

ANÁLISIS EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ESTUDIO DE MEJORAS DEL EDIFICIO SERVICIOS AENA AEROPUERTO CUATRO VIENTOS MADRID.

Jessica Paola Barrionuevo Ponce^{1,*}

¹Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio, Universidad Politécnica de Madrid.

Recibido: 13/octubre/2020

Aceptado: 23/octubre/2020

DOI: <https://doi.org/10.5377/ce.v13i1.11766>

RESUMEN

El presente artículo exhibe resultados obtenidos durante el proyecto de Trabajo Final del Máster de Sistemas de Transporte Aéreo de la Universidad Politécnica de Madrid, que buscaba realizar un análisis de Eficiencia Energética del edificio de Servicios, que forma parte del Aeropuerto Cuatro Vientos de esta misma Ciudad, mediante la obtención de su Calificación Energética y poder analizar diferentes acciones que permitan mejorar el uso eficiente de recursos.

El análisis parte, realizando un modelo del edificio utilizando la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC) donde se ingresan características técnicas de los materiales que conforman las infraestructuras y su geometría para cuantificar la energía que se suministra al edificio y la eficiencia con la que la energía se transforma, en base a la demanda energética del mismo. Además, se obtiene la calificación energética del edificio en base al Código Técnico de la Edificación (CTE).

Esta calificación permite ubicar el comportamiento energético del edificio en una escala, compararlo con edificaciones similares y ajustar su calificación al cumplimiento de normativas y reglamentos para posteriormente, identificar las alternativas que permitan mejorar la eficiencia de las interacciones energéticas; ya sea, mejorando la eficiencia de equipos existentes, cambiando las fuentes de energía o reemplazando las tecnologías de los elementos existentes.

Las principales alternativas de mejora se resumen en Climatización por Geotermia y Agua Caliente Sanitaria Solar Térmica, de las que se analizan los parámetros técnico-económicos que definan la viabilidad de las propuestas en busca de un mejor desempeño energético que favorezca al giro de negocio y principalmente reduzca el impacto ambiental.

Palabras clave: Eficiencia energética, Demanda Energética, Geotermia, Solar Térmica

*azaresj@gmail.com

ABSTRACT

This article presents the results obtained during the Final Work Project of the Master's Degree in Air Transport Systems of the Polytechnic University of Madrid, which seeks to carry out an analysis of the Energy Efficiency of the Services Building that is part of the Cuatro Vientos Aerodrome, obtaining its Qualification Energy and analyze different actions that improve the efficient use of resources.

The study begins by making a model of the building using the "Herramienta Unificada LIDER - CALENER (HULC)" where the technical characteristics of the materials that make up the infrastructures and their geometry are entered to quantify the energy supplied to the building, the efficiency with which energy is transformed based on its energy demand. In addition, the building's energy rating is obtained based on the "Código Técnico de la Edificación (CTE)".

This rating allows locating the energy performance of the building on a scale that compares it with similar buildings and adjusts its rating to comply with rules and regulations to subsequently identify alternatives that allow improving the efficiency of energy interactions, either by improving the efficiency of existing equipment, change of energy sources or replacement of technologies of existing elements.

In the case of the Cuatro Vientos Airport study, the main improvement alternatives are summarized in Geothermal Air Conditioning and Solar Thermal Sanitary Hot Water, from which the technical-economic parameters that define the viability of the proposals are analyzed in search of a better energy performance that favors the business line and mainly reduces the environmental impact.

Keywords: Energy efficiency, Energy Demand, Geothermal, Solar Thermal

1 Introducción

Según datos de organismos internacionales como la Asociación Internacional de Transporte Aéreo (IATA) y Air Transport Action Group (ATAG), el Transporte Aéreo contribuye directamente al desarrollo de la economía mundial y ha registrado grandes tasas de crecimiento en los últimos 60 años, lo que se refleja en la generación de fuentes de empleo (directas e indirectas).

La principal infraestructura donde se desarrolla el transporte aéreo son las terminales en tierra, inicio y fin del trayecto de los viajes. Sus funciones y responsabilidades varían según el tamaño y tipo de tráfico. Teniendo en cuenta que el desarrollo de infraestructuras es una industria que utiliza recursos naturales (materias primas y suelo), lo que produce un impacto ambiental importante. Es imprescindible tener en cuenta el grado de dicho impacto para poder minimizarlo o eliminarlo en la medida de lo posible.

Las dificultades de interacción entre las edificaciones que componen un complejo aeroportuario y su entorno, pueden provocar que evaluar de manera correcta el grado de sostenibilidad de un edificio lleve cierto grado de complejidad. Aun así y como un pequeño aporte al cuidado medio ambiental, el presente proyecto busca realizar el análisis de la eficiencia energética, para la obtención de la correspondiente calificación de un edificio aeroportuario. En concreto, se va a aplicar al edificio de servicios de AENA ubicado en el Aeropuerto de Madrid-Cuatro Vientos, para lo que se utilizarán los documentos del proyecto del edificio y una herramienta informática gratuita y de fácil aplicación.

Además, se evaluarán posibles medidas a aplicar para mejorar la eficiencia energética de la edificación y contribuir a la sostenibilidad del conjunto del aeropuerto.

2 Metodología

Durante los últimos años se ha desarrollado el concepto de realizar un uso racional y eficiente de la energía ligado tanto a aspectos económicos, por los aumentos de costes de la energía, como a aspectos ambientales, buscando la protección y conservación de los recursos naturales y en general del medio ambiente. Por todo esto la Eficiencia Energética es uno de los principales puntos para conseguir un desarrollo sostenible.

Un edificio sostenible se puede definir como aquel que brinda las prestaciones adecuadas (funcionalidad y confort) para los usuarios con un bajo impacto ambiental es decir bajo consumo de agua, bajo impacto de materiales utilizados, reciclaje, etc. (Aranda Usón *et al.*, 2010).

Por otra parte, la eficiencia energética se obtiene consiguiendo un bajo consumo de energías no renovables y bajas emisiones de CO₂. Se debe tener en cuenta que a nivel español y europeo existe una normativa vigente en torno a la Eficiencia Energética que se desarrollará en capítulos posteriores.

