



Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Trabajo Fin de Grado - Memoria Final**

*AUDITORÍA ENERGÉTICA Y MEJORA DE LA  
EFICIENCIA DE UNA INSTALACIÓN*

Autor: Jorge Martin de Blas Bas

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid, Junio 2025



Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título *Auditoría Energética y Mejora de la Eficiencia de una Instalación* en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2024/25 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.

A handwritten signature in black ink that reads "Jorge Martin de Blas Bas". The signature is stylized with a large, sweeping initial 'J' and a long horizontal flourish at the end.

Fdo: Jorge Martin de Blas Bas

Fecha: 29/06/2025.

Autorizada la entrega del proyecto  
EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo: Íñigo Sanz Fernández

Fecha: 29/06/2025.





Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Trabajo Fin de Grado - Memoria Final**

*AUDITORÍA ENERGÉTICA Y MEJORA DE LA  
EFICIENCIA DE UNA INSTALACIÓN*

Autor: Jorge Martin de Blas Bas

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid, Junio 2025



# AUDITORÍA ENERGÉTICA Y MEJORA DE LA EFICIENCIA DE UNA INSTALACIÓN

**Autor:** Martin de Blas Bas, Jorge.

**Director:** Sanz Fernández, Íñigo.

**Entidad Colaboradora:** Hielos Ibéricos SL.

## RESUMEN DEL PROYECTO

El trabajo consiste de una auditoría energética a una fábrica de hielo en cubitos, en la que se identifican los consumos energéticos y se proponen medidas para mejorar la eficiencia energética. Se propuso instalar placas solares, cambiar las luminarias, cambiar las generadoras de hielo e incluir una batería de condensadores. Con esto se consiguió reducir el consumo de energía activa en un 55 % al tiempo que se redujeron las emisiones.

**Palabras clave:** eficiencia energética, consumo energético, fábrica de hielo en cubitos.

## Introducción

La eficiencia energética es uno de los principales problemas de la industria europea [1]. Este trabajo se centra en la mejora de la eficiencia energética de una instalación, concretamente una fábrica de hielo en cubitos propiedad de *Hielos Ibéricos SL*.

El proyecto consta de una visita a la instalación para conocer el funcionamiento de la misma, seguida de una auditoría para identificar los diferentes consumos. Finalmente, se proponen una serie de medidas destinadas a mejorar la eficiencia energética de la instalación. Estas medidas van acompañadas de un estudio técnico y un estudio económico que evalúan su viabilidad y su impacto en el consumo energético. Además, el proyecto busca reducir costes y mejorar la sostenibilidad de la instalación, teniendo en cuenta los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## Visita y Auditoría Energética

El proceso de auditoría comenzó con una visita a la instalación en la que se pudo conocer el detalle del funcionamiento de la fábrica y se obtuvo la información técnica necesaria de todos los equipos y otros aspectos relevantes.

La fábrica tiene una capacidad de producción cercana a las 25 toneladas de hielo al día y consta de dos áreas de producción, un área de envasado y una cámara frigorífica.

Posteriormente se realizó la auditoría energética, en la que se asignó el consumo de los diferentes equipos a las funciones que se realizan en la instalación. La energía consumida en cada función es:

<b>Función</b>	<b>Consumo P</b>	<b>Consumo Q</b>	<b>Consumo S</b>
Producción Hielo	644.941 kWh	2.261.565 kvarh	2.351.728 kVAh
Cintas y Tolvas	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Envasado	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cámara Frigorífica	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Iluminación	13.778 kWh	2.798 kvarh	14.059 kVAh
Otros	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
<b>Total</b>	<b>980.836 kWh</b>	<b>2.593.157 kvarh</b>	<b>2.772.454 kVAh</b>

Tabla 1: Consumo de Energía por Función.

Durante la auditoría se identificaron las áreas en las que hay un mayor consumo y en las que se deben centrar más las medidas para la mejora de la eficiencia energética. La instalación tiene un factor de potencia muy bajo que se debe a que los equipos están optimizados para la transferencia de calor y no para el factor de potencia.

## Evaluación de Medidas

Se han propuesto cuatro medidas que pueden mejorar la eficiencia energética:

- **Cambio de las Luminarias:** se propuso el cambio de las 50 luminarias que actualmente son fluorescentes a LED, que reducen el consumo eléctrico en un 75 %.
- **Placas Solares:** se propuso la instalación de placas solares en el tejado de la instalación para así generar energía de forma local y reducir el consumo energético neto de la instalación, reduciendo así también el importe de la factura eléctrica. El diseño del sistema fotovoltaico fue:

