



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO
MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL
EDIFICIO MONTEOLMO

Autor: OSCAR TRAVESI DE FRUTOS

Director: MARIA DEL MAR CLEDERA CASTRO

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

EDIFICIO MONTEOLMO

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2023/2024 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Oscar Travesi de Frutos

Fecha: 04/ 07/ 2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Maria del Mar Cledera Castro

Fecha: 11 / 07 / 2024
.....//



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO
MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL
EDIFICIO MONTEOLMO

Autor: OSCAR TRAVESI DE FRUTOS

Director: MARIA DEL MAR CLEDERA CASTRO

Madrid

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a CP Pinilla por su ayuda y la facilitación de documentos necesarios para la correcta realización de este Trabajo de Fin de Grado (TFG). También, agradezco a Heineken, arrendatarios del edificio de propiedad de CP Pinilla, por proporcionar datos de consumo indispensables para este estudio.

Agradezco a Mitsubishi Electric por proporcionar valiosa información acerca del cambio del líquido refrigerante, objetivo inicial de este TFG. No solo me proporcionaron datos, sino que también me ofrecieron un ejemplo práctico para asegurar mi comprensión.

Agradezco de manera especial a María del Mar Cledera Castro, tutora de este TFG, por su continuo seguimiento y apoyo, donde dedicó el tiempo necesario para resolver todas mis dudas, las tutorías fueron clave para el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento a Eva María Arenas Pinilla por sus comentarios en la presentación de seguimiento, los cuales me ayudaron a redirigir este TFG en el momento en que me sentía un poco perdido, y me permitieron enfocar mejor mis esfuerzos.

Gracias a todos por su colaboración y apoyo.

EDIFICIO MONTEOLMO

Autor: Travesi de Frutos, Oscar.

Director: Cledera Castro, M^a del Mar.

Entidad Colaboradora: CP Pinilla

RESUMEN DEL PROYECTO

1. Introducción

La investigación analiza el funcionamiento del edificio Monteolmo, construido en 2010, con el fin de identificar las causas de su alto consumo energético (280 kWh/m² al año). Se busca ofrecer soluciones técnicas y prácticas, destacando la importancia de la eficiencia energética desde las perspectivas social, económica y tecnológica.

El aumento global del consumo energético y sus implicaciones ambientales subrayan la necesidad de optimizar la energía en los edificios. La eficiencia energética reduce costes y huella de carbono, y el edificio Monteolmo es un caso de estudio ideal debido a su alto consumo energético pese a las soluciones convencionales utilizadas en su construcción.

Socialmente, el proyecto promueve la conciencia sobre la eficiencia energética en la vida diaria y laboral, mejorando la calidad de vida y liberando recursos para otros fines sociales. Económicamente, la optimización energética puede reducir significativamente los costes operativos a largo plazo, proporcionando una ventaja competitiva en un contexto de aumento de precios de la energía. Tecnológicamente, el proyecto propone implementar innovaciones como vidrios de alto rendimiento y luminarias LED de bajo consumo, posicionándose a la vanguardia de la gestión energética y sostenibilidad, y sirviendo como modelo replicable.

En resumen, el proyecto aborda tanto un problema técnico como implicaciones sociales, económicas y tecnológicas, buscando mejorar el desempeño del edificio Monteolmo y contribuir al bienestar social, la competitividad económica y el avance tecnológico en sostenibilidad.

2. Definición y desarrollo del proyecto

La sostenibilidad y la eficiencia energética son prioridades esenciales hoy en día. Los sistemas de climatización en los edificios juegan un papel crucial en esto. Muchos de estos sistemas utilizan el refrigerante R410A[1], que tiene un alto Potencial de Calentamiento Global (GWP) de 2088, contribuyendo significativamente al cambio climático. Además,

cada vez es más difícil encontrar este refrigerante y su precio sigue aumentando debido a las regulaciones de la unión europea que buscan limitar su uso.

El Reglamento de Gases Fluorados de la Unión Europea [2] está reduciendo la disponibilidad de refrigerantes como el R410A, promoviendo alternativas más ecológicas para proteger el medio ambiente. A nivel global, el Protocolo de Montreal [3] también apoya esta transición para reducir el impacto ambiental.

Enfocar un Trabajo de Fin de Grado (TFG) en la renovación de sistemas de climatización que usan R410A es muy relevante en este contexto. Este proyecto permitiría explorar soluciones más sostenibles que cumplan con las normativas y reduzcan el impacto ambiental de los edificios.

Una alternativa viable es el R32 (difluorometano), que tiene un GWP de 677, mucho menor que el del R410A[4]. Además, el R32 es más eficiente energéticamente y más fácil de reciclar, aunque puede requerir precauciones adicionales por ser ligeramente inflamable. (A2L según la clasificación de gases)

No todos los equipos diseñados para R410A pueden utilizar R32 sin modificaciones. Los sistemas deben ser compatibles con el R32 debido a diferencias en las presiones operativas y la inflamabilidad del refrigerante. Por lo tanto, puede ser necesario cambiar los equipos de climatización o realizar modificaciones significativas para asegurar la compatibilidad y seguridad del sistema.

Este TFG analizará las ventajas y desventajas del R32 frente al R410A, y diseñará un plan para actualizar los sistemas de climatización de manera eficiente y segura. Además, se aprovechará la oportunidad para realizar un estudio general sobre cómo hacer más eficiente energéticamente el edificio. Mejorar la eficiencia energética no solo reducirá costes, sino que también hará que el edificio sea más atractivo para los clientes debido a su sostenibilidad.

En resumen, reemplazar los sistemas de climatización que usan R410A no solo es necesario por las regulaciones y el impacto ambiental, sino que también puede ser una oportunidad para mejorar la eficiencia energética del edificio, reducir costes y atraer más clientela al promoverse como un edificio sostenible. Este TFG proporcionará una guía para hacer esta transición de manera efectiva y responsable.

Los objetivos del TFG son:

1. Sustitución del Líquido Refrigerante R410A

- Investigar y seleccionar refrigerantes más sostenibles y eficientes, como el R32.
- Reducir el impacto ambiental implementando refrigerantes con menor GWP y ODP.
- Estudiar la viabilidad de sustituir el refrigerante en el sistema de climatización actual.

2. Reducción de Gastos en Iluminación

- Sustituir luminarias tradicionales por tecnología LED de alta eficiencia.
- Instalar sistemas de control de iluminación, como sensores de presencia y luz natural, para optimizar el uso de luz artificial y reducir el consumo energético.

3. Mejorar la Eficiencia de la Climatización

- Evaluar y mejorar el rendimiento del sistema de climatización existente con tecnologías avanzadas, como sistemas de ventilación zonificada y control automático de temperatura.
- Mejorar el aislamiento térmico del edificio para reducir pérdidas de calor y entrada de calor.
- Evaluar la integración de fuentes de energía renovable para cubrir parte de la demanda energética del sistema de climatización.

4. Mejorar la Sostenibilidad General del Edificio

- Trabajar hacia la obtención de certificaciones de sostenibilidad y eficiencia energética, como LEED.
- Implementar sistemas de gestión eficiente del agua, incluyendo grifos y sanitarios de bajo consumo, y el uso de agua de lluvia para usos no potables.

3. Resultados

En este apartado se aporta un resumen de las mejoras propuestas y su futura implementación en el edificio Monteolmo.

1. Refrigerante

- Cambio a R32: No se recomienda debido a la complejidad y coste. Cambiar equipos solo si hay fugas, ya que los actuales fueron instalados en 2008, pronto podrían necesitar reparaciones y es entonces cuando se deben cambiar los equipos.

2. Ventanas

- Ventanas de Triple Acristalamiento: Alta eficiencia energética y aislamiento acústico, pero costes muy elevados (inversión aproximada de 352.000 euros).

- Láminas Protectoras de Vidrio: Menor coste (inversión aproximada de 38.400 euros), menos efectivas en aislamiento térmico y acústico. Recomendado a corto plazo por ser económico y recuperar inversión en aproximadamente 3 años.
3. Climatización
 - Sonda de Calidad del Aire y Variadores de Velocidad: Coste bajo (inversión aproximada de 2.200 euros en total), mejora la eficiencia del aire, reduciendo gastos. Recomendado a corto plazo.
 4. Instalación Solar
 - Paneles Solares Tradicionales: Instalación en la cubierta con una estructura adecuada, coste alto, pero subvenciones disponibles. Recomendado a medio plazo (2-5 años).
 - Ventanas Solares: No recomendadas por ser una tecnología nueva y costosa.
 5. Bomba de Calor Geotérmica
 - Alta inversión inicial (más de 100.000 euros), pero ahorro a largo plazo. Requiere estudio de viabilidad y aplicación a subvenciones. Recomendado a largo plazo.
 6. Gestión Eficiente del Agua
 - Propuesta compleja, requiere estudio especializado. Se sugiere excluir la reutilización de aguas grises y recolección de lluvia para reducir costes. Recomendado a largo plazo.
 7. Iluminación
 - Cambio a luces LED: Ya en proceso, se recomienda reevaluar el consumo tras un año para decidir sobre la implementación de sistemas de zonificación que pueden ahorrar hasta el 40% del consumo energético.

Se adjunta plano de la cubierta del edificio donde se instalarán los paneles solares. El plano se incluye en el anexo por si se desea ver en más detalle.

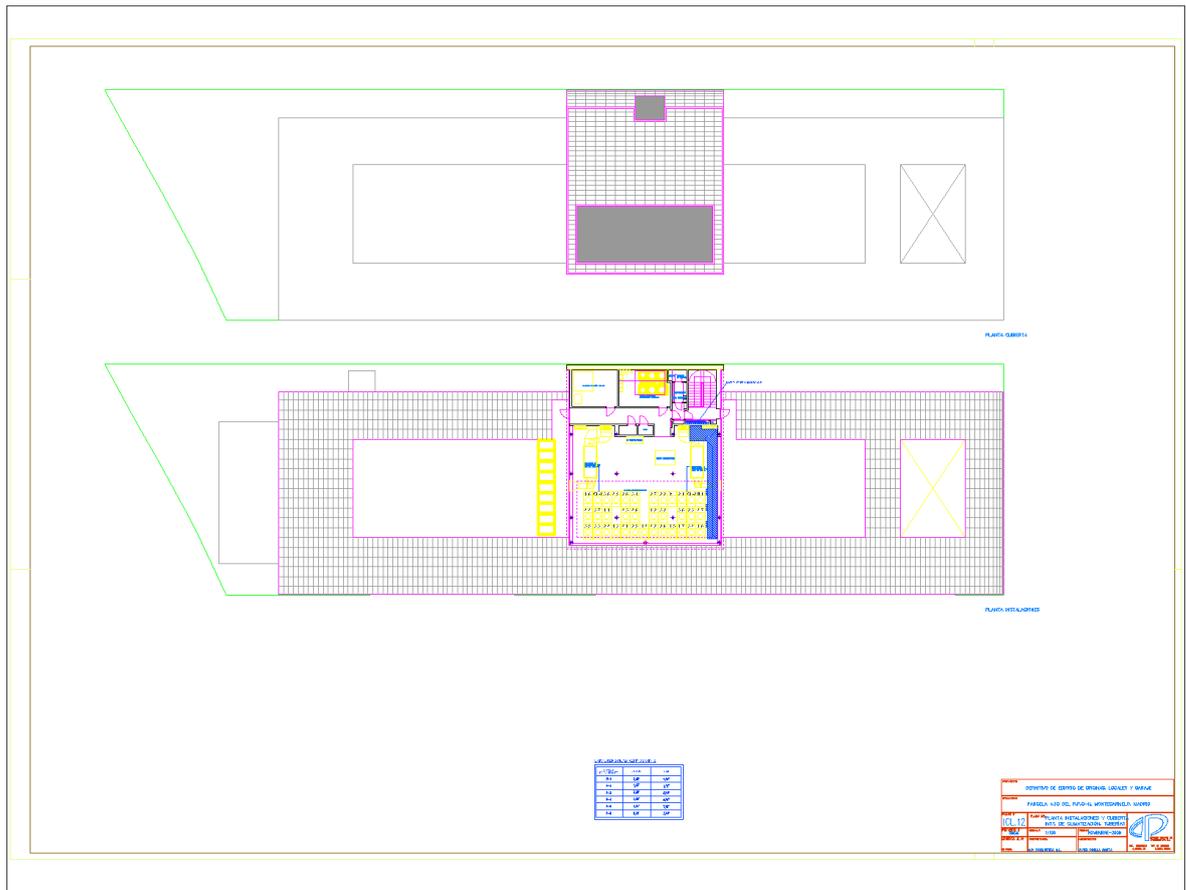


Figura 1: Plano de la cubierta del Edificio Monteolmo. Fuente AutoCAD

También se adjunta imágenes de los datos técnicos de dos equipos de climatización distintos. En estas imágenes podemos ver la incompatibilidad de los líquidos refrigerantes con los equipos debido a una variación en el diámetro de las tuberías, es decir, debido a un cambio de presiones.

PURY-P200~300YNW • 1 Módulo

MODELO		PURY-P200YNW-A2	PURY-P250YNW-A2	PURY-P300YNW-A2
Capacidad Nominal	Refrig. / Calef. (Nominal Max)	kW 22,4 / 25	28 / 31,5	33,5 / 33,5
Consumo Nominal	Refrig. / Calef. (Nominal Max)	kW 6,68 / 6,79	10,25 / 9,57	11,75 / 9,62
Eficiencia Energética	EER / COP / COP*1	3,35 / 3,68 / 4,16	2,73 / 3,29 / 3,80	2,85 / 3,48 / 3,48
	SEER / SCOP (EN14825)	7,27 / 4,01	6,85 / 4,01	6,34 / 4,01
Capacidad Total de la unidad exterior		50 ~ 150%		
Modelo / Cantidad		P10-P250/ M20-140/ 1-20	P10-P250/ M20-140/ 1-25	P10-P250/ M20-140/ 1-30
Alimentación		Fases, V/Hz 3, 380-415V/50-60Hz		
Intensidad Máxima		A 16,1	21,4	21,4
Diam. Tuberias liquido/gas		mm 15,88 / 19,05	19,05 / 22,2	19,05 / 22,2
Nivel Sonoro (refrigeración/calefacción)		dB(A) 59,0/59,0	60,5/64,0	61,0/67,0
Potencia sonora (refrigeración/calefacción)		dB(A) 76,0/76,0	78,0/83,0	80,0/86,0
Caudal de aire		m³/min 170	220	240
Ventilador		Potencia kW 0,92 x 1	0,92 x 1	0,92 x 1
Compresor		Potencia kW 5	8	9,2
Refrigerante R410A		Pre-carga Kg / PCA / TCO, eq 5,2 / 2,088 / 10,85	5,2 / 2,088 / 10,85	5,2 / 2,088 / 10,85
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo)		mm 920 x 1.858 x 740	920 x 1.858 x 740	920 x 1.858 x 740
Peso		kg 214	223	225
Rango de operación (refri/calef)		°C -5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th		

Serie PURY-M200-500YNW-A1 • Recuperación de Calor

MODELO		PURY-M200YNW-A1	PURY-M250YNW-A1	PURY-M300YNW-A1	PURY-M350YNW-A1	PURY-M400YNW-A1	PURY-M450YNW-A1	PURY-M500YNW-A1
Capacidad Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 22,4 / 25	28 / 31,5	33,5 / 37,5	40 / 45	45 / 50	50 / 56	56 / 63
Consumo Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 5,53 / 6,39	8,40 / 9,15	9,88 / 10,33*	12,15 / 12,16*	15,15 / 14,08	15,47 / 16,18	22,25 / 18,26
Eficiencia Energética	EER / COP	4,05 / 3,91	3,33 / 3,44	3,39 / 3,63*	3,29 / 3,7*	2,97 / 3,55	3,23 / 3,46	2,51 / 3,45
	SEER / SCOP	6,23 / 3,63	5,9 / 3,53	6,37 / 3,53	6,68 / 3,51	6,12 / 3,51	6,56 / 3,5	5,87 / 3,5
Capacidad Total		50 ~ 150%						
Modelo / Cantidad		WWF/PWL 10 ~125 / 1-30	WWF/PWL 10 ~125 / 1-37	WWF/PWL 10 ~125 / 2-45	WWF/PWL 10 ~125 / 2-50			
Alimentación		Fases, V/Hz 3, 380-400-415V / 50-60Hz						
Intensidad Máxima		A 16,10	22,50	25,60	31,60	39,30	40,20	56,60
Diam. Tuberias liquido/gas		mm 15,88 / 19,05	15,88 / 22,2	15,88 / 22,2	15,88 / 28,58	19,05 / 28,58	19,05 / 28,58	19,05 / 28,58
Nivel Sonoro (refrigeración/calefacción)		dB(A) 59 / 59	60,5 / 61	61 / 67	62,5 / 64	65 / 69	65,5 / 70	63,5 / 64,5
Potencia sonora (refrigeración/calefacción)		dB(A) 76 / 78	78,5 / 80	80 / 86,5	81 / 83	83 / 88	83 / 89	82 / 84
Caudal de aire del ventilador		m³/min 170	185	240	250	315	315	295
Refrigerante R32		Pre-carga Kg / PCA / TCO, eq 5,2 / 675 / 3,51	5,2 / 675 / 3,51	5,2 / 675 / 3,51	8 / 675 / 5,4	8 / 675 / 5,4	10,8 / 675 / 7,29	10,8 / 675 / 7,29
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo)		mm 920 x 1.858 x 740	920 x 1.858 x 740	920 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.750 x 1.858 x 740
Peso		kg 227	227	227	270	273	293	337
Rango de operación (Refrigeración / Calefacción)		°C -5 ~ +52°C / -20 ~ +15,5°C Th						

CONSULTAR DISPONIBILIDAD

Figura 2 y 3: Ejemplo de cómo cambia el diámetro en modelo de igual potencia entre un gas R410A y otro R32. Fuente Mitsubishi Electric

4. Conclusiones

A lo largo de un año de trabajo en este Trabajo de Fin de Grado (TFG), se lograron importantes avances a pesar de los desafíos encontrados en la recopilación de información debido a la colaboración requerida de varias entidades. La investigación comenzó en agosto y requirió una insistencia con las empresas involucradas para obtener datos esenciales, como planos del edificio, facturas de luz e informes previos.

El proyecto se centró en cuatro objetivos principales, los cuales se abordaron de la siguiente manera:

1. Cambio de Refrigerante: El objetivo inicial era identificar una alternativa sostenible y económica al refrigerante R410A, debido a las regulaciones de la UE y el aumento de sus costes. Tras una exhaustiva investigación y consulta con Mitsubishi Electric, se determinó que el R32 es el mejor sustituto. Sin embargo, se concluyó que los equipos actuales no son

compatibles con este refrigerante, lo que implicaría una costosa sustitución de equipos que solo se justificará cuando los actuales, instalados en 2008, empiecen a fallar.

2. Reducción de Gastos de Iluminación: Heineken ya está reemplazando las luces fluorescentes por luces LED, lo cual cumple con el objetivo de reducir los costos de iluminación. Además, se propone un sistema de zonificación para optimizar aún más el consumo energético. Esta propuesta será evaluada una vez se complete la instalación de las luces LED y se obtenga un nuevo patrón de consumo.

3. Mejora de la Eficiencia de Climatización: Para asegurar una calidad de aire óptima y un consumo energético eficiente, se propone la instalación de una sonda de calidad del aire y variadores de velocidad en los ventiladores. Esta medida se considera eficaz y de bajo coste, cumpliendo con el objetivo de mejorar la eficiencia del sistema de climatización.

4. Mejora de la Sostenibilidad del Edificio: Se implementaron paneles solares, reduciendo los costes energéticos y promoviendo el uso de energías renovables, lo cual favorece la obtención de la certificación LEED, un objetivo perseguido por CP Pinilla. Además, se propone la instalación de una lámina protectora de vidrio en las ventanas para mejorar el aislamiento térmico y reducir los costes de climatización. A largo plazo, se considera ideal la instalación de ventanas de triple acristalamiento, aunque su inversión inicial es considerable.

En resumen, este TFG ha permitido identificar y proponer varias mejoras significativas para el edificio Monteolmo, propiedad de CP Pinilla y operado por Heineken. Aunque algunas de estas mejoras requieren una inversión considerable y un análisis más profundo, los pasos dados hacia la sostenibilidad y la eficiencia energética son prometedores y alinean el edificio con los objetivos ambientales y económicos a largo plazo.

5. Referencias

- [1] “Datos técnicos del R410A | Clasificación y propiedades.” Accessed: Jun. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.frigolutions.com/2023/11/datos-tecnicos-r410a.html>
- [2] *Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006 Text with EEA relevance*, vol. 150. 2014. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/517/oj/eng>
- [3] U. N. Environment, “About Montreal Protocol,” Ozonaction. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <http://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>

[4] “What is a replacement for R-410A? | Arkema Forane.” Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://forane.arkema.com/en/forane-refrigerants/r-32-a-replacement-for-r-410a/>

MONTEOLMO BUILDING

Author: Travesi de Frutos, Oscar.