Se han definido varios factores que intervienen en el confort del usuario de un edificio como son:

- Condiciones higrotérmicas que se refieren a las condiciones de humedad y temperatura conseguidas mediante la climatización.
- Confort Acústico
- Nivel de iluminación y uso de luz natural
- Calidad del aire

Para la consecución de las condiciones Higrotérmicas adecuadas se pueden definir dos tipos de sistemas para la climatización:

- a) Sistema Pasivo: el acondicionamiento se consigue por métodos naturales sin consumo de energía.
- b) Sistema Activo: instalaciones que consumen energía para el acondicionamiento.

Dos conceptos adicionales a tener en cuenta al referirse a eficiencia energética y desarrollo sostenible son la Carga Térmica y la Demanda Energética.

2.1 Carga Térmica

el calor que debe extraerse (verano) o suministrarse (invierno) a un edificio para lograr mantener unas condiciones establecidas de confort.

Se pueden dividir en:

- a) Aquellas producidas por el intercambio con el exterior tanto sensibles (radiación solar en vidrios, transmisión/radiación por envolvente, infiltraciones/ventilación) como latentes (calor usado en evaporación/condensación).
- b) Las cargas internas igual que las anteriores pueden ser sensible (calor emitido por personas, iluminación, maquinaria o equipos) o latentes (calor consumido/emitado por la transpiración de las personas).

Con la Carga Térmica se dimensionan las instalaciones de climatización y se mide en términos de potencia Watts (W).

2.2 Demanda Energética

Se la puede definir como la suma de carga a lo largo de un año, variables en día y hora y se mide en kilovatio hora (KWh) año. El combustible real consumido de las instalaciones para lograr el confort se mide dividiendo la carga en cada instante por el rendimiento de la instalación, con lo cual, se consigue medir la emisión de CO₂.

Para conseguir un bajo consumo energético y por ende lograr reducir las emisiones de CO₂ se debe conseguir reducir la demanda y utilizar instalaciones eficientes.

Reducción de la demanda:

- a) Soluciones Bioclimáticas logrando una adaptación del edificio al clima de la zona y la utilización de materiales con bajo impacto ambiental.
- b) Entre otras cosas, será necesario un buen diseño de la envolvente con un nivel de aislamiento adecuado.
- c) Instalaciones activas eficientes de alto rendimiento, relación entre la energía obtenida y la energía consumida.
- d) Captación solar en invierno y protección solar en verano.

2.3 Aeropuertos Verdes

Actualmente existen grandes ejemplos a nivel mundial de Aeropuertos Verdes que han conseguido mediante diferentes actuaciones reducir el impacto ambiental que su construcción y funcionamiento pueden provocar en su entorno, siendo un aporte a la lucha contra el cambio climático.

El desarrollo del transporte aéreo representa aproximadamente un 3 % de las emisiones contaminantes del mundo (según datos de IATA) y para regularlo la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) ha acordado la creación de un sistema de control de emisiones de CO₂, las cuales se fijarán al valor del año 2020, y establecerá penalizaciones a partir del año 2027 para aquellas compañías que sobrepasen los límites.

Por su parte el Airport Council International (ACI) World, desde el año 2009 lanzó un proyecto de Acreditación de Carbono en los Aeropuertos, el cual busca motivar la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en las operaciones aeroportuarias. Esta acreditación consta de cuatro niveles que corresponden a cumplir con metas en cuanto al Mapeo, Reducción, Optimización y Neutralidad de los GEI.

De esta manera se ve como las organizaciones reguladoras buscan actuar sobre el impacto medioambiental del sector de la aviación y de las infraestructuras donde se desarrolla. Además del factor ambiental, el conseguir una alta eficiencia energética y desarrollo sostenible permite un considerable ahorro económico en su operación, lo que a fin de cuentas termina siendo un factor importante en cualquier tipo de negocio.

2.4 Metodología de Estudio

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo ya que se recolectaron y analizaron los datos cualitativos de las diferentes características y sistemas involucrados en aspectos energéticos del edificio. La recolección de datos se realizó únicamente para el edificio de Servicios AENA dentro del aeropuerto Cuatro Vientos, tanto de manera documental (planos, documentos aeroportuarios y de sostenibilidad, manuales, etc) así como en campo (visita al edificio para conocer sus características y tipos de equipos instalados).

Una vez recolectados los datos, estos fueron analizados en el software elegido (HULC) para la obtención de la calificación energética, lo que permitió definir los sistemas que pueden ser modificados para lograr una mayor eficiencia energética.

A continuación, se detallan los datos recolectados, así como todo el estudio realizado.

Aeropuerto de Cuatro Vientos – Madrid

El Aeropuerto está ubicado en la provincia de Madrid (ver figura 1), a 8.5 Km al Suroeste del centro de la capital, otros datos geográficos, de administración y operativos del Aeropuerto proporcionados por AENA son los siguientes:

- Elevación: 689.7 metros.
- Superficie aproximada: 70.5 Hectáreas.
- Declinación magnética: 4°W en 1995, con un régimen de variación anual de 7.6°E.
- Temperatura de referencia: 32 Grados Celsius.
- Aeropuertos alternativos: Madrid/ Barajas y Getafe.
- Indicativos: IATA: MCV; OACI: LECU; Militar: LEVS
- Tránsito autorizado: VFR
- Categoría OACI: 2C
- Categoría administrativa a efectos de aplicación de precios públicos: Tercera.
- Categoría Aena: Aeropuerto de Aviación General.
- Aeropuerto sólo disponible para aeronaves ligeras con radiocomunicación en ambos sentidos.

Las principales actividades de Cuatro Vientos (ver figura 2) son básicamente escuelas de vuelo, de formación de pilotos y tripulantes de cabina de pasajeros, servicios del Estado (Dirección General de la Policía y Dirección General de Tráfico), empresas de trabajos aéreos, de mantenimiento, de formación de técnicos de mantenimiento, de manejo de drones, representantes-instaladores de fabricantes de aeronaves, simuladores, equipos y empresas de servicios asociados.