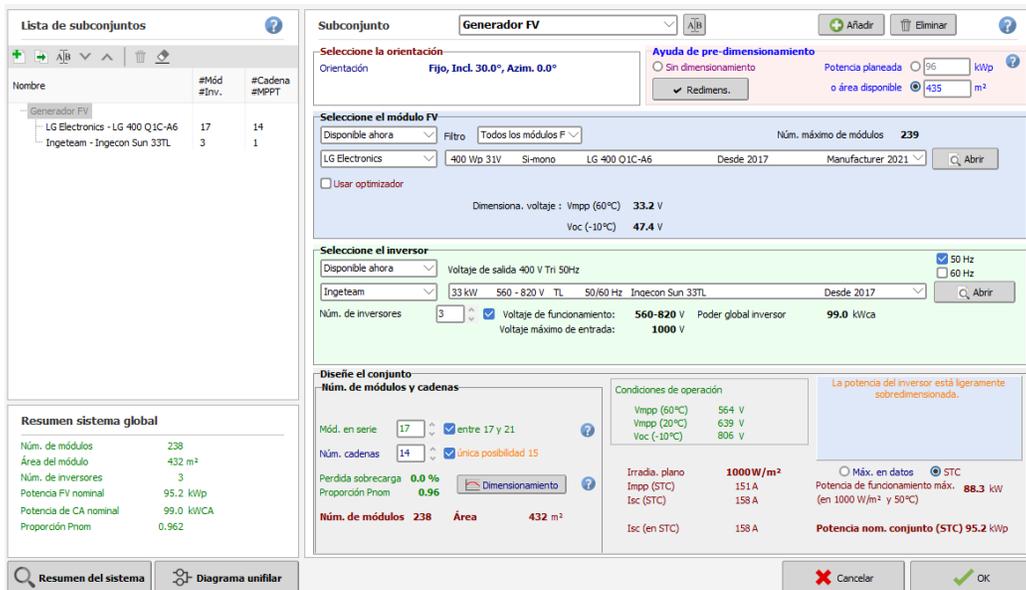


Ilustración 1: Diseño del Sistema Fotovoltaico. Fuente: PVsyst

- Cambio de los Módulos de Producción:** se propuso el cambio de los 54 módulos de producción por una generadora de hielo con mayor capacidad y un consumo un 60 % menor [2]. Esta reducción se da en la función en la que más energía se consume, la generación del hielo.
- Instalación de un Banco de Condensadores:** se propuso la instalación de un banco de condensadores para compensar el consumo de la potencia reactiva y mejorar el factor de potencia, que actualmente es muy bajo en la instalación. Además, esta medida puede evitar posibles sanciones por un factor de potencia bajo [3].

## Resultados

Tras realizar el análisis de las medidas se obtuvieron los siguientes resultados:

	<b>Inversión</b>	<b>TIR</b>	<b>Ahorro kWh</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
Placas Solares	67.903,73 €	11,28 %	148.710 kWh	42,08 tCO <sub>2</sub> eq
Módulos Producción	185,95 €	352,80 %	392.995 kWh	111,22 tCO <sub>2</sub> eq
Iluminación	69.473,68 €	160,08 %	10.408 kWh	2,95 tCO <sub>2</sub> eq
Condensadores	10.141,44 €	150,71 %	-1.173.600 kvarh	0,00 tCO <sub>2</sub> eq

Tabla 2: Datos Relevantes de Cada Medida.

Con todas las medidas implantadas, el consumo energético de la instalación es el siguiente:

	<b>Consumo P</b>	<b>Consumo Q</b>	<b>Consumo S</b>
Producción Hielo	266.448 kWh	934.332 kvarh	971.582 kVAh
Cintas y Tolvas	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Envasado	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cámara Frigorífica	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Iluminación	3.370 kWh	684 kvarh	3.438 kVAh
Otros	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
Placas Solares	-148.710 kWh	-30.197 kvarh	-151.745 kVAh
Condensadores	0 kWh	-1.173.600 kvarh	-1.173.600 kVAh
<b>Total</b>	<b>443.225 kWh</b>	<b>60.014 kvarh</b>	<b>447.270 kVAh</b>

Tabla 3: Consumo Energético tras la Aplicación de Todas las Medidas.

## Conclusiones

Si se implantasen todas las medidas al mismo tiempo la inversión requerida sería de 147.704,80 € y tendría un beneficio anual de 48.941,54 €. Además, el VAN se situaría en 295.244,66 € y la TIR llegaría al 33,10 %, un valor muy elevado que destaca la rentabilidad de las medidas propuestas.

Las medidas consiguen una reducción del 54,81 % del consumo de energía activa, el 96,67 % de la energía reactiva y el 83,87 % de la energía aparente. Además, se reducen las emisiones anuales en 156,25 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Por todo ello se recomienda implantar las medidas propuestas, que consiguen reducir el consumo energético de la fábrica al tiempo que aumentan la capacidad de producción, mejorando significativamente la eficiencia energética de la instalación.

## Referencias

1. M. Draghi, "The Future of European Competitiveness Part 1," Inglés, European Commission, inf. téc. 1, sep. de 2024, pág. 73.
2. V. Ice, Ficha Técnica P34AL, Inglés, 2023.
3. "Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.," es.

## **ENERGY AUDIT AND IMPROVEMENT OF THE EFFICIENCY OF A FACILITY**

**Author:** Martin de Blas Bas, Jorge.

**Director:** Sanz Fernández, Íñigo.

**Collaborating Entity:** Hielos Ibéricos SL.

### **SUMMARY OF THE PROJECT**

The project consisted of an energy audit of an ice cube factory, identifying energy consumption and proposing measures to improve energy efficiency. The project proposed installing solar panels, replacing the lights, replacing ice makers, and adding a capacitor bank. This resulted in a 55 % reduction in active energy consumption while also reducing emissions.

### **Introduction**

Energy efficiency is one of the main challenges facing European industry [1]. This project focuses on improving the energy efficiency of a facility, specifically an ice cube factory owned by *Hielos Ibéricos SL*.