Supervisor: Cledera Castro, M^a del Mar.

Collaborating Entity: CP Pinilla.

ABSTRACT

1. Introducción (traducir todo el resumen al inglés, incluyendo los títulos que se hayan empleado)

The research analyzes the functioning of the Monteolmo building, constructed in 2010, to identify the causes of its high energy consumption (280 kWh/m² per year). It aims to provide technical and practical solutions, highlighting the importance of energy efficiency from social, economic, and technological perspectives.

The global increase in energy consumption and its environmental implications underscore the need to optimize energy use in buildings. Energy efficiency reduces costs and carbon footprint, and the Monteolmo building is an ideal case study due to its high energy consumption despite the conventional solutions used in its construction.

Socially, the project promotes awareness of energy efficiency in daily and work life, improving quality of life and freeing resources for other social purposes. Economically, energy optimization can significantly reduce long-term operating costs, providing a competitive advantage in a context of rising energy prices. Technologically, the project proposes implementing innovations such as high-performance glass and low-consumption LED lighting, positioning itself at the forefront of energy management and sustainability, and serving as a replicable model.

In summary, the project addresses a technical problem and social, economic, and technological implications, seeking to improve the performance of the Monteolmo building and contribute to social well-being, economic competitiveness, and technological advancement in sustainability.

2. Definición y desarrollo del proyecto

Sustainability and energy efficiency are essential priorities nowadays. HVAC systems in buildings play a crucial role in this. Many of these systems use the refrigerant R410A[1], which has a high Global Warming Potential (GWP) of 2088, significantly contributing to

climate change. Additionally, this refrigerant is becoming increasingly difficult to find, and its price continues to rise due to government regulations aimed at limiting its use.

The European Union's F-Gas Regulation [2] is reducing the availability of refrigerants like R410A, promoting more eco-friendly alternatives to protect the environment. Globally, the Montreal Protocol [3] also supports this transition to reduce environmental impact.

Focusing a Final Degree Project on the renovation of HVAC systems using R410A is highly relevant in this context. This project would explore more sustainable solutions that comply with regulations and reduce the environmental impact of buildings.

A viable alternative is R32 (difluoromethane), which has a GWP of 677, much lower than R410A[4]. Additionally, R32 is more energy-efficient and easier to recycle, although it may require additional precautions due to its slight flammability.

Not all equipment designed for R410A can use R32 without modifications. Systems must be compatible with R32 due to differences in operating pressures and the refrigerant's flammability. Therefore, it may be necessary to replace HVAC equipment or make significant modifications to ensure system compatibility and safety.

This Final Degree Project will analyze the advantages and disadvantages of R32 compared to R410A and design a plan to update HVAC systems efficiently and safely. Additionally, it will seize the opportunity to conduct a general study on how to make the building more energy efficient. Improving energy efficiency will not only reduce costs but also make the building more attractive to clients due to its sustainability.

In summary, replacing HVAC systems that use R410A is necessary due to regulations and environmental impact, but it can also be an opportunity to improve the building's energy efficiency, reduce costs, and attract more customers by promoting the building as sustainable. This Final Degree Project will provide a guide to making this transition effectively and responsibly.

The Final Degree Project objectives are:

1. Replacement of R410A Refrigerant

- Research and select more sustainable and efficient refrigerants, such as R32.
- Reduce environmental impact by implementing refrigerants with lower GWP and ODP.
- Study the feasibility of replacing the refrigerant in the current HVAC system.

2. Reduction of Lighting Costs

- Replace traditional luminaires with high-efficiency LED technology.
- Install lighting control systems, such as occupancy and daylight sensors, to optimize the use of artificial light and reduce energy consumption.

3. Improve HVAC Efficiency

- Evaluate and improve the performance of the existing HVAC system with advanced technologies, such as zoned HVAC systems and automatic temperature control.
- Improve the building's thermal insulation to reduce heat loss and heat gain.
- Evaluate the integration of renewable energy sources to cover part of the HVAC system's energy demand.

4. Improve the Overall Sustainability of the Building

- Work towards obtaining sustainability and energy efficiency certifications, such as LEED.
- Implement efficient water management systems, including low-flow faucets and fixtures, and the use of rainwater for non-potable purposes.

3. Resultados

In this section, a summary of the proposed improvements and their future implementation in the Monteolmo building is provided.

1. Refrigerant

- Switch to R32: Not recommended due to complexity and cost. Change equipment only if there are leaks, as the current ones were installed in 2008, may soon need repairs, and it is then that the equipment should be replaced.

2. Windows

- Triple Glazing Windows: High energy efficiency and sound insulation, but very high costs (approximate investment of 352,000 euros).
- Protective Window Films: Lower cost (approximate investment of 38,400 euros), less effective in thermal and sound insulation. Recommended in the short term as it is economical, and the investment can be recovered in approximately 3 years.

3. Climate Control

- Air Quality Sensor and Variable Speed Drives^{**}: Low cost (approximate investment of 2,200 euros in total), improves air efficiency, reducing expenses. Recommended in the short term.

4. Solar Installation

- Traditional Solar Panels: Installation on the roof with an appropriate structure, high cost, but subsidies available. Recommended in the medium term (2-5 years).
- Solar Windows: Not recommended due to being a new and expensive technology.

5. Geothermal Heat Pump

- High initial investment (over 100,000 euros), but long-term savings. Requires feasibility study and application for subsidies. Recommended in the long term.

6. Efficient Water Management

- Complex proposal, requires specialized study. It is suggested to exclude greywater reuse and rainwater collection to reduce costs. Recommended in the long term.

7. Lighting

- Switch to LED lights: Already in process, it is recommended to reevaluate consumption after a year to decide on the implementation of zoning systems that can save up to 40% of energy consumption.

A drawing of the building's roof where the solar panels will be installed is attached. The drawing is also attached in the section called Anexo, just in case one would like to see the details of the drawings.

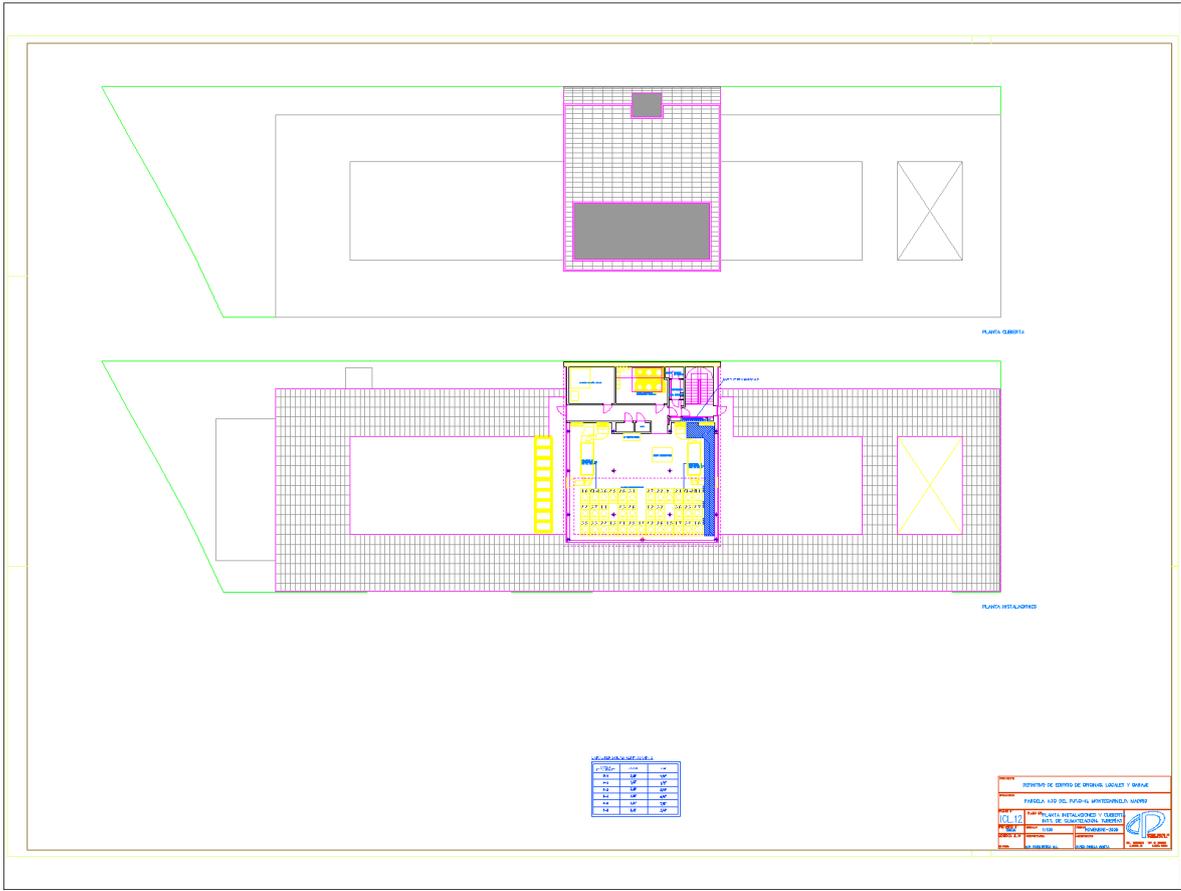


Figure 1: Roof plan of the Monteolmo Building. Source: AutoCAD

Images of the technical data for two different climate control units are also attached. These images show the incompatibility of refrigerants with the units due to a variation in the diameter of the pipes, specifically due to a change in pressures.

PURY-P200~300YNW • 1 Módulo

MODELO		PURY-P200YNW-A2	PURY-P250YNW-A2	PURY-P300YNW-A2
Capacidad Nominal	Refrig. / Calef. (Nominal Max)	kW 22,4 / 25	28 / 31,5	33,5 / 33,5
Consumo Nominal	Refrig. / Calef. (Nominal Max)	kW 6,68 / 6,79	10,25 / 9,57	11,75 / 9,62
Eficiencia Energética	EER / COP / COP*1	3,35 / 3,68 / 4,16	2,73 / 3,29 / 3,80	2,85 / 3,48 / 3,48
	SEER / SCOP (EN14825)	7,27 / 4,01	6,85 / 4,01	6,34 / 4,01
Capacidad Total de la unidad exterior		50 ~ 150%		
Modelo / Cantidad		P10-P250/ M20-140/ 1-20	P10-P250/ M20-140/ 1-25	P10-P250/ M20-140/ 1-30
Alimentación		Fases, V/Hz 3, 380-415V/50-60Hz		
Intensidad Máxima		A 16,1	21,4	21,4
Diam. Tuberias liquido/gas		mm 15,88 / 19,05	19,05 / 22,2	19,05 / 22,2
Nivel Sonoro (refrigeración/calefacción)		dB(A) 59,0/59,0	60,5/64,0	61,0/67,0
Potencia sonora (refrigeración/calefacción)		dB(A) 76,0/76,0	78,0/83,0	80,0/86,0
Caudal de aire		m³/min 170	220	240
Ventilador		Potencia kW 0,92 x 1 0,92 x 1 0,92 x 1		
Compresor		Potencia kW 5 8 9,2		
Refrigerante R410A		Pre-carga Kg / PCA / TCO ₂ eq 5,2 / 2,088 / 10,85 5,2 / 2,088 / 10,85 5,2 / 2,088 / 10,85		
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo)		mm 920 x 1.858 x 740 920 x 1.858 x 740 920 x 1.858 x 740		
Peso		kg 214 223 225		
Rango de operación (refri/calef)		°C -5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th		

Serie PURY-M200-500YNW-A1 • Recuperación de Calor

MODELO		PURY-M200YNW-A1	PURY-M250YNW-A1	PURY-M300YNW-A1	PURY-M350YNW-A1	PURY-M400YNW-A1	PURY-M450YNW-A1	PURY-M500YNW-A1
Capacidad Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 22,4 / 25	28 / 31,5	33,5 / 37,5	40 / 45	45 / 50	50 / 56	56 / 63
Consumo Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 5,53 / 6,39	8,40 / 9,15	9,88 / 10,33*	12,15 / 12,16*	15,15 / 14,08	15,47 / 16,18	22,25 / 18,26
Eficiencia Energética	EER / COP	4,05 / 3,91	3,33 / 3,44	3,39 / 3,63*	3,29 / 3,7*	2,97 / 3,55	3,23 / 3,46	2,51 / 3,45
	SEER / SCOP	6,23 / 3,63	5,9 / 3,53	6,37 / 3,53	6,68 / 3,51	6,12 / 3,51	6,56 / 3,5	5,87 / 3,5
Capacidad Total		50 ~ 150%						
Modelo / Cantidad		WWF/PWL 10 ~ 125 / 1-30	WWF/PWL 10 ~ 125 / 1-37	WWF/PWL 10 ~ 125 / 2-45	WWF/PWL 10 ~ 125 / 2-50			
Alimentación		Fases, V/Hz 3, 380-400-415V / 50-60Hz						
Intensidad Máxima		A 16,10	22,50	25,60	31,60	39,30	40,20	56,60
Diam. Tuberias liquido/gas		mm 15,88 / 19,05	15,88 / 22,2	15,88 / 22,2	15,88 / 28,58	19,05 / 28,58	19,05 / 28,58	19,05 / 28,58
Nivel Sonoro (refrigeración/calefacción)		dB(A) 59 / 59	60,5 / 61	61 / 67	62,5 / 64	65 / 69	65,5 / 70	63,5 / 64,5
Potencia sonora (refrigeración/calefacción)		dB(A) 76 / 78	78,5 / 80	80 / 86,5	81 / 83	83 / 88	83 / 89	82 / 84
Caudal de aire del ventilador		m³/min 170	185	240	250	315	315	295
Refrigerante R32		Pre-carga Kg / PCA / TCO ₂ eq 5,2 / 675 / 3,51 5,2 / 675 / 3,51 5,2 / 675 / 3,51 8 / 675 / 5,4 8 / 675 / 5,4 10,8 / 675 / 7,29 10,8 / 675 / 7,29						
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo)		mm 920 x 1.858 x 740 920 x 1.858 x 740		920 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.750 x 1.858 x 740
Peso		kg 227 227		227	270	273	293	337
Rango de operación (Refrigeración / Calefacción)		°C -5 ~ +52°C / -20 ~ +15,5°C Th						

CONSULTAR DISPONIBILIDAD

Figures 2 and 3: Example of how the pipe diameter changes in models of equal power between an R410A gas and an R32 gas. Source: Mitsubishi Electric

4. Conclusiones

Throughout a year of work on this Final Degree Project, significant progress was made despite the challenges encountered in gathering information due to the required collaboration of various entities. The research began in August and required persistent follow-ups with the involved companies to obtain essential data, such as building plans, electricity bills, and previous reports.

The project focused on four main objectives, which were addressed as follows:

1. Refrigerant Replacement: The main goal was to identify a sustainable and economical alternative to the R410A refrigerant due to EU regulations and its increasing costs. After thorough research and consultation with Mitsubishi Electric, it was determined that R32 is the best substitute. However, it was concluded that the current equipment is not compatible

with this refrigerant, which would entail costly equipment replacement that will only be justified when the current units, installed in 2008, start to fail.

2. Reduction of Lighting Costs: Heineken is already replacing fluorescent lights with LED lights, meeting the objective of reducing lighting costs. Additionally, a zoning system is proposed to further optimize energy consumption. This proposal will be evaluated once the LED installation is complete and a new consumption pattern is obtained.

3. Improvement of Climate Control Efficiency: To ensure optimal air quality and energy-efficient consumption, the installation of an air quality sensor and variable speed drives on the fans is proposed. This measure is considered effective and low-cost, meeting the objective of improving the efficiency of the climate control system.

4. Improvement of Building Sustainability: Solar panels were implemented, reducing energy costs and promoting the use of renewable energy, which supports obtaining the LEED certification, a goal pursued by CP Pinilla. Additionally, the installation of a protective window film was proposed to improve thermal insulation and reduce climate control costs. In the long term, the installation of triple-glazed windows is considered ideal, although the initial investment is substantial.

In summary, this Final Degree Project has allowed the identification and proposal of several significant improvements for the Monteolmo building, owned by CP Pinilla and operated by Heineken. Although some of these improvements require considerable investment and further analysis, the steps taken towards sustainability and energy efficiency are promising and align the building with long-term environmental and economic goals.

5. Referencias

- [1] “Datos técnicos del R410A | Clasificación y propiedades.” Accessed: Jun. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.frigolutions.com/2023/11/datos-tecnicos-r410a.html>
- [2] *Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006 Text with EEA relevance*, vol. 150. 2014. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/517/oj/eng>
- [3] U. N. Environment, “About Montreal Protocol,” Ozonaction. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <http://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>
- [4] “What is a replacement for R-410A? | Arkema Forane.” Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://forane.arkema.com/en/forane-refrigerants/r-32-a-replacement-for-r-410a/>

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	9
Capítulo 2. Estado de la Cuestión	11
2.1 Estado actual del edificio	11
2.2 Calificación energética del edificio	15
2.3 Certificación LEED	17
Capítulo 3. Definición del Trabajo	20
3.1 Justificación	20
3.2 Objetivos	21
3.2.1 Sustitución del líquido refrigerante R410A	21
3.2.2 Reducción de gastos en iluminación	22
3.2.3 Mejorar la eficiencia de la climatización	22
3.2.4 Mejorar la sostenibilidad general del edificio	22
3.3 Metodología.....	22
Capítulo 4. Sistema/Modelo Desarrollado.....	25
4.1 Sustitución del líquido refrigerante en equipos de climatización	25
4.1.1 Razones para el cambio de R410A a R32	25
4.1.2 Viabilidad del cambio	26
4.1.3 Evaluación de los equipos existentes	27
4.1.4 Subvenciones disponibles	28
4.2 Ventanas	29
4.2.1 Incorporación de lámina protectora de vidrio	30
4.2.2 Ventanas con triple acristalamiento	30
4.3 Climatización	32
4.3.1 Sistemas de zonificación	32
4.4 Instalación solar	34
4.4.1 Paneles solares	34
4.4.2 Ventanas solares	35
4.5 Bomba de calor geotérmica	36
4.5.1 Ventajas de la bomba de calor geotérmica	36

4.5.2 Subvenciones y ayudas gubernamentales	37
4.6 Gestión eficiente del agua	38
4.6.1 Ahorro económico	39
4.6.2 Sostenibilidad ambiental	39
4.6.3 Cumplimiento normativo	39
4.6.4 Responsabilidad Social Corporativa (RSC).....	39
4.6.5 Tecnologías e innovación	40
4.6.6 Componentes del sistema de gestión eficiente del agua	40
4.6.7 Estimación de costes	41
4.7 Iluminación	43
4.7.1 Sistemas de control de iluminación	43
4.7.2 Iluminación LED	46
Capítulo 5. Análisis de Resultados.....	48
5.1 Líquido refrigerante	48
5.2 Ventanas	59
5.3 Climatización	60
5.4 Instalación solar	61
5.4.1 Programa de Incentivos para el Autoconsumo	62
5.4.2 Programa de Rehabilitación Energética de Edificios (PREE)	63
5.4.3 Plan Renove de Instalaciones de Autoconsumo	63
5.4.4 Bonificación del IBI (Impuesto sobre Bienes Inmuebles)	64
5.4.5 Bonificación del ICIO (Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras)	64
5.4.6 Conclusión	64
5.5 Bomba de calor geotérmica	65
5.6 Gestión eficiente del agua	65
5.7 Iluminación	66
Capítulo 6. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	67
Capítulo 7. Bibliografía.....	69
Capítulo 8. ANEXOS.....	73
8.1 Anexo I: Objetivos de Desarrollo Sostenible	73
8.1.1 ODS 7: Energía asequible y no contaminante	73

8.1.2 ODS 9: <i>Industria, Innovación e Infraestructura</i>	73
8.1.3 ODS 11: <i>Ciudades y comunidades sostenibles</i>	73
8.1.4 ODS 12: <i>Producción y consumo responsables</i>	74
8.1.5 ODS 13: <i>Acción por el clima</i>	74
8.2 Anexo II: Plano Cubierta del edificio.....	75

Índice de figuras

Figura 1: Pantallas de FT8 18W 840 [72 W]. Fuente Welltech Sustainability Solutions	11
Figura 2: Equipos del sistema de climatización. Fuente Welltech Sustainability Solutions	13
Figura 3: Equipos del sistema de climatización. Fuente Welltech Sustainability Solutions	13
Figura 4: Modelo del sistema de climatización. Fuente Welltech Sustainability Solutions	14
Figura 5: Etiqueta Calificación Energética Edificio Monteolmo. Fuente CP Pinilla	15
Figura 6: Certificado Eficiencia Energética Edificio Monteolmo. Fuente CP Pinilla	16
Figura 7: Intercambiador de calor rotativo. Fuente Renair, Artículo LinkedIn	33
Figura 8: Consumo Energético. Fuente Welltech Sustainability Solutions	47
Figura 9: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	49
Figura 10: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	49
Figura 11: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	49
Figura 12: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	49

Figura 13: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	50
Figura 14: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	50
Figura 15: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	50
Figura 16: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	50
Figura 17: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	51
Figura 18: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	51
Figura 19: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	51
Figura 20: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	51
Figura 21: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	52
Figura 22: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	52
Figura 23: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	52
Figura 24: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	52
Figura 25: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	

.....	53
Figura 26: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	53
Figura 27: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	53
Figura 28: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	53
Figura 29: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	54
Figura 30: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	54
Figura 31: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	54
Figura 32: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	54
Figura 33: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	55
Figura 34: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	55
Figura 35: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	55
Figura 36: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	55
Figura 37: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	56

Figura 38: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	56
Figura 39: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	56
Figura 40: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	56
Figura 41: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	57
Figura 42: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.	
.....	57
Figura 43: Ejemplo de cómo cambia el diámetro en modelo de igual potencia entre un gas R410A y otro R32. Fuente Mitsubishi Electric	
.....	58
Figura 44: Ejemplo de cómo cambia el diámetro en modelo de igual potencia entre un gas R410A y otro R32. Fuente Mitsubishi Electric	
.....	58
Figura 45: Plano de la cubierta del Edificio Monteolmo. Fuente AutoCAD	
.....	62

Índice de tablas

Tabla 1: Equipos de los que se compone el sistema de climatización. Fuente Welltech Sustainability Solutions	12
Tabla 2: Metodología de trabajo. Fuente Excel.....	24

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis exhaustivo del funcionamiento del edificio Monteolmo, centrándose en identificar las causas del alto consumo energético, estimado en alrededor de 280 kWh/m² al año. Construido en 2010 y destinado a oficinas, este edificio destaca por su extensa fachada acristalada y su orientación de este a oeste. Este proyecto no solo pretende aportar soluciones técnicas y prácticas, sino también subrayar la importancia de la eficiencia energética desde perspectivas social, económica y tecnológica.