El edificio de servicios (ver figura 3) está situado cerca del edificio terminal, cuenta con una superficie en planta de unos 1,200 metros cuadrados y una total de 4,800 metros cuadrados dispuestos en sótano, planta baja y dos alturas. La estructura del edificio (ver descripción general en figura 4) es de hormigón, está constituida por pilares y forjados reticulares y fue calculada para grandes sobrecargas permitiendo, en ese aspecto, cualquier ampliación en el futuro. La estructura del sótano la constituyen los muros perimetrales de hormigón armado y pilares con una rampa de acceso también de hormigón.



Figura 1: Localización del Aeropuerto de Cuatro Vientos. Fuente: Google Maps.



Figura 2: Aeropuerto de Cuatro Vientos (lado aire) (AENA, 2018).



Figura 3: Vista general del edificio de servicios. Fuente: Google Maps.

Sótano	Planta Baja	Planta Primera	Planta Segunda
<ul style="list-style-type: none"> • Aparcamiento • Cuarto de maquinas y aljibe • Cuarto de jardineros • Zona central de comunicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • SEI: gimnasio, oficinas, cochera • Aulas, oficinas y salón de actos • Cuarto de Máquinas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas y oficinas • Almacenes • Aseos • Cuarto de limpieza • Zona central de comunicaciones • Patios interiores 	<ul style="list-style-type: none"> • Oficinas • Almacenes • Vestuarios, dormitorios y despachos • Aseos • Cuarto de limpieza • Zona central de comunicaciones

Figura 4: Distribución del Edificio de Servicios. Fuente: Propia

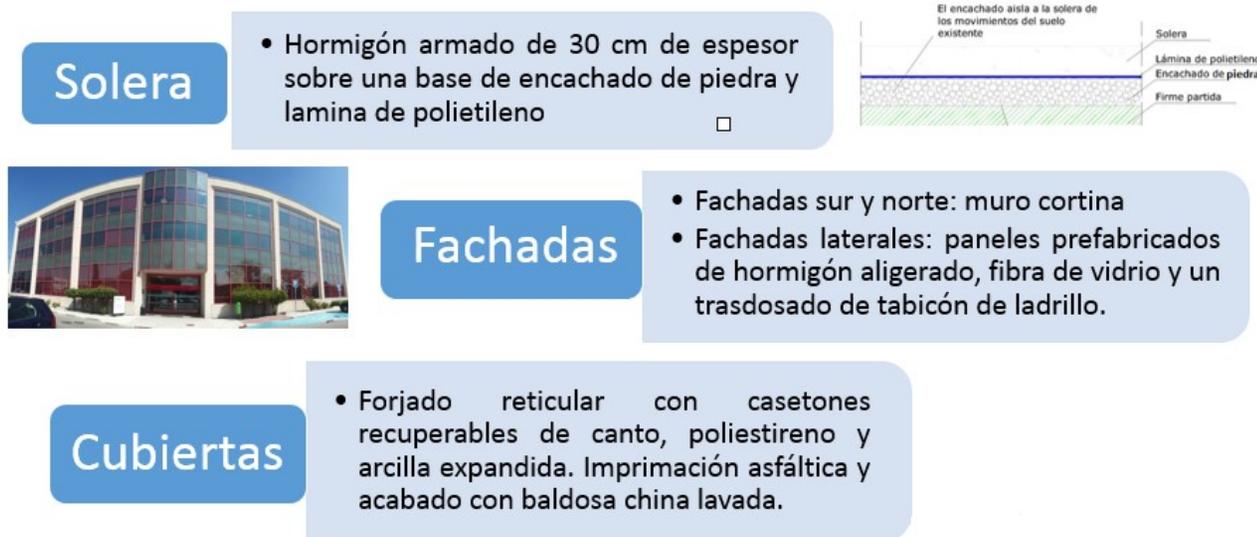


Figura 5: Características Constructivas de la Envolvente. Fuente: Planos constructivos del Edificio de Servicios

ESPACIO	REVESTIMIENTO
VESTÍBULOS Y ESCALERAS	Chapado de mármol (90cm de altura) y Texturglas
ALMACENES, OFICINAS Y ESPACIOS	Pintura plástica o Gotelet
ASEOS PÚBLICOS	Mármol (azulejo)
ASEOS DE DORMITORIOS	Mármol (Plaqueta Queraben)
COCHERAS	Terrazo (90cm)

Tabla 1: Tipo de Revestimiento por espacio. Fuente: Planos constructivos del Edificio de Servicios

Para conocer la demanda energética del edificio se deben conocer sus características de construcción y sistemas actualmente instalados (ver figura 5 y tabla 1), esto también nos ayudara en el momento de sugerir medidas de mejora.

Las instalaciones de climatización, iluminación y generación de agua caliente sanitaria (ver tabla 2) del edificio de servicios han sido renovadas a lo largo de los años, adaptando algunas a nuevas tecnologías e inutilizando aquellas que se volvieron obsoletas con el paso del tiempo.

2.5 Certificación Energética

Los suministros y consumos de energía de un edificio comprenden una serie de interacciones entre las fuentes, la edificación y los usuarios de la misma. Estas interacciones, derivan en un consumo económico importante para mantener el edificio en un funcionamiento adecuado brindando todos los servicios

INSTALACIÓN	EQUIPOS INSTALADOS
CLIMATIZACIÓN	Sistemas de volumen de refrigerante variable Bomba de Calor Reversible
ILUMINACIÓN	Luminarias LED
AGUA CALIENTE SANITARIA	Calentadores Eléctricos

Tabla 2: Instalaciones. Fuente: Datos obtenidos de la visita técnica al edificio

PROGRAMA	CARACTERÍSTICAS
LÍDER	Permite introducir la descripción geométrica, constructiva y operacional de los edificios (entre ellos localización geográfica) y verificar de forma temporal y bajo ciertas condiciones técnicas, las exigencias de demanda energética especificados en el CTE-HE1.
CALENER	Se encarga del análisis del acondicionamiento de los edificios en los que se incluyen sistemas de climatización (calefacción y refrigeración), generación de agua caliente sanitaria (ACS) e iluminación para el caso de edificios de uso terciario.

Tabla 3: Características Herramienta Unificada LIDER-CALENER. Fuente: (IDAE, 2015). Herramienta Unificada LIDER – CALENER Manual de Usuario.

requeridos por los usuarios.