The project consists of a visit to the facility to learn about its operation, followed by an audit to identify the different consumption points. Finally, a series of measures are proposed to improve the facility's energy efficiency. These measures are accompanied by a technical and economic study that assess their feasibility and impact on energy consumption. Furthermore, the project seeks to reduce costs and improve the facility's sustainability, taking into account the Sustainable Development Goals.

### **Visit and Energy Audit**

The audit process began with a visit to the facility, during which the company learned about the factory's operations in detail and obtained the necessary technical information on all equipment and other relevant aspects. The factory has a production capacity of approximately 25 tons of ice per day and consists of two production areas, a packaging area, and a cold storage facility. The energy audit was then conducted, in which the consumption of the various equipment was assigned to the functions performed at the facility. The energy consumed for each function is:

<b>Function</b>	<b>P consumed</b>	<b>Q consumed</b>	<b>S consumed</b>
Ice Production	644.941 kWh	2.261.565 kvarh	2.351.728 kVAh
Conveyor Belts	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Packaging	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cold Storage	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Lightning	13.778 kWh	2.798 kvarh	14.059 kVAh
Other	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
<b>Total</b>	<b>980.836 kWh</b>	<b>2.593.157 kvarh</b>	<b>2.772.454 kVAh</b>

Tabla 4: Energy Consumption by Function.

During the audit, the areas with the highest consumption were identified, and those where energy efficiency improvements should be most focused. The facility has a very low power factor, which is due to the fact that the equipment is optimized for heat transfer and not power factor.

## Evaluation of Measures

Four measures have been proposed that can improve energy efficiency:

- **Luminaire Replacement:** The proposal was to replace the current 50 fluorescent luminaires with LEDs, which reduce electricity consumption by 75 %.
- **Solar Panels:** The proposal was to install solar panels on the roof of the facility to generate energy locally and reduce the facility's net energy consumption, thereby also reducing the electricity bill. The design of the photovoltaic system was:

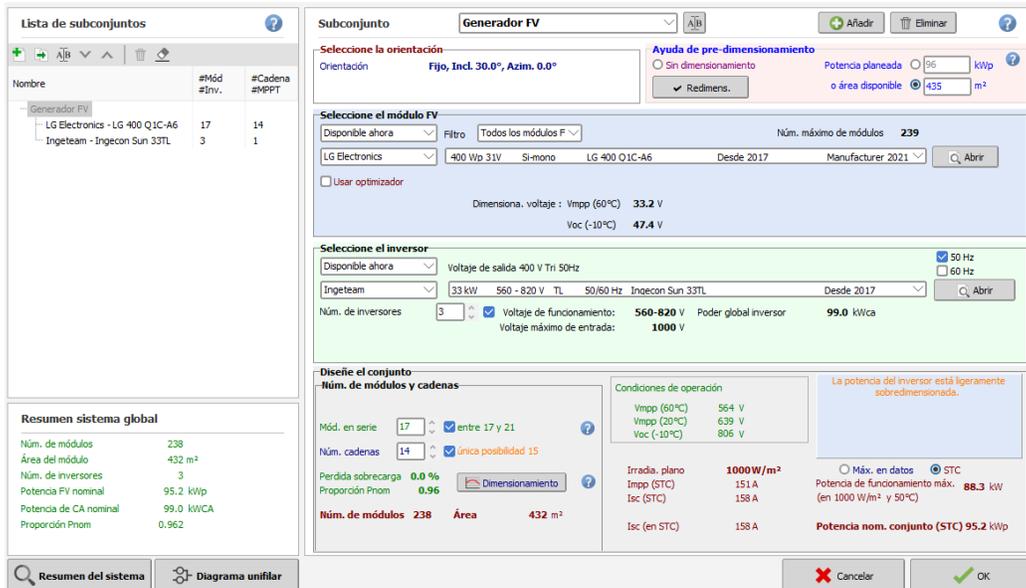


Ilustración 2: Design of the Photovoltaic System. Source: PVsystem.

- Replacing Production Modules:** The proposal was to replace the 54 production modules with an ice generator with greater capacity and 60 % lower consumption [2]. This reduction occurs in the function that consumes the most energy: ice generation.
- Installation of a Capacitor Bank:** The installation of a capacitor bank was proposed to offset reactive power consumption and improve the power factor, which is currently very low at the facility. Furthermore, this measure can avoid potential penalties for a low power factor [3].

## Results

After analyzing the measures, the following results were obtained:

	<b>Investment</b>	<b>IRR</b>	<b>Savings kWh</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
Solar Panels	67.903,73 €	11,28 %	148.710 kWh	42,08 tCO <sub>2</sub> eq
Ice Generation	185,95 €	352,80 %	392.995 kWh	111,22 tCO <sub>2</sub> eq
Lighting	69.473,68 €	160,08 %	10.408 kWh	2,95 tCO <sub>2</sub> eq
Capacitors	10.141,44 €	150,71 %	-1.173.600 kvarh	0,00 tCO <sub>2</sub> eq

Tabla 5: Relevant Data on Measures.

With all the measures implemented, the energy consumption of the facility is as follows:

	<b>P consumed</b>	<b>Q consumed</b>	<b>S consumed</b>
Ice Production	266.448 kWh	934.332 kvarh	971.582 kVAh
Converyor Belts	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Packaging	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cold Storage	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Lighting	3.370 kWh	684 kvarh	3.438 kVAh
Others	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
Solar Panels	-148.710 kWh	-30.197 kvarh	-151.745 kVAh
Capacitor Bank	0 kWh	-1.173.600 kvarh	-1.173.600 kVAh
<b>Total</b>	<b>443.225 kWh</b>	<b>60.014 kvarh</b>	<b>447.270 kVAh</b>

Tabla 6: Energy Consumption after Implementation of Measures.