El creciente consumo energético global y las implicaciones ambientales asociadas han puesto de relieve la necesidad urgente de optimizar el uso de energía en los edificios. La eficiencia energética no solo reduce costes operativos, sino que también disminuye la huella de carbono, contribuyendo significativamente a la lucha contra el cambio climático. En este sentido, el edificio Monteolmo se convierte en un caso de estudio muy interesante. A pesar de haber sido construido con soluciones convencionales en su momento, el alto consumo energético actual indica que hay un gran potencial para mejorar su rendimiento y sostenibilidad.

Desde un punto de vista social, este proyecto busca generar conciencia sobre la importancia de la eficiencia energética en la vida cotidiana y en los entornos laborales. Al reducir el consumo energético y mejorar la sostenibilidad de los edificios, se pueden liberar recursos para otros fines sociales y mejorar la calidad de vida de las personas que trabajan y viven en estos entornos.

Económicamente, la optimización del consumo energético en el edificio Monteolmo puede significar una reducción sustancial en los costes operativos a largo plazo. En un contexto donde los precios de la energía están en constante aumento, lograr una mayor eficiencia puede proporcionar una ventaja competitiva significativa, permitiendo a las empresas reinvertir esos ahorros en otras áreas estratégicas.

Desde una perspectiva tecnológica, este proyecto se sitúa en la vanguardia de las innovaciones en gestión de energía y sostenibilidad. La propuesta de implementar tecnologías avanzadas como vidrios de alto rendimiento, sistemas de zonificación y luminarias LED de bajo consumo no solo busca mejorar la eficiencia del edificio Monteolmo, sino también establecer un referente que pueda ser replicado en otros edificios y ciudades. La investigación y aplicación de estas tecnologías fomentan el desarrollo de nuevas soluciones y promueven el avance hacia un futuro más sostenible.

En resumen, este proyecto no solo aborda un problema técnico específico, sino que también tiene profundas implicaciones sociales, económicas y tecnológicas. Al optimizar la eficiencia energética del edificio Monteolmo, no solo se busca mejorar su desempeño operativo, sino también contribuir al bienestar social, a la competitividad económica y al avance tecnológico en el campo de la sostenibilidad.

Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1 ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO

Inicialmente el edificio tiene instaladas luminarias fluorescentes FT8 18W 840, cada luminaria tiene 72 W de potencia nominal y en una planta hay 216 para 836 m², lo que se traduce en una densidad de potencia de iluminación 18.60 W/m².



Figura 1: Pantallas de FT8 18W 840 [72 W]. Fuente Welltech Sustainability Solutions

El sistema de climatización de la marca Mitsubishi Electric, es del año 2008, utiliza refrigerante R410A, con las unidades exteriores todas en cubierta y unidades interiores de techo interior. El R410A[1] es una mezcla de hidrofluorocarbonos (HFC) compuesta por difluorometano (R32) y pentafluoroetano (R125). Es un refrigerante utilizado en sistemas de aire acondicionado y bombas de calor conocido por su eficiencia y cero impacto en la capa de ozono, pero tiene un alto potencial de calentamiento global. El R410A tiene un alto potencial de calentamiento global porque los hidrofluorocarbonos (HFC) que lo componen son muy eficientes para atrapar calor y tienen una larga vida atmosférica, contribuyendo significativamente al cambio climático si se libera a la atmósfera. Las unidades de tratamiento de aire disponen de batería para atemperar el aire exterior.

El sistema de climatización se compone de los siguientes equipos:

Posición		REFERENCIA	Nominal UD	Nominal UD	Total Frio	Total Calor
005	1	PUHY-P250YHM-A	25.000 Frig/h	27.090 Frig/h	25.000 Frig/h	27.090 Frig/h
010	1	PURY-P250YHM-A	25.000 Frig/h	27.090 Frig/h	25.000 Frig/h	27.090 Frig/h
016	6	PURY-P300YHM-A	30.000 Frig/h	32.250 Frig/h	180.000 Frig/h	193.500 Frig/h
022	23	PURY-P300YHM-A	30.000 Frig/h	32.250 Frig/h	690.000 Frig/h	741.750 Frig/h
028	1	PURY-P300YHM-A	30.000 Frig/h	32.250 Frig/h	30.000 Frig/h	32.250 Frig/h
034	1	PURY-P300YHM-A	30.000 Frig/h	32.250 Frig/h	30.000 Frig/h	32.250 Frig/h
					1.140 kW	1.226 kW
					980.000 Frig/h	1.053.930 Frig/h
AHU CONTROL BOX BATERIAS DE LAS UTAS						
038	2	PUHY-P400YHM-A	40.000 Frig/h	43.000 Frig/h	80.000 Frig/h	86.000 Frig/h
					93 kW	100 kW

Tabla 1: Equipos de los que se compone el sistema de climatización. Fuente Welltech Sustainability Solutions

La potencia de los equipos de aire acondicionado y refrigeración se mide en kilovatios (kW), que es una unidad de potencia en el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los kilovatios indican la cantidad de energía que un equipo puede consumir o proporcionar en un tiempo determinado.

En algunos países, especialmente en América Latina, la capacidad de enfriamiento de estos equipos también se mide en frigorías por hora (frig/h). "Frig/h" significa "frigorías por hora" y es una medida de la capacidad de enfriamiento de un aire acondicionado o refrigerador. Indica cuántas unidades de calor (frigorías) puede eliminar del ambiente en una hora. En términos simples, cuanto más alto es el valor en frig/h, mayor es la capacidad del equipo para enfriar un espacio.

Para convertir la capacidad de refrigeración de frig/h a kW, se usa la siguiente relación:

1 frigoría/hora \approx 0.001163 kilovatios

Entonces, para convertir 980,000 frig/h a kW, se hace el siguiente cálculo:

$$\text{kW} = 980,000 \text{ frig/h} \times 0.001163 \text{ kW/frig/h} = 1139.74 \text{ kW} \approx 1140 \text{ kW}$$

Para convertir 1,053,930 frig/h a kW:

$$\text{kW} = 1,053,930 \text{ frig/h} \times 0.001163 \text{ kW/frig/h} = 1225.66 \text{ kW} \approx 1226 \text{ kW}$$

Para convertir 80,000 frig/h a kW:

$$\text{kW} = 80,000 \text{ frig/h} \times 0.001163 \text{ kW/frig/h} = 93.04 \text{ kW} \approx 93 \text{ kW}$$

Para convertir 86,000 frig/h a kW:

$$\text{kW} = 86,000 \text{ frig/h} \times 0.001163 \text{ kW/frig/h} = 100.18 \text{ kW} \approx 100 \text{ kW}$$



Figura 2 y 3: Equipos del sistema de climatización. Fuente Welltech Sustainability Solutions

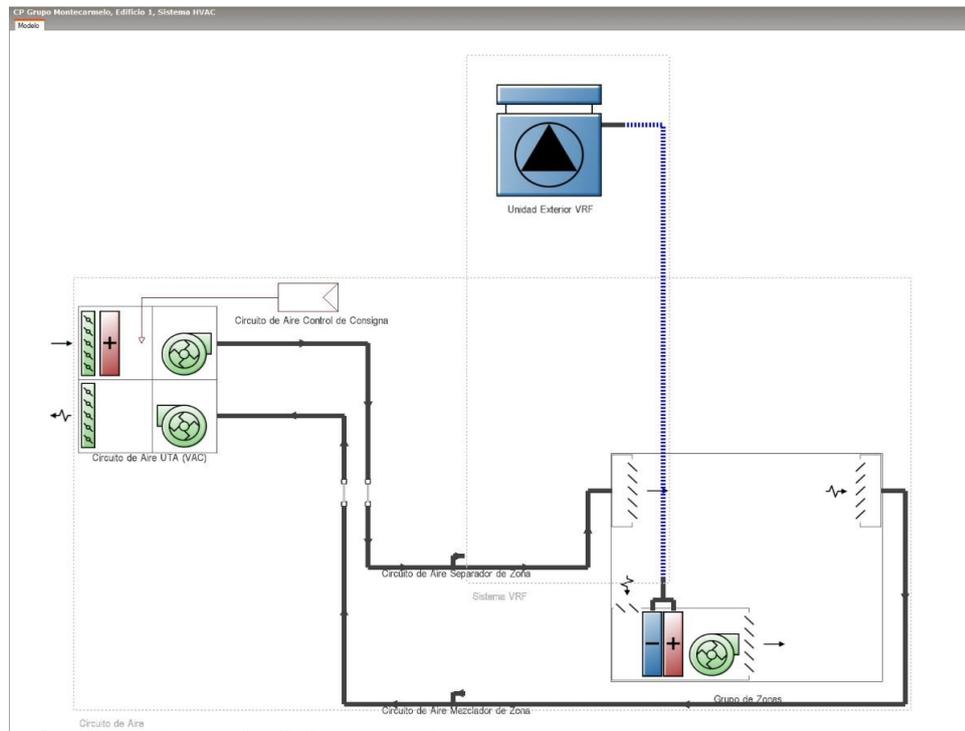


Figura 4: Modelo del sistema de climatización. Fuente Welltech Sustainability Solutions

En 2023, el edificio Monteolmo consumió un total de 589,128 kWh de electricidad. Resulta notorio que la potencia en frío instalada asciende a 1140 kW, alcanzando su carga máxima el 12 de julio a las 16:00 horas, con una demanda pico de 367 kW. Considerando estos datos, se decidió implementar equipos tres veces más potentes.

Además, se identificó que la mayor carga de calor se registra el 23 de diciembre a las 7:00 horas, alcanzando los 280 kW. Con una potencia en calor instalada de 1226 kW, se propone evaluar la eficiencia de los sistemas de calefacción y considerar tecnologías avanzadas para maximizar la eficiencia térmica y minimizar los costes asociados.

Para complementar estas mejoras, se sugiere la sustitución de luminarias fluorescentes por tecnología LED[2], un paso efectivo para reducir el consumo eléctrico en iluminación[3].

Asimismo, la sustitución de unidades de aire acondicionado con recuperación de calor[4], [5]permitirá aprovechar la energía residual y mejorar la eficiencia global del sistema de climatización. Estas medidas no solo contribuirán significativamente a la sostenibilidad ambiental del edificio, sino que también generarán ahorros a largo plazo y crearán un entorno de trabajo más cómodo y eficiente para los ocupantes.

2.2 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

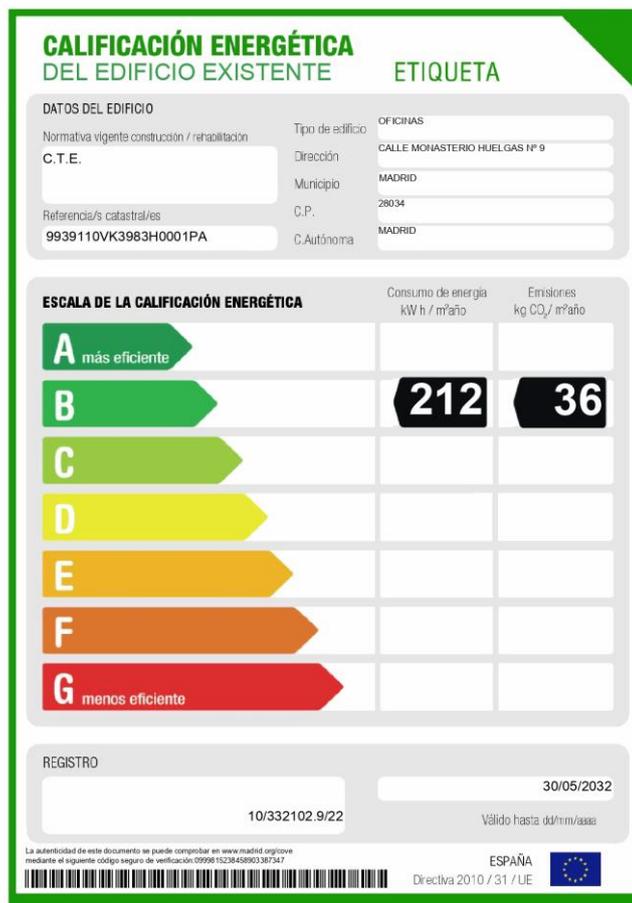


Figura 5: Etiqueta Calificación Energética Edificio Monteolmo. Fuente CP Pinilla

ANEXO II
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Intensidad Alta - 12h
----------------	----	-----	-----------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
 36.4 B	CALEFACCIÓN		ACS	
	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]	B	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	C
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]	10.58	0.98		
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]	B	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año]	A	
	4.84	7.60		

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	34.19	157399.12
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	2.24	10327.73

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
 212.4 B	CALEFACCIÓN		ACS	
	Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]	C	Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	C
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	59.80	5.77		
	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año]	B	Energía primaria iluminación [kWh/m ² año]	A	
	28.58	44.87		

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 74.1 E	 36.3 B
Demanda de calefacción [kWh/m ² año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

Figura 6: Certificado Eficiencia Energética Edificio Monteolmo. Fuente CP Pinilla

2.3 CERTIFICACIÓN LEED

La certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) proporciona una serie de beneficios que varían según el nivel de certificación alcanzado: Certificado, Plata, Oro o Platino. A continuación, se describen los beneficios asociados a cada nivel:[6]

1. Nivel Certificado (40-49 puntos)

- **Reducción de Costes Operativos:** Mejora la eficiencia energética y reduce el consumo de agua, lo que se traduce en menores costes operativos.
- **Cumplimiento Normativo:** Asegura que el edificio cumple con las normativas ambientales básicas y las mejores prácticas de construcción sostenible.
- **Mejora de la Imagen Corporativa:** Obtención de un reconocimiento básico que demuestra el compromiso con la sostenibilidad.

2. Nivel Plata (50-59 puntos)

- **Incremento en el Valor de la Propiedad:** La certificación LEED Plata puede aumentar el valor del edificio debido a la mayor demanda de espacios sostenibles.
- **Mejora de la Salud y Bienestar:** Introducción de mejoras en la calidad del aire interior y el acceso a luz natural, contribuyendo al bienestar de los ocupantes.
- **Incentivos Financieros:** Acceso a posibles incentivos fiscales y subsidios otorgados por gobiernos locales o nacionales.

3. Nivel Oro (60-79 puntos)

- **Ahorro Significativo en Energía y Agua:** Implementación de tecnologías avanzadas de eficiencia energética y gestión del agua, resultando en ahorros significativos.
- **Mayor Retención de Inquilinos:** Los edificios con certificación Oro suelen atraer y retener a inquilinos que valoran la sostenibilidad, lo que puede resultar en tasas de ocupación más altas y contratos de arrendamiento más largos.

- Reconocimiento y Competitividad: Obtención de un reconocimiento superior que puede diferenciar al edificio en un mercado competitivo y atraer a empresas preocupadas por la sostenibilidad.

4. Nivel Platino (80-110 puntos)

- Máxima Eficiencia Operativa: Uso de las mejores prácticas y tecnologías disponibles para alcanzar la máxima eficiencia en el uso de recursos.
- Innovación y Liderazgo: El nivel Platino reconoce la innovación en diseño y operación, posicionando al edificio como un líder en sostenibilidad.
- Impacto Ambiental Mínimo: Reducción significativa del impacto ambiental del edificio a través de la implementación de estrategias avanzadas de gestión de energía, agua y residuos.
- Mayor Valor de Marca y Relaciones Públicas: Asociar la marca con los más altos estándares de sostenibilidad mejora la reputación y puede atraer a clientes y socios comerciales que valoran el compromiso con el medio ambiente.[7]

El edificio Monteolmo presenta una buena oportunidad para obtener la certificación LEED, con inversiones específicas para mejorar la eficiencia energética y la gestión del agua. La colaboración del inquilino actual y las mejoras ya realizadas facilitan el camino hacia una certificación de nivel Plata u Oro. Este TFG fortalecerá considerablemente el enfoque hacia la certificación LEED, marcando un paso significativo hacia la sostenibilidad integral del edificio.[8]

El análisis realizado por WSS REAL ESTATE SL, informe facilitado por CP Pinilla, evalúa la viabilidad de obtener la certificación LEED v4.1 para el edificio de oficinas Monteolmo, ubicado en la calle Monasterio de las Huelgas 9-13, Madrid. Este documento examina tanto la opción de Renovación Mayor bajo LEED CS (Core and Shell) como la operación y mantenimiento continuo bajo LEED EBOM (Existing Buildings: Operations and Maintenance).

El análisis se basa en la información del proyecto de noviembre de 2009 y visitas realizadas. Incluye la descripción de los requisitos de cada crédito y prerrequisito, identificando diferencias con los estándares LEED y proponiendo recomendaciones para su implementación.

El edificio Monteolmo puede optar a la certificación LEED en dos modalidades: LEED EBOM o LEED BD+C Major Renovation. Existe un análisis actualmente en consideración, destinado a proporcionar a CP Pinilla la información necesaria para tomar decisiones fundamentales en el proceso de obtener la certificación LEED CS v4/EBOM [9] para el edificio de Oficinas en la calle Monasterio de las Huelgas 9-13, Madrid. Los prerrequisitos, esenciales para la certificación, y los créditos voluntarios, que pueden elevar el nivel final de certificación, son elementos centrales en esta evaluación.

Para alcanzar la certificación en la modalidad de Renovación Mayor, se requiere mejorar la eficiencia en climatización e iluminación, con una inversión estimada de 500,000 €. Mejoras menores en consumo de agua y auditorías de energía y residuos costarían menos de 10,000 €. Heineken, actual inquilino, ha realizado inversiones que reducen el consumo de energía, lo cual facilita la obtención de un nivel de certificación Plata u Oro. La colaboración con el inquilino es esencial para cumplir con los requisitos LEED y maximizar los puntos posibles.

Capítulo 3. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

3.1 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, la sostenibilidad y la eficiencia energética son prioridades esenciales. Los sistemas de climatización en los edificios juegan un papel crucial en esto. Muchos de estos sistemas utilizan el refrigerante R410A, que tiene un alto potencial de calentamiento global (GWP) de 2088, contribuyendo significativamente al cambio climático. Además, cada vez es más difícil encontrar este refrigerante, y su precio sigue aumentando debido a las regulaciones gubernamentales que buscan limitar su uso.

La Unión Europea, mediante el Reglamento de gases fluorados, está reduciendo la disponibilidad de refrigerantes como el R410A. Estas normativas buscan promover alternativas más ecológicas para proteger el medio ambiente[10]. A nivel global, el Protocolo de Montreal también apoya esta transición para reducir el impacto ambiental.[11]

Realizar un TFG enfocado en la renovación de sistemas de climatización que usan R410A es muy relevante en este contexto. Este proyecto permitiría explorar soluciones más sostenibles que cumplan con las normativas y reduzcan el impacto ambiental de los edificios.

