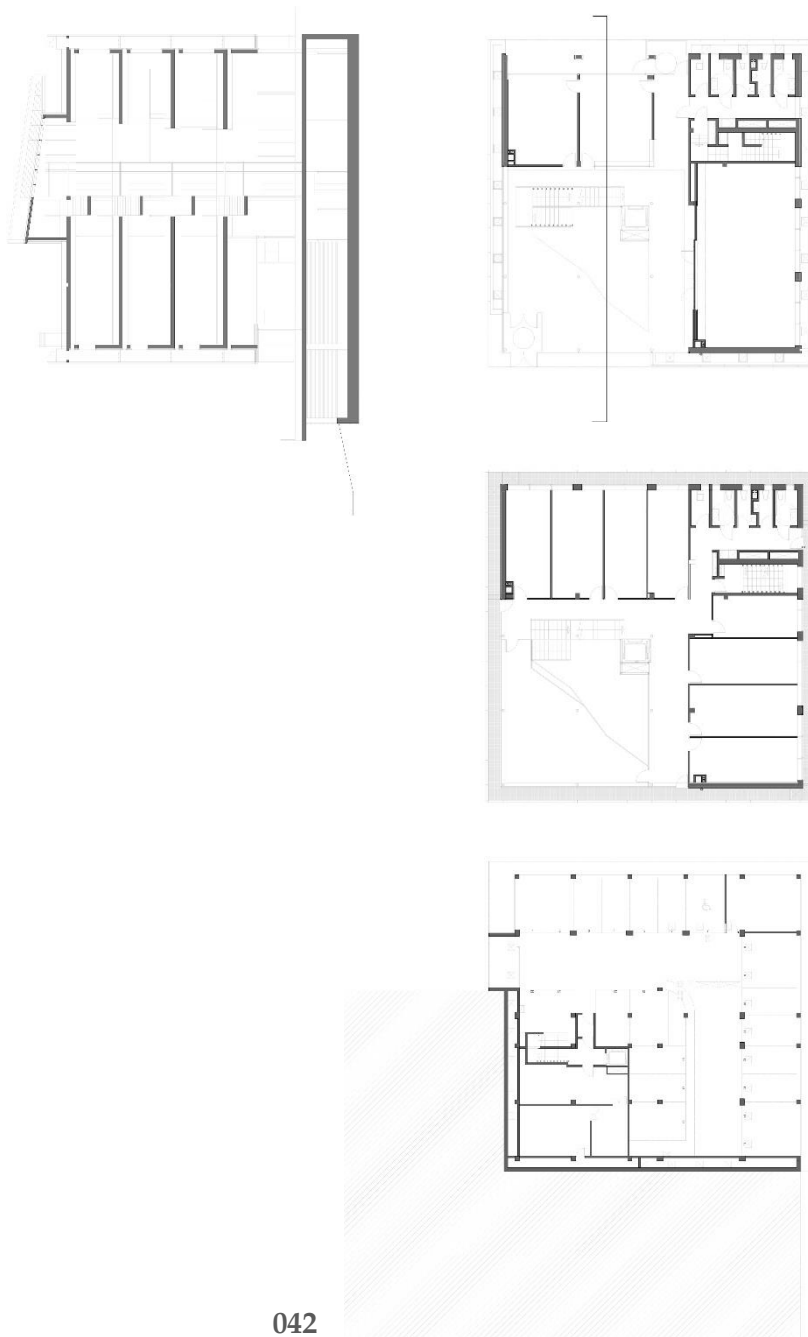
Las plantas alzadas giran en torno a un atrio que sirve como espacio común interior a la vez que participa en el funcionamiento energético del edificio e introducir luz natural al interior.

El semisótano posee más del 50% de su superficie en fachada abierta al exterior, permitiendo así una ventilación e iluminación natural del mismo evitando gastos en sistemas mecánicos de ventilación y en el encendido de sistemas de iluminación artificial durante el día.

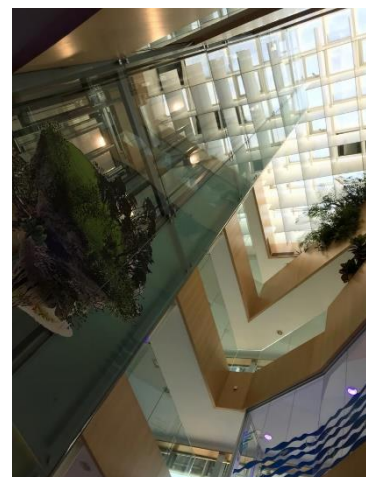
En la cubierta se ubica un campo de captadores solares fotovoltaicos y el lucernario perteneciente al atrio central.

[042] Planta
semisótano, baja, tipo y
sección CIEM.
Elaboración propia.

[043] Atrio. Colección
propia



043



5.2.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO, ESTRUCTURA Y ACABADOS

[044] Paneles solares
fachadas sur. Colección
propia

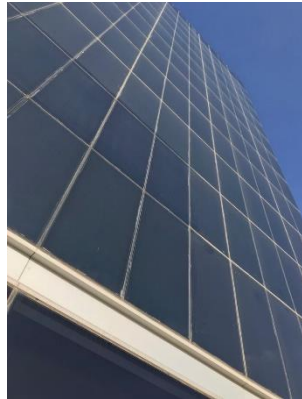
[045] Vidrio
seriegrafiado fachadas
norte. Colección propia

[046] Espacio interior
cámaras norte.
Colección propia

En su diseño bioclimático, se ha conseguido mediante diferentes elementos constructivos lograr la mínima demanda energética para el funcionamiento del edificio.

En las dos orientaciones principales, norte y sur se ha optado por una fachada de doble piel con diferente tratamiento de huecos, acabado y características constructivas; todas ellas actuando como colchón térmico con el exterior y permitiendo la circulación del aire para la climatización.

044



045



Los huecos en fachada están vinculados con las ganancias y pérdidas energéticas, huecos grandes al sur y pequeños al norte.

Los vidrios de la fachada exterior son de tipo laminado templado 4+4 sin ningún tipo de tratamiento térmico ya que interesa que el calor pase a través de ellos para poder ser introducido a las cámaras sur que actúan como invernadero para poder tratar este aire más tarde en el interior del edificio.

Los vidrios interiores de las fachadas sur son bajo emisivos para evitar el sobrecalentamiento del espacio interior.

046



Las fachadas norte están pintadas de color negro en la cara exterior del muro interior con el objetivo de retener mayor energía y presentan un vidrio seriegrafiado al exterior por motivos únicamente estéticos. Mientras, las fachadas sur actúan como un invernadero. Por el contrario, están pintadas de blanco en la cara exterior del muro interior para no sobrecalentarse en verano y poseen placas fotovoltaicas en la capa exterior de la fachada.

Entre las dos capas se alberga un hueco con unas pasarelas de tramex que permiten el mantenimiento de los paneles fotovoltaicos de las fachadas sur a la vez que sirven como protección solar a modo de aleros para evitar la radiación directa de las ventanas interiores posibilitando la circulación del aire de climatización.

Tanto la estructura vertical como la horizontal presenta gran inercia térmica mediante forjados de losa maciza de hormigón y fachadas interiores de bloque de termoarcilla. La estructura de muro cortina autoportante es la responsable de soportar la piel exterior mediante una perfilería oculta al exterior y anclada a los forjados. El anclaje de esta perfilería será un punto de encuentro de especial tratamiento para evitar el posible puente térmico generado.

El aislamiento proporcionado por la doble fachada se completa con una capa de aislamiento colocada en la cara exterior del muro interior evitando puentes térmicos.

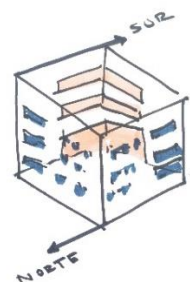
[047] Espacio interior cámaras sur. Colección propia

[048] Esquema de funcionamiento, huecos y orientaciones. Elaboración propia

047



5.3. FUNCIONAMIENTO



048

El sistema de climatización del edificio requiere de dos modos de funcionamiento: calefacción y refrigeración que asignaremos a situaciones de invierno y verano respectivamente.

La climatización se realiza por medio de la renovación del aire utilizado que posee unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas para garantizar el confort interior. Permite a la vez evitar el mencionado "síndrome del edificio enfermo" puesto que se renueva el 100% del aire y no existe una mezcla de flujos de aire de extracción e impulsión.

[049] Salida de aire
tubos canadienses.
Colección propia.

[050] Temperatura
exterior frente y
temperatura geotermia
2011. Ocatavio Cabello,
Manuel Sanchez.

¹⁶ Ocatavio Cabello,
Manuel Sanchez.
*Comunicación del edificio
CIEM presentada al II
Congreso Edificios
Energía Casi Nula.*



049

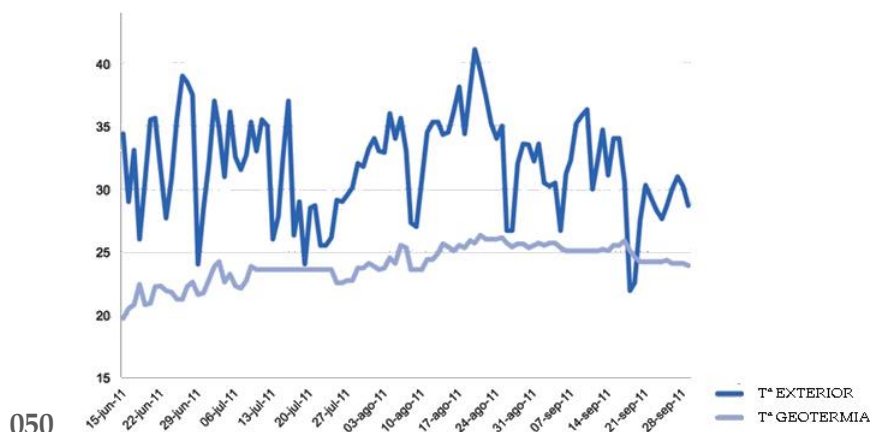
Para aumentar la eficiencia del edificio se han introducido diferentes sistemas que permiten reducir el salto térmico del volumen de aire a tratar en verano y en invierno. Con ello, se consigue reducir el aporte de energía para conseguir la total climatización del aire. Los sistemas que intervienen son el circuito de tubos canadienses que proporcionan geotermia por aire, la bomba de calor que aprovecha la temperatura del agua del freático, la recuperación de la energía a expulsar del edificio por medio de un recuperador entálpico, el enfriamiento adiabático en verano por medio de agua pulverizada y el empleo del sistema de difusión de aire por desplazamiento.