## Conclusions

If all the measures were implemented simultaneously, the required investment would be €147,704.80, resulting in an annual profit of €48,941.54. Furthermore, the NPV would be €295,244.66, and the IRR would reach 33.10 %, a very high value that highlights the profitability of the proposed measures. The measures achieve a 54.81 % reduction in active energy consumption, a 96.67 % reduction in reactive energy, and an 83.87 % reduction in apparent energy consumption. Furthermore, annual emissions are reduced by 156.25 tons of CO<sub>2</sub> equivalent.

For all these reasons, it is recommended to implement the proposed measures, which reduce the factory's energy consumption while increasing production capacity, significantly improving the facility's energy efficiency.

## References

1. M. Draghi, "The Future of European Competitiveness Part 1," Inglés, European Commission, inf. téc. 1, sep. de 2024, pág. 73.
2. V. Ice, Ficha Técnica P34AL, Inglés, 2023.
3. "Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.," es.

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
1.    Introducción . . . . .	2
2.    Motivación . . . . .	5
3.    Objetivos del Proyecto . . . . .	6
4.    Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible .	7
5.    Metodología . . . . .	8
<b>2. Visita a la Fábrica</b>	<b>11</b>
1.    Funcionamiento de una Fábrica de Hielos . . . . .	12
2.    Visita a la Instalación . . . . .	14
<b>3. Auditoría Energética</b>	<b>28</b>
1.    Información y Metodología . . . . .	29
2.    Resultados de la Auditoría . . . . .	32
<b>4. Medidas de Mejora</b>	<b>36</b>
1.    Medida 1: Instalación de Placas Solares . . . . .	38
2.    Medida 2: Cambio de los Módulos de Producción . . . .	49
3.    Medida 3: Cambio de las Luminarias . . . . .	61
4.    Medida 4: Banco de Condensadores . . . . .	66
<b>5. Objetivos de Desarrollo Sostenible</b>	<b>78</b>
1.    Alineación con los ODS . . . . .	79

2.	Resultados relacionados con los ODS . . . . .	81
<b>6.</b>	<b>Resultados Globales y Conclusiones</b>	<b>82</b>
	<b>Anexo I: Informe PVsyst</b>	<b>90</b>
	<b>Anexo II: Correos con Distribuidor Vogt España</b>	<b>98</b>

# Índice de Ilustraciones

1.	Diseño del Sistema Fotovoltaico. Fuente: PVsyst . . . . .	4
2.	Design of the Photovoltaic System. Source: PVsyst. . . . .	9
1.1.	Cronograma de Trabajo. . . . .	9
2.1.	Esquema general del proceso de producción de hielo. . . . .	12
2.2.	Esquema de la Fábrica: Planta Baja. . . . .	14
2.3.	Esquema de la Fábrica: Planta Superior. . . . .	15
2.4.	Esquema del Área de Producción 1 . . . . .	16
2.5.	Foto del Módulo del Área de Producción 1 . . . . .	16
2.6.	Esquema del Área de Producción 2 . . . . .	17
2.7.	Foto del Área de Producción 2 . . . . .	18
2.8.	Foto del Módulo del Área de Producción 2 . . . . .	19
2.9.	Foto de las Cintas Transportadoras del Área de Producción 2 .	20
2.10.	Foto de la Cinta Elevadora del Área de Producción 2 . . . . .	21
2.11.	Esquema del Área de Envasado . . . . .	22
2.12.	Foto de las Tolvas y la Cinta Transportadora del Área de En- vasado . . . . .	23
2.13.	Foto de la Envasadora . . . . .	24
2.14.	Foto de la Empaquetadora . . . . .	25
3.1.	Gráfico de Consumo por Función en Porcentaje. . . . .	33
4.1.	Mapa de la Potencia Fotovoltaica Instalada per Cápita. . . . .	39

4.2.	Vista Satelital de la Fábrica. Fuente: SigPac . . . . .	40
4.3.	Condiciones Solares en Arganda del Rey. Fuente: PVsyst . . . . .	41
4.4.	Condiciones Meteorológicas en Arganda del Rey. Fuente: PVsyst. . . . .	42
4.5.	Orientación Placas Solares. Fuente: PVsyst . . . . .	42
4.6.	Diseño del Sistema Fotovoltaico. Fuente: PVsyst . . . . .	44
4.7.	Resultado de la Simulación Placas Solares. Fuente: PVsyst . . . . .	44
4.8.	Catálogo de Vogt - Parte 1 . . . . .	51
4.9.	Catálogo de Vogt - Parte 2 . . . . .	51
4.10.	Tamaño Cubitos Generadoras Vogt. . . . .	53
4.11.	Compra de P34AL en eBay. . . . .	55
4.12.	Esquema de Estados de Producción. . . . .	70