Una alternativa viable es el R32 (difluorometano), que tiene un GWP de 677, mucho menor que el del R410A[12]. Además, el R32 es más eficiente energéticamente y más fácil de reciclar, aunque puede requerir precauciones adicionales por ser ligeramente inflamable.

Es importante destacar que no todos los equipos diseñados para R410A pueden utilizar R32 sin modificaciones. Los sistemas deben ser compatibles con el R32 debido a diferencias en las presiones operativas y la inflamabilidad del refrigerante. Por lo tanto, puede ser necesario cambiar los equipos de climatización o realizar modificaciones significativas para asegurar la compatibilidad y seguridad del sistema.

En este TFG se va a analizar las ventajas y desventajas del R32 y otros refrigerantes, y diseñar un plan para actualizar los sistemas de climatización de manera eficiente y segura. Además, dado que se cambiarán los refrigerantes, se puede aprovechar la oportunidad para realizar un estudio general sobre cómo hacer más eficiente energéticamente el edificio. Mejorar la eficiencia energética no solo reducirá costes, sino que también hará que el edificio sea más atractivo para los clientes debido a su sostenibilidad.

En resumen, reemplazar los sistemas de climatización que usan R410A no solo es necesario por las regulaciones y el impacto ambiental, sino que también puede ser una oportunidad para mejorar la eficiencia energética del edificio, reducir costes y atraer más clientela al promoverse como un edificio sostenible. Este TFG proporcionará una guía para hacer esta transición de manera efectiva y responsable.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 SUSTITUCIÓN DEL LÍQUIDO REFRIGERANTE R410A

- **Evaluar alternativas ecológicas:** Investigar y seleccionar refrigerantes alternativos al R410A que sean más sostenibles y eficientes energéticamente, como el R32.
- **Reducción del impacto ambiental:** Implementar el uso de un refrigerante con menor Potencial de Calentamiento Global (GWP) y menor Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP), contribuyendo a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- **Análisis de viabilidad:** Estudiar la viabilidad de la sustitución del refrigerante en el sistema actual de climatización del edificio.

3.2.2 REDUCCIÓN DE GASTOS EN ILUMINACIÓN

- **Implementación de tecnología LED:** Sustituir las luminarias tradicionales por tecnología LED de alta eficiencia, que consume menos energía y tiene una mayor vida útil.

- Sistemas de control de iluminación: Instalar sistemas de control de iluminación, como sensores de presencia y de luz natural, para optimizar el uso de la luz artificial y reducir el consumo energético.

3.2.3 MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA CLIMATIZACIÓN

- Optimización del sistema de climatización: Evaluar y mejorar el rendimiento del sistema de climatización existente mediante el uso de tecnologías avanzadas, como sistemas de climatización zonificada y control automático de temperatura.
- Aislamiento térmico: Mejorar el aislamiento térmico del edificio para reducir las pérdidas de calor en invierno y el ingreso de calor en verano, disminuyendo así la carga térmica del sistema de climatización.
- Energías renovables: Evaluar la integración de fuentes de energía renovable, como paneles solares térmicos o fotovoltaicos, para cubrir parte de la demanda energética del sistema de climatización.

3.2.4 MEJORAR LA SOSTENIBILIDAD GENERAL DEL EDIFICIO

- Certificación energética: Trabajar hacia la obtención de certificaciones de sostenibilidad y eficiencia energética, en este caso LEED, para validar y comunicar las mejoras realizadas.
- Gestión eficiente del agua: Implementar sistemas de gestión eficiente del agua, como grifos y sanitarios de bajo consumo, y aprovechar el agua de lluvia para usos no potables.

3.3 METODOLOGÍA

La metodología seguida en este TFG se estructuró en varios hitos clave que abarcaban desde la selección del tema hasta la presentación de los resultados finales. En la primera etapa, se realizó la selección del tema y justificación, donde se identificó la importancia de la eficiencia energética en edificios de oficinas a través de una revisión de literatura exhaustiva, definiendo así los objetivos específicos del estudio.

En la fundamentación teórica, se analizó una amplia gama de investigaciones previas sobre eficiencia energética en edificios de oficinas, identificando lagunas en el conocimiento existente. Posteriormente, en la etapa de recopilación de datos, se definieron claramente los objetivos de recopilación y se seleccionaron las fuentes y métodos más apropiados para la obtención de datos, implementando un protocolo riguroso para asegurar la calidad y validez de los datos recolectados.

El análisis de los datos involucró una exploración inicial de los mismos mediante análisis descriptivos para comprender su distribución y patrones, seguido de la aplicación de métodos específicos como pruebas de hipótesis y análisis de regresión. Los resultados fueron validados mediante técnicas de verificación y comparación para asegurar su fiabilidad.

Finalmente, en la etapa de presentación de resultados, discusión, conclusiones, recomendaciones y trabajos futuros, se presentaron los hallazgos en relación con la literatura existente, formulando conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos e identificando posibles áreas para futuras investigaciones.

Para llevar a cabo esta metodología, se emplearon diversas herramientas, destacando el uso de Excel para la organización y análisis de datos, así como para la creación de tablas y gráficos. Además, se utilizó AutoCAD para la elaboración de planos detallados del edificio, lo que facilitó la visualización y planificación de las mejoras en eficiencia energética. Un protocolo de recolección de datos fue desarrollado específicamente para asegurar la calidad y validez de los datos obtenidos, lo que garantizó una base sólida para las conclusiones y recomendaciones presentadas en el TFG.

A continuación, se incluye tabla donde se puede ver la organización y distribución del trabajo realizado para el TFG a lo largo del curso.

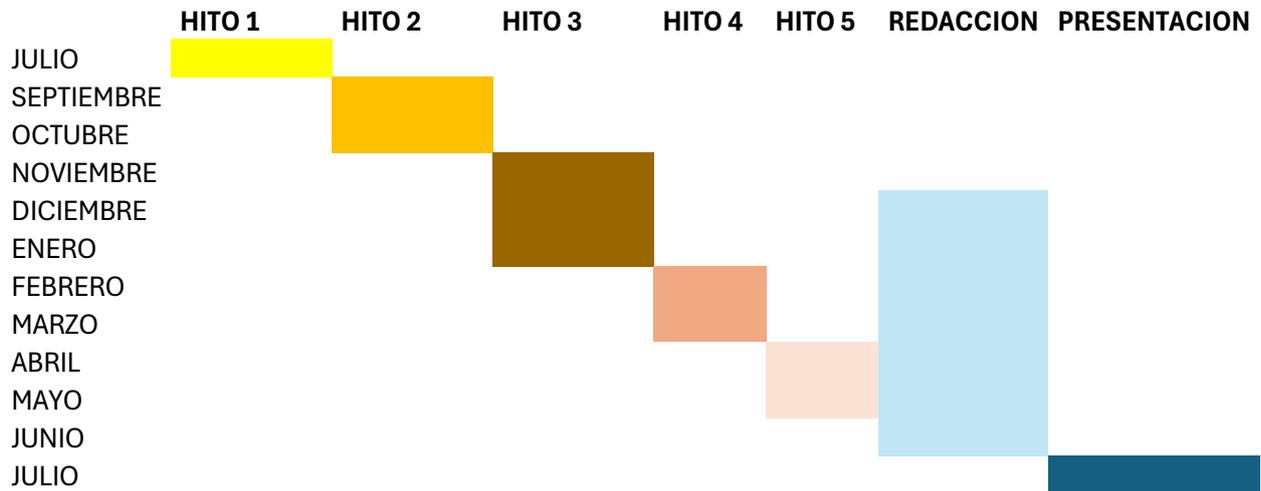


Tabla 2: Metodología de trabajo. Fuente Excel

Capítulo 4. SISTEMA/MODELO DESARROLLADO

A continuación, presentaré diversas modificaciones que pueden implementarse en el edificio para mejorar su eficiencia energética. Estos cambios incluyen desde la actualización de sistemas de iluminación y climatización hasta la mejora en el aislamiento térmico y la integración de tecnologías de energía renovable. Cada medida propuesta busca no solo reducir el consumo de energía, sino también optimizar los costes operativos y promover prácticas sostenibles que beneficien tanto el ambiente como a los usuarios del edificio.

4.1 SUSTITUCIÓN DE LÍQUIDO REFRIGERANTE EN EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN

El objetivo inicial de este Trabajo de Fin de Grado (TFG) es estudiar la viabilidad del cambio del líquido refrigerante R410A por R32 en los sistemas de climatización existentes. Este cambio responde a la necesidad de reducir el impacto ambiental y cumplir con las normativas cada vez más estrictas en cuanto a eficiencia energética y emisiones de gases de efecto invernadero.

4.1.1 RAZONES PARA EL CAMBIO DE R410A A R32

1. Eficiencia Energética:

- El R32 tiene una mayor eficiencia energética en comparación con el R410A, lo que permite que los equipos funcionen de manera más eficiente y consuman menos electricidad.

2. Impacto Ambiental:

- El potencial de calentamiento global (GWP) del R32 es aproximadamente un tercio del GWP del R410A. Esto significa que el R32 contribuye significativamente menos al cambio climático.

3. Normativas y Regulaciones:

- Las regulaciones europeas, como la F-Gas Regulation, están impulsando la transición hacia refrigerantes con menor GWP. El uso de R32 ayuda a cumplir con estas normativas.

4.1.2 VIABILIDAD DEL CAMBIO

Para evaluar la viabilidad del cambio de R410A a R32, es necesario considerar varios aspectos:

1. Compatibilidad de los Equipos Existentes:

- Evaluación Técnica: No todos los equipos diseñados para R410A son compatibles con R32 debido a diferencias en propiedades físicas y químicas. Es esencial realizar una evaluación técnica para determinar si los equipos existentes pueden ser adaptados. Puede ser que los equipos no toleren las diferencias de presión y sea necesario cambiarlos para utilizar líquido refrigerante R32. Lo mejor para esto es hablar con el fabricante de los equipos, en este caso Mitsubishi Electric.
- Reemplazo de Componentes: En algunos casos, pueden ser necesarios cambios en componentes específicos como compresores, válvulas de expansión y tuberías.

2. Costes de Instalación:

- Adaptación de Equipos Existentes: Si los equipos pueden ser adaptados, los costes incluyen la mano de obra y los materiales necesarios para realizar las modificaciones.
- Sustitución de Equipos: Si los equipos no son compatibles, se deberá considerar el coste de adquisición e instalación de nuevos equipos diseñados para R32.

3. Subvenciones y Ayudas en España y Madrid:

- Planes Nacionales y Regionales: En España, existen programas de subvenciones para la mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisiones. En Madrid, el Plan Renove de Instalaciones de Climatización puede ofrecer ayudas específicas para estos cambios.

4.1.3 EVALUACIÓN DE EQUIPOS EXISTENTES

Los climatizadores instalados en la oficina tienen una capacidad de 6680 m³/h cada uno, dotados de recuperadores de rueda y baterías de expansión directa con unidades exteriores dedicadas. La superficie de la oficina es de aproximadamente 3398 m², con un caudal total de 13360 m³/h.

1. Estado Actual de los Equipos:

Actualmente, los climatizadores no presentan ninguna fuga de refrigerante. Por tanto, no es necesario hacer el cambio inmediato del R410A a R32, ya que implicaría un elevado coste sin una justificación técnica

La extracción segura del líquido refrigerante R410A de los sistemas de climatización requiere de técnicos cualificados y el uso de equipos especializados. Para realizar este proceso se necesita la preparación adecuada, que incluye el uso de equipo de protección personal (EPP) y la verificación de herramientas y equipos de recuperación. Se emplean unidades de recuperación de refrigerante, tanques de recuperación aprobados, manómetros específicos para R410A, mangueras compatibles, una bomba de vacío y un detector de fugas para asegurar que el proceso se realice de manera segura y eficiente.

Los pasos incluyen apagar el sistema de climatización, conectar la unidad de recuperación al sistema, y extraer el R410A de manera controlada. El refrigerante es almacenado temporalmente en tanques de recuperación y luego manejado según las normativas ambientales. Para obtener más información acerca de este proceso, se recomienda consultar fuentes como el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)[13], la Asociación Española del Frío y sus Tecnologías (AEFYT)[14], y guías técnicas de fabricantes de equipos como Daikin[15] y Mitsubishi Electric[16].

2. Procedimiento en Caso de Fuga:

En el momento en que se detecte una fuga, se procederá a la reparación del sistema y se utilizará líquido refrigerante R32 en lugar de R410A. La fuga permitirá aprovechar la transición a un refrigerante más eficiente y con menor impacto ambiental. Pero como ya hemos comentado anteriormente, mientras los equipos funcionen correctamente no se cambiará el líquido ya que supone unos costes muy elevados.

Además, como veremos en el siguiente capítulo, para cambiar el líquido refrigerante es necesario cambiar los equipos por lo que el coste de esta transición es alto.

4.1.4 SUBVENCIONES DISPONIBLES

1. Subvenciones Nacionales:

- IDAE: El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) ofrece subvenciones y financiamiento para proyectos que mejoren la eficiencia energética en edificios.[13]
- Plan Renove: Algunos programas nacionales pueden incluir subvenciones específicas para la sustitución de equipos de climatización por otros más eficientes.[17]

2. Subvenciones en Madrid:

- Plan Renove de Instalaciones de Climatización: Este programa específico de la Comunidad de Madrid ofrece ayudas para la renovación de sistemas de climatización, promoviendo el uso de refrigerantes más eficientes y menos contaminantes. Según he estado viendo, en un principio pone que son calderas individuales por lo que no creo que valga para un edificio de oficinas. De todas formas, se recomienda investigar más acerca del tema. [18]

En conclusión, el cambio del refrigerante R410A por R32 en los sistemas de climatización ofrece claros beneficios en términos de eficiencia energética y reducción del impacto ambiental. Sin embargo, la viabilidad del cambio depende de la existencia de fugas en los

equipos. Actualmente, dado que no hay fugas, no es necesario realizar el cambio inmediato debido a los elevados costes asociados y a la complejidad del proceso de cambio. En caso de que se detecten fugas, se procederá al cambio de equipo con líquido refrigerante R32, aprovechando las subvenciones disponibles para reducir los costos y promover una transición a tecnologías más sostenibles y eficientes.

4.2 VENTANAS

El primer elemento que hay que analizar de manera apreciable es el comportamiento del edificio como demandante de energía (lumínica y térmica).

En cuanto a la necesidad de demandar energía para iluminación, la arquitectura del edificio es muy beneficiosa. Es un edificio de 12 m de anchura con fachadas principales con alta luminosidad, como son este y oeste. Quizá el principal problema pueda derivar del posible deslumbramiento por radiación solar directa, pero la existencia de cortinas disminuye dicho problema.

En cuanto a la demanda térmica, el principal problema lo genera la gran superficie acristalada. En un doble sentido:

- En invierno, el vidrio (al tener mayor conductividad térmica) se convierte en una fuente de pérdidas y en una superficie fría radiante que resulta molesta a los usuarios.
- En verano, la entrada de radiación solar provoca un aumento en las necesidades de refrigeración. Además, el principal problema de la radiación solar es que el aire es transparente a la misma. Es decir, calienta los objetos sobre los que incide. En este caso las personas. Como consecuencia de ello se acaba solicitando una bajada de temperatura en la sala por parte de los usuarios que redundará en un consumo mayor.

Existen diferentes alternativas que puedan resolver este aspecto.

4.2.1 INCORPORACIÓN DE LÁMINA PROTECTORA DE VIDRIO

La de menor impacto estético y económico es, sin duda, la incorporación de una lámina protectora exterior sobre el vidrio. El vidrio actual tiene un factor solar bastante bueno: 0,32[19]. Reducir este factor solar se puede hacer con un film protector exterior sobre el vidrio que genere un factor solar de hasta 0,15[20]. Se estima un coste de aproximadamente 30 € por metro cuadrado de vidrio[21]. La superficie total que tratar se estima en unos 2560 m². Aunque, en principio, lo mejor es limitar el tratamiento a las fachadas sur y oeste (donde el sol radia más). De esta manera la superficie sería la mitad. La inversión resultaría del orden de 38.400 € ($\frac{30 \text{ €/m}^2 \times 2560 \text{ m}^2}{2} = 38.400 \text{ €}$). En cuanto al ahorro producido, se considera que toda la radiación solar en los meses de mayo a octubre en las fachadas sur y oeste genera una demanda de refrigeración que según el fichero climático empleado en el Calener la radiación solar recibida en estos meses es de 1457,6 MWh. Calener es una herramienta informática desarrollada en España que permite la evaluación y certificación de la eficiencia energética de edificios, utilizada para cumplir con la normativa del Código Técnico de la Edificación (CTE)[22]. Dado que el factor solar pasa de 0,32 a 0,15 el ahorro en demanda de refrigeración es de 247,78 MWh en el año. Considerando un rendimiento estacional del sistema de refrigeración de 3 (este valor indicaría una eficiencia estándar)[23] resultan 82,6 MWh de energía, lo que, con una tarifa de 0,15 €/kWh es un ahorro de 12.388 € al año. Como consecuencia de todo lo anterior, el período de amortización de la inversión en la incorporación de láminas de protección solar es de alrededor de 3 años.

4.2.2 VENTANAS CON TRIPLE ACRISTALAMIENTO

Por otro lado, implementar ventanas de triple acristalamiento en un edificio de oficinas puede tener múltiples beneficios, especialmente en términos de eficiencia energética, confort y reducción de ruidos [24] . Las principales razones por las que considerar esta opción son: [25]

1. Ahorro Energético:

- **Aislamiento Térmico:** El triple acristalamiento proporciona un aislamiento térmico superior en comparación con el doble acristalamiento. Esto significa que en invierno se pierde menos calor y en verano se gana menos calor del exterior, reduciendo la necesidad de calefacción y aire acondicionado.
- **Eficiencia Energética:** La mejora en el aislamiento térmico puede reducir significativamente los costes de energía, lo cual es beneficioso tanto económicamente como para el medio ambiente.

2. Confort Interior:

- **Temperatura Constante:** Mantener una temperatura interior más constante y confortable, sin las fluctuaciones que pueden ocurrir con acristalamientos menos eficientes.
- **Reducción de Condensación:** Menos problemas de condensación en las ventanas, que pueden provocar problemas de humedad y moho.

3. Reducción del Ruido:

- **Aislamiento Acústico:** El triple acristalamiento es más efectivo en la reducción del ruido exterior, creando un ambiente de trabajo más tranquilo y productivo.

4. Seguridad:

- **Mayor Seguridad:** Las ventanas de triple acristalamiento son más difíciles de romper, proporcionando una mayor seguridad contra intrusiones.

El coste del vidrio de triple acristalamiento suele estar en el rango de 150 a 250 euros por metro cuadrado, dependiendo de la calidad y las características adicionales como recubrimientos especiales. Los costes de instalación pueden variar, pero generalmente se

encuentran entre 50 y 100 euros por metro cuadrado. Esto incluye la mano de obra y otros materiales necesarios para la instalación.[26]

Supongamos un coste promedio para el vidrio de 200 euros por metro cuadrado y un coste de instalación de 75 euros por metro cuadrado, considerando solo la fachadas sur y oeste al igual que en el cálculo de la posible incorporación de una lámina protectora de vidrio:

- Coste del Vidrio: $1280 \text{ m}^2 * 200 \text{ €/m}^2 = 256.000 \text{ euros}$
- Coste de Instalación: $1280 \text{ m}^2 * 75 \text{ €/m}^2 = 96.000 \text{ euros}$

La inversión total por realizar sería de 352.000 euros. Este gasto es solo el coste de instalación de la ventana, tendríamos que sumarle el gasto por cambio de carpintería ya que para instalar las ventanas de triple acristalamiento tenemos que cambiar la carpintería de todas las ventanas debido a las diferencias de peso y tamaño frente a las ventanas actuales.

4.3 CLIMATIZACIÓN

La instalación de climatización actual consiste en un sistema VRV con recuperación de calor. Un sistema VRV (Volumen de Refrigerante Variable) con recuperador de calor es un tipo de aire acondicionado que permite el control individualizado de la temperatura en múltiples zonas y recicla el calor extraído de unas áreas para calentar otras, optimizando así la eficiencia energética.[27], [28]

Respecto a la ventilación, la disposición de las unidades interiores es en fachadas este-oeste, de manera que es de suponer que la recuperación de calor se maximiza y se obtienen buenos rendimientos de los equipos.

El sistema dispone de dos climatizadores (atienden medias plantas en vertical cada uno de ellos) dotados de recuperadores de rueda de alto rendimiento y de baterías de expansión directa que se emplean en condiciones extremas y en los arranques iniciales.