Los tubos canadienses constan de un conjunto de 18 tubos de hormigón de 50 metros de longitud y 30 centímetros de diámetro enterrados a una profundidad entre los 6 y 7 metros en dos filas colocadas a tresbolillo por los que circula el aire captado del exterior antes de que entre al sistema de climatización del edificio.

Para establecer la profundidad óptima se realizaron numerosos estudios de diferentes profundidades para establecer la temperatura de estabilización del terreno y la colocación de los tubos.

Una rejilla orientada a noroeste, puesto que es la dirección de viento dominante “el cierzo”, capta el aire del exterior y un ventilador fuerza la circulación de este por el interior de los tubos. Durante su paso por el circuito de tubos se produce un intercambio de energía entre el terreno y el aire que circula disminuyendo el salto térmico entre el aire captado y el aire a climatizar.

Según los estudios de monitorización realizados en el terreno ¹⁶, como la temperatura del terreno a esta profundidad se mantiene constante y evoluciona suavemente durante el año desde los 19 grados en invierno hasta los 26 grados en verano aproximadamente, la temperatura de salida del aire una vez que ha intercambiado energía con el terreno es muy próxima a la temperatura de confort, y con ello el gasto energético para adecuar esta temperatura final es muy inferior al necesario para climatizar el aire introducido directamente del exterior.



El sistema de difusión de aire por desplazamiento a baja velocidad por medio de difusores móviles situados en los suelos técnicos permite crear una temperatura de confort en la altura útil de trabajo de los usuarios requiriendo un rango de temperaturas menor al que se necesita impulsar el aire en un sistema de aire tradicional. Además, este sistema genera menos consumo del ventilador de impulsión ya que existe una menor pérdida de carga en los conductos.

5.3.1. CLIMATIZACIÓN EN INVIERNO

En invierno, el edificio aprovecha su gran capacidad de acumulación térmica debido a sus características constructivas y formales. En esta época el aire de climatización proviene totalmente del sistema de tubos canadienses para ser precalentado. Posteriormente, este aire se introduce por las cámaras sur de forma que se aprovecha el efecto invernadero existente en las mismas hasta que llega a la parte alta del atrio donde si las condiciones de radiación son adecuadas se sigue incrementando su temperatura.

Posteriormente este aire es conducido por el conducto vertical que se ubica en el atrio central junto con el núcleo de ascensor hasta la unidad de tratamiento del aire existente en el sótano.

La unidad de tratamiento del aire mediante una bomba de calor geotérmica que aprovecha la entalpía del agua del freático y una caldera biodiesel si es necesaria se alcanza la temperatura óptima de confort que posteriormente será distribuido a cada planta a través del sistema de difusión por desplazamiento.

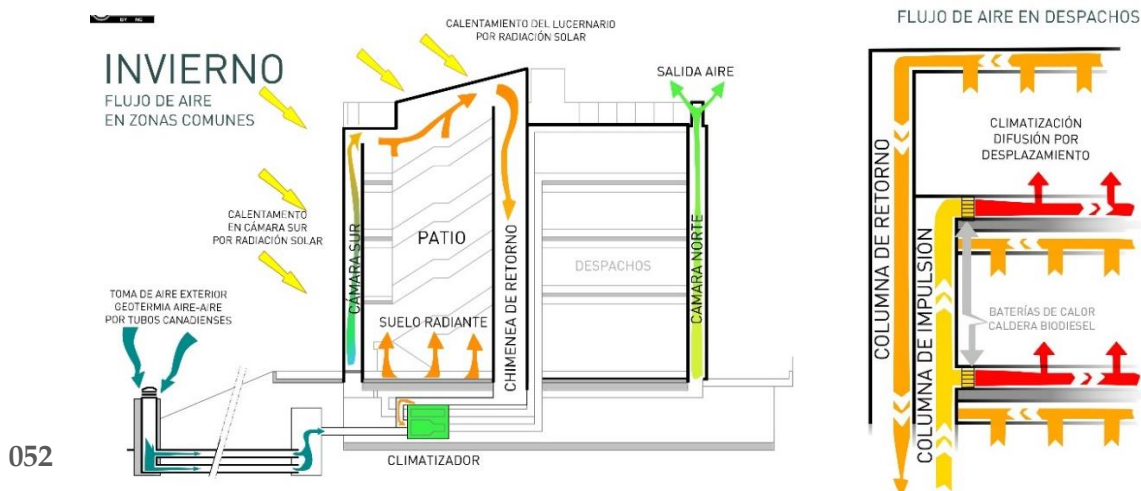
Una vez utilizado el aire, este llega por convención hasta el techo de cada estancia desde donde es conducido a la unidad de tratamiento del aire donde antes de ser expulsado al exterior se recupera parte de su energía a través de un recuperador sin intercambio de aire. Una vez se le ha extraído la energía se envía al exterior a través de las cámaras norte permitiendo generar un colchón térmico entre el exterior y los despachos.

[051] Suelo técnico y rejilla de salida de aire por desplazamiento. Colección propia.

[052] Esquemas de funcionamiento invierno. Octavio Cabello.



051



Como sistema complementario se ha instalado un sistema de biodiesel de baja temperatura que alimenta el suelo radiante del hall y unas baterías de apoyo de cada uno de los compartimentos estancos que corresponden con cada despacho. Estas baterías son activadas mediante electroválvulas que se ponen en funcionamiento cuando el sensor detecta una ocupación dentro del despacho.

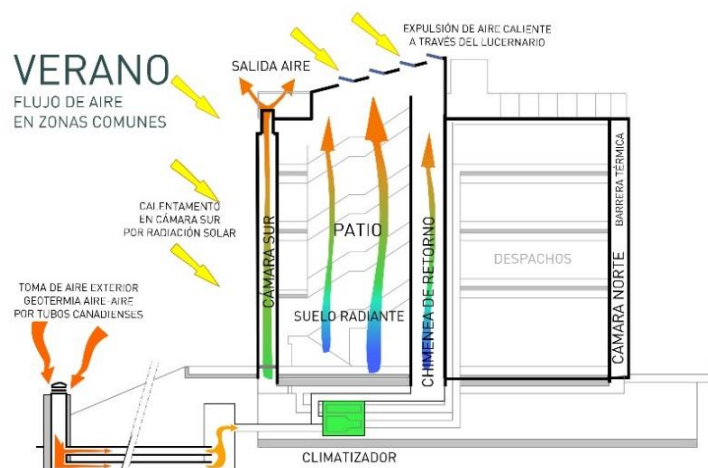
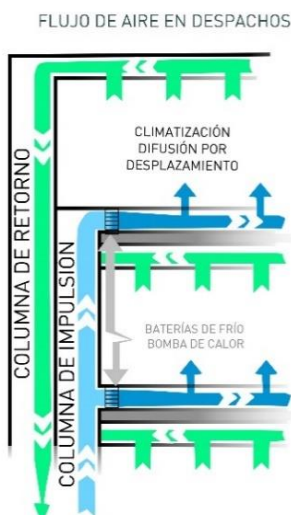
5.3.2. CLIMATIZACIÓN EN VERANO

En verano, el edificio aprovecha su gran capacidad de ventilación para eliminar el máximo calor retenido en el interior. Para ello las trampillas de la parte superior del lucernario permanecen abiertas con el objetivo de que no se acumule el calor en la parte alta del atrio. Solo en caso de lluvia estas se cerrarán automáticamente. La inclinación del lucernario favorece la extracción del aire por efecto Venturi al provocar depresión por aumento de la velocidad del aire en el exterior provocando succión en los orificios.

El atrio dispone de un sistema de toldos que se despliegan para disminuir la radiación solar y evitar el sobrecalentamiento en verano.

En esta época el aire de climatización proviene totalmente del sistema de tubos canadienses para ser previamente enfriado durante su circulación por los mismos. Posteriormente se introduce en la bomba de calor geotérmica que aprovecha la entalpía del agua del freático utilizado como foco frío. Una vez el aire ha alcanzado la temperatura óptima, este es filtrado y servido a cada una de las plantas de la misma forma que en invierno por medio del sistema de difusión por desplazamiento situado desde el suelo técnico.

Al igual que se ha explicado en el funcionamiento de invierno, una vez es utilizado el aire, este asciende hasta el techo donde es conducido hasta la unidad de tratamiento del aire donde recupera parte de su energía. Posteriormente el aire se somete a un proceso de enfriamiento adiabático mediante la atomización de agua sobre unas termoarcillas situadas en la parte baja de las cámaras sur por donde será enviado al exterior favoreciendo la refrigeración de las placas fotovoltaicas y generando un colchón térmico para las zonas comunes.



Hay momentos en verano, especialmente por la noche, en los que la temperatura del exterior es inferior a la interior y permite la activación del sistema de enfriamiento gratuito o free-cooling. Este consiste en la apertura de la rejilla orientada a noreste situada en la parte inferior del atrio central que permite la entrada de aire del exterior produciendo un descenso de la temperatura interior sin necesitar de ningún aporte energético. Al mismo tiempo se abren las aberturas superiores de las fachadas norte y se introduce aire fresco al suelo de los despachos. Este es posteriormente recogido por los conductos de extracción para expulsarlo a través de las fachadas sur para conseguir refrescar los paneles fotovoltaicos.

El **control de temperatura** del edificio se realiza de forma **automática**. Hay un sistema de domótica que evita la intervención del usuario en el control de la regulación de los sistemas del edificio como son el de temperatura, iluminación y ventilación. Para ello existe una red de sensores de presencia, de temperatura, de control de la intensidad lumínica y de flujos y velocidad del aire.

A estos se añaden sensores de velocidad del viento y lluvia que permiten accionar o desactivar diferentes sistemas.

Todos estos detectores y sensores envían información al sistema central de control que gestiona toda la información y emite respuestas para la regulación de cada una de las partes del conjunto del edificio para garantizar las condiciones de confort.

Esta información, además de permitir actuar al edificio, es procesada y almacenada para poder estudiar la eficiencia del edificio y establecer nuevas medidas de mejora. Especial mención recibe la monitorización del funcionamiento del sistema de tubos canadienses que han permitido un estudio profundizado del sistema de geotermia.

5.4. ENERGÍAS RENOVABLES

CIEM cuenta con varias fuentes de energías renovables. A la geotermia por medio de aire y de agua se añade la energía fotovoltaica colocada en las fachadas suroeste y sur este y en cubierta y la instalación minieólica.