# Índice de Tablas

1.	Consumo de Energía por Función. . . . .	3
2.	Datos Relevantes de Cada Medida. . . . .	5
3.	Consumo Energético tras la Aplicación de Todas las Medidas. . . . .	5
4.	Energy Consumption by Function. . . . .	8
5.	Relevant Data on Measures. . . . .	10
6.	Energy Consumption after Implementation of Measures. . . . .	10
2.1.	Resumen de Turnos, Días Laborales y Horas por Mes. . . . .	27
3.1.	Datos Técnicos de Equipos - Parte 1. . . . .	29
3.2.	Datos Técnicos de Equipos - Parte 2. . . . .	31
3.3.	Consumo de Energía por Equipo. . . . .	32
3.4.	Consumo de Energía por Función. . . . .	33
4.1.	Cálculo VAN - Placas Solares. . . . .	46
4.2.	Cálculo VAN - Cambio Generadoras de Hielo: Opción 1. . . . .	56
4.3.	Cálculo VAN - Cambio Generadoras de Hielo: Opción 2. . . . .	58
4.4.	Cálculo VAN - Luminarias. . . . .	64
4.5.	Consumo de Energía por Función. . . . .	68
4.6.	Ahorro Energético Medidas 1, 2 y 3. . . . .	68
4.7.	Consumo Energético tras Medidas 1, 2 y 3. . . . .	69
4.8.	Reactiva Necesaria en cada Escenario. . . . .	72
4.9.	Factor de Potencia con los Bancos Elegidos. . . . .	73
4.10.	Cálculo VAN - Banco de Condensadores. . . . .	75

4.11. Consumo Energético tras la Aplicación de Todas las Medidas.	76
5.1. Reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> eq por Medida. . . . .	81
6.1. Consumo de Energía por Función. . . . .	82
6.2. Ahorro Energético de Todas las Medidas. . . . .	83
6.3. Datos Relevantes de Cada Medida. . . . .	83
6.4. Consumo Energético tras la Aplicación de Todas las Medidas.	84

# Capítulo 1

## Introducción

### 1. Introducción

La energía es una parte fundamental de la vida moderna. Desde la Revolución Industrial el consumo energético se ha incrementado exponencialmente, lo que ha permitido un alto grado de desarrollo y una mejora sin precedentes de la calidad de vida.

Además, según la sociedad se fue desarrollando se empezó a consumir energía en usos como el transporte y la industria. La industria fue desarrollándose poco a poco y consumiendo cada vez más energía, hasta tal punto que hoy el consumo energético de la industria a nivel mundial supone el 37 % del total, siendo el transporte el 29 %, el uso residencial un 21 % y un 13 % en otros usos, según un estudio de la Agencia Internacional de la Energía (IAE por sus siglas en inglés). [1]

Europa fue la primera región en tener un desarrollo industrial avanzado. Sin embargo, hoy su economía se centra más en el sector servicios y no tanto en la industria. Es por ello que, según estudios de Eurostat, el mayor consumo de energía en Europa se centra hoy en el transporte, ocupando un 28,4 % del

gasto energético total. El uso residencial ocupa el segundo puesto con un 28 % del gasto, seguido del 26,1 % para la industria, el 10,1 % para el sector servicios, un 2,6 % para la agricultura, y un 4,8 % para otros usos [2]. El gasto energético de la industria en Europa es menor que en el resto del mundo, pero se mantiene como una parte importante del consumo con un gran impacto en la economía.

Para muchas industrias el consumo energético es uno de sus principales gastos, por lo que grandes variaciones ya sea en el precio de la electricidad o en la cantidad de energía consumida tienen un gran efecto sobre los costes de producción y por lo tanto sobre la rentabilidad de las empresas industriales. Es por ello que la eficiencia energética resulta tan importante para estas empresas, al conseguir producir lo mismo con menos energía consiguen reducir sus costes y aumentar sus beneficios. Además, este efecto puede verse potenciado mediante la generación de energía eléctrica de forma local, principalmente a través de fuentes de energía renovables.

En septiembre de 2024, Mario Draghi, ex primer ministro de Italia y expresidente del Banco Central Europeo, publicó un informe [3] [4] en el que analizaba la situación de la competitividad de la industria europea en comparación con el resto del mundo. Según este estudio, la competitividad de la industria europea se ha visto lastrada por los altos costes de la energía en los países europeos, costes que han incrementado notablemente desde la crisis energética de 2022. A esto se le suman factores como la carga regulatoria, la dificultad en ciertos países para llevar a cabo nuevos proyectos de inversión, la escasa innovación o el elevado número de licencias y permisos que resultan necesarios para emprender nuevos proyectos empresariales.

Ante esta situación Draghi propone reducir la carga burocrática y regulatoria que enfrentan las empresas, así como tomar medidas para garantizar que los costes de la energía dejen de suponer un lastre para la industria europea. Entre estas medidas se encuentran el aumento de la producción de

energía eléctrica a través de energías renovables, que tienen un coste menor, y el avance hacia otras tecnologías más limpias y que permitan la descarbonización de la industria. Señala también como un factor clave la eficiencia energética de las empresas europeas, en concreto la de aquellas que se dedican a la fabricación. Todo ello con el objetivo de mejorar en última instancia la competitividad de la industria europea para que puedan competir a nivel mundial frente al resto grandes empresas.

Entre las medidas que propone Draghi para mejorar la eficiencia energética de la industria europea destaca una medida en concreto, la de fomentar la producción de energía eléctrica en las propias fábricas a través de energías renovables, principalmente con el uso de placas fotovoltaicas. Además, menciona que cualquier medida destinada a mejorar la eficiencia energética resultará en un aumento de la productividad y por lo tanto de la competitividad, por lo que cree que los países europeos deben optar por políticas que permitan mejorar la eficiencia energética de sus empresas.