Los recuperadores de rueda de alto rendimiento, también conocidos como intercambiadores de calor rotativos, son dispositivos utilizados en sistemas de ventilación para mejorar la eficiencia energética. Funcionan recuperando el calor o el frío del aire expulsado del edificio y transfiriéndolo al aire fresco entrante, reduciendo así la energía necesaria para acondicionar el aire nuevo. Este tipo de recuperador consiste en una rueda giratoria que alterna entre el flujo de aire saliente y entrante, lo que permite una transferencia de energía muy eficiente.[29]

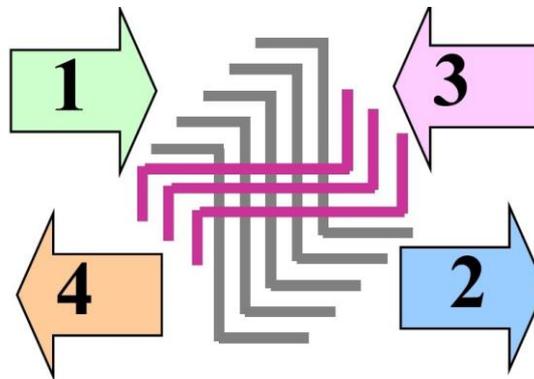


Figura 7: Intercambiador de calor rotativo. Fuente Renair, Artículo LinkedIn.

Las baterías de expansión directa son componentes de sistemas de climatización donde el refrigerante se evapora directamente en el intercambiador de calor (batería) para absorber calor del aire que pasa sobre él. Este tipo de sistema se utiliza tanto en unidades de aire acondicionado como en bombas de calor. En la expansión directa, el refrigerante pasa directamente desde la válvula de expansión al evaporador (batería), donde cambia de estado absorbiendo calor del aire que se quiere enfriar o deshumidificar. [30]

Para arreglar el actual problema con la climatización se recomienda el uso de sistemas de zonificación.

4.3.1 SISTEMAS DE ZONIFICACIÓN

Los sistemas de zonificación en HVAC (Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) dividen un edificio en áreas con control independiente de temperatura, mejorando la

eficiencia energética al ajustar las condiciones según las necesidades específicas de cada zona. Utilizan unidades de climatización para regular el flujo de aire. Esto no solo ahorra energía, sino que también ofrece más confort personalizado a los ocupantes adaptando las condiciones según cada parte del edificio.[31]

Las necesidades reales para garantizar un aire de calidad suficiente son menores en la mayoría de las horas. Por este motivo son cada vez más frecuentes los sistemas de ventilación según demanda. Estos sistemas ventilan el edificio en función de la calidad del aire medida en los mismos. Para convertir la instalación en un sistema de este tipo bastará con disponer una sonda de calidad de aire [32] en extracción y otra en el exterior y dotar de variadores de velocidad al ventilador. El caudal se incrementará o disminuirá en función de garantizar esta calidad de aire interior.

Una sonda de calidad de aire es un dispositivo que mide parámetros como CO₂, partículas y humedad para monitorear y mantener la calidad del aire en interiores y exteriores, crucial para sistemas HVAC y para la salud pública y ambiental.[33]

4.4 INSTALACIÓN SOLAR

4.4.1 PANELES SOLARES

La instalación de paneles solares puede reducir significativamente los costes de electricidad de una oficina. Al generar su propia energía, la oficina depende menos de la red eléctrica, lo que puede traducirse en ahorros sustanciales en las facturas de electricidad. Aunque la inversión inicial en paneles solares puede ser alta, los ahorros en costes energéticos y las posibles subvenciones o incentivos pueden hacer que el retorno de la inversión sea atractivo. En muchos casos, los paneles solares pueden pagarse por sí mismos en un plazo de 5 a 10 años.

Los paneles solares reducen la huella de carbono de la oficina al disminuir la dependencia de fuentes de energía fósil. Esto contribuye a la lucha contra el cambio climático y mejora la imagen corporativa de la empresa como una entidad responsable y comprometida con el

medio ambiente. Además, generar energía propia proporciona una mayor independencia energética y protege contra fluctuaciones en los precios de la electricidad. También puede asegurar un suministro continuo de energía en caso de cortes en la red eléctrica.[34], [35]

Desde el punto de vista de CP Pinilla, como propietario del edificio, las propiedades con instalaciones de energía solar suelen tener un valor de mercado más alto. Esto se debe a la reducción de los costes operativos y al atractivo de la sostenibilidad para futuros compradores o inquilinos.

4.4.2 VENTANAS SOLARES

La instalación de ventanas solares en un edificio de oficinas puede ofrecer varios beneficios significativos, aunque es importante considerar algunos aspectos clave:[36], [37]

- **Eficiencia Energética:** Las ventanas solares actúan como generadores de electricidad y al mismo tiempo mejoran la eficiencia energética del edificio al regular la transmisión de luz y calor. Esto puede contribuir a la reducción del consumo de energía eléctrica y de los costes operativos del edificio.
- **Sostenibilidad:** Al generar electricidad a partir de energía solar, las ventanas solares ayudan a reducir la huella de carbono del edificio y promueven prácticas empresariales sostenibles, lo cual puede mejorar la imagen corporativa y cumplir con regulaciones ambientales cada vez más estrictas.
- **Estética y Diseño Integrado:** Las ventanas solares pueden integrarse estéticamente en la fachada del edificio, proporcionando una apariencia moderna y tecnológica. Esto puede ser beneficioso para la imagen corporativa y para mejorar el ambiente laboral al permitir la entrada de luz natural.
- **Rentabilidad a Largo Plazo:** Aunque inicialmente pueden ser más costosas que las ventanas convencionales, las ventanas solares pueden ofrecer un retorno de la inversión atractivo a lo largo del tiempo, especialmente con el ahorro en gastos de energía y posibles incentivos fiscales y financieros disponibles en algunas regiones.
- **Consideraciones Técnicas:** Es importante evaluar la viabilidad técnica del proyecto, incluyendo la orientación del edificio, la capacidad de carga eléctrica disponible y la

integración con otros sistemas de energía renovable o de eficiencia energética que pueda tener el edificio.

En términos de subvenciones específicas para ventanas solares, generalmente no hay programas amplios disponibles como los que existen para paneles solares. Sin embargo, algunos proyectos innovadores y de demostración pueden recibir apoyo financiero o técnico a través de programas de investigación y desarrollo, iniciativas locales o regionales de eficiencia energética, o fondos específicos para tecnologías renovables en edificios.

4.5 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

Añadir una bomba de calor geotérmica a un edificio de oficinas en Madrid tiene varias ventajas significativas, tanto en términos económicos como medioambientales. Además, existen subvenciones y ayudas gubernamentales que pueden facilitar la implementación de este tipo de sistemas.[13], [38], [39], [40], [41]

4.5.1 VENTAJAS DE LA BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

1. Eficiencia Energética:

- Las bombas de calor geotérmicas son altamente eficientes, con coeficientes de rendimiento (COP) que pueden ser de 3 a 5, lo que significa que producen 3 a 5 veces más energía de la que consumen.
- Funcionan todo el año, proporcionando tanto calefacción en invierno como refrigeración en verano.

2. Reducción de Costes Operativos:

- Aunque la instalación inicial puede ser costosa, los costes operativos son significativamente menores debido a la alta eficiencia energética.
- Ahorro en facturas de energía a largo plazo, ya que las bombas de calor geotérmicas utilizan energía renovable y gratuita del subsuelo.

3. Sostenibilidad Ambiental:

- Reducción de las emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.
- Menor impacto ambiental comparado con sistemas de calefacción y refrigeración tradicionales basados en combustibles fósiles.

4. Confort y Consistencia:

- Proporciona una temperatura constante y confortable en todo el edificio.
- Menos ruido y vibraciones comparado con sistemas convencionales de calefacción y refrigeración.

5. Durabilidad y Mantenimiento:

- Las bombas de calor geotérmicas suelen tener una vida útil más larga que los sistemas tradicionales.
- Menos componentes móviles y exposición a los elementos, lo que reduce los costes y la necesidad de mantenimiento.

4.5.2 SUBVENCIONES Y AYUDAS GUBERNAMENTALES

El gobierno de España, así como la Comunidad de Madrid, ofrecen varias ayudas y subvenciones para fomentar la instalación de sistemas de energía renovable, incluyendo las bombas de calor geotérmicas. Algunas de las ayudas disponibles incluyen:

1. Programa de Incentivos a la Rehabilitación Energética de Edificios (PREE):
 - Este programa ofrece ayudas para la mejora de la eficiencia energética de edificios existentes, incluyendo la instalación de sistemas de calefacción y refrigeración eficientes como las bombas de calor geotérmicas.

- La cuantía de la ayuda puede variar dependiendo del tipo de actuación y el ahorro energético conseguido.
- 2. Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER):
 - Proporciona financiación para proyectos que promuevan la eficiencia energética y el uso de energías renovables.
 - Empresas y edificios pueden beneficiarse de estas ayudas para la implementación de bombas de calor geotérmicas.
- 3. Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia:
 - Parte de los fondos europeos Next Generation EU, que están destinados a proyectos sostenibles, incluyendo la implementación de tecnologías de energía renovable.
 - Ofrece subvenciones y financiación para proyectos de mejora de la eficiencia energética y la reducción de emisiones.
- 4. Subvenciones Autonómicas y Locales:
 - La Comunidad de Madrid puede tener programas específicos para fomentar el uso de energías renovables.
 - Ayudas locales del Ayuntamiento de Madrid pueden estar disponibles para proyectos que mejoren la sostenibilidad de los edificios de oficinas.

4.6 GESTIÓN EFICIENTE DEL AGUA

Instalar un sistema de gestión eficiente del agua en un edificio de oficinas tiene múltiples ventajas, tanto económicas como medioambientales.

4.6.1 AHORRO ECONÓMICO

- Reducción de Costes: Disminuye el consumo de agua y, por lo tanto, reduce las facturas de agua.
- Mantenimiento: Mejora la vida útil de los equipos y sistemas de fontanería, reduciendo los costes de mantenimiento y reparación.

4.6.2 SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

- Conservación del Agua: Minimiza el desperdicio de agua, ayudando a conservar un recurso natural vital.
- Reducción de la Huella Hídrica: Menor consumo de agua contribuye a una reducción significativa de la huella hídrica del edificio.

4.6.3 CUMPLIMIENTO NORMATIVO

- Regulaciones: Cumplir con las normativas ambientales y de eficiencia hídrica puede evitar multas y sanciones.
- Certificaciones: Facilita la obtención de certificaciones de sostenibilidad como LEED o BREEAM. En este caso CP Pinilla persigue la certificación LEED.

4.6.4 RESPONSABILIDAD SOCIAL CORPORATIVA (RSC)

- Imagen Corporativa: Mejora la percepción pública de la empresa como responsable y comprometida con el medio ambiente.
- Engagement: Fomenta un entorno de trabajo consciente y comprometido con la sostenibilidad entre empleados y visitantes.

4.6.5 TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

- Integración de Sistemas: La implementación de tecnologías avanzadas, como sensores y sistemas de monitoreo, permite un control preciso y una optimización constante del uso del agua.
- Innovaciones: Facilita la adopción de prácticas innovadoras en la gestión de recursos, promoviendo un entorno empresarial moderno y eficiente.

Para calcular los costes de instalación de un sistema de gestión eficiente del agua para una oficina de aproximadamente 3,398 m² con un caudal total de 13,360 m³/h, consideraremos varias tecnologías y componentes del sistema, como la recolección de agua de lluvia, la reutilización de aguas grises, y la instalación de dispositivos eficientes. A continuación, se presentan los componentes y costes estimados:

4.6.6 COMPONENTES DEL SISTEMA DE GESTIÓN EFICIENTE DEL AGUA

1. Recolección de Agua de Lluvia:

- Tanques de Almacenamiento: Para una superficie de 3,398 m², se necesitarían tanques con una capacidad considerable.
- Sistemas de Filtración: Para asegurar que el agua recolectada sea apta para usos no potables.
- Sistema de Bombeo y Distribución: Para distribuir el agua recolectada.

2. Reutilización de Aguas Grises:

- Sistema de Recolección y Filtrado: Recoge y filtra el agua proveniente de lavabos y duchas.
- Tanques de Almacenamiento y Tratamiento: Equipos necesarios para almacenar y tratar las aguas grises.

3. Instalación de Dispositivos Eficientes:

- Inodoros y Grifos de Bajo Consumo: Equipos de fontanería eficientes en el uso del agua.
- Sensores y Válvulas Automáticas: Para controlar el flujo de agua y minimizar el desperdicio.

4. Monitoreo y Control:

- Sistemas de Monitoreo: Sensores y sistemas para monitorear el uso del agua y detectar fugas.
- Software de Gestión: Para analizar el consumo y optimizar el uso del agua.

4.6.7 ESTIMACIÓN DE COSTES

Los costes pueden variar según los precios locales, la complejidad de la instalación y los tipos de tecnologías utilizadas. A continuación, se presenta una estimación general de los costes:

1. Recolección de Agua de Lluvia:

- Tanques de almacenamiento (50,000 - 100,000 litros): 20.000 – 50.000 euros.
- Sistemas de filtración y bombeo: 10.000 – 20.000 euros.
- Instalación y conexión: 5.000 – 15.000 euros.
- Total estimado: 35.000 – 85.000 euros.

2. Reutilización de Aguas Grises:

- Sistema de recolección y filtrado: 10.000 – 20.000 euros.
- Tanques de almacenamiento y tratamiento: 15.000 – 30.000 euros.

- Instalación y conexión: 5.000 – 15.000 euros.
- Total estimado: 30.000 – 65.000 euros.

3. Instalación de Dispositivos Eficientes:

- Inodoros y grifos de bajo consumo (para una oficina grande): 10.000 – 25.000 euros.
- Sensores y válvulas automáticas: 5.000 – 10.000 euros.
- Total estimado: 15.000 – 35.000 euros.

4. Monitoreo y Control:

- Sistemas de monitoreo: 5.000 – 10.000 euros.
- Software de gestión: 3.000 – 7.000 euros.
- Total estimado: 8.000 – 17.000 euros.

5. Coste Total Estimado

Sumando los costes de todos los componentes, el coste total estimado es entre 88.000 y 200.00 euros.

Estos costes son aproximados y pueden variar en función de factores específicos del proyecto, como el diseño del edificio, la calidad de los materiales y la mano de obra local. Para obtener una estimación precisa, se recomienda contactar a profesionales en ingeniería hidráulica y empresas especializadas en sistemas de gestión del agua.

4.7 ILUMINACIÓN

4.7.1 SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

Los sistemas de control de iluminación en oficinas son tecnologías diseñadas para gestionar la iluminación de manera eficiente y efectiva. Estos sistemas pueden variar desde simples interruptores programables hasta soluciones más avanzadas que utilizan sensores de movimiento, sensores de luz natural, y software de gestión.[42], [43], [44]

Ventajas de los sistemas de control de iluminación en oficinas:

1. Ahorro Energético:

- **Optimización del Uso de Energía:** Los sistemas de control permiten ajustar la iluminación en función de la ocupación y la cantidad de luz natural disponible, reduciendo el consumo energético innecesario.
- **Reducción de Costes:** La disminución en el consumo de electricidad se traduce directamente en una reducción de los costes operativos.

2. Mejora en el Confort y la Productividad:

- **Iluminación Adaptable:** La capacidad de ajustar los niveles de iluminación según las necesidades específicas de las tareas y las preferencias personales puede mejorar el confort visual y aumentar la productividad.
- **Ambiente de Trabajo Saludable:** La correcta gestión de la iluminación puede reducir la fatiga visual y otros problemas relacionados con una iluminación inadecuada.

3. Automatización y Flexibilidad:

- **Sensores de Movimiento y Presencia:** Estos sensores aseguran que las luces se enciendan solo cuando hay personas presentes, apagándose

automáticamente cuando no hay actividad, lo que contribuye al ahorro de energía.

- Programación Horaria: Los sistemas pueden programarse para encenderse y apagarse a determinadas horas del día, adaptándose a horarios de trabajo específicos y evitando el uso innecesario durante horas no laborables.

4. Sostenibilidad y Responsabilidad Ambiental:

- Reducción de la Huella de Carbono: Al disminuir el consumo de energía, también se reduce la emisión de gases de efecto invernadero asociados con la generación de electricidad.
- Cumplimiento de Normativas: Muchos países tienen regulaciones y normativas que promueven la eficiencia energética. Los sistemas de control de iluminación pueden ayudar a cumplir con estas regulaciones.

5. Mayor Vida Útil de las Luminarias:

- Uso Eficiente: Al utilizar la iluminación solo cuando es necesaria, se reduce el desgaste de las luminarias, extendiendo su vida útil y reduciendo los costes de mantenimiento y reemplazo.

6. Integración con Otros Sistemas de Gestión:

- Sistemas de Gestión de Edificios (BMS): Los sistemas de control de iluminación pueden integrarse con sistemas de gestión de edificios, permitiendo un control centralizado y una gestión más eficiente de todos los recursos del edificio.
- Automatización del Edificio: Integrar la iluminación con sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) permite una optimización global del consumo energético.

7. Mejora de la Seguridad:

- **Iluminación de Emergencia:** Los sistemas avanzados pueden incluir configuraciones para iluminación de emergencia, mejorando la seguridad en caso de evacuaciones o situaciones de emergencia.
- **Detección y Prevención:** La integración de sensores de movimiento puede contribuir a la seguridad, detectando la presencia de personas fuera del horario normal y activando las luces o sistemas de alarma.

Para calcular el coste de instalación de un sistema de zonificación de luz en un edificio de oficinas con 216 luminarias, incluyendo 44 downlights de 2x26 en la zona perimetral, necesitaremos considerar varios factores:

- **Coste del sistema de zonificación:** Incluye el coste de los dispositivos de control, sensores y otros componentes necesarios.
- **Coste de instalación:** Mano de obra para la instalación del sistema.
- **Ahorro energético anual:** Basado en la eficiencia del sistema de zonificación y el tiempo de operación de las luces.

PASO 1: CÁLCULO DE LAS HORAS DE OPERACIÓN

En un informe aportado por Welltech Sustainability Solutions, se menciona que las luces están encendidas desde las 6 de la mañana hasta las 10 de la noche, es decir, 16 horas al día. Con 246 días laborables, esto supone:

Horas de operación anuales=16 horas/día×246 días=3936 horas/año

PASO 2: COSTE DEL SISTEMA DE ZONIFICACIÓN

El coste de un sistema de zonificación puede variar significativamente dependiendo del fabricante y la complejidad del sistema. Sin embargo, podemos hacer una estimación aproximada.

- Coste por luminaria: Supongamos que el coste promedio de un controlador de luz para cada luminaria es de 100 euros.
- Coste de sensores y otros dispositivos: Si necesitamos un sensor por cada 10 luminarias, y cada sensor cuesta 200 euros, entonces necesitaríamos $216/10 = 21,6 \approx 22$ sensores.
- Coste de la instalación: Estimemos que el costo de instalación es de 50 euros por luminaria.

Total de luminarias: 216

- Coste de los controladores: $216 \text{ luminarias} \times 100 \text{ euros/luminaria} = 21600 \text{ euros}$
- Coste de los sensores: $22 \text{ sensores} \times 200 \text{ euros/sensor} = 4400 \text{ euros}$
- Coste de instalación: $216 \text{ luminarias} \times 50 \text{ euros/luminaria} = 10800 \text{ euros}$

Coste total de instalación = $21600 + 4400 + 10800 = 36800$ euros

PASO 3: AHORRO ENERGÉTICO ANUAL

Para calcular el ahorro energético, primero necesitamos saber el consumo de energía de las luminarias actuales y el posible ahorro proporcionado por el sistema de zonificación.

Como se comentará en el siguiente capítulo. No conocemos el consumo de energía de las nuevas luminarias porque se están cambiando actualmente. Por eso se recomienda continuar con el estudio de la implantación de esta mejora dentro de un año cuando ya se tengan datos de los consumos de los nuevos equipos de iluminación.

4.7.2 ILUMINACIÓN LED

Heineken ha iniciado la sustitución progresiva de luces fluorescentes por LED. El objetivo es sustituir las pantallas de FT8 18W 840 [72 W], por LED [32 W]. Algunas plantas están completamente sustituidas, y es previsible que se complete la sustitución por LED

próximamente. Manteniendo el mismo número de pantallas la densidad de potencia sería de 8,27 W/m², en vez de la densidad actual de 18,60 W/m².