Los módulos fotovoltaicos situados en las fachadas se incorporan de forma integrada en el edificio siendo parte de la piel exterior de las cámaras. Cada módulo tiene una inclinación de 90 grados y proporciona una potencia máxima de 70Wp.

Los módulos de cubierta tienen una inclinación de 0 grados y, a pesar de que no es la inclinación óptima para aprovechar al máximo la radiación solar se decidió ocupar el total de la superficie sin que se crearan sobras entre los mismos módulos. Cada uno de los paneles puede llegar a proporcionar una potencia de 300 Wp.

[054] Paneles
fotovoltaicos en
cubierta. Colección
propia.

[055] Instalación
minieólica. Colección
propia.

La instalación de minieólica se compone de tres aerogeneradores de eje vertical que requieren de menor espacio que los de eje vertical y general menor ruido. Cada uno de ellos tiene una potencia de 4kW y se ubican próximos al edificio donde se produce un estrechamiento de la calle en relación con la edificación existente y el propio CIEM. En esta zona las corrientes de aire adquieren mayores velocidades.

054



055



5.5. OTROS SISTEMAS Y MEDIDAS DE AHORRO

El aprovechamiento de la luz natural junto con la instalación de sistemas de iluminación artificial led de alta eficiencia y el sistema de domótica permiten ajustar la iluminación según las necesidades de forma automática sin la intervención del usuario. Estas medidas permiten una gran reducción del coste energético vinculado a la iluminación.

06. Estudios propios sobre CIRCE y CIEM

6.1. CONSUMOS

6.1.1. CONSUMOS CIRCE

Para la obtención de los consumos se han tomado los resultados del *Diagnóstico energético del edificio CIRCE* ¹⁷ desarrollado por Francisco Royo Agudo tomando como referencia el año 2012.

FUENTE DE ENERGÍA	CONSUMO (kwh/m²año)	CONSUMO (kwh/año)	EMISIONES (kgCO ₂ /m²año)	EMISIONES (kgCO ₂ /año)
ENERGÍA ELÉCTRICA	92,6	161402	27,8	48421
GAS NATURAL	31,0	54124	6,2	10890
TOTAL	123,6	215526	34,0	59311

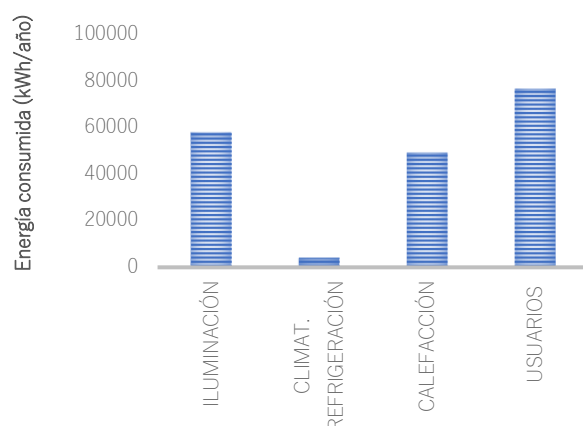
056

*Superficie útil 1743m²

Las emisiones calculadas dependen de la fuente de energía utilizada. A la electricidad se le aplica un factor de emisión ¹⁸ de 0,3 kgCO₂/kWh, y al gas natural se le aplica un factor de 0,201 kgCO₂/kWh.

Se observa que la mayor parte de la energía consumida proviene de la energía eléctrica, aportando aproximadamente un 75% del consumo energético del edificio.

La distribución del consumo de la energía total ¹⁷ se distribuye según la siguiente gráfica, siendo la energía derivada del cada puesto de trabajo y la iluminación las mayores fuentes de consumo de energía.



057

[056] Desglose de consumos energéticos según fuente de energía. CIRCE año 2012. Elaboración propia

[057] Desglose de consumos energéticos según uso de la energía. CIRCE año 2012. Elaboración propia.

¹⁷ Francisco Royo Aguado, Ignacio Zabalza Bribiá, *Diagnóstico energético de la sede del Instituto Universitario de Investigación mixto CIRCE y evaluación técnico-económica de medidas de mejora.*

¹⁸ FACTORES DE EMISIÓN DE CO₂ y COEFICIENTES DE PASO A ENERGÍA PRIMARIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA FINAL CONSUMIDAS EN EL SECTOR DE EDIFICIOS EN ESPAÑA. RITE 2012.

6.1.2. CONSUMOS CIEM

[058] Desglose de consumos energéticos según fuente de energía. CIEM año 2012.

[059] Desglose de consumos energéticos según uso de la energía. CIEM año 2012.

¹⁹ M. Sanchez, J. Turégano, A, del Amo. (2014). *Eficiencia Energética de un edificio EECN. Balance energético y emisiones de CO₂ en un edificio EECN en uso.*

Para la obtención de los consumos se han tomado los datos de las mediciones realizadas en el TFM *Eficiencia Energética de un EECN* ¹⁹ elaborado por Manuel Sánchez Iturbe tomando como referencia el año 2012.

FUENTE DE ENERGÍA	CONSUMO (kwh/m ² año)	CONSUMO (kwh/año)	EMISIONES (kgCO ₂ /m ² año)	EMISIONES (kgCO ₂ /año)
ENERGÍA ELÉCTRICA	89,6	206937	26,88	62081,1
BIODIESEL	25,8	59685	-	-
TOTAL	115,4	266622	34.0	62081,1

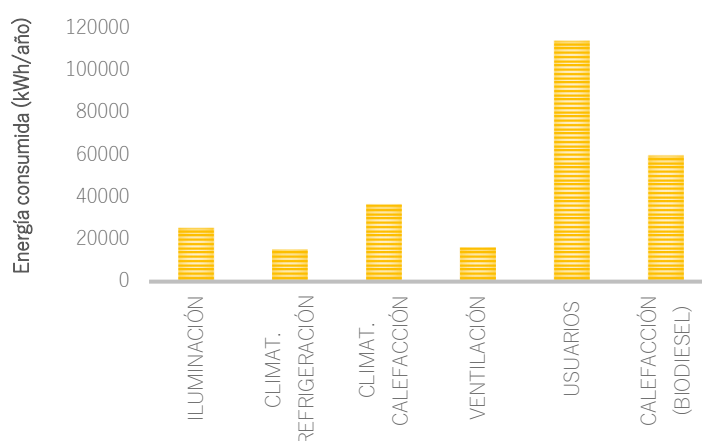
058

*Superficie útil 2309m²

Las emisiones calculadas dependen de la fuente de energía utilizada. A la electricidad se le aplica un factor de emisión ¹⁸ de 0,3 kgCO₂/kWh. El biodiesel no computa en el balance neto de emisiones de CO₂ ya que la caldera es de alto rendimiento, trabaja a baja temperatura, dispone de un recuperador del calor de los gases de combustión y consume biodiesel a una concentración del 100%, por lo que podemos considerar una energía totalmente renovable.

Se observa que la mayor parte de la energía consumida proviene de la energía eléctrica, aportando aproximadamente un 77% del consumo energético del edificio.

La distribución del consumo de la energía total¹⁸ se distribuye según la siguiente gráfica, siendo la energía propia de cada puesto de trabajo la mayor fuente de consumo de energía.



059

6.2. ENCUESTAS PERSONALES A USUARIOS

6.2.1. ENCUESTAS CIRCE

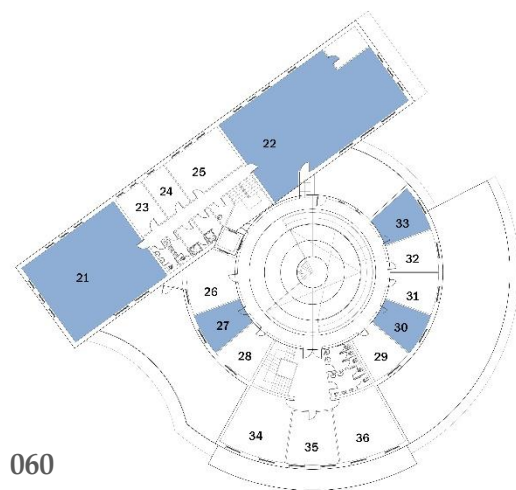
DATOS GENERALES SOBRE LA ENCUESTA

Dado que los usuarios habituales del CIRCE han sido trasladados a otros lugares de trabajo, no se han podido evaluar las condiciones de confort en el momento de realización de la encuesta. Las respuestas han sido evaluadas en función de su estancia en el edificio en un periodo anterior a la realización de la misma.

Número de respuestas: 11
Respuestas género femenino: 6
Respuestas género masculino: 5
Media de edad: 35

Todos suelen ir a trabajar de lunes a viernes. Su horario de llegada va desde las 8:00AM hasta las 10:00 AM. La finalización de la jornada de trabajo va desde las 16:00 PM hasta las 19:00 PM. Encontramos trabajadores que se han incorporado al edificio en 2010 hasta 2018 como última incorporación.

Espacio de ocupación de los usuarios participantes en la encuesta dentro del edificio:



[060] Relación de espacios planta baja CIRCE. Elaboración propia.

[061] Resultados encuestas: usuario, puesto de trabajo, formación y confort general. Elaboración propia.