Este trabajo fin de grado se centra precisamente en la mejora de la eficiencia energética de una instalación industrial, en concreto de una fábrica de hielo en cubitos. El trabajo consiste en la realización de una auditoría energética completa de la instalación, incluyendo detalladamente todas las fuentes de consumo energético y las fuentes de generación de energía que pueda haber presentes en la instalación. Tras la auditoría se evaluarán las posibles medidas que puedan mejorar la eficiencia energética de la fábrica, y se realizará un estudio sobre su viabilidad técnica en esa instalación concreta y un estudio económico para evaluar si esas medidas son rentables o no, para lo que se detallarán las inversiones necesarias y los plazos de amortización. Por último, se evaluarán también las distintas posibilidades que existen para la generación de energía de forma local, para las que se incluirá también el correspondiente estudio técnico y estudio económico.

## 2. Motivación

De nuevo, este proyecto pretende satisfacer la necesidad de reducir el consumo energético y aumentar la eficiencia energética de una instalación industrial concreta, que en este caso es una fábrica de hielo en cubitos. Como se ha explicado anteriormente, resulta fundamental reducir el consumo energético de las fábricas al mismo tiempo que se mejora su competitividad, teniendo en cuenta también las emisiones y el impacto medioambiental que esto conlleva.

Es por esto por lo que creo que la instalación escogida es especialmente relevante, ya que presenta ciertas características interesantes respecto a su perfil de consumo energético como es la necesidad de refrigeración constante dentro de la cámara frigorífica y los ciclos térmicos en el proceso de producción del hielo. Además, esta instalación tiene un elevado consumo energético por lo que cualquier mejora tendrá un impacto mayor en términos absolutos, especialmente en las áreas mencionadas. También es necesario mencionar que en la fábrica lleva produciendo tan solo algo más de un año y que en términos de eficiencia energética se encuentra en una fase primitiva, debido principalmente a que la prioridad de los dueños es la producción de hielo sin complicaciones y también a la falta de tiempo, que es requerido para realizar un estudio y tomar las medidas necesarias para reducir el consumo. Es por ello que en la instalación presenta varias áreas potenciales de mejora como son la instalación de placas solares para producir energía localmente, la mejora de la eficiencia en los ciclos térmicos involucrados en la fabricación y la reducción del consumo de la maquinaria utilizada.

Por otra parte, el trabajo ha sido estructurado de tal forma que cada medida se evalúa de una forma independiente, tanto a nivel técnico como a nivel económico, por lo que se puede evaluar cada medida por sí sola y decidir sobre su implementación o no también de manera independiente. Esto

permite que el estudio sea aún más relevante, ya que cada una de las medidas puede ser replicada en aquellas fábricas en las que dichas medidas sean adecuadas. Es decir, las medidas estudiadas en el presente trabajo se convierten en fácilmente replicables a lo largo de todo el tejido industrial español. Además, muchas de estas medidas son especialmente relevantes para un gran número de instalaciones, tanto dentro del sector de producción de hielo como en el resto de la industria.

### **3. Objetivos del Proyecto**

Respecto a los objetivos del proyecto, se han establecido los siguientes:

- Realización de una auditoría energética completa para entender cómo y dónde se consume la energía en la instalación. La auditoría incluirá todas las fuentes de consumo energético así como las posibles fuentes locales de generación de energía. Se realizará un estudio sobre los consumos específicos lo más detallado posible, analizando todas las variables relevantes, para poder evaluar posteriormente todas las posibles medidas para energética de la instalación.
- Evaluación de todas las posibles soluciones técnicas para la optimización y/o reducción del consumo energético de la instalación. Se llevará a cabo un estudio específico para cada una de las áreas de mejora identificadas en la fase de auditoría energética.
- Evaluación de las distintas posibilidades de generación de energía de manera local en la instalación. Tras haber optimizado el consumo energético en la fábrica, se evaluarán las distintas alternativas de generación de energía para reducir aún más el consumo energético neto de la instalación.

- Evaluación económica de todas las medidas propuestas. Aquellas medidas que se determinen técnicamente posibles y cuyo impacto sea relevante irán acompañadas de su correspondiente evaluación económica, incluyendo la inversión necesaria para su implementación, así como el periodo de amortización. Se pretende estudiar su viabilidad económica y si la implementación de estas medidas tiene un impacto económico positivo y, en caso de tenerlo, la dimensión del mismo.

En última instancia, todas estas medidas van destinadas a mejorar la eficiencia energética de la instalación, es decir, conseguir consumir menor energía por unidad de producción, teniendo en cuenta también el impacto económico de las medidas propuestas.

#### **4. Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible**

Por otra parte, el objetivo de reducción del consumo energético, especialmente de fuentes no renovables, y el objetivo de mejora de la eficiencia energética, están muy alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible [5] establecidos por la Organización de las Naciones Unidas en el año 2015. Concretamente se alinean con los objetivos:

- Objetivo N°7: garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.
- Objetivo N°9: construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.
- Objetivo N°11: lograr que las ciudades sean más inclusivas, y seguras, resilientes y sostenibles.

- Objetivo N°12: garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Objetivo N°13: adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Objetivo N°17: revitalizar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Aunque aumentar la eficiencia energética se alinee de una forma más clara con los objetivos número 7, 9 y 12, también tiene un impacto significativo en el resto de objetivos, aunque sea de manera indirecta.