La certificación energética permite no sólo cumplir con el marco legal definido en Directivas Europeas aplicables y en el Código técnico de la Edificación en España, sino conocer de manera clara el comportamiento energético de la edificación, identificado puntos de consumo, fuentes de energía y oportunidades de mejora.

De acuerdo al documento “Calificación de la eficiencia energética de los edificios” elaborado por diferentes entidades españolas, el proceso de Certificación Energética de una edificación inicia con el proceso de calificación y finaliza con la entrega de la Etiqueta Energética. En la figura 6, se puede observar el proceso completo:



Figura 6: Diagrama Proceso de Certificación (IDAE, 2015).

2.6 Herramienta Unificada LIDER – CALENER (HULC)

Se trata de una implementación informática que unifica dos herramientas (ver figura 7). Cuenta con las mismas características y objetivos propios de cada programa, con la finalidad de llegar a la verificación de una serie de exigencias de las Secciones HE0 y HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE).

Fue desarrollada por el Grupo de Termotecnia de la Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía (AICIA) con la colaboración del Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción



Figura 7: Logotipo HULC. Fuente: IDEA. (2015). Herramienta Unificada LIDER – CALENER Manual de Usuario

(IETCC) (Ver logos en figura 7) y es proporcionada de manera gratuita (descarga online) por el Ministerio de Fomento y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

La herramienta HULC permite definir edificios de cualquier tamaño cumpliendo las siguientes condiciones:

- 1) El número de espacios no debe superar el límite de 100.
- 2) El número de elementos no debe superar el límite de 500 (cerramientos del edificio, incluyendo los interiores y las ventanas)

Se realiza la modelización del edificio (ver figuras 8 y 9) tanto en sus características constructivas como en los sistemas de Climatización, ACS e iluminación del edificio de servicio.

3 Resultados

Una vez completadas la parte de definición del edificio (LIDER) y los sistemas de climatización y ACS (CALENER VYP) presentes en el edificio, el último paso en HULC es el cálculo de consumos y la calificación del edificio.

El programa compara nuestro edificio de estudio con uno de características similares de su base de datos al que denomina Edificio de Referencia.

Dicho Edificio de Referencia tiene la misma forma, tamaño, orientación, zonificación, uso de espacios y de obstáculos que le den sombra que el edificio de estudio. Pero, con soluciones constructivas de parámetros coincidentes con lo especificado en el apéndice D de HE1.

La calificación se realiza en base al porcentaje de ahorro de la demanda conjunta del edificio de estudio respecto del de referencia y de las emisiones calculadas.

Existen algunas consideraciones que se deben tener en cuenta en la obtención de la Calificación Energética del edificio de servicios, mediante el programa reconocido HULC:

- i. Espacios por planta: se decidió no introducir cada estancia del edificio como un espacio independiente para la simulación, como ya se mencionó; se agruparon recintos teniendo en cuenta la similitud en usos y climatización. Pero a la vez se intentó mantener la definición geométrica lo más real posible.

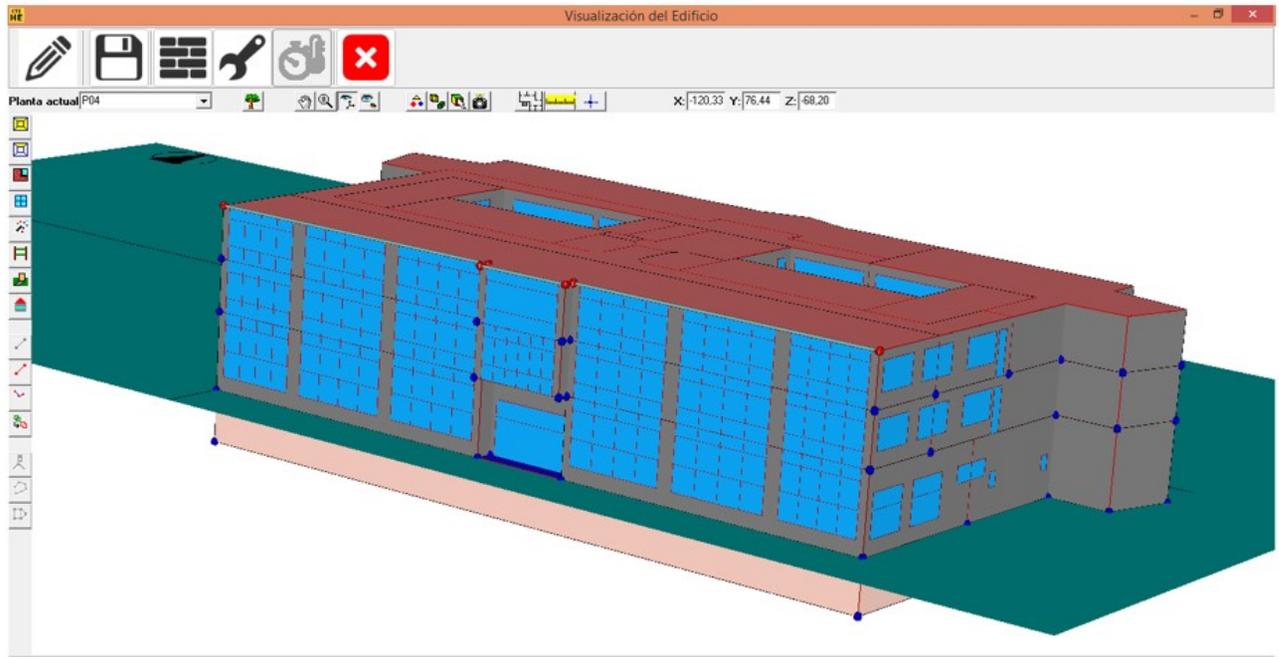


Figura 6-33 Vista en perspectiva del edificio completo

Figura 8: Edificio de Servicios en HULC.