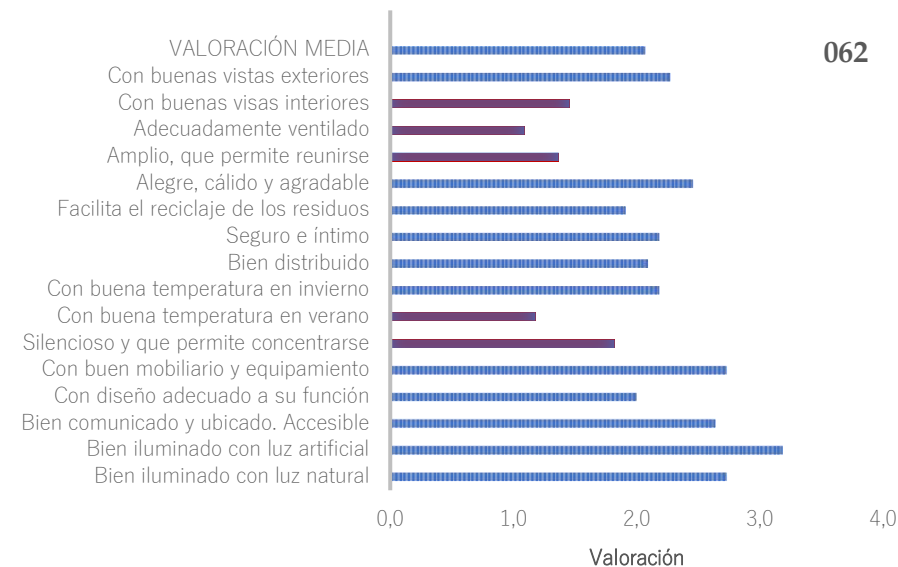
VALORACIÓN GENERAL SOBRE EL EDIFICIO

En la siguiente tabla aparece la relación espacios, número de usuarios por sala, condiciones generales de confort invierno y verano, puestos de trabajo, formación propia y conocimientos específicos sobre sostenibilidad y ahorro energético:

ESPACIO	Nº USUARIOS EN LA SALA	CONFORT INVIERNO	CONFORT VERANO	PUESTO DE TRABAJO	FORMACIÓN	CONOCIMIENTOS SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA
27	3	✓✓✓✓	✓✓✓	Administración	Ciencias empresariales	-
22	30-40	✓✓	0	Director de grupo	Licenciado en ingeniería industrial	Básicos
22	30-40	✓✓	✓	Personal en formación	Graduado en ingeniería en tecnologías industriales	Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética
22	30-40	✓✓✓✓	✓	Investigador/técn ico	Ingeniería de telecomunicaciones	-
33	8	0	0	Técnico	Ingeniería	Medios
33	8	0	0	Gestor de proyectos	Ingeniero industrial	Mi trabajo se centra en gestionar proyectos cuyo objetivo es conseguir una mayor sostenibilidad y ahorro energético en la industria.
21	20	✓✓	✓✓	Investigador responsable de proyecto	Derecho ADE	Títulos UZ: Mercados energéticos, gestión de residuos
21	20	✓✓	✓	Experto tecnológico	Ingeniero industrial	Más de 10 años de experiencia profesional
21	20	✓✓✓✓	✓✓	Investigador	Architectural engineer	Afirma tener conocimientos
22	30-40	✓✓✓	✓✓✓	Ingeniero desarrollo	Doctor en ingeniería	Energías renovables, redes eléctricas, equipos electrónicos
30	3	✓	✓	Técnico de contabilidad	Técnico de contabilidad	-

*Valoración máxima ✓✓✓✓

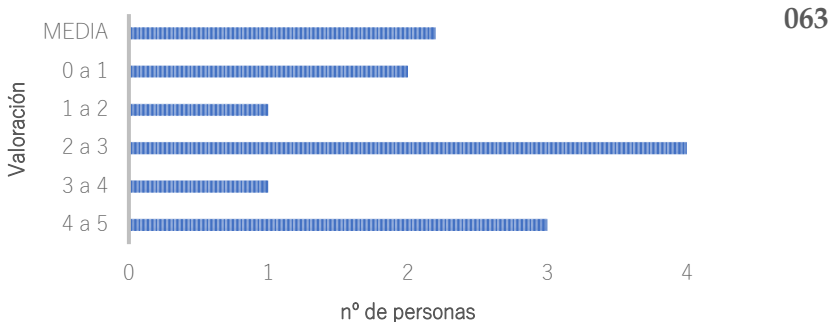
Valoración general del edificio en lo referente a los siguientes aspectos. La escala de evaluación permite una valoración del 0 al 4 siendo, siendo 2 el valor medio para considerar aceptable dicho aspecto:



[062] Resultados encuestas: valoración de diferentes aspectos del confort. Elaboración propia.

[063] Resultados encuestas: valoración del confort en invierno. Elaboración propia.

CONDICIONES DE CONFORT EN INVIERNO



En una escala del 0 al 4, los usuarios otorgan una **valoración media de 2,2** sobre las condiciones de confort en invierno.

En cuanto a la pregunta “¿Cómo eran las condiciones de confort en invierno en general?” acerca de la conformidad del grado de confort en invierno se muestran las siguientes respuestas:

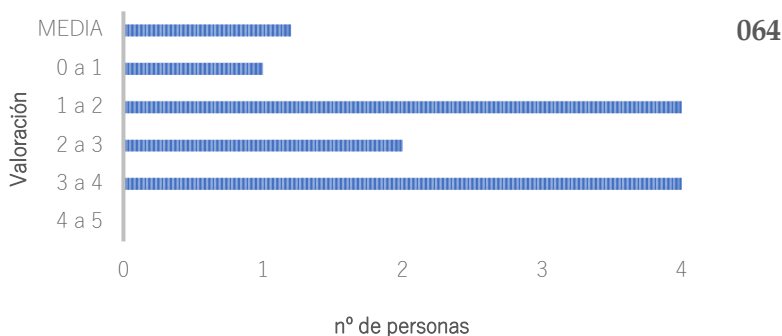
- Correctas
- Muchos días la calefacción funcionaba un tiempo insuficiente (apagaba pronto).
- Buenas con la calefacción.
- Frío.
- En ocasiones no se alcanzaba la temperatura adecuada.
- Mucho calor por la tarde y poca ventilación.
- Temperatura muy buena, a veces excesivamente alta. Era necesario cerrar la puerta del despacho para que no llegara aire frío a algunas

[064] Resultados encuestas: valoración del confort en verano. Elaboración propia.

mesas. Esto comportaba la acumulación excesiva de CO₂. Por eso y porque no era conveniente abrir las ventanas la falta de ventilación comprometía el confort. El reflejo de las lámparas usadas para la iluminación artificial en las horas de la tarde podía ser molestas y cansar más la vista.

- Malas.

CONDICIONES DE CONFORT EN VERANO



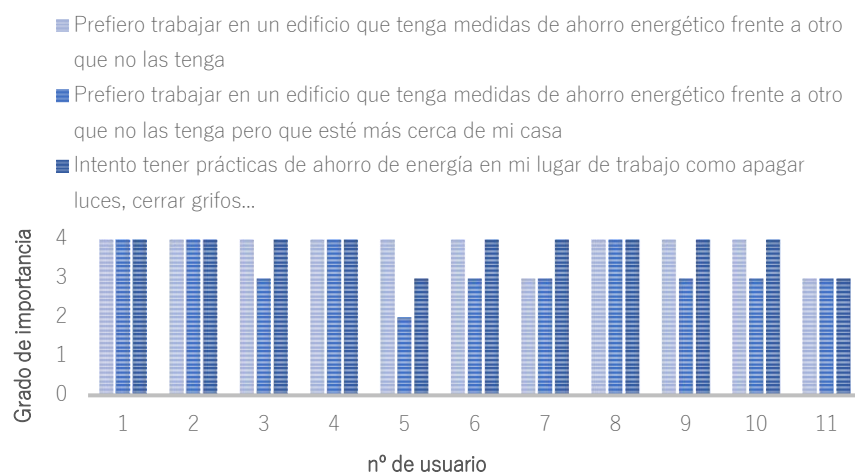
En una escala del 0 al 4, los usuarios otorgan una **valoración media de 1,2** sobre las condiciones de confort en verano.

En cuanto a la pregunta “ ¿Cómo eran las condiciones de confort en verano en general?” acerca de la conformidad del grado de confort en verano se muestran las siguientes respuestas:

- Se pasaba calor
- Calor. Era necesario utilizar ventiladores o aire acondicionado. El edificio estaba diseñado para dejar las ventanas abiertas por la noche, pero no se hacía.
- Calor y con proliferación de insectos.
- Poca ventilación, el aire acondicionado no abastecía las necesidades del altillo.
- El número de fan coils parecía insuficiente para mantener baja la temperatura en el despacho. Como en invierno se solía cerrar la puerta provocando de esta manera una disminución excesiva de la calidad del aire.
- Bien con los aparatos de aire acondicionado.

IMPLICACIÓN DE LOS TRABAJADORES EN EL AHORRO ENERGÉTICO

En cuanto a valoraciones de las prácticas y pensamientos de cada usuario respecto a su conciencia medioambiental que puedan ser un factor de decisión en su lugar de trabajo:



[065] Resultados encuestas: valoración personal de la importancia del ahorro energético. Elaboración propia.

[066] Resultados encuestas: conocimiento personal del funcionamiento del edificio. Elaboración propia.

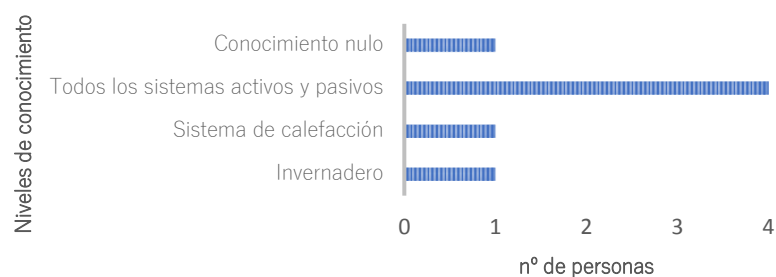
065

Los usuarios muestran preferir trabajar en un edificio con medidas de ahorro energético a uno que no las tenga, pero este interés desciende si el edificio se encuentra más próximo a su lugar de residencia, aunque el edificio no tenga medidas de ahorro.

En cuanto a la pregunta “¿Realizabas alguna acción para mejorar las condiciones de confort de tu lugar de trabajo? Coméntalas (Abrir ventanas, encender luz, bajar las persianas...” acerca de sus acciones diarias para la mejora de su confort aparecen las siguientes respuestas:

- Abrir ventanas: 8 personas
- Subir y bajar persianas: 3 personas
- Apagar y encender luces: todos
- Apagar y encender termostatos: 1 persona
- Aprovechar la luz natural, orden en mi puesto de trabajo: 1 persona
- Poner plantas: 1 persona.

En cuanto a la pregunta “¿Conoces el funcionamiento energético del edificio? Comenta brevemente lo que conoces del mismo (sistema de refrigeración, calefacción, medidas de ahorro energético...)” referente al grado de conocimiento del funcionamiento energético del edificio:



066

- Había un control tanto de calefacción como de AC que no tenía en cuenta el uso del edificio, por lo que no consideraba el confort de sus ocupantes.
- Tejado jardinera, invernadero a la entrada, "tragaluz" para circulación del aire, aislamientos.

- Orientación, medidas de refrigeración por la chimenea central y dejando abiertas las ventanas por la noche, invernadero en la parte delantera...
- Dispone de un sistema de suelo radiante y de instalación de aire acondicionado, estos sistemas están controlados externamente por mantenimiento de la universidad, lo cual dificulta su adaptación a las condiciones diarias, ya que está gestionado por personas que no conocen las condiciones del edificio a diario.
- Sí, conozco todos los sistemas.
- Conozco los sistemas activos y pasivos asociados al edificio.
- Un usuario niega conocerlos
- Cuatro usuarios no afirman conocerlos.