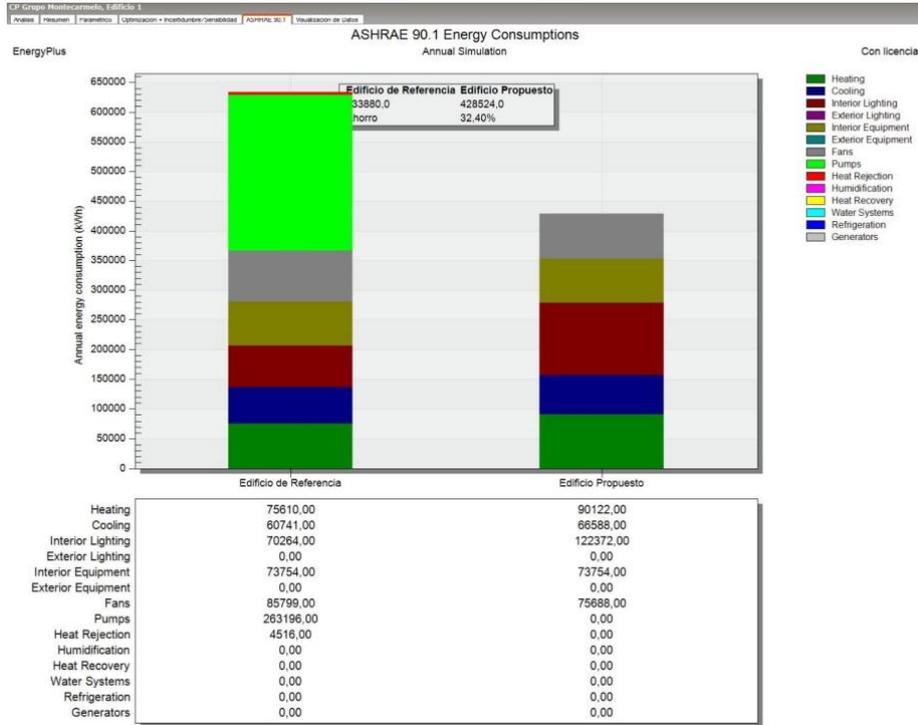


Figura 8: Consumo Energético. Fuente Welltech Sustainability Solutions

La estimación de ahorro energético inicial del modelo propuesto es de un 32,40 % como podemos observar en la Figura 8.

Capítulo 5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se analizará las mejoras propuestas en el capítulo anterior y se argumentará cuales se han de implementar, por qué, y el periodo de implementación, que lo dividiremos en 3: corto plazo (cuanto antes), medio plazo (2-5 años) y largo plazo (5-10 años).

5.1 LIQUIDO REFRIGERANTE

A continuación, se agrega foto de los equipos para disponer de los nombres exactos de los equipos. El objetivo de esto es conocer si con estos equipos se puede cambiar el líquido refrigerante R410A por R32 o no. Conocido el nombre del equipo, preguntamos a Mitsubishi Electric si esos equipos podían funcionar con liquido refrigerante R32 o era necesario cambiar los equipos. Tras hablar con Mitsubishi Electric podemos afirmar que sería necesario cambiar los equipos para introducir liquido refrigerante R32 en vez de R410A. De todas formas, como hemos explicado en el capítulo anterior, el proceso de cambio del líquido refrigerante es un proceso complejo y un coste innecesario por ello no se recomienda realizar este cambio.

Si en algún momento existe la fuga de alguno de los climatizadores, sería un gran momento para aprovechar la reparación de estos equipos y hacer la sustitución de líquidos refrigerantes con sus respectivas medidas de seguridad.

Aunque como hemos comentado el cambio de líquido solo se producirá cuando haya alguna fuga de algún equipo, esto debería pasar dentro de muy poco tiempo, ya que los equipos de climatización fueron instalados en 2008.

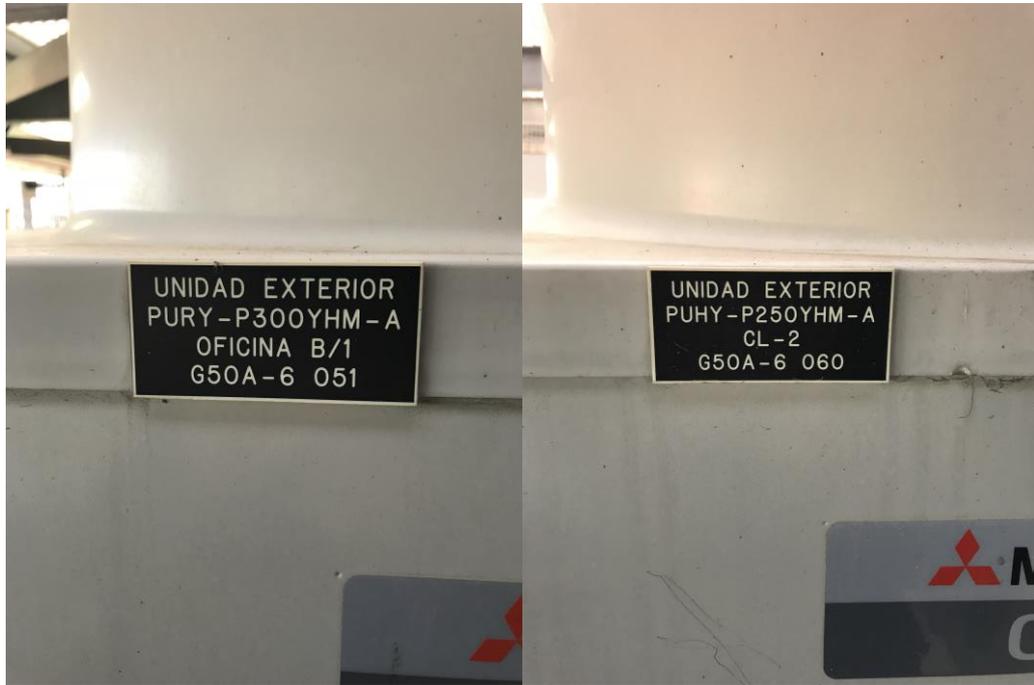


Figura 9 y 10: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

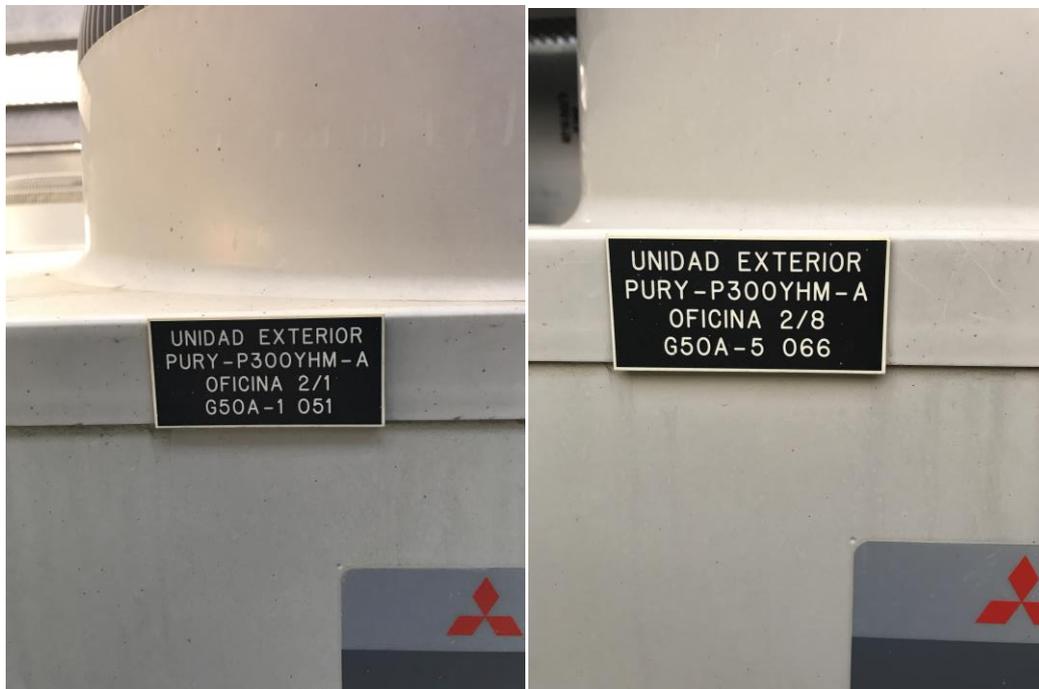


Figura 11 y 12: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.



Figura 13 y 14: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

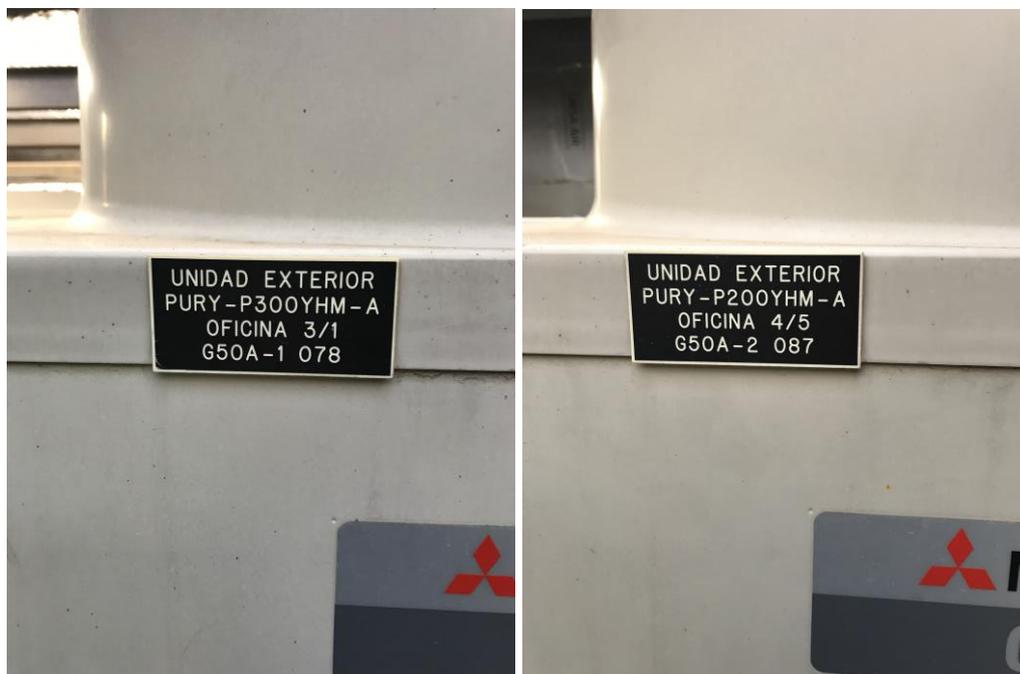


Figura 15 y 16: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.



Figura 17 y 18: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.



Figura 19 y 20: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.



Figura 21 y 22: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

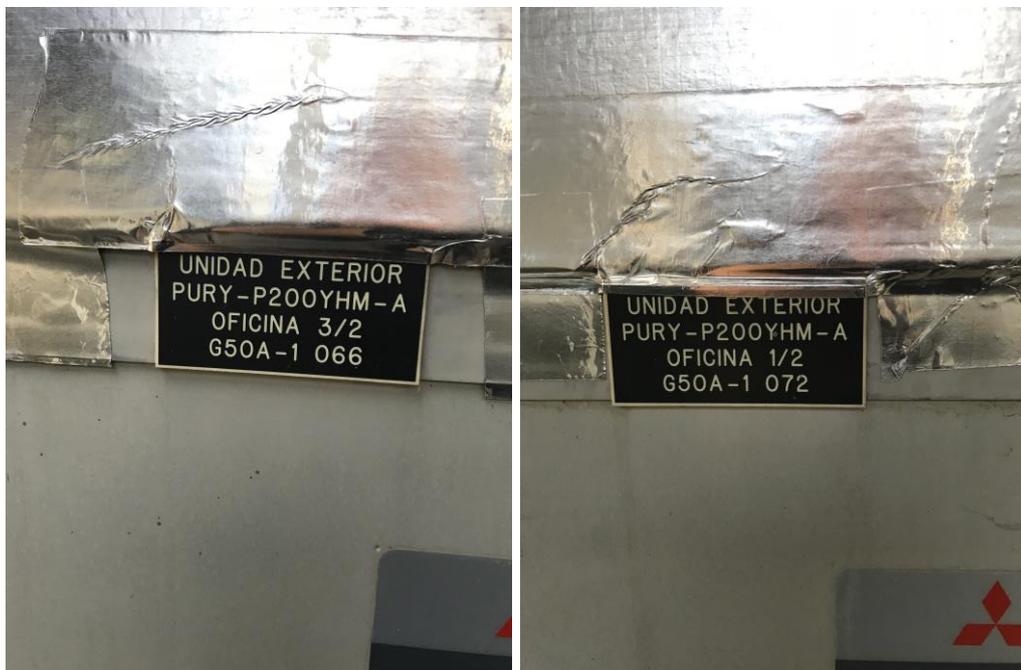


Figura 23 y 24: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

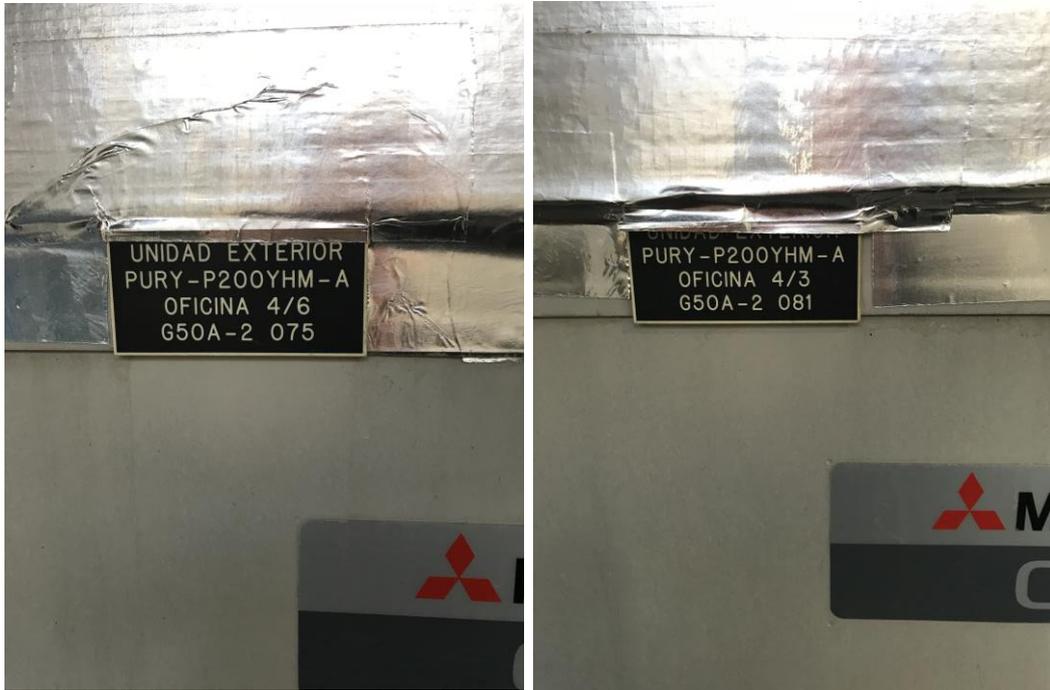


Figura 25 y 26: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

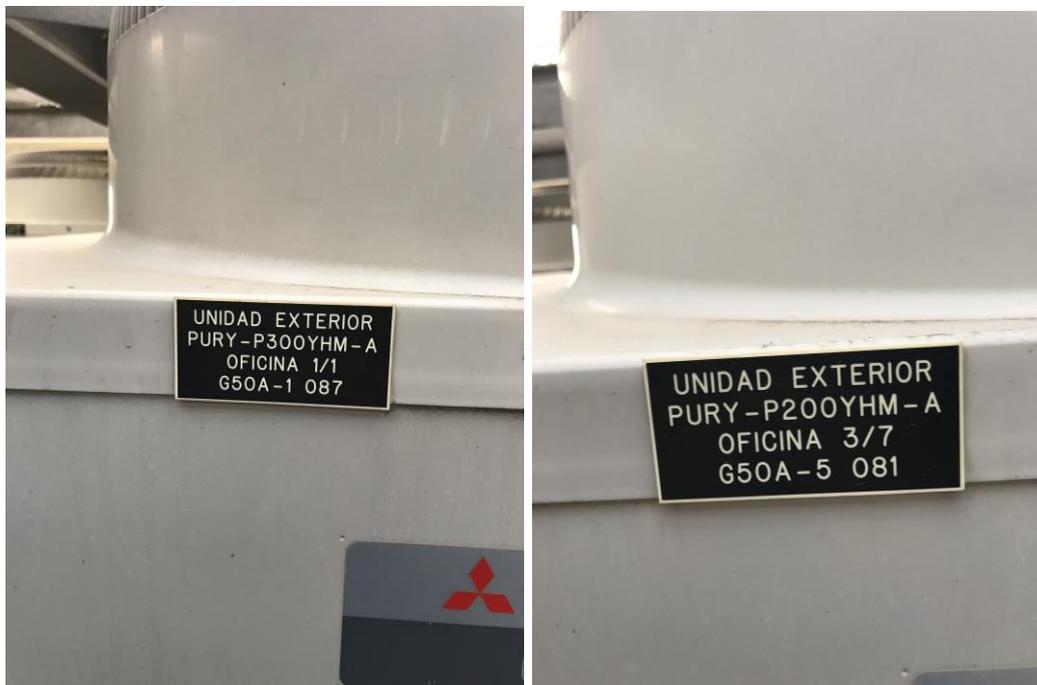


Figura 27 y 28: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.



Figura 29 y 30: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

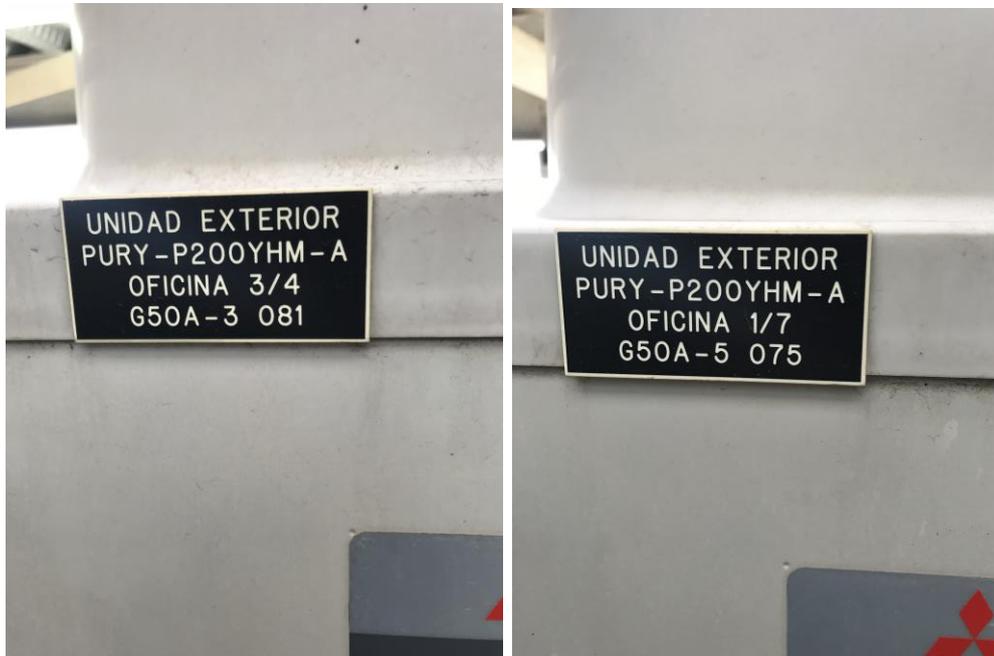


Figura 31 y 32: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.



Figura 33 y 34: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

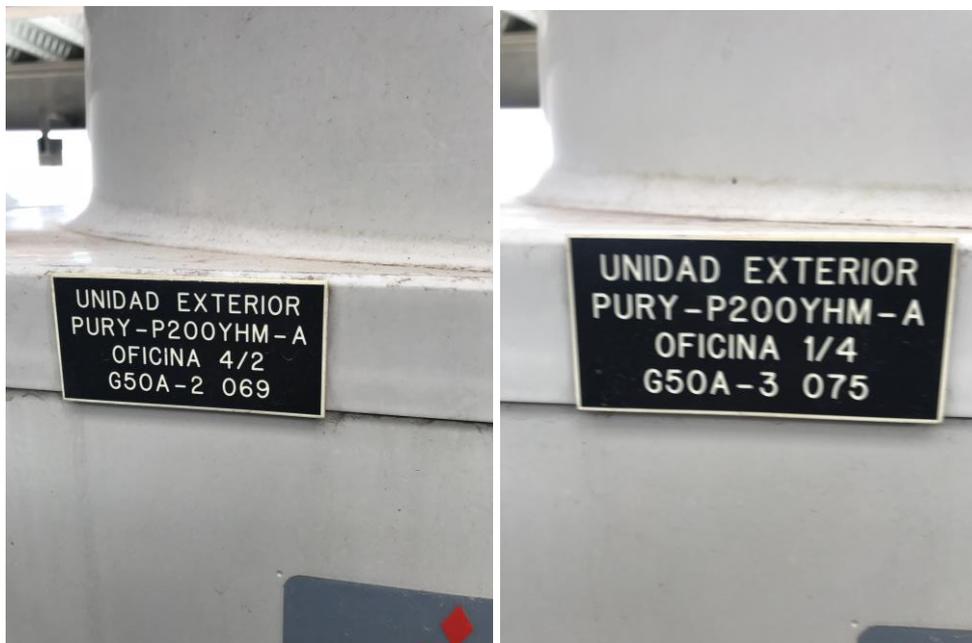


Figura 35 y 36: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.