## 5. Metodología

El trabajo se realizó en dos fases principales: primero una auditoría energética de la instalación y posteriormente una fase de propuesta de medidas para mejorar la eficiencia energética de la misma.

En la fase de auditoría energética se realizó una visita a la instalación en la que se recabó toda la información necesaria para la realización del trabajo. A continuación, se realizó dicha auditoría, en la que se identificaron las diferentes fuentes de consumo energético. Finalmente se analizó cómo se consume la energía lo que posteriormente permitió evaluar posibles mejoras.

En la fase de propuesta de medidas se comenzó investigando sobre las formas de reducir el consumo energético en cada una de las áreas identificadas en la auditoría energética. Después, se recopilaron aquellas que eran aplicables a la instalación a la vez que relevantes, y se realizó un análisis más detallado de cada una de ellas. En este análisis se calculó el ahorro energético que supondría adoptar la medida y también la inversión que sería necesaria

para implementarla, es decir, se realizó un estudio técnico y económico de todas las medidas. Adicionalmente, se evaluó también la posibilidad de generar energía de forma local para reducir aún más el consumo energético neto de la instalación. Para ello se realizó también un estudio técnico y económico sobre esta posibilidad. Finalmente se incluyó una recomendación acerca de la implantación o no de cada medida, basándose tanto en criterios técnicos como en criterios económicos.

El cronograma que se estableció para el proyecto fue el siguiente:

<b>CRONOGRAMA TFG</b>	<b>sept</b>	<b>oct</b>	<b>nov</b>	<b>dec</b>	<b>ene</b>	<b>feb</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>may</b>	<b>jun</b>	
Investigación	■										
Visita Instalación					■						
Evaluación Técnica						■					
Evaluación Económica							■				
Sostenibilidad								■			
Conclusiones								■			
Redacción Memoria y Presentación									■		

Ilustración 1.1: Cronograma de Trabajo.

Respecto a los recursos utilizados en el proyecto, para la redacción del proyecto se utilizó LaTeX junto con la plataforma OverLeaf como editor de código. Para los cálculos se hizo uso de MatLab y de Excel para los cálculos más simples, así como para la visualización de datos. Respecto a la inteligencia artificial, se utilizó principalmente para buscar y resumir artículos de investigación, informes, papers científicos, etc.

Respecto a los problemas encontrados durante la realización del trabajo, el principal problema fue la dificultad para obtener información en determinados casos. Este problema se centró principalmente en la recopilación de información durante la visita y la fase de auditoría, ya que la fábrica comenzó a producir en 2023 y gran parte del material era de segunda mano y

se desconocían muchos de los datos relevantes. Otro factor fue el conocimiento técnico limitado por parte de las personas con las que se realizó la visita, lo que dificultó la recolección de información. Es por ello que hay ciertos valores que se han tenido que estimar ya que simplemente no se conocían, como puede ser por ejemplo las lámparas utilizadas para la iluminación. Tampoco fue posible obtener una copia de la factura eléctrica, por lo que se tuvo que estimar el consumo energético de la instalación.

## Capítulo 2

### Visita a la Fábrica

La visita a la fábrica es una parte crucial del trabajo ya que permite realizar la auditoría energética. Durante la visita se observa en detalle el funcionamiento de la instalación, lo que, junto con la explicación dada por parte de la empresa, permite comprender cómo y dónde se está consumiendo la energía dentro de la fábrica.

Durante la visita se recopiló toda la información sobre los procesos de fabricación así como las condiciones en las que opera la instalación. Entre esta información se recopiló información técnica, como la maquinaria utilizada, con su información técnica correspondiente, el método de fabricación del hielo, la forma y condiciones en las que se almacena el hielo; y se recopiló también información operativa, como los horarios de funcionamiento, capacidad de la cámara frigorífica, etc.

La visita a la instalación supone la base del trabajo, ya que permite realizar la auditoría energética que permitirá después identificar las áreas en las que se puede mejorar la eficiencia energética o reducir el consumo, y proponer las medidas que se estimen adecuadas para lograr este objetivo.

## 1. Funcionamiento de una Fábrica de Hielos

A modo de introducción al método de producción del hielo en cubitos, a continuación se presenta una breve explicación de las distintas fases que intervienen en el proceso de fabricación. Cabe destacar que hay muchos métodos diferentes para el control de calidad del agua, la producción, el envasado y el almacenamiento de los hielos fabricados. [6] [7] [8] [9] [10]

En el siguiente esquema se puede ver el proceso de fabricación que se sigue para la producción de hielo:

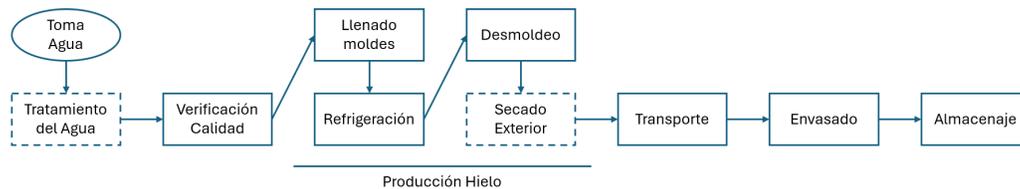


Ilustración 2.1: Esquema general del proceso de producción de hielo.