En cuanto a la pregunta “¿Qué sabes acerca de los Edificios de consumo de energía casi nulo (EECN)?” referente al grado de conocimiento del funcionamiento energético de los edificios de consumo energético casi nulo los usuarios responden:

- Todavía es una práctica poco económica que necesita mayor desarrollo de investigación, así como una labor de concienciación del ciudadano y del entorno empresarial.
- He trabajado directamente con edificios EECN en varios proyectos europeos.
- Edificios la cual demanda energética tiene que ser muy baja y estar cubierta por fuentes de energía renovable. Obligatorios a partir del 1 de Enero 2019 para edificios de nueva construcción públicos y a partir del 1 Enero 2021 para todos los edificios de nueva construcción.
- Un usuario niega conocerlos.
- El resto de los usuarios no comenta conocer algo.

El grado de conocimiento del funcionamiento del edificio va relacionado con el nivel de saber acerca de los Edificios de consumo energético casi zero en general, sin embargo, es un concepto poco extendido entre los participantes de la encuesta.

Propuestas de mejora para aumentar el confort del usuario por parte de los trabajadores ante la pregunta “¿Qué propondrías para haber aumentado el confort en tu espacio de trabajo en el CIRCE?”

- Considerar la ocupación del mismo para adaptar los sistemas
- Control sobre la climatización, techos más bajos
- Unas instalaciones proporcionales al número de personas trabajando, un sistema de climatización que fuera controlado por los usuarios de manera que se utilice en cada despacho conforme a las necesidades, una desinsectación eficiente, estancias cuadradas en lugar de redondeadas para aprovechar mejor el espacio.
- Ubicar a los trabajadores por tareas y equipos de trabajo, pero teniendo en cuenta las necesidades de cada uno de ellos en la

medida que sea posible (no colocar a la persona más calurosa, frente a la calefacción, ya que tenderá a apagarla, por ejemplo)

- En el altillo, un sitio no concebido para alojar personal, hubiera trabajado en la mejora de los sistemas de ventilación.
- Reducción de la ocupación. Instalación de sistemas de sombreado exterior de las ventanas para evitar sobrecalentamiento en verano.

Estas respuestas coinciden con usuarios que afirman tener algún tipo de conocimiento específico sobre sostenibilidad y ahorro energético.

[067] Relación de espacios planta baja y planta tipo CIEM. Elaboración propia.

[068] Resultados encuestas: usuario, puesto de trabajo, formación y confort general. Elaboración propia.

6.2.2. ENCUESTAS CIEM

Número de respuestas: 11
 Respuestas género femenino: 5
 Respuestas género masculino: 6
 Media de edad: 38

Todos suelen ir a trabajar de lunes a viernes. Su horario de llegada va desde las 8:00AM hasta las 10:00 AM. La finalización de la jornada de trabajo va desde las 12:00 AM hasta las 20:00 PM. Dado que el periodo máximo de estancia para las empresas es de 3 años, encontramos trabajadores que se han incorporado al edificio en 2017 hasta 2019 como última incorporación

Espacio de ocupación de los usuarios participantes en la encuesta dentro del edificio:



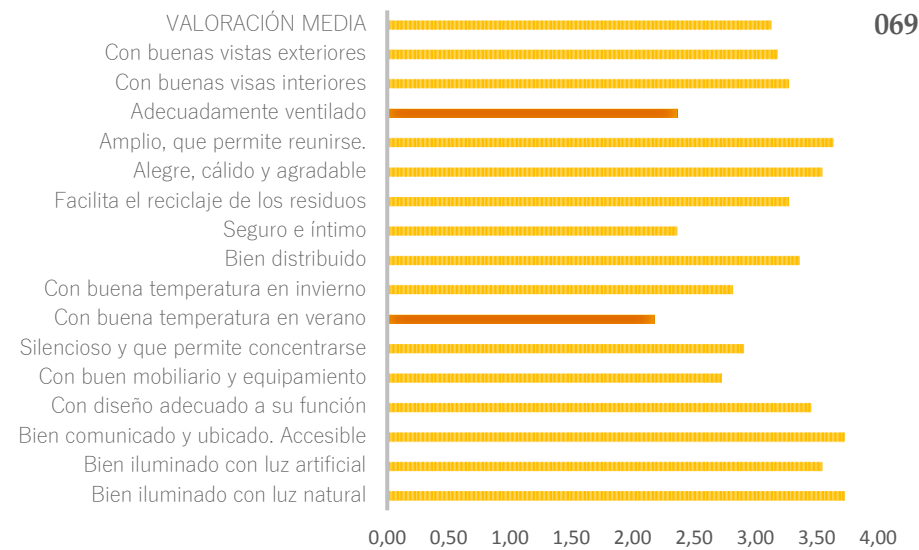
VALORACIÓN GENERAL SOBRE EL EDIFICIO

En la siguiente tabla aparece la relación espacios, número de usuarios por sala, condiciones generales de confort invierno y verano, puestos de trabajo y sector dentro de la empresa, formación propia y conocimientos específicos sobre sostenibilidad y ahorro energético:

ESPACIO	Nº USUARIOS EN LA SALA	CONFORT INVIERNO	CONFORT VERANO	PUESTO DE TRABAJO	FORMACIÓN	CONOCIMIENTOS SOBRE EFICIENCIA ENERGÉTICA
12 (1ª)	9	✓✓✓✓	✓✓	Profesor / Universidad	Doctorado	Afirma tener conocimientos
4 (2ª)	2	✓✓✓✓	✓✓✓✓	CEO / TIC	Postgrado dirección comercial y marketing	Niega tener conocimientos
5 (3ª)	3	0	0	Administrativo / Biotecnología	Biotecnología	Nulos
5(1ª)	4	✓✓✓✓	-	-	-	Altos
9(1ª)	4	✓	✓	Asistente de proyecto / Planes de ahorro	Grado universitario	Medio
2	3	✓✓✓✓	✓✓✓✓	Administración / TIC's	Licenciatura	Limitados
5(2ª)	3	✓✓✓	✓✓✓	Programador Comunicaciones /	Técnico superior de programación	Básicos
4(3ª)	4	✓✓✓✓	✓✓✓✓	Arquitecto de software / TIC's	Master	“me considero ecologista”
4(2ª)	2	✓✓✓	✓✓✓	Departamento comercial / Puericultura	Superior	Bajo
8(1ª)	1	✓✓	✓✓	CEO / Comercio electrónico en cosmética	Técnica administrativa. ADE.	Básico
5(3ª)	3	✓✓	✓	Marketing y ventas / Biotecnólogo- salud	Empresas biotecnológicas	Ninguno

*Valoración máxima ✓✓✓✓

Valoración general del edificio en lo referente a los siguientes aspectos. La escala de evaluación permite una valoración del 0 al 4 siendo, siendo 2 el valor medio para considerar aceptable dicho aspecto:



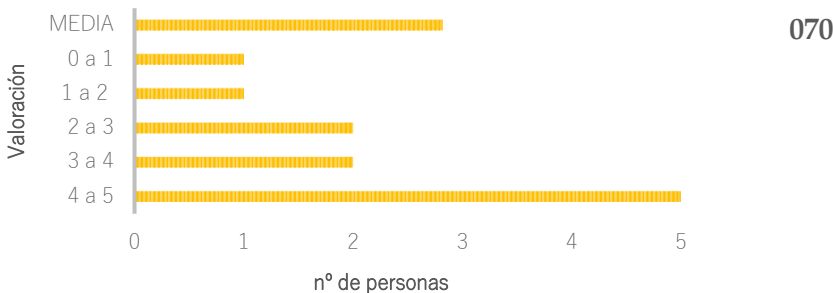
[069] Resultados encuestas: valoración de diferentes aspectos del confort. Elaboración propia.

[070] Resultados encuestas: valoración del confort en invierno. Elaboración propia.

Algún usuario ha considerado destacar que:

- El edificio es muy luminoso y con muchos espacios, pero a veces la solución de edificio inteligente no acierta en la temperatura adecuada, haciendo que haga mucho frío en verano y mucho calor en invierno. También que de repente salían oleadas de frío de los conductos del suelo y te quedabas pajarito en ese momento. Pero creo que es porque aún la tecnología tiene que avanzar en ese sentido en los espacios inteligentes arquitectónicos, pasaba igual en mi escuela de Artes de Zaragoza donde la temperatura del edificio actuaba con el mismo sistema de IA. Teniendo los mismos fallos.
- El clima es muy bueno para trabajar, no hace calor ni hace frío. Dependiendo del despacho o zona donde te encuentras en épocas de mucho calor, al no haber ventilación, pueden pasar bastante calor.

CONDICIONES DE CONFORT EN INVIERNO



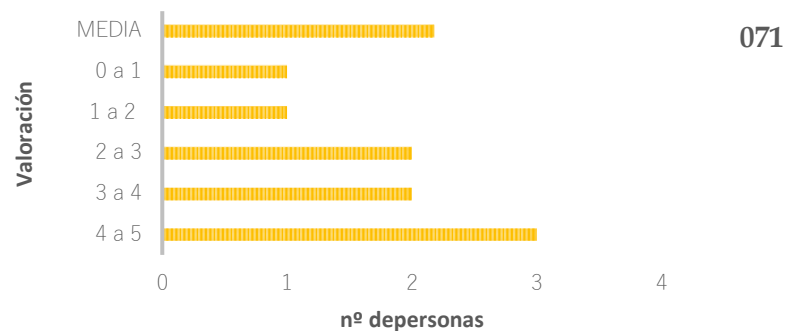
[071] Resultados encuestas: valoración del confort en verano. Elaboración propia.

En una escala del 0 al 4, los usuarios otorgan una **valoración media de 2,82** sobre las condiciones de confort en invierno.

En cuanto a la pregunta “ ¿Cómo son las condiciones de confort en invierno en general?” acerca de la conformidad del grado de confort en invierno se muestran las siguientes respuestas:

- Frío
- Mucho calor o mucho frío.
- Mucho mejor que en verano
- El resto de las personas indican que las condiciones de confort son buenas.
- Adecuadas.

CONDICIONES DE CONFORT EN VERANO



En una escala del 0 al 4, los usuarios otorgan una **valoración media de 2,18** sobre las condiciones de confort en verano.