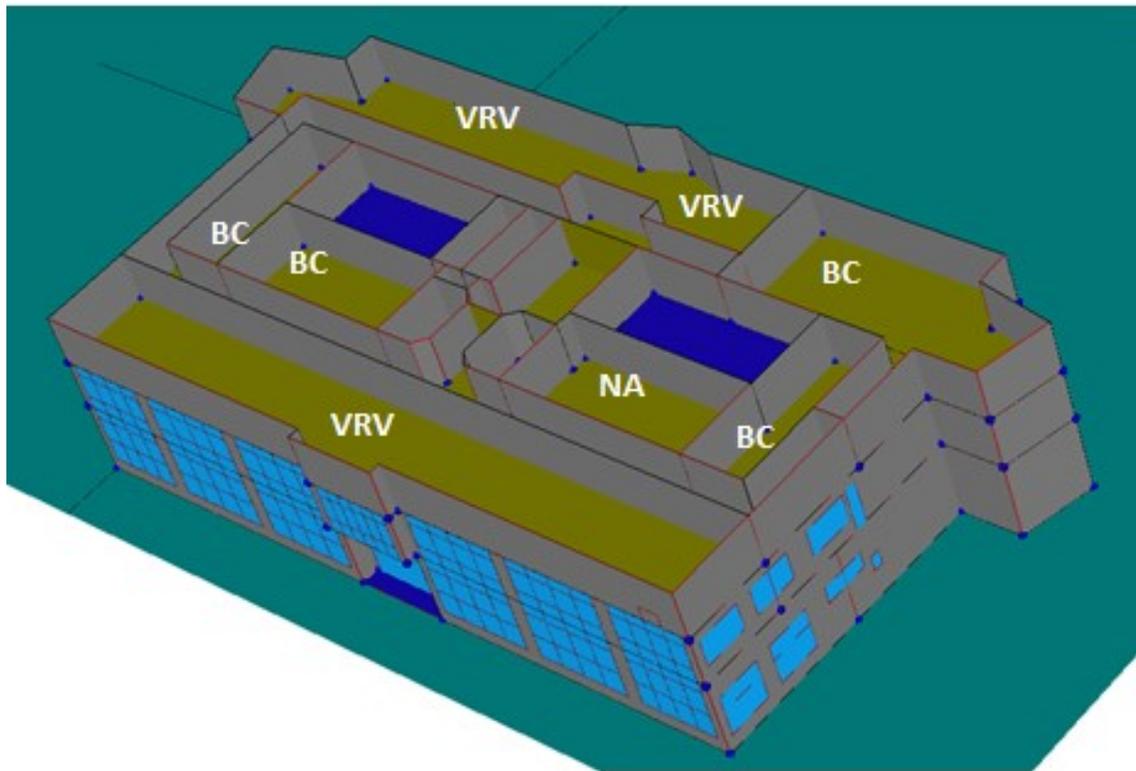


Figura 9: Instalaciones de Climatización HULC

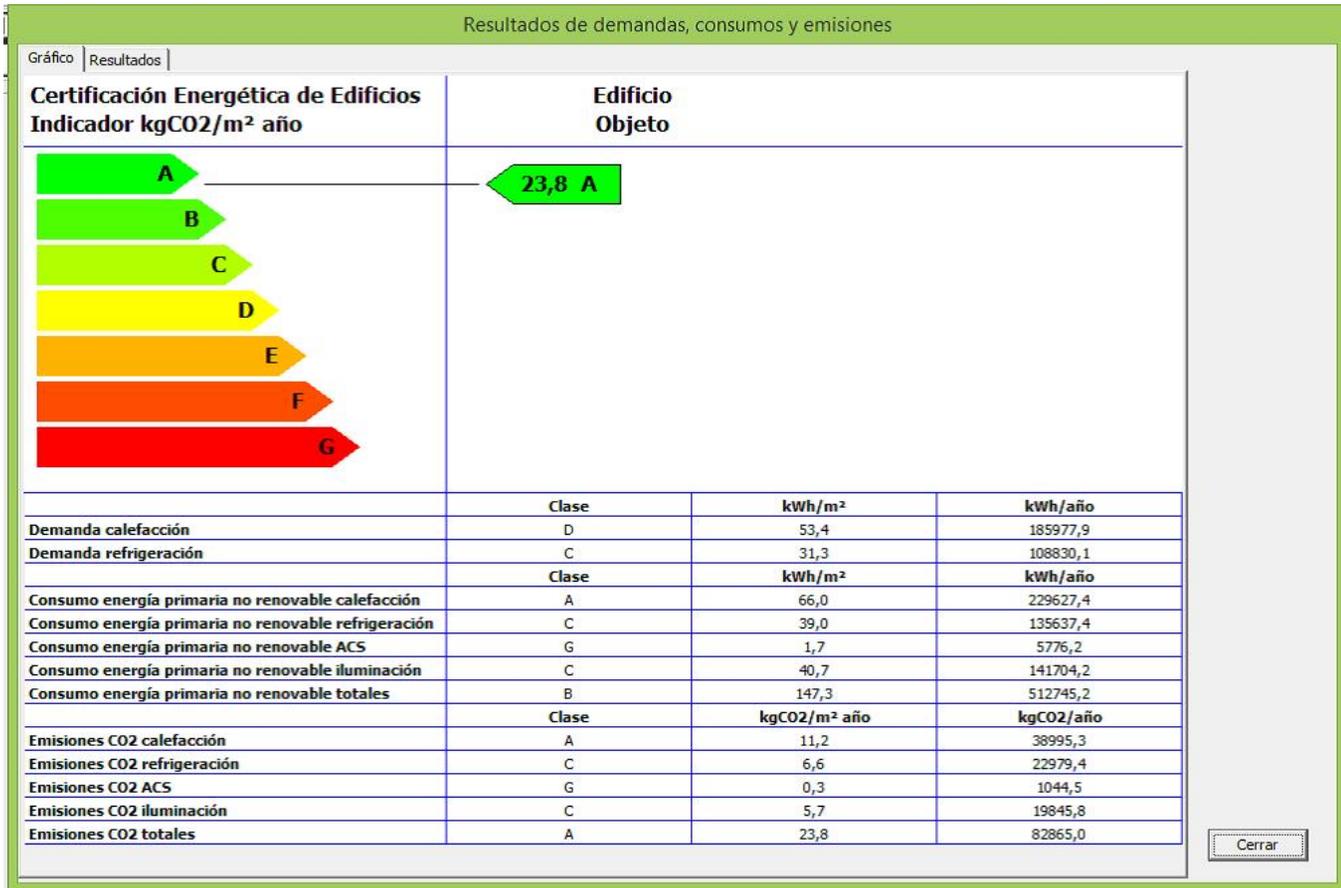


Figura 10: Calificación Energética Obtenida Fuente: Resultado desplegado en la Herramienta HULC.