Figura 37 y 38: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

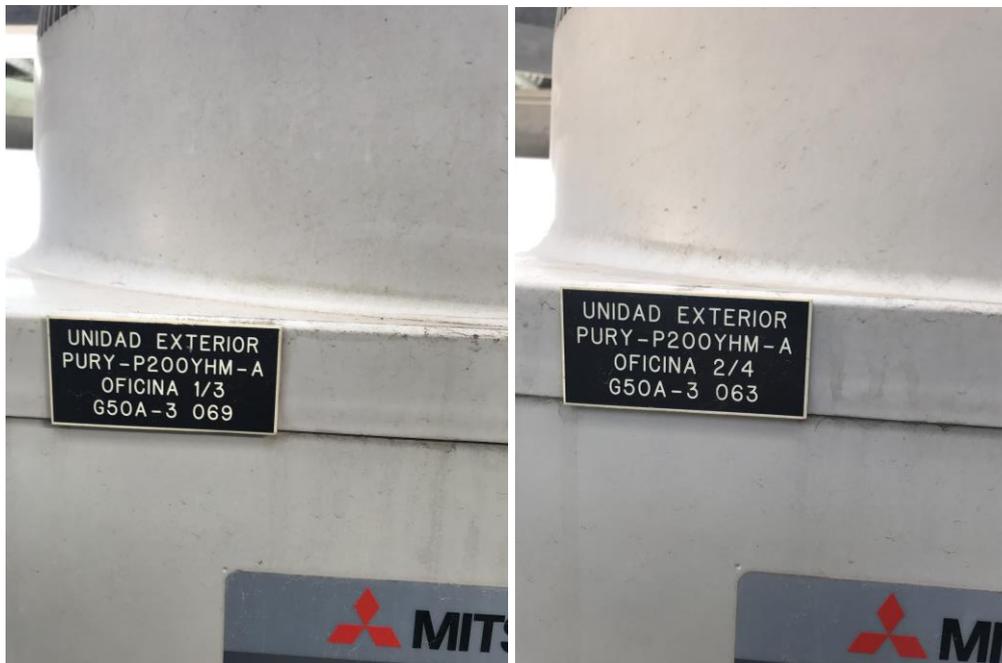


Figura 39 y 40: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

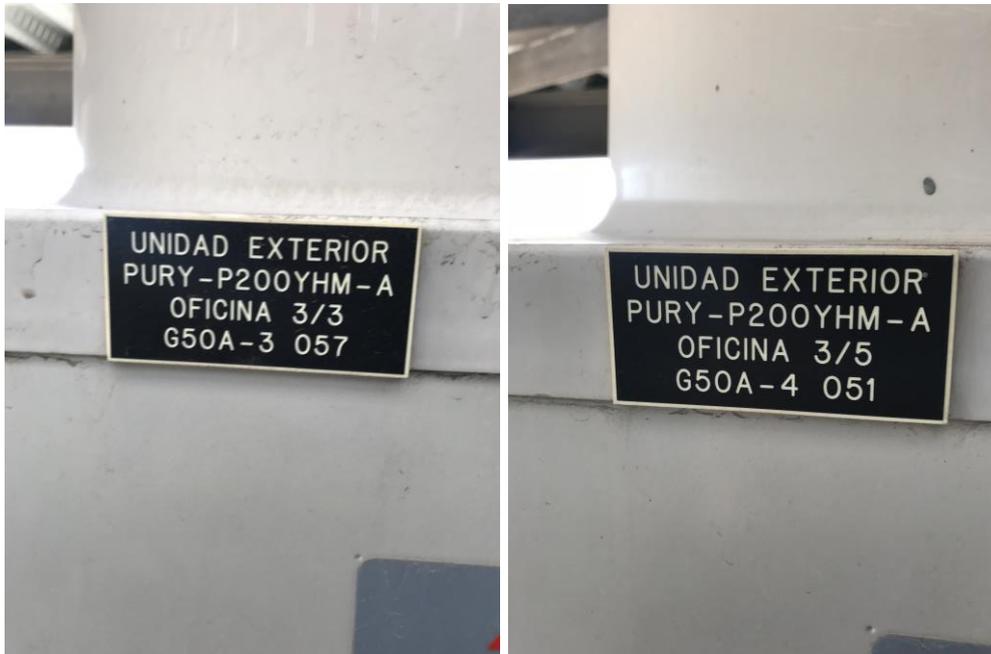


Figura 41 y 42: Equipos de climatización de Mitsubishi Electric. Fuente A.C.H. S.L.

Tras conversar con Mitsubishi Electric, hemos llegado a la conclusión de que el cambio del tipo de gas refrigerante de R410A a R32, presenta varios desafíos. Aunque en teoría es posible realizar este cambio utilizando las tuberías existentes después de una limpieza adecuada de la instalación, el principal inconveniente radica en los diámetros de las tuberías, que suelen variar entre diferentes tipos de gas. Además, algunas unidades han sufrido modificaciones en sus diseños a lo largo de los años, lo que podría generar problemas adicionales si se intentara reutilizar las tuberías.

En el pasado, por ejemplo, la transición del R407 al R410A se realizó de manera que se pudieran aprovechar tanto las tuberías como los equipos existentes. Sin embargo, el cambio de R410A a R32 es más complicado debido a la diferente tipología del gas, ya que se pasa de un gas A1 a un gas A2L.

PURY-P200~300YNW • 1 Módulo

MODELO		PURY-P200YNW-A2	PURY-P250YNW-A2	PURY-P300YNW-A2
Capacidad Nominal	Refrig. / Calef. (Nominal Max)	kW 22,4 / 25	28 / 31,5	33,5 / 33,5
Consumo Nominal	Refrig. / Calef. (Nominal Max)	kW 6,68 / 6,79	10,25 / 9,57	11,75 / 9,62
Eficiencia Energética	EER / COP / COP*1	3,35 / 3,68 / 4,16	2,73 / 3,29 / 3,80	2,85 / 3,48 / 3,48
	SEER / SCOP (EN14825)	7,27 / 4,01	6,85 / 4,01	6,34 / 4,01
Capacidad Total de la unidad exterior		50 ~ 150%		
Interiores Conectables		P10-P250/ M20-140/ 1-20 P10-P250/ M20-140/ 1-25 P10-P250/ M20-140/ 1-30		
Alimentación		Fases, V/Hz 3, 380-415V/50-60Hz		
Intensidad Máxima		A 16,1	21,4	21,4
Diam. Tuberies líquido/gas		mm 15,88 / 19,05	19,05 / 22,2	19,05 / 22,2
Nivel Sonoro (refrigeración/calefacción)		dB(A) 59,0/59,0	60,5/64,0	61,0/67,0
Potencia sonora (refrigeración/calefacción)		dB(A) 76,0/76,0	78,0/83,0	80,0/86,0
Ventilador		Caudal de aire m³/min 170	220	240
Compresor		Potencia kW 0,92 x 1	0,92 x 1	0,92 x 1
Refrigerante R410A		Pre-carga Kg / PCA / TCO ₂ eq 5,2 / 2,088 / 10,85	5,2 / 2,088 / 10,85	5,2 / 2,088 / 10,85
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo)		mm 920 x 1.858 x 740	920 x 1.858 x 740	920 x 1.858 x 740
Peso		kg 214	223	225
Rango de operación (refr/calef)		°C -5 ~ +52Ts / -20 ~ +15,5Th		

Serie PURY-M200-500YNW-A1 • Recuperación de Calor

MODELO		PURY-M200YNW-A1	PURY-M250YNW-A1	PURY-M300YNW-A1	PURY-M350YNW-A1	PURY-M400YNW-A1	PURY-M450YNW-A1	PURY-M500YNW-A1
Capacidad Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 22,4 / 25	28 / 31,5	33,5 / 37,5	40 / 45	45 / 50	50 / 56	56 / 63
Consumo Nominal	Refrigeración / Calefacción	kW 5,53 / 6,39	8,40 / 9,15	9,88 / 10,33*	12,15 / 12,16*	15,15 / 14,08	15,47 / 16,18	22,25 / 18,26
Eficiencia Energética	EER / COP	4,05 / 3,91	3,33 / 3,44	3,39 / 3,63*	3,29 / 3,7*	2,97 / 3,55	3,23 / 3,46	2,51 / 3,45
	SEER / SCOP	6,23 / 3,63	5,9 / 3,53	6,37 / 3,53	6,68 / 3,51	6,12 / 3,51	6,56 / 3,5	5,87 / 3,5
Capacidad Total		50-150%						
Interiores Conectables		Módulo / Cantidad W/WP/WL 10 ~125 / 1-30	W/WP/WL 10 ~125 / 1-37	W/WP/WL 10 ~125 / 2-45	W/WP/WL 10 ~125 / 2-50			
Alimentación		Fases, V/Hz 3, 380-400-415V / 50-60Hz						
Intensidad Máxima		A 16,10	22,50	25,60	31,60	39,30	40,20	56,60
Diam. Tuberies líquido/gas		mm 15,88 / 19,05	15,88 / 22,2	15,88 / 22,2	15,88 / 28,58	19,05 / 28,58	19,05 / 28,58	19,05 / 28,58
Nivel Sonoro (refrigeración/calefacción)		dB(A) 59 / 59	60,5 / 61	61 / 67	62,5 / 64	65 / 69	65,5 / 70	63,5 / 64,5
Potencia sonora (refrigeración/calefacción)		dB(A) 76 / 78	78,5 / 80	80 / 86,5	81 / 83	83 / 88	83 / 89	82 / 84
Caudal de aire del ventilador		m³/min 170	185	240	250	315	315	295
Refrigerante R32		Pre-carga Kg / PCA / TCO ₂ eq 5,2 / 675 / 3,51	5,2 / 675 / 3,51	5,2 / 675 / 3,51	8 / 675 / 5,4	8 / 675 / 5,4	10,8 / 675 / 7,29	10,8 / 675 / 7,29
Dimensiones (Ancho x Alto x Fondo)		mm 920 x 1.858 x 740	920 x 1.858 x 740	920 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.240 x 1.858 x 740	1.750 x 1.858 x 740
Peso		kg 227	227	227	270	273	293	337
Rango de operación (Refrigeración / Calefacción)		°C -5 ~ +52°C / -20 ~ +15,5°C Th						

Figura 43 y 44: Ejemplo de cómo cambia el diámetro en modelo de igual potencia entre un gas R410A y otro R32. Fuente Mitsubishi Electric

5.2 VENTANAS

Implementar ventanas de triple acristalamiento o incorporar láminas de vidrio protectoras en un edificio de oficinas son dos opciones que ofrecen diferentes beneficios y costes.

El triple acristalamiento proporciona un excelente aislamiento térmico, reduciendo significativamente las pérdidas de calor en invierno y el ingreso de calor en verano. Esto se traduce en una mayor eficiencia energética, lo que puede disminuir los costes de calefacción y aire acondicionado. Además, ofrece un notable aislamiento acústico, minimizando el ruido exterior y creando un ambiente interior más silencioso y confortable. Otra ventaja es el

confort interior, ya que mantiene una temperatura constante y reduce la condensación en las ventanas, ayudando a prevenir problemas de humedad y moho. En términos de seguridad, el triple acristalamiento es más resistente a roturas e intrusiones en comparación con los acristalamientos simples o dobles y en comparación con la lámina protectora de vidrio.

Sin embargo, el triple acristalamiento tiene algunas desventajas, principalmente relacionadas con el coste inicial. Los costes de instalación y materiales son significativamente más altos. Para una superficie de 1280 m², el coste total puede ascender aproximadamente a 352.000 euros. Además, las unidades de triple acristalamiento son más pesadas, lo que puede requerir estructuras de soporte más robustas, aumentando los costes de instalación.

Por otro lado, las láminas de vidrio protectoras son una opción considerablemente más económica que el triple acristalamiento. El coste para una superficie de 1280 m² sería de aproximadamente 38.400 euros tal y como hemos reflejado en los cálculos anteriormente.

Además de su bajo coste en comparación con el triple acristalamiento, las láminas protectoras de vidrio añaden una capa de seguridad al dificultar la rotura del vidrio. Algunas también ofrecen protección contra los rayos UV, reduciendo el desvanecimiento de muebles y alfombras, y mejoran el confort visual al reducir el deslumbramiento causado por la luz solar directa. Sin embargo, aunque mejoran el aislamiento térmico en cierta medida, no son tan efectivas como el triple acristalamiento y la reducción del ruido es mínima en comparación. Además, las láminas pueden degradarse con el tiempo, especialmente si están expuestas a condiciones climáticas adversas, lo que puede requerir su reemplazo.

En conclusión, el triple acristalamiento es ideal para edificios donde se prioriza la eficiencia energética, el confort térmico y acústico, y la seguridad a largo plazo, a pesar de su alto coste inicial. Esta solución es la ideal a largo plazo. Por otro lado, las láminas de vidrio protectoras son una solución más económica y viable a corto plazo, que mejora la seguridad y proporciona algunos beneficios de eficiencia energética y confort visual, aunque con menores beneficios en comparación con el triple acristalamiento.

Por todo ello, se recomienda la incorporación de una lámina protectora de vidrio en las ventanas lo antes posible. Como hemos explicado anteriormente, la inversión será recuperada aproximadamente en 3 años y la cantidad invertida no es muy elevada por ello considero que esta mejora es muy interesante.

5.3 CLIMATIZACIÓN

En el caso de la climatización, la incorporación de una sonda para la calidad del aire tiene un coste mínimo junto con los variadores de velocidad de los ventiladores. Esta medida permitirá tener un aire de calidad en todo momento asegurando el consumo justo y necesario de aire, bajando o subiendo la velocidad de giro de los ventiladores cuando se considere necesario en vez de mantener siempre el mismo caudal fijo. Esta medida es sencilla y reducirá los gastos en climatización, la diferencia no será notable, pero teniendo en cuenta que la instalación es sencilla y de coste bajo creo que se debería instalar este sencillo sistema de zonificación. Por todo ello, considero que esta medida se ha de implementar a corto plazo.

El precio de la sonda es aproximadamente de unos 200€ y los variadores de velocidad unos 2000€.[45]

5.4 INSTALACIÓN SOLAR

Según he estado investigando, la opción de instalar ventanas solares no es tan interesante. La tecnología es muy nueva y todavía está en desarrollo. Personalmente, cuando una tecnología es muy moderna no recomiendo incorporarla ya que todavía no ha sido lo suficientemente testada. Además, el coste es elevado en comparación con los paneles solares tradicionales. Por otro lado, la generación de electricidad de las ventanas solares es limitada. Las ventanas solares están pensadas para mejorar el confort del edificio. Por ello, no reciben subvenciones ya que las subvenciones se otorgan a productos que se centran en la generación de electricidad.

Además, la instalación de ventanas solares era una idea incompatible con la instalación de la lámina protectora de vidrio en las ventanas.

Por todo ello, creo que la opción más interesante es instalar paneles solares en el techo del edificio. En la cubierta se encuentran los equipos de climatización por lo que los paneles solares no se pueden instalar sin más. Una buena solución sería fabricar una especie de pérgola y poner encima los paneles solares. Para la correcta refrigeración de los equipos de climatización es conveniente colocar los paneles solares con un cierto ángulo para que permitan que salga el aire. Además, diversos estudios indican que los paneles solares deben instalarse con una cierta inclinación para mejorar su rendimiento. El ángulo óptimo de inclinación para la instalación de paneles solares depende de la latitud del lugar donde se instalarán. En general, una regla práctica es ajustar el ángulo de los paneles solares igual a la latitud del lugar para maximizar la captación de energía solar a lo largo del año. Por ejemplo, si la latitud es 30° , los paneles deben inclinarse a 30° respecto al horizonte. Sin embargo, para maximizar la eficiencia estacional, se puede ajustar ligeramente: en invierno, aumentar el ángulo en $10\text{-}15^\circ$ y en verano disminuirlo en $10\text{-}15^\circ$. En el caso de Madrid, la latitud son 40° norte. [46], [47], [48], [49], [50]

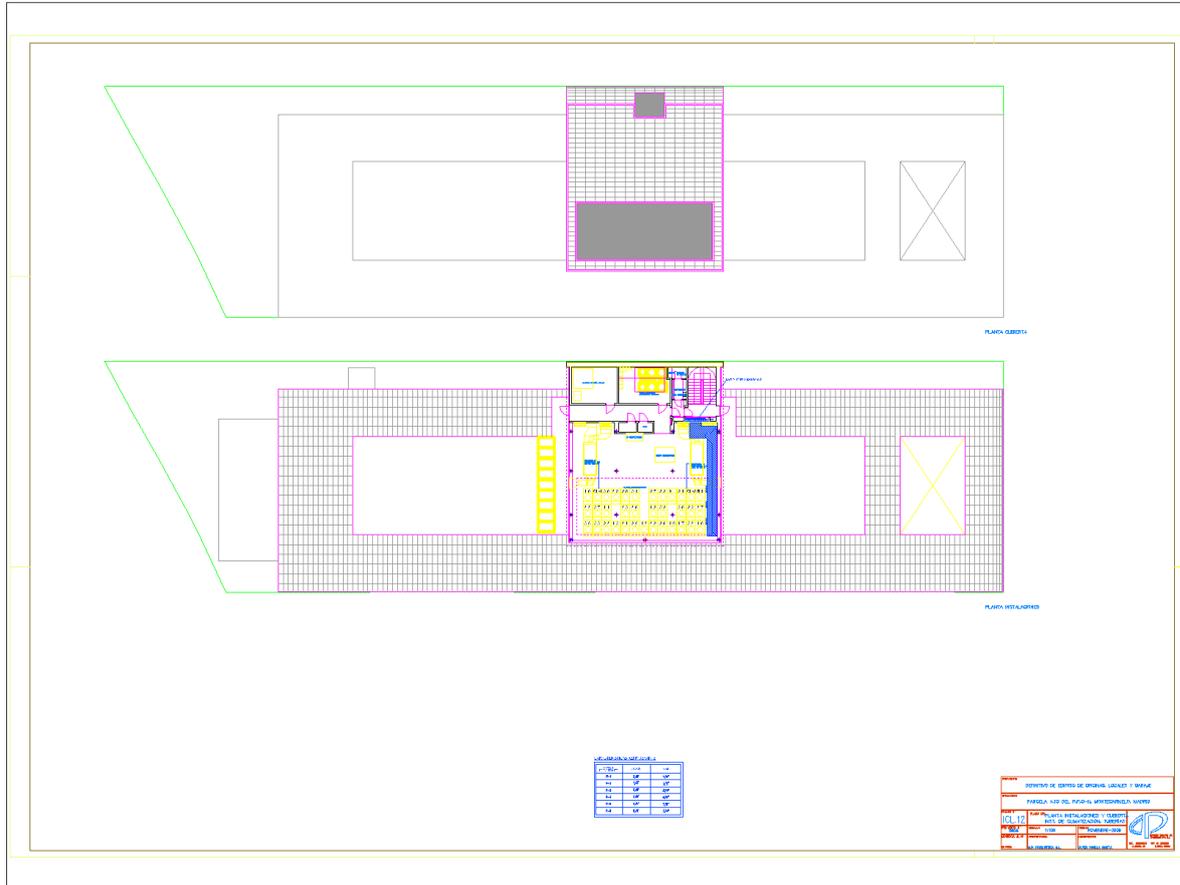


Figura 45: Plano de la cubierta del Edificio Monteolmo. Fuente AutoCAD

En la Comunidad de Madrid, existen diversas subvenciones y ayudas disponibles para la instalación de paneles solares en edificios de oficinas. Estas subvenciones están diseñadas para fomentar el uso de energías renovables y mejorar la eficiencia energética de los edificios. Utilizando estas subvenciones, la instalación de paneles solares, aunque seguiría siendo una inversión considerable, sería más viable a medio plazo. A continuación, nombro algunos de los programas para tener en cuenta y a los cuales recomiendo aplicar para obtener estas ayudas: [13], [51], [52], [53], [54]

5.4.1 PROGRAMA DE INCENTIVOS PARA EL AUTOCONSUMO

Ayudas a la Implantación de Instalaciones de Autoconsumo:

- Beneficiarios: Empresas, autónomos, comunidades de propietarios y administraciones públicas.
- Subvención: Hasta el 30-50% del coste de instalación de sistemas de autoconsumo fotovoltaico.
- Requisitos: Las instalaciones deben estar conectadas a la red y cumplir con los requisitos técnicos establecidos por la normativa.

5.4.2 PROGRAMA DE REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS (PREE)

El objetivo es mejorar la eficiencia energética de los edificios existentes mediante la integración de energías renovables.