En cuanto a la pregunta “ ¿Cómo son las condiciones de confort en verano en general?” acerca de la conformidad del grado de confort en verano se muestran las siguientes respuestas:

- La temperatura interior es elevada
- Mucho mejor que en verano.
- Salvo porque tenías que llevar sobre camisa o sudadera se estaba bien.
- Calor
- Regular.
- Mala regulación de la temperatura, calor muy excesivo para trabajar bien. En algunas ocasiones, hemos llegado a los 28-29°C.
- El resto de las personas indican que las condiciones de confort son buenas.

CONDICIONES DE CONFORT EN EL DÍA DE LA ENCUESTA

Los encuestados son usuarios actuales del edificio por lo que se les ha preguntado acerca de las condiciones de confort del día en el que se realizó la encuesta respondiendo a las siguientes preguntas:

- Condiciones climáticas del día de hoy: temperatura media exterior aproximada.
- Condiciones climáticas del día de hoy: nublado, soleado, viento...
- ¿Has tenido que realizar alguna acción para mejorar las condiciones de confort de tu lugar de trabajo? Coméntalas (Abrir ventanas, encender luz, bajar las persianas...)

[072] Resultados encuestas: valoración del confort en el día de la encuesta y acciones de mejora. Elaboración propia.

DÍA	TEMPERATURA	CONDICIONES	ACCIÓN DE MEJORA
6/3	16	Soleado	-
8/3	16	Soleado	Ninguna
8/3	13	Soleado	No se puede manipular nada
8/3	10	Viento, nubes y claros	Ninguna
8/3	15	Soleado	-
8/3	21	Soleado	-
11/3	14	Soleado con viento	Encender la luz, no hay ventanas para abrir.
12/3	15	Nublado	Encender luz
12/3	22	Soleado	Abrir la puerta de la oficina
2/4	16	Soleado	Abrir la puerta para que entrara aire y se ventile, pero no hay opción de abrir ninguna ventana.
30/4	20	Soleado	Quitar baldosas del suelo para ajustar la temperatura.

072

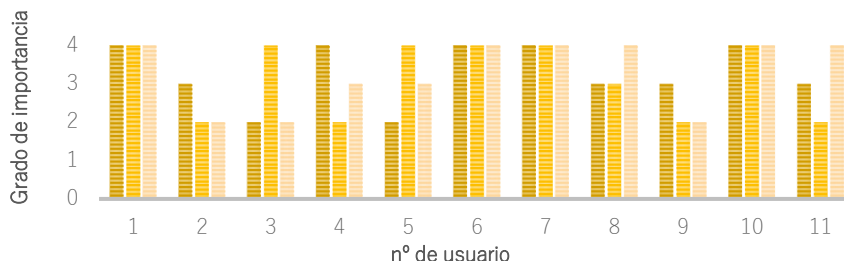
IMPLICACIÓN DE LOS TRABAJADORES EN EL AHORRO ENERGÉTICO

En cuanto a valoraciones de las prácticas y pensamientos de cada usuario respecto a su conciencia medioambiental que puedan ser un factor de decisión en su lugar de trabajo:

[073] Resultados encuestas: valoración personal de la importancia del ahorro energético. Elaboración propia.

[074] Resultados encuestas: conocimiento personal del funcionamiento del edificio. Elaboración propia.

073 ■ Prefiero trabajar en un edificio que tenga medidas de ahorro energético frente a otro que no las tenga
 ■ Prefiero trabajar en un edificio que tenga medidas de ahorro energético frente a otro que no las tenga pero que esté más cerca de mi casa
 ■ Intento tener prácticas de ahorro de energía en mi lugar de trabajo como apagar luces, cerrar grifos...

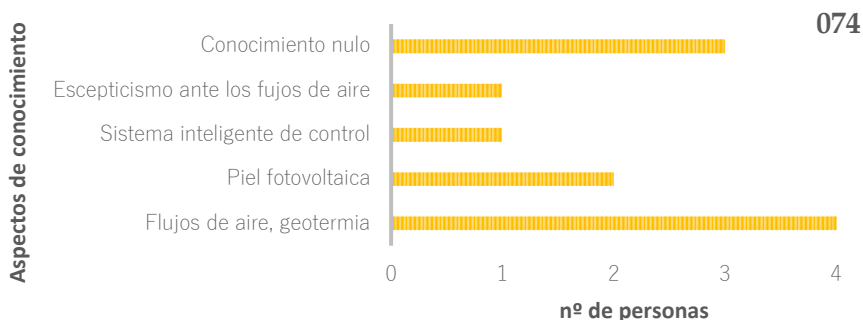


Los usuarios que mayoritariamente muestran preferir trabajar en un edificio con medidas de ahorro energético a uno que no las tenga son aquellos que tienen algún nivel del de conocimiento sobre sostenibilidad y ahorro energético.

En cuanto a la pregunta “ Durante el resto del año, ¿realizas alguna acción para mejorar las condiciones de confort de tu lugar de trabajo? Coméntalas.” acerca de sus acciones diarias para la mejora de su confort aparecen las siguientes respuestas:

- En invierno nos traíamos unas sudaderas para cuando llevábamos rato allí por la potencia del aire acondicionado.
- En verano cuando hace mucho calor, tenemos que abrir la puerta, porque no hay ventanas para abrir.
- Poner cuatro estufas portátiles distribuidas unas dos o tres semanas en invierno porque se fue la calefacción y tardo en arreglarse.
- El resto de las personas no realizan ninguna acción.

En cuanto a la pregunta “¿Conoces el funcionamiento energético del edificio? Comenta brevemente lo que conoces del mismo (sistema de refrigeración, calefacción, medidas de ahorro energético...)” referente al grado de conocimiento del funcionamiento energético del edificio:



- Pozos canadienses, piel fotovoltaica, ventilación en la parte superior del edificio, huerto en la cubierta, soleamiento pasivo.

- Sí, una pantomima de flujos de aire.
- La energía del edificio viene de un sistema geométrico, el molino específico se puede ver al lado del mismo. Su energía se distribuye con un sistema inteligente o IA, a la cual se le establece unos parámetros de temperatura determinados para garantizar el confort de la misma (cosa que todavía no funciona en la práctica), también se ocupa de su propia ventilación periódica y del regado de las plantas o enredaderas que dispone en el interior del edificio. Me acuerdo que había una especie de motas blancas muy raras que salían de las plantas de arriba, ignoro si eran hongos naturales o era así la propia planta. El internet y comunicaciones también estaba informatizado, sin embargo, hubo muchas caídas y cortes del mismo en tiempos de grandes tormentas.
- Geotermia.
- Sistema de climatización a través de un túnel subterráneo, que calienta o enfría el aire, y unas bombas de aire que reparten el aire por todo el edificio.
- Refrigeración y calefacción mediante cubas canadienses, energía solar.
- El frío que se genera en invierno se recicla para verano y viceversa.
- Tres personas niegan saber el funcionamiento del edificio.

El grado de conocimiento del funcionamiento del edificio es conocido a grandes rasgos ya que algunos de los usuarios cometen errores en su entendimiento. Sin embargo, existen paneles informativos dentro del hall del edificio que explican su funcionamiento.

En cuanto a la pregunta “¿Qué sabes acerca de los Edificios de consumo de energía casi nulo (EECN)?” referente al grado de conocimiento del funcionamiento energético de los edificios de consumo energético casi nulo los usuarios responden:

- No mucho, solo que contaminan menos evidentemente.
- Que ahorran energía y tiene sistemas de energías renovables.
- Que dentro de poco en la Unión Europea se implementará este tipo de edificios por sus diseños y estructuras ya que es un beneficio claro para el futuro.
- El resto de los usuarios dice no tener conocimiento acerca de este tipo de edificios.

El grado de conocimiento acerca de los Edificios de consumo energético casi nulo en general, es un concepto poco extendido entre los participantes de la encuesta.

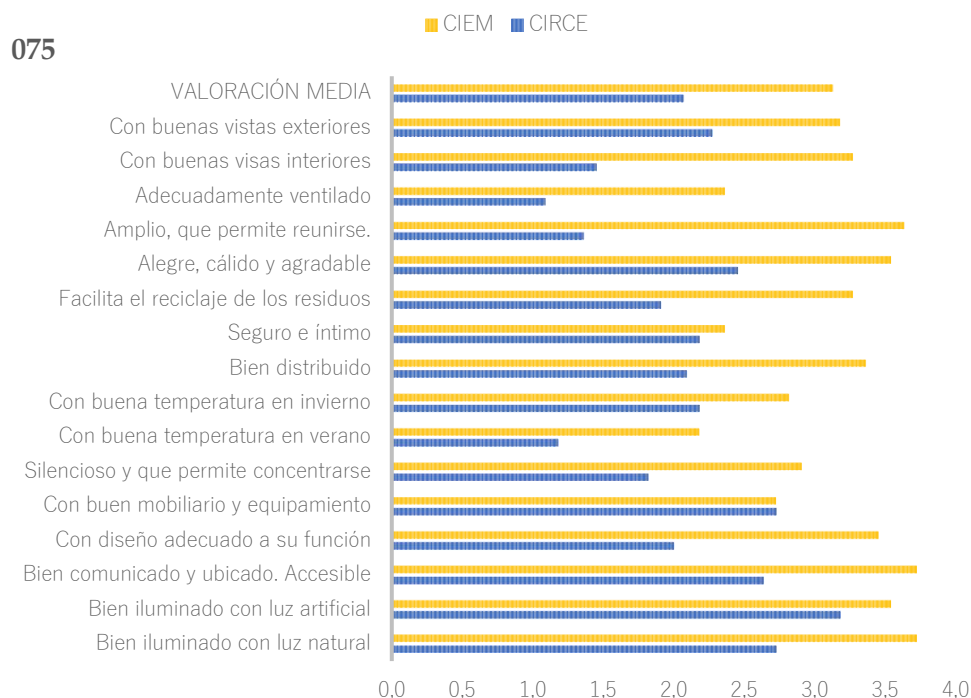
Propuestas de mejora para aumentar el confort del usuario por parte de los trabajadores ante la pregunta “¿Qué propondrías para haber aumentado el confort en tu espacio de trabajo en el CIRCE?”

[075] Resultados encuestas: comparativa de confort entre los edificios. Elaboración propia.