- ii. Escaleras de comunicación: los huecos de las escaleras centrales de comunicación entre plantas no se definieron y estas zonas fueron incluidas en el espacio del pasillo.
- iii. Escaleras de emergencia: las escaleras de emergencia del edificio que son exteriores no se definieron en la simulación ya que se considera que no afecta en la envolvente.
- iv. Terraza: la terraza del edificio, cubierta transitable, se definió únicamente como una cubierta plana ya que se considera que los petos y los espacios ocupados por equipos no afectan a la envolvente.

Los Resultados que se obtienen (ver figura 10, 11 y 12) indican las demandas de calefacción y refrigeración, los consumos de energía primaria y final para las instalaciones de calefacción, refrigeración, ACS, iluminación y totales y las emisiones de CO2 debidas a las instalaciones de calefacción, refrigeración, ACS, iluminación y totales:

4 Discusión

Una vez obtenida la Calificación Energética del edificio de servicios se pueden analizar varias medidas que contribuyan a la mejora energética del edificio.

A continuación, se muestran algunas de estas medidas, centrándonos principalmente en tres aspectos (climatización, envolvente y ACS) que se analizan de manera más detallada y que pueden significar mejoras

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	147,27 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m ² año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m ² año)	G
		65,95		1,66	
		Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m ² año) ¹		REFRIGERACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m ² año)	C	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m ² año)	C
		38,96		40,70	

Figura 11: Calificación energética en base al consumo Fuente: Resultado desplegado en la Herramienta HULC.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	23,74 A	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	G
		11,20		0,30	
		Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹		REFRIGERACIÓN	
		Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	C	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	C
		6,60		5,70	

Figura 12: Calificación energética del edificio en emisiones Fuente: Resultado desplegado en la Herramienta HULC.

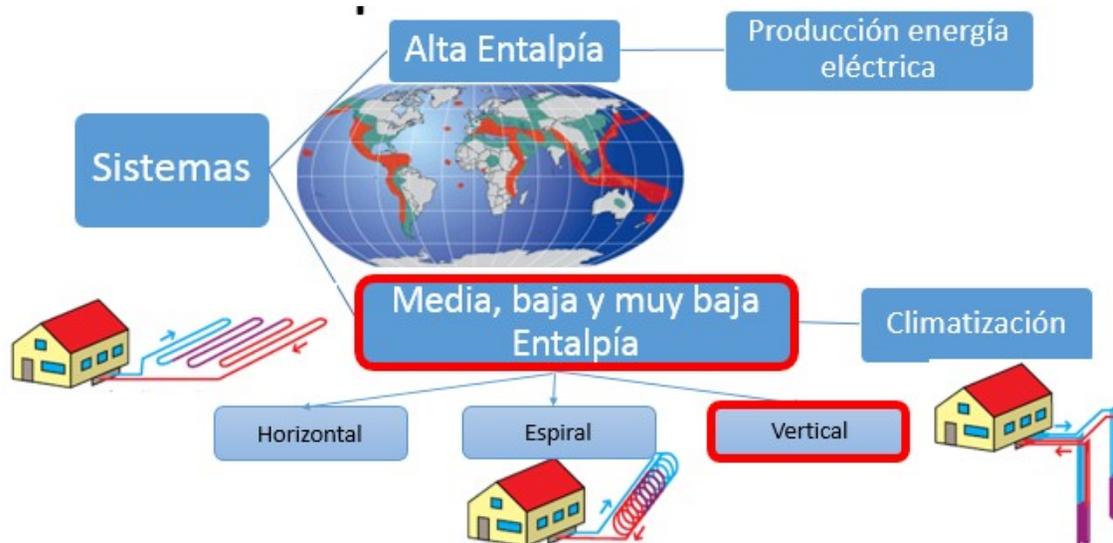


Figura 13: Recursos geotérmicos mundiales (Llopis Trillo y Rodrigo Angulo, 2008).



Figura 14: Climatización por Geotermia Fuente: Propia.

representativas; además, se mencionan varias sugerencias como medidas adicionales que se encuentran disponibles en el mercado.

4.1 Climatización por Geotermia

Como mejora a la climatización se decidió realizar el estudio de la instalación de un sistema de geotermia (ver figura 11) ya que es un campo nuevo y que puede contribuir altamente en la disminución de emisiones de GEI y es considerado un sistema de energía renovable. Según el grado de calor (entalpía) del fluido que se consiga en la superficie, se puede utilizar en diferentes aplicaciones.

En España no existen zonas de alta entalpía y debido a las características de la zona que nos ocupa y de las necesidades a cubrir en el edificio, nos concentraremos en la climatización geotérmica de muy baja entalpía y en el uso de una bomba de calor geotérmica que extrae energía térmica del suelo en invierno transfiriéndola al interior, mientras que en verano extrae el calor del interior y lo devuelve al subsuelo.