- Beneficiarios: Propietarios de edificios, comunidades de propietarios y empresas.
- Subvención: Dependiendo de la medida adoptada, la ayuda puede cubrir hasta el 35-70% del coste de la instalación de paneles solares.
- Requisitos: Es necesario que el edificio mejore al menos un 30% en su eficiencia energética global.

5.4.3 PLAN RENOVE DE INSTALACIONES DE AUTOCONSUMO:

El objetivo es incentivar la renovación y modernización de instalaciones de autoconsumo energético en edificios de oficinas.

- Beneficiarios: Propietarios de edificios de oficinas.
- Subvención: Ayudas directas para la instalación de sistemas fotovoltaicos, cubriendo hasta un 30% del coste del proyecto.
- Requisitos: Las instalaciones deben mejorar la eficiencia energética y cumplir con los estándares establecidos.

También se debe tener en cuenta ciertas bonificaciones municipales como:

5.4.4 BONIFICACIÓN DEL IBI (IMPUESTO SOBRE BIENES INMUEBLES)

Algunos ayuntamientos en la Comunidad de Madrid ofrecen una reducción del IBI para inmuebles que instalen sistemas de energía solar.

- Porcentaje de Bonificación: Hasta el 50% durante un período de 3 años.
- Requisitos: La instalación debe cumplir con ciertos criterios técnicos y de eficiencia energética, y la bonificación debe ser solicitada y aprobada por el ayuntamiento correspondiente.

5.4.5 BONIFICACIÓN DEL ICIO (IMPUESTO SOBRE CONSTRUCCIONES, INSTALACIONES Y OBRAS)

Reducción en el ICIO para proyectos que incluyan la instalación de paneles solares.

- Porcentaje de Bonificación: Hasta el 95%, dependiendo del municipio.
- Requisitos: La instalación debe ser aprobada por el ayuntamiento y cumplir con los estándares técnicos especificados.

5.4.6 CONCLUSIÓN

La instalación de paneles solares requiere una inversión importante, aunque se disponga de subvenciones. Teniendo en cuenta que se debería de aplicar a las subvenciones para saber qué porcentaje van a financiar, es muy complicado saber los costes que supondría esta instalación. Además, al considerar esta propuesta de mejora a medio plazo (2-5 años) debido al gran capital necesario, no tiene sentido entrar en cálculos detallados de los costes de

implementación. Esta mejora se incluye simplemente como una propuesta a tener en cuenta a futuro.

5.5 BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA

La instalación de una bomba de calor geotérmica supone una elevada inversión, por ello, al igual que los paneles solares se recomienda su estudio y viabilidad de implementación a largo plazo.

El coste de instalación de una bomba de calor geotérmica para un edificio de oficinas en Madrid varía considerablemente según factores como el tipo de sistema (circuito cerrado vertical u horizontal, circuito abierto), el tamaño y la demanda energética del edificio, y las condiciones del suelo. Generalmente, puede oscilar entre 20.000 y 50.000 euros para un sistema residencial o pequeño comercial, pero para edificios de oficinas más grandes, los costes pueden ser significativamente mayores, superando fácilmente los 100.000 euros. Estos costes iniciales pueden ser compensados por subvenciones y ayudas gubernamentales, además del ahorro a largo plazo en facturas de energía.

Se recomienda a CP Pinilla, realizar un estudio y aplicar a los diversos programas de subvención mencionados anteriormente para ver cuál sería la inversión final que realizar por parte del propietario del edificio y ver en cuántos años se amortizaría.

5.6 GESTIÓN EFICIENTE DEL AGUA

La propuesta de mejora de gestión eficiente del agua es muy compleja y aquí se presenta solo una primera idea de por donde iniciar ese proceso de gestionar más eficientemente el consumo del agua. Como bien se indica, se recomienda contratar a una ingeniería especialista para continuar con el estudio de esta posible mejora. La inversión necesaria es muy alta por lo que esta propuesta está pensada para el largo plazo. Antes se debe estudiar la idea con un equipo de ingenieros especialistas y ver si es rentable realizar una inversión tan grande o no.

Personalmente creo que, si eliminamos la reutilización de aguas grises y la recolección de agua de lluvia de la ecuación, los costes se reducirán notablemente y el tiempo de implantación de esta mejora puede reducirse mucho.

5.7 ILUMINACIÓN

Actualmente Heineken ya está cambiando las luces fluorescentes por LED. Como ya se ha comentado en el anterior capítulo en la sección de sistemas de control de iluminación. Se recomienda volver a realizar un estudio del consumo dentro de un año, cuando ya estén todo el edificio operativo con luces LED y estudiar el consumo lumínico. Con los nuevos datos analizar si es rentable incluir sistemas de zonificación o no.

Un sistema de zonificación puede ahorrar entre el 20% y el 40% del consumo energético. Cuando se tengan los datos simplemente se debe calcular el tiempo de retorno de la inversión (ROI). El ROI, se calcula: $ROI = \text{Ahorro anual} / \text{Coste de instalación}$.

Una vez sepamos ese tiempo, se debe decidir si es rentable o no implementar la mejora.

Capítulo 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Durante un año, he trabajado en este Trabajo de Fin de Grado (TFG). Inicié la investigación en agosto, y debido a la necesidad de colaboración de varias entidades, recopilar la información no fue fácil. Tuve que insistir persistentemente a las empresas para obtener los datos necesarios. El edificio Monteolmo, propiedad de CP Pinilla y operado por Heineken, requirió que solicitara planos, facturas de luz, y otros informes anteriores a ambas compañías para trabajar sobre ellos, analizar conclusiones previas y mejorar el trabajo ya hecho. Además, consulté con los fabricantes de los equipos para resolver dudas técnicas, como la compatibilidad de los equipos de climatización con el refrigerante R32.

El objetivo inicial de este TFG era cambiar el refrigerante de los equipos de climatización, ya que el R410A, actualmente en uso, está siendo cada vez más regulado por la UE debido a su impacto ambiental, esto provoca que su coste cada vez sea más elevado. Se buscaba un refrigerante más sostenible y económico. Tras meses de investigación y colaboración con Mitsubishi Electric, se concluyó que el mejor sustituto es el R32. Sin embargo, como se detalló en el capítulo anterior, los equipos actuales no son compatibles con el R32, por lo que sería necesario reemplazarlos. Esta sustitución representaría una gran inversión, que solo tendría sentido cuando los equipos actuales, instalados en 2008, empiecen a fallar.

El segundo objetivo del TFG era reducir los gastos de iluminación. Heineken ya está reemplazando las luces fluorescentes por LED, lo cual disminuirá los costes de iluminación y cumple con este objetivo. Además, propuse implementar un sistema de zonificación para reducir aún más el consumo, pero esto se analizará más a fondo una vez estén instaladas todas las luces LED y se tenga un nuevo patrón de consumo.

El tercer objetivo era mejorar la eficiencia de la climatización. Este objetivo se ha cumplido con la propuesta de instalar una sonda de calidad del aire y variadores de velocidad, lo que asegura una calidad de aire óptima y un consumo energético eficiente ajustando la velocidad de los ventiladores según sea necesario.

El último objetivo era mejorar la sostenibilidad del edificio. Este objetivo también se ha logrado con la implementación de paneles solares, lo que reduce los costes energéticos e inicia el uso de energía renovable, favoreciendo la obtención de la certificación LEED, un objetivo que CP Pinilla persigue. Además, se propuso instalar una lámina protectora de vidrio en las ventanas para mejorar el aislamiento térmico y reducir los costes de climatización. A largo plazo, sería ideal instalar ventanas de triple acristalamiento, aunque la inversión inicial es considerablemente mayor.

Finalmente, se recomienda seguir investigando la posible implementación de una bomba de calor geotérmica y un sistema eficiente de gestión del agua. Estas propuestas, aunque requieren una gran inversión y estudios detallados, podrían ser clave para convertir el edificio en una estructura de energía neta cero y obtener la certificación LEED nivel platino, un objetivo ambicioso para CP Pinilla.

Capítulo 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] “Datos técnicos del R410A | Clasificación y propiedades.” Accessed: Jun. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.frigolutions.com/2023/11/datos-tecnicos-r410a.html>
- [2] “¿Por qué sustituir los tubos fluorescentes por luminarias LED?” Accessed: Feb. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.hato.lighting/es/hato-insights/knowledge-articulos/por-que-sustituir-los-tubos-fluorescentes-por-luminarias-led>
- [3] “Comparativa de consumo: Fluorescente vs LED, ¿cuál es la mejor opción? - Ledpedia.” Accessed: Feb. 29, 2024. [Online]. Available: <https://ledpedia.org/consumo-fluorescente-vs-led/>
- [4] “Recuperador De Calor. Cómo Funciona, Ventajas E Instalación.” Accessed: Feb. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.refri-climas.com/recuperador-de-calor/>
- [5] “Qué es un sistema de ventilación con recuperador de calor y cómo puede ayudarnos a estar calentitos en casa.” Accessed: Feb. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.xatakahome.com/a-fondo/que-sistema-ventilacion-recuperador-calor-como-puede-ayudarnos-a-estar-calentitos-casa>
- [6] “CERTIFICACIÓN LEED,” Slow Studio. Accessed: Jun. 12, 2024. [Online]. Available: <https://www.slowstudio.es/research/certificacion-leed>
- [7] A. K. Calero Gamarra and L. M. Maguiña Trujillo, “Análisis de los niveles de sostenibilidad en edificaciones con certificación LEED,” Aug. 2020, Accessed: Jun. 12, 2024. [Online]. Available: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16759>
- [8] “The Business Case for Green Building: A Review of the Costs and Benefits for Developers, Investors and Occupants,” World Green Building Council. Accessed: Jun. 12, 2024. [Online]. Available: <https://worldgbc.org/article/the-business-case-for-green-building-a-review-of-the-costs-and-benefits-for-developers-investors-and-occupants/>
- [9] “LEED v4 vs. LEED 2009: The Major Differences.” Accessed: Feb. 29, 2024. [Online]. Available: <https://www.belden.com/en/Blogs/Smart-Building/2020/04/29/leed-v4-vs-leed-2009-major-differences>
- [10] *Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006 Text with EEA relevance*, vol. 150. 2014. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <http://data.europa.eu/eli/reg/2014/517/oj/eng>
- [11] U. N. Environment, “About Montreal Protocol,” Ozonaction. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <http://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>
- [12] “What is a replacement for R-410A? | Arkema Forane.” Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://forane.arkema.com/en/forane-refrigerants/r-32-a-replacement-for-r-410a/>
- [13] “Inicio | Idae.” Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.idae.es/>
- [14] “INICIO,” AEFYT. Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.aefyt.es/>

- [15] “Transforma tu hogar con Daikin - Expertos en Climatización.” Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: https://www.daikin.es/es_es/hogar.html
- [16] “MITSUBISHI ELECTRIC ESPAÑA,” MITSUBISHI ELECTRIC ESPAÑA. Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: <https://es.mitsubishielectric.com/es/index.html>
- [17] “Ministerio de Industria y Turismo - Plan RENOVE.” Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: <https://industria.gob.es/renove/paginas/index.aspx>
- [18] “Programa de Rehabilitación Energética de Edificios de la Comunidad de Madrid y Plan Renove de Calderas,” Comunidad de Madrid. Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.comunidad.madrid/servicios/consumo/programa-rehabilitacion-energetica-edificios-comunidad-madrid-plan-renove-calderas>
- [19] JANSEN, “¿Qué es el factor solar de un vidrio en ventanas?,” Jansen. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://jansen.es/factor-solar-vidrio/>
- [20] E. J. Tibanta Orbes, “Aplicación de polímeros para la protección solar de envolventes acristaladas en Bogotá, como un sistema pasivo complementario que permita lograr un espacio energéticamente eficiente,” Trabajo de grado - Maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2016. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58693>
- [21] “Edificios,” Solarcheck. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.solarcheck.com/laminas-para-edificios/>
- [22] “¿Qué es la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC)?,” UNIR. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.unir.net/ingenieria/revista/herramienta-unificada-lider-calener/>
- [23] “Eurovent Certita Certification : Understanding SEER and SCOP.” Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.eurovent-certification.com/en/category/article/understanding-seer-and-scop?universe=energy-efficiency>
- [24] Jimbo, “Triple glazing – Is it worth it? - TheGreenAge,” TheGreenAge - The Home of Energy Saving. Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.thegreenage.co.uk/triple-glazing-is-it-worth-it/>
- [25] ventanas.es, “Vidrios de triple acristalamiento para ventanas | ventanas.es,” www.ventanas.es. Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.ventanas.es/ventanas/acristalamiento/triple.php>
- [26] “¿Cuánto cuesta cambiar las ventanas? - Veneo - Ventanas PVC,” Veneo - Ventanas PVC -. Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.veneo.es/ventanas-pvc/cuanto-cuesta-cambiar-ventanas/>
- [27] J. Jiménez Tarazona, “Climatización de un edificio mediante un sistema VRV,” Proyecto/Trabajo fin de carrera/grado, Universitat Politècnica de València, 2015. Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/50164>
- [28] R. A. Ajquejay Panteul, “Diseño de investigación para el análisis de la implementación de un sistema de volumen de refrigerante variable (VRV), para la reducción del consumo de energía e impacto ambiental del sistema de climatización de un hotel en Retalhuleu,” masters, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2022. Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/18980/>

- [29] “Intercambiador de calor. Tipos y determinación de su eficiencia. | LinkedIn.” Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/intercambiador-de-calor-tipos-y-determinaci%C3%B3n-su-eficiencia-renair/>
- [30] Q. Pedro Nestor, *Sistemas de aire acondicionado*. Tecnibook Ediciones.
- [31] F. Fernández Hernández, J. M. Peña Suárez, J. A. Bandera Cantalejo, M. del C. González Muriano, and M. Ventura, “Impacto del control eficiente de los sistemas de HVAC en la sostenibilidad y eficiencia energética,” in *Actas del X International Greencities Congress 2019: 10º Foro de Inteligencia y Sostenibilidad Urbana, 2019*, ISBN 978-84-09-09960-3, págs. 170-182, Palacio de Ferias y Congresos de Málaga (FYCMA), 2019, pp. 170–182. Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7266956>
- [32] C. Gallinas Suazo, F. Pérez García, and L. López Campano, “Estudio preliminar de la calidad del aire en el Campus de Vegazana de la Universidad de León,” *Ambiociencias*, Oct. 2010, Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://buleria.unileon.es/handle/10612/1560>
- [33] “Sondas de calidad del aire; salud, ahorro y eficiencia energética | S&P.” Accessed: Jun. 13, 2024. [Online]. Available: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sondas-calidad-aire/>
- [34] E. Rúa-Ramírez, I. Mendoza-Jiménez, E. Torres-Suarez, E. Flórez-Serrano, and J. Serrano-Rico, “Banco de pruebas didáctico para aprendizaje y medición del rendimiento de paneles solares fotovoltaicos,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 20, no. 2, Art. no. 2, Jan. 2021, doi: 10.18273/revuin.v20n2-2021001.
- [35] “Integración arquitectónica de sistemas de energía solar en nueva fábrica de paneles solares isofotón. Málaga, España.” Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/87794>
- [36] M. I. Gómez Gómez and T. Arboleda Arbeláez, “Viabilidad de la comercialización de ventanas solares en el Valle de Aburrá,” 2017, Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://repository.eia.edu.co/entities/publication/fb5b597c-caec-407f-8036-012c8ee6dd5a>
- [37] “Informes de la construcción : 70, 550, 2, 2018,” *Inf. Constr. - Trimest. Three-Mon.*, vol. 70, no. 550, pp. 1–154, 2018.
- [38] “Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico,” Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Accessed: Jun. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es.html>
- [39] “El Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) | Fichas temáticas sobre la Unión Europea | Parlamento Europeo.” Accessed: Jun. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/95/el-fondo-europeo-de-desarrollo-regional-feder->
- [40] “Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia Gobierno de España.” Accessed: Jun. 25, 2024. [Online]. Available: <https://planderecuperacion.gob.es>
- [41] “APPA - Asociación de Empresas de Energías Renovables,” APPA Renovables. Accessed: Jun. 25, 2024. [Online]. Available: <https://www.appa.es/>
- [42] V. K. Saltos Toala, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN LED MEDIANTE LA TECNOLOGÍA DE

- MICROCONTROLADORES EN LA CAPILLA CRISTO DEL CONSUELO DEL CANTÓN JIPIJAPA.” bachelorThesis, JIPIJAPA-UNESUM, 2017. Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: <http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1007>
- [43] “Delivering the Value of Lighting - LightingEurope.” Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: <https://www.lightingeurope.org/>
- [44] “IALD Home.” Accessed: Jul. 01, 2024. [Online]. Available: <https://iald.org/IALD/IALD/Default.aspx>
- [45] “Comprar Variadores de velocidad online | Motores eléctricos.” Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.motores-electricos.es/es/40-variadores-de-velocidad>
- [46] “National Renewable Energy Laboratory (NREL) Home Page.” Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/index.html>
- [47] “SEIA | Solar Energy Industries Association.” Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.seia.org/>
- [48] “How to Install Solar Panels,” EnergySage. Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.energysage.com/solar/solar-panel-installation-guide-what-should-you-expect/>
- [49] “Solar Panel Direction: What is the Best Angle?,” EnergySage. Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.energysage.com/solar/solar-panel-performance-orientation-angle/>
- [50] “What’s the Best Angle for Solar Panels to Get Maximum Output?” Accessed: Jul. 02, 2024. [Online]. Available: <https://www.sunrun.com/knowledge-center/best-angle-for-solar-panels>
- [51] O. Energy, “Autoconsumo industrial: Octopus Energy,” Octopus Energy. Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: https://octopusenergy.es/placas-solares-ayudas-subsidencias?utm_term=subvenci%C3%B3n%20autoconsumo&utm_campaign=gs+%7C+solar+%7C+formulario&utm_source=adwords&utm_medium=ppc&hsa_acc=4595488231&hsa_cam=20077591321&hsa_grp=151583085991&hsa_ad=672994822526&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-1459690126449&hsa_kw=subvenci%C3%B3n%20autoconsumo&hsa_mt=p&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwsuSzBhCLARIsAIdLm5cMvHDIIJvDbVv9ewJhzItEOpNSoRb_6_0PtigUHaHEHWqrh8frRQaApiuEALw_wcB
- [52] “Ayudas al autoconsumo solar en 2024 - Enchufe Solar.” Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://enchufesolar.com/blog/ayudas-al-autoconsumo-en-2024/>
- [53] “BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado.” Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.boe.es/>
- [54] UNEF, “Unión Española Fotovoltaica,” UNEF. Accessed: Jun. 24, 2024. [Online]. Available: <https://www.unef.es/>
- [55] M. J. Gamez, “Objetivos y metas de desarrollo sostenible,” Desarrollo Sostenible. Accessed: Jul. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Capítulo 8. ANEXOS

8.1 ANEXO I: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

El Trabajo de Fin de Grado (TFG) se centra en la renovación de sistemas de climatización y eficiencia energética de un edificio. A continuación, relaciono este TFG con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) más relevantes:[55]

8.1.1 ODS 7: ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE

Este ODS busca asegurar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. El TFG promueve la sustitución del refrigerante R410A por alternativas más sostenibles como el R32, lo cual reduce el impacto ambiental y mejora la eficiencia energética del edificio. Además, la implementación de tecnología LED y sistemas de control de iluminación también contribuyen a la reducción del consumo energético.

8.1.2 ODS 9: INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

El ODS 9 busca construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación. Este TFG propone la optimización del sistema de climatización mediante el uso de tecnologías avanzadas, como sistemas de climatización zonificada y control automático de temperatura. Esto no solo mejora la eficiencia del edificio, sino que también promueve el desarrollo y la implementación de soluciones innovadoras en gestión de energía y sostenibilidad.

8.1.3 ODS 11: CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES

El ODS 11 busca lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. La mejora en la eficiencia energética del edificio Monteolmo, como se detalla en el TFG, contribuye a hacer las infraestructuras urbanas más sostenibles y a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el proyecto

busca obtener certificaciones de sostenibilidad y eficiencia energética, como LEED, que apoyan la creación de comunidades sostenibles.

8.1.4 ODS 12: PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES

Este ODS promueve modalidades de consumo y producción sostenibles. El TFG sugiere la implementación de sistemas de gestión eficiente del agua y el uso de agua de lluvia para usos no potables, lo cual fomenta un uso más responsable y sostenible de los recursos.

8.1.5 ODS 13: ACCIÓN POR EL CLIMA

El ODS 13 insta a adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. La reducción del impacto ambiental al usar refrigerantes con menor Potencial de Calentamiento Global (GWP) y Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP), así como la mejora del aislamiento térmico para reducir la carga térmica del sistema de climatización, están alineadas con este objetivo.

En resumen, el TFG aborda de manera integral varios aspectos relacionados con la eficiencia energética y la sostenibilidad, contribuyendo así a múltiples ODS y fomentando un desarrollo más sostenible y responsable a nivel local y global.

8.2 ANEXO II: PLANO CUBIERTA DEL EDIFICIO