- No sé cómo se hace ese desarrollo de I+D+I pero hay que invertir en el programado e inteligencia de la temperatura.
- Mantenimiento constante del edificio.
- Nada, todo bien.
- Tener algún sistema manual de ventanas o similares para poder ventilar el despacho.
- Poder abrir la ventana.
- Control de la temperatura y control del uso de los espacios comunes (en ocasiones, mucho ruido en zonas comunes habiendo salas de reuniones vacías).

Varios usuarios coinciden en la posibilidad de poder abrir ventanas ya que el usuario tiene un nivel nulo de control de la ventilación, temperatura y luz.

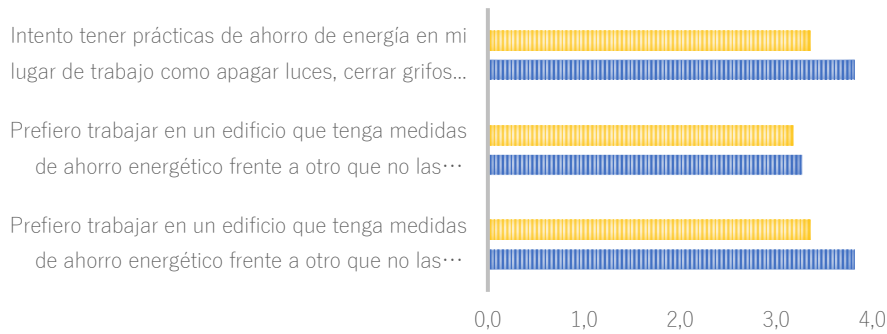
6.2.3. TABLAS COMPARATIVAS



El edificio CIEM, con una media global de **3,13/4** presenta una mejor valoración en todos los aspectos evaluados frente al edificio CIRCE que posee una media de **2,1/4**. Ambos edificios obtienen su peor puntuación en los puntos que hacen referencia a la adecuada ventilación del espacio y a las condiciones de temperatura en verano.

La mejor puntuación la obtienen ambos en el la iluminación artificial, vinculada también con la buena iluminación natural que destaca en el edificio CIEM.

En cuanto a funcionalidad, amplitud y distribución de los espacios, el edificio CIEM destaca en su valoración sobre el CIRCE.



[076] Resultados encuestas: comparativa de implicación de los usuarios de ambos edificios. Elaboración propia.

Los usuarios del edificio CIRCE tienen un mayor conocimiento en cuanto al funcionamiento del edificio en el que han trabajado, así como en temas relacionados con medidas de ahorro energético en la edificación. Esto también se ve reflejado en la importancia a nivel personal que los empleados otorgan a temas de sostenibilidad y ahorro energético.

El nivel de conocimiento sobre estrategias para conseguir el ahorro energético y la importancia de este tipo de edificios lo persiguen es considerablemente mayor en CIRCE debido al carácter de los temas de investigación que se realizan en el mismo.

6.3. VALORACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO REAL Y MEDIDAS DE MEJORA

6.3.1. FUNCIONAMIENTO REAL CIRCE

El funcionamiento real del edificio dista del teórico en diferentes aspectos generándose así problemas que afectan al adecuado confort y comportamiento del edificio.

Los principales problemas surgen en la época en la que se requiere de la refrigeración del mismo, es decir, principalmente en verano. Esto queda reflejado en la baja valoración con la que los usuarios puntúan al nivel de confort que tienen en la época estival. A pesar ello, el consumo del edificio destinado a refrigeración no presenta unos niveles de consumo elevados.

En un principio, la bomba de calor geotérmica estaba pensada para ser utilizada en modo refrigeración para refrescamiento por medio del suelo radiante, sin embargo, no funciona de esta forma ya que la superficie de intercambio con el terreno está infradimensionada y genera el sobrecalentamiento de la máquina.

El comportamiento pasivo del edificio también se ve afectado ya que aparecen diferentes problemas que dificultan el correcto funcionamiento del edificio.

Los principales problemas se derivan de las incorrectas o inexistentes pero necesarias acciones por parte del usuario. Se encuentra que los elementos de apertura como son las ventanas de los despachos, invernaderos, la chimenea solar y torre de refrigeración no se abren y cierran en los momentos óptimos para garantizar el proceso de refrigeración de manera pasiva.

La apertura y cierre de la chimenea y de la torre se controlan mediante un mando a distancia por el personal de conserjería, el cual tiene un horario de trabajo limitado en una franja horaria y durante del fin de semana no se produce la apertura de las partes implicadas en el funcionamiento del sistema, generando un aumento de la temperatura los fines de semana.

Además, para lograr el óptimo refrescamiento deberían permanecer abiertas las ventanas de los despachos durante toda la noche, pero por motivos de seguridad, aunque disponen de rejas metálicas se mantienen cerradas.

Es por ello que para garantizar este déficit de confort se ha tenido que apoyar el sistema de refrigeración mediante unidades de aire acondicionado, con el consiguiente gasto energético que conlleva.

Otra de las ineficiencias que ocurren y que deriva del factor humano, aparece en el despliegue de los toldos de protección de los invernaderos en verano, necesarios para evitar el calentamiento del mismo. Esto debe realizarse de forma manual, a través del personal de conserjería y no se realiza fuera del horario del trabajador encargado.

Esto podría mejorarse por medio de utilización de sensores un sensor que mida la intensidad de radiación y sistemas automáticos de despliegue de los toldos y de apertura y cierre de la chimenea y torre de refrigeración.

Por otra parte, la cubierta vegetal permanece prácticamente seca impidiendo que se aprovechen las posibles mejoras que tendría en cuanto al comportamiento térmico del edificio. Al encontrarse en mal estado, el funcionamiento térmico pasivo de la cubierta se ve afectado.

Esto podría solucionarse con un mantenimiento continuo de la misma y un sistema de riego automático para épocas en las que las precipitaciones no sean suficientes.

6.3.2. FUNCIONAMIENTO REAL CIEM

El funcionamiento real del edificio es muy próximo al ideado a través de la suma de todas las soluciones implementadas. Este conjunto de estrategias ha conseguido que el edificio presente unos niveles de alta eficiencia energética.

Cada uno de los incrementos o descensos de temperatura, según se requiera, generados de forma gratuita y que proceden de decisiones arquitectónicas o sistemas implementados en el edificio son imprescindibles, por mínimos que sean, en el sumatorio final de dicho aporte energético que conduce al objetivo de la eficiencia.

Hay que destacar el papel de la tecnología a través de sensores y actuadores para poder activar y desactivar de forma correcta los distintos modos de funcionamiento según lo requieran las necesidades de cada momento en función de datos precisos y actuales. Sin embargo, el único modo de control del confort, que se realiza de forma automática mediante la tecnología, deja en segundo plano las capacidades de decisión del usuario de su confort. Esto genera, en determinadas situaciones, una demanda de capacidad de control por parte del usuario.

Quizá una de las estrategias de futuro pueda ser en el análisis de datos instantáneos de los sensores implementados junto a previsiones futuras de condiciones climáticas para poder actuar y explotar la inercia del edificio de forma adecuada para que la capacidad de respuesta del edificio sea más progresiva ante los cambios a corto-medio plazo.

Es este edificio destaca el óptimo funcionamiento del sistema de tubos canadienses, que según los resultados de las monitorizaciones ha llegado a alcanzar coeficientes de operatividad superiores a 80.

Según la VII Convención de la Edificación realizada en mayo de 2018 sobre la que se habló sobre el CIEM se propuso que podría implementarse una entrada directa del aire de climatización desde el exterior sin pasar por el sistema de tubos mediante un by-pass que, sin las condiciones de salida de aire una vez atravesados los tubos fueran peores que las directas de entrada desde el exterior, pudiera el sistema de climatización tomar aire desde el exterior.

07. Conclusiones

La arquitectura necesita evolucionar para hacer frente a la fragilidad del planeta en la cuestión ambiental.

El sector de la arquitectura puede y debe progresar, no solo para alcanzar los retos establecidos por la UE en el horizonte de 2050 y cumplir las normativas que se establecen sino también para comprometerse con el equilibrio del sistema Tierra.

El interés hacia el diseño ambiental en la arquitectura afecta de manera directa a la vida de las personas, tanto en la lucha contra el cambio climático como en la garantía de confort en los espacios de desarrollo de su vida diaria. Es por ello que los espacios de trabajo, y en concreto los edificios de oficinas son lugares donde es necesario una reorganización y cambio de sus compromisos medioambientales.

En esta tarea, la formación del arquitecto se presenta como una oportunidad y herramienta de cambio. Es a la vez una necesidad inaplazable tanto en la figura del arquitecto como en todas las profesiones. Claro ejemplo de ello es la AGENDA 2030 que abarca una amplia cantidad de pautas distribuidas en diferentes competencias para conseguir el desarrollo sostenible. Estas directrices atienden a compromisos sociales, ambientales, económicos y educativos entre otros que sirven como instrumento para la transformación global del mundo.

La arquitectura sostenible supone una nueva mentalidad respecto a la manera de construir y de habitar; una búsqueda de procedimientos para ajustar los diversos aspectos del diseño y la construcción con el objetivo de que dejemos a quienes nos sucedan un entorno igual o mejor que el que en estos momentos estamos viviendo.

Para ello no es necesario modificar la estética de nuestro entorno. Una arquitectura sostenible no influye en la imagen exterior, sino que afecta en la manera de afrontar la construcción, viéndola como un conjunto de fases y decisiones que influyen de manera relacionada. Aquí tenemos aspectos relacionados con la fase de construcción, vida útil y demolición, así como consideraciones de orientación, ventilación, gestión de los recursos naturales como el agua o la energía, emisiones, etc.

Un edificio establece un orden a través del proceso de diseño y constructivo; pero al mismo tiempo genera un desorden en su entorno: genera residuos debidos a su ejecución, uso y demolición. Consume energía y emite gases de efecto invernadero en la fabricación de los elementos constructivos y su transporte a obra, en la fase de uso del y finalmente tras acabar su vida útil.

Un edificio deberá comportarse como algo vivo, adaptándose al medio como respuesta de los flujos energéticos detectados en su entorno para garantizar al mismo tiempo el confort del usuario que habita en él.

El seguimiento del comportamiento del edificio mediante la monitorización a través de sus consumos y variables principales puede permitir conseguir un aprovechamiento óptimo de las medidas instaladas. Esto permite corregir su programación en función de las demandas del exterior e interior del edificio, aumentando así el rendimiento del mismo.

No obstante, el punto de partida básico de la arquitectura sostenible es la reducción de la demanda energética del edificio, para lo cual el adecuado acondicionamiento pasivo es fundamental. Así pues, el proyecto arquitectónico deberá contemplar en su composición y funcionalidad esta necesidad.