Una vez determinados los equipos y demás elementos que compondrán el nuevo sistema de climatización

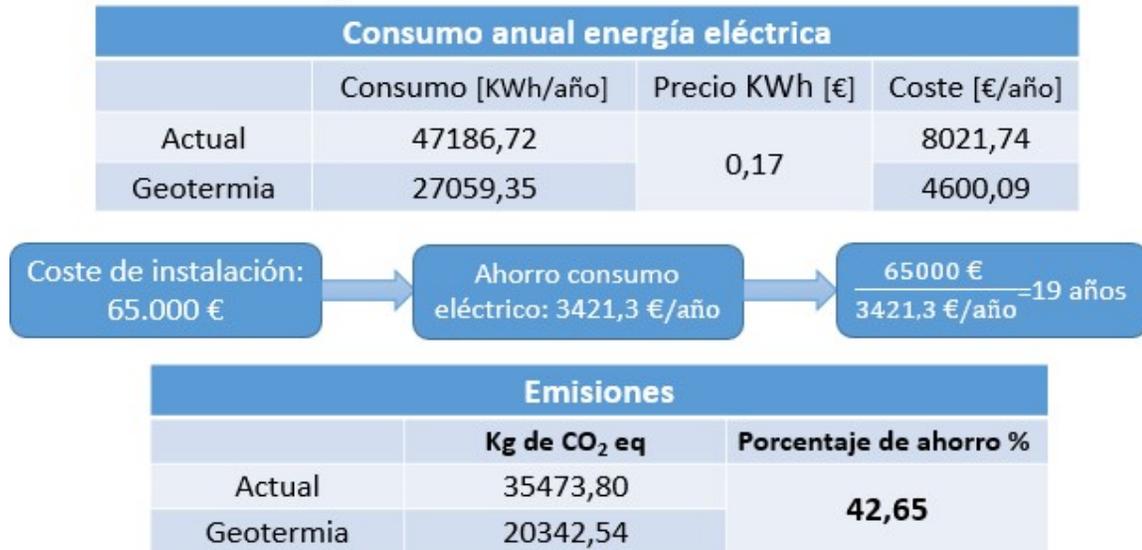


Figura 15: Análisis de factibilidad de Climatización por Geotermia Fuente: Propia.

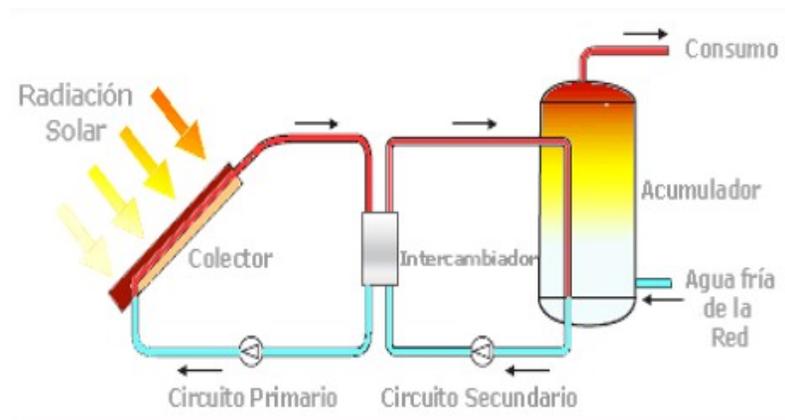


Figura 16: Esquema del sistema. (Suelo Solar, 2008)

se realizan los análisis de consumo energético, período de retorno de la inversión (19 años) y emisiones de kilogramos de CO₂ equivalentes, como se muestra en la figura 15

Esto nos permite comparar el sistema de climatización existente con el sistema propuesto y determinar qué tan factible puede llegar a ser este cambio y su inversión tanto en temas económicos como energéticos.

4.2 ACS Solar Térmica

Para la generación de agua caliente sanitaria, como se muestra en la figura 16, se ha escogido un sistema solar térmico. Las necesidades de ACS en nuestro edificio son las de los aseos del SEI y de las dependencias del estado.

Para el cálculo de superficie de los captadores, necesaria para nuestras necesidades, y un análisis económico se utilizó la herramienta informática del fabricante del captador escogido, ESCOSOL SF1.

La ubicación ideal para el captador (ver figura 18) es la cubierta del edificio ya que es una zona plana sin sombras y de fácil acceso, con una orientación sur e inclinación igual a la latitud.

Demanda energética de ACS		
Caudal mínimo	21	litros/(persona-día)
Temperatura de ACS	60	°C
Caudal ACS demandado	126	litros/día

Modelo	SOL 2100 XBA	SOL 2300 XBA
Dimens. ext. LxAxH	1738x1218 x98	1903x1216 x100
S. Total	2,12	2,31
S. absorción	1,96	2,13
Rendimiento		
n_0	0,746	0,749
a^1 W/m ² /K	6,53	5,819
Contraseña de homologación	GPS-8444	GPS-8444

Análisis económico de rentabilidad			
Coste instalación (€/m ² captador)		488,00	€/m ²
Coste total del campo solar (según superficie captación resultante)		€ 956,48	
		Hipótesis	
		1ª	2ª
* Rendimiento sistema auxiliar		87%	93%
Precio combustible (€/kWh)		0,140	0,140
Periodo Recuperación inversión (años)		4,19	4,48
Ahorro anual (€/año)		228,32	213,59
			3ª
			98%
			0,140
			4,72
			202,69

Figura 17: Análisis de factibilidad de ACS Solar Térmica.



Figura 18: Sugerecias de ubicación del captador.

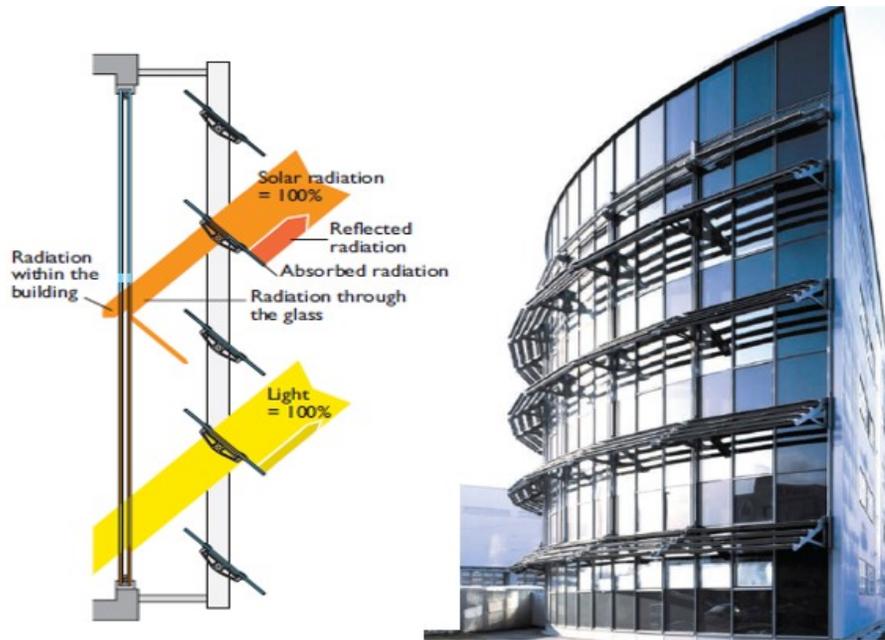


Figura 19: Descripción funcionamiento lamas de vidrio (MESTEK ARCHITECTURAL Intelligent Envelopes / Colt Group USA, sf)

Además de las principales medidas de mejora mencionadas en el apartado anterior, orientadas a la climatización, ACS y a la envolvente del edificio, existen otras medidas de menor impacto que se pueden considerar.

4.3 Protección Solar

Como una medida para reducir el consumo energético en climatización durante el verano, se propone la instalación de lamas horizontales que provean sombra a la fachada, eviten el aporte de calor directo por radiación al interior, pero permita aprovechar la iluminación natural.

El sistema de lamas (ver figura 19), durante el invierno, permite que la radiación solar pueda entrar al edificio y se pueda aprovechar para calentamiento, ya que en esta época del año el sol presenta una mayor inclinación que en verano.

4.4 Iluminación

Al sistema de iluminación del edificio compuesto por lámparas led (ver figura 20) se puede acoplar un sistema de control domótica que consiga, principalmente, los siguientes beneficios:

- I. Sensores de presencia en todas las zonas comunes y aseos de manera que se optimice el uso de la iluminación.
- II. Sensores de nivel lumínico en los espacios para aprovechar la luz natural y reducir el uso de las lámparas.



Figura 20: Control de nivel luminico. Fuente: [Illuminatronics](#).

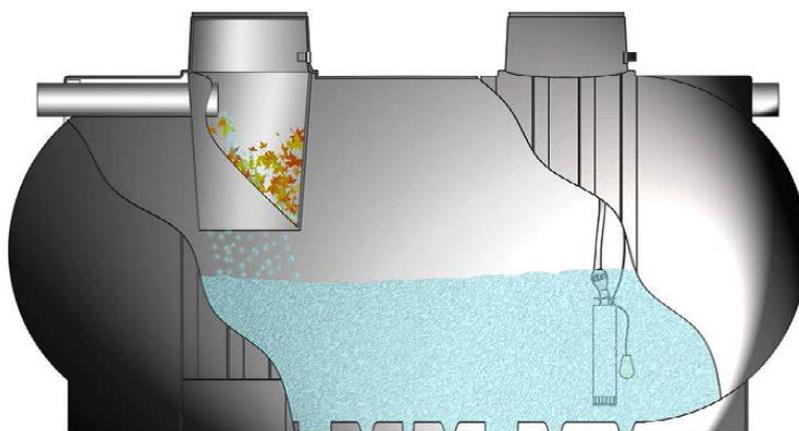


Figura 21: Ejemplo de equipo para tratamiento de aguas pluviales. Fuente: [Aguas del Mare Nostrum](#).

4.5 Tratamiento de Aguas Pluviales

Las aguas pluviales libres de contaminantes, recogida de terrazas y patios, o las susceptibles a contaminantes, zonas de aparcamiento o con tráfico, pueden ser reutilizadas para usos como riego de jardines o limpieza de coches. Es necesario únicamente un acumulador con filtro (si existe contaminación) (ver figura 21) o sin él según sea el caso.

5 Conclusiones

- Una vez realizado el estudio energético del edificio de servicios podemos concluir que cuenta con unas características de envolvente técnica y energéticamente adecuadas lo que se ve reflejado en la calificación obtenida.
- Uno de los aspectos que más influye en la calificación que se obtuvo del edificio de servicio, es que actualmente no se cuenta con climatización en todos sus espacios, ya que no están siendo utilizados

y están disponibles para ser alquilados. Por ello, la cantidad de energía consumida y de emisiones generadas son relativamente bajas en comparación con las dimensiones del edificio.

- Con lo antes mencionado, se puede decir que se pudo comprobar que la calificación energética tiene en cuenta exclusivamente los consumos energéticos y las emisiones generadas, mas no el confort de los usuarios; de ahí que muchas veces una edificación en la que los habitantes no cuenten con las mejores condiciones higrotérmicas pueda presentar mejor calificación que aquella edificación en la cual funcionan diferentes sistemas para mantener un ambiente confortable.
- Otro aspecto que ha contribuido a obtener una calificación energética buena, es que por parte del aeropuerto han llevado a cabo proyectos de mejora en los sistemas de iluminación (instalación de lámparas LED) y de actualización a sistemas de climatización de alta eficiencia energética.
- El periodo de retorno de la inversión del sistema de climatización por geotermia puede llegar a estimarse muy largo; pero la reducción de Kilogramos de CO2 emitidos es realmente considerable por lo que es una inversión que contribuye directamente en mantener la eficiencia y sostenibilidad del edificio.

6 Referencias

AENA (2018). Obtenido de: <http://www.aena.es/es/aeropuerto-madrid-cuatro-vientos/galeria-fotografica.html>.

Aguas del Mare Nostrum (s/f). Reutilización y reciclaje del agua. Recuperado de: <http://www.amnsl.com/>.

Aranda Usón, A., Zabalza Bribián, I., Díaz de Garaio, S., y Llera Sastresa, E. (2010). *Eficiencia energética en instalaciones y equipamiento de edificios*. Pressas Universitarias de Zaragoza.

IDAE (2015). Calificación de la eficiencia energética de los edificios. Obtenido de: <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/normativamodelosutilizacion/20151123-Calificacion-eficiencia-energetica-edificios.pdf>.

Iluminatronics (s/f). Iluminación Inteligente para Oficinas. Recuperado de: <https://www.airportcarbonaccreditation.org>.

Llopis Trillo, G. y Rodrigo Angulo, V. (2008). *Guía de la Energía Geotérmica*. Gráficas Arias Montano, S.A., Madrid.

MESTEK ARCHITECTURAL Intelligent Envelopes / Colt Group USA (s/f). Solar shading louver systems brochure.

Suelo Solar (2008). Documentos CTE. Recuperado de: <https://suelosolar.com/>.