El edificio CIRCE es un claro ejemplo de arquitectura bioclimática, que ha tenido en cuenta desde su concepción todo el impacto que genera a lo largo de todo su ciclo de vida desde su gestación hasta su demolición (desde la cuna hasta la tumba).

Para alcanzar un aprovechamiento óptimo de todos los sistemas activos y pasivos que se encuentran en el edificio, es imprescindible que el usuario cumpla con unas instrucciones de uso para que el edificio funcione tal y como ha sido diseñado. Sin embargo, estas pautas muchas veces son incompatibles bien por desconocimiento o por incompatibilidad de horarios.

Por este motivo, las tecnologías actuales permiten numerosas soluciones para facilitar las tareas de mantenimiento de las instalaciones y gestión de los consumos de las mismas garantizando un deseado comportamiento del edificio con independencia del comportamiento del usuario.

CIEM gracias a la tecnología instalada ha conseguido evitar varios de los problemas que el edificio CIRCE presenta debido al factor usuario.

El edificio CIEM es un ejemplo de edificio en el que se han podido probar y poner a examen mediante monitorización las soluciones integradas en el mismo de manera que puedan ser mejoradas, si es necesario, o servir como ejemplo para otros proyectos.

Sin embargo, CIEM ha sido pensado únicamente desde su impacto en fase de uso y no desde su ciclo de vida completo como lo ha sido CIRCE.

Ambos edificios muestran cómo las empresas deben ser conscientes de que un edificio sostenible no solo ahorra dinero en términos de su factura energética, sino que además mejora la satisfacción de los empleados y su compromiso con el futuro.

El edificio debe ser agradable y hacer la vida más fácil a los que allí trabajen.

08. Bibliografía

1. ICARO CTAV (COLEGIO TERRITORIAL DE ARQUITECTOS DE VALENCIA) (2005). *Hacia una arquitectura sostenible. En busca de un sentido común*. Valencia: invitrodesign.com
2. MIGUEL ÁNGEL DÍAZ CAMACHO (2018). *Arquitectura y cambio climático*. Madrid: CATARATA.
3. RODRIGO ALMONACID CANSECO (2012). *La construcción de un funcionalismo sostenible. El proyecto y la obra del edificio C.T.T.A. en Valladolid*. Salamanca: VARONA, S.A r-arquitectura
4. FRANCISCO ROYO AGUDO, IGNACIO ZABALA BRIBIÁN (2013). *Diagnóstico energético de la sede del Instituto Universitario de Investigación mixto CIRCE y evaluación técnico-económica de medidas de mejora*.
5. MANUEL SÁNCHEZ ITURBE, JOSÉ ANTONIO TURÉGANO ROMERO, ALEJANDRO DEL AMO (2014). *Balance energético y emisiones de CO₂ en un edificio EECN en uso*.
6. C.J. GARCÍA BALLANO, C. MONNE BAILO, M. SÁNCHEZ ITURBE, E. GARCÍA APARICIO (2018). *CONTART 2018 VII Convención de la Edificación 30 mayo-1junio 2018 Zaragoza (Spain) p320-330*
7. OCTAVIO CABELLO, ZEROAPLUS. *NZEB Edificio emisiones cero. Presentación*
8. CIRCE, Edificio Circe (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos), (Junio 2010). Dossier
9. VICTOR OLGAY, [versión castellana de Josefina Frontado y Luis Clavet] (2016). *Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Barcelona: Gustavo Gili.
10. IGNACIO PARICIO (2010). *La piel ligera. Maduración de una técnica constructiva*. Barcelona: ActarBirkhäuser.

· Documentos y artículos

11. EOFYS by order of: European Commission (2013). *Towards nearly zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD. Final report*.
Disponible en:
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_full_report.pdf
12. WADEL, G., AVELLANEDA, J., CUCHÍ, A. (2010). *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: cerrando el ciclo de los materiales. Informes de la Construcción*, 62(517): 37-51, doi:
Disponible en:
<http://dx.doi.org/10.3989/ic.09.067>

13. ADRIAN LEAMAN & BILL BORDASS (1999). *Productivity in buildings: the 'killer' variables*, *Building Research & Information*, 27:1, 4-19
Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/096132199369615>
14. MARCO A. ORTIZSTANLEY R. KURVERS PHILOMENA M. BLUYSS ENV (2017). A review of comfort, health, and energy use: *Understanding daily energy use and wellbeing for the development of a new approach to study comfort*.
Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.060>
15. PAWEŁ WARGOCKI, DAVID P WYON AND P OLE FANGER, International Centre for Indoor Environment and Energy, Technical University of Denmark (2000). *Proceedings of Healthy Buildings* Vol. 1 635 *PRODUCTIVITY IS AFFECTED BY THE AIR QUALITY IN OFFICES*
Disponible en:
http://greeninitiatives.cn/img/white_papers/1461554977217_Productivity_and_Air_Quality.pdf

· Documentos oficiales

16. Directiva europea 2009 relativa al fomento de uso de energía procedente de fuentes renovables
Disponible en:
<https://www.boe.es/doue/2009/140/L00016-00062.pdf>
17. Directiva europea 2012 relativa a la eficiencia energética de los edificios
Disponible en:
<https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>
18. Resolución aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobada el 25 de septiembre de 2015.
Disponible en:
<http://archive.ipu.org/splz-e/unga16/2030-s.pdf>
19. Real Decreto 2016 relativa a la eficiencia energética.
Disponible en:
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2016/02/12/56/con>
20. Recomendación europea 2016 sobre las directrices para promover edificio de consumo de energía casi nulo
Disponible en:
<https://www.boe.es/doue/2016/208/L00046-00057.pdf>
21. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS *Energy Roadmap 2050*,
Disponible en:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011DC0885&from=EN>

22. Norma UNE-EN ISO 8996:2004 *Ergonomics of thermal environment- Determination of metabolic rate.*
Disponible en:
<https://www.sis.se/api/document/preview/905211/>
23. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). *Escala de calificación energética. Edificios de nueva construcción.*
Disponible en:
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_CALE_NER_07_Escala_Calif_Energetica_A2009_A_5c0316ea.pdf
24. RITE (2016), *Documento Reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios () FACTORES DE EMISIÓN DE CO2 y COEFICIENTES DE PASO A ENERGÍA PRIMARIA DE DIFERENTES FUENTES DE ENERGÍA FINAL CONSUMIDAS EN EL SECTOR DE EDIFICIOS EN ESPAÑA.*
Disponible en:
https://www.certificadosenergeticos.com/wp-content/uploads/2018/12/Factores_emision_CO2.pdf

·Webgrafía

25. EDIFICIO CIRCE. Presentación y características
<http://www.fcirce.es/web/page.aspx?id=circebuildingchars>
26. Petra Jebens- Zirke architecture
<https://jebens-architecture.eu/sobre-el-equipo/>
27. OCTAVIO CABELLO Y MANUEL SANCHE, *Resumen de Comunicación del edificio CIEM presentada al II Congreso Edificios Energía Casi Nula.*
<https://www.construible.es/comunicaciones/geotermia-aire-suelo-tubos-canadienses-caso-exito-edificio-cero-emisiones-zaragoza>
28. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
29. COMISIÓN EUROPEA, *Acción por el clima*
https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies_es
30. ASOCIACION ESPAÑOLA PARA LA CALIDAD, *Arquitectura sostenible*
<https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/arquitectura-sostenible>
31. Web oficial BREEM
<http://www.breeam.es/>
32. Web oficial PASSIVE HOUSE
<https://passivehouse.com/>
33. AMBIENTECTURA(2007), *Ficha técnica edificio Trasluz.*
http://www.agenergia.org/wp-content/uploads/2018/06/1233846429_ficha_tecnica_edif_trasluz_Ambientectura.pdf
34. Edificio sede Disashop. Contruccion21

<https://www.construction21.org/espana/case-studies/es/edificio-sede-disashop.html>

35. Edificio LUCIA. Contruccion21

<https://www.construction21.org/espana/case-studies/es/lucia-lanzadera-universitaria-de-centros-de-investigacion-aplicada.html>
<http://edificio-lucia.blogspot.com/p/el-edificio.html>

36. CONSTRUIBLE, Madrid (2014) *Libro de comunicaciones del II congreso de edificios de energía casi nula.*

<https://static.construible.es/media/2016/12/20140520-libro-de-comunicaciones-ii-congreso-edificios-de-energia-casi-nula.pdf>

·Otros

37. Conferencia: LEIRE PAJÍN Y CARLOS MATAIX. CHARLA, ECOCODES 25 TIEMPO PARA ACTUAR (Abril 2018): “¿Qué se le ha perdido a la Universidad dentro de la Agenda 20-30?” Catedra Energías Renovables.

38. Noticia: EL PAÍS (2015) “La sostenibilidad a largo plazo es demasiado estática y se ha usado mal”

Disponible en:

https://elpais.com/elpais/2015/10/01/planeta_futuro/1443713293_311039.html

·Imágenes

- FIG 001

<https://www.onu.org.ar/agenda-post-2015/>

- FIG 002

https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/nzeb_full_report.pdf

- FIG 004

<http://registradores.org/blog/la-certificacion-energetica-en-edificios-las-ineficiencias-al-descubierto-carlos-pesque/>

- FIG 005

<http://www.buildup.eu/en/explore/links/leadership-energy-and-environmental-design-leed-0>

<http://terao.com.co/certificacion-bream/>

- FIG 006

<https://passivehouse.com/>

- FIG 012, FIG 013, FIG 014, FIG 015, FIG 016

http://www.agenergia.org/wp-content/uploads/2018/06/1233846429_ficha_tecnica_edif_trasluz_Ambientectura.pdf

- FIG 022, FIG 023, FIG 24, FIG 25

<http://edificio-lucia.blogspot.com/>

- FIG 50

<https://www.construible.es/comunicaciones/geotermia-aire-suelo-tubos-canadienses-caso-exito-edificio-cero-emisiones-zaragoza>

09. Anexos

Encuesta usuarios CIRCE disponible en:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc0v8idEhQ6_StyyAkTAbWN8qZcKTY1Azqmlkv4U5WvUIXpCg/viewform?usp=sf_link

Encuesta usuarios CIEM disponible en:

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd636HsP1aPnbZFljQzzza_kOn5JhnXXhdoHsDxUzpGS2Ef2Q/viewform?usp=sf_link