El proceso comienza con la toma de agua de la instalación industrial. Para garantizar la calidad del hielo es necesario garantizar en primer lugar la calidad del agua. Para ello se realiza un proceso de verificación y en la mayoría de los casos también de tratamiento. Se verifica el pH, los niveles de cloro, las sales disueltas y la cal. La práctica más habitual es tratar el agua con el objetivo principal de eliminar la cal, ya que cuando el agua se congela y se forma el cubito si hay mucha cal en el agua el hielo queda con un color blanco, lo que no resulta agradable estéticamente. Sobre el resto de parámetros, no suele ser necesario tratarlos debido a que el agua que se toma para la fabricación es potable y como consecuencia tiene unos parámetros adecuados de pH, cloro y sales disueltas. Adicionalmente, se puede tratar el agua con rayos ultravioleta para eliminar los microorganismos que pueda haber en el agua.

Tras obtener agua con las condiciones requeridas para la producción se pasa a la producción de los cubitos. Existen diferentes técnicas para congelar el agua, pero en todas ellas se llena con un molde con la forma de los cubitos. Posteriormente se refrigera durante unos minutos hasta que se obtiene el tamaño deseado para el cubito de hielo. En el proceso de refrigeración se ven involucrados varios componentes. Aunque cada proceso es distinto, en términos generales se puede encontrar un compresor, un condensador, y un evaporador.

Una vez se ha congelado toda el agua, se revierte el ciclo de refrigeración para calentar ligeramente el molde. Con esto se consigue fundir la capa exterior del hielo para que resulte más sencillo sacar el hielo del molde, al mismo tiempo que se evita que se rompa al salir. Tras el desmoldeo en algunos casos se aplica también una fase de secado exterior del hielo. En esta fase el objetivo es eliminar la capa exterior de agua que ha creado la fase de desmoldeo, para lo que normalmente se suelen utilizar ventiladores. Esto se hace para evitar que los hielos se peguen entre sí una vez se introduzcan en la cámara frigorífica para su almacenamiento.

Cuando ya se tienen los cubitos de hielo individuales sueltos se empaquetan en sacos de dos kilogramos. Teniendo en cuenta que cada cubito de hielo pesa aproximadamente 60 gramos, cada bolsa tiene 33 cubitos. Tras este envasado, se envasan de nuevo en una bolsa de mayor tamaño, que contiene cinco sacos, es decir, cada bolsa grande contiene diez kilogramos de hielo. Estos paquetes se paletizan y cuando el palé está completo se lleva a la cámara frigorífica, donde se almacena hasta su venta.

Finalmente, cabe destacar que para transportar el hielo a lo largo de la cadena de producción hasta el palé se utilizan cintas transportadoras con compartimentos para los cubitos de hielo.

## 2. Visita a la Instalación

Durante la visita se pudo conocer el método de fabricación específico de Hielos Duero SL, la empresa propietaria de la instalación. El área de producción consta de cuatro partes principales: dos áreas de producción de cubitos, un área de envasado y paletizado y, finalmente, otra área con la cámara frigorífica, donde se almacena la mercancía hasta su venta. Según se indica en el esquema, la instalación tiene dos alturas diferentes encontrándose en la planta baja las oficinas, un área de producción de cubitos, la zona de envasado y la cámara frigorífica, mientras que en la altura superior se sitúan la otra área de producción de cubitos y zonas para otros usos.

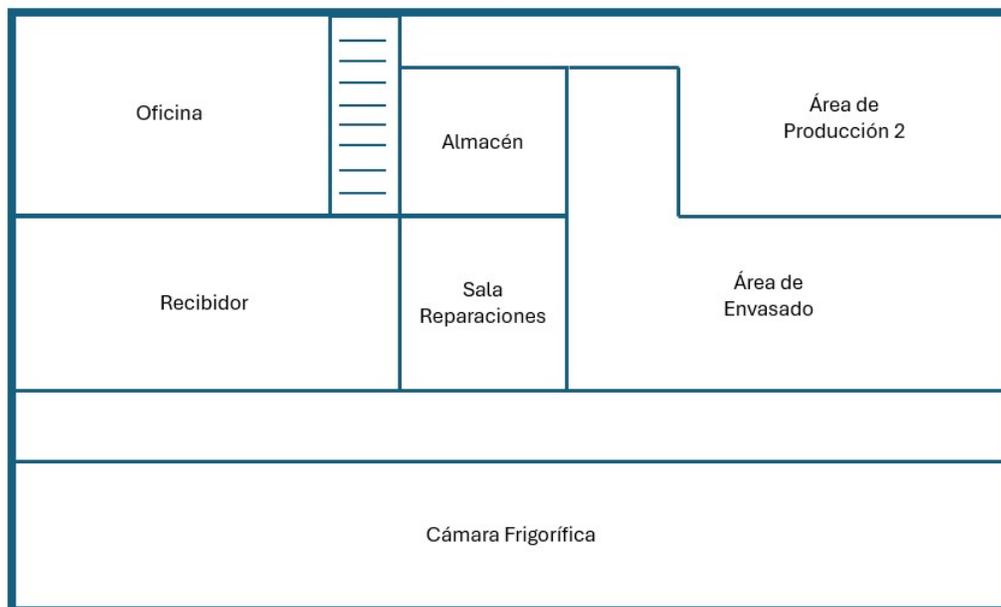


Ilustración 2.2: Esquema de la Fábrica: Planta Baja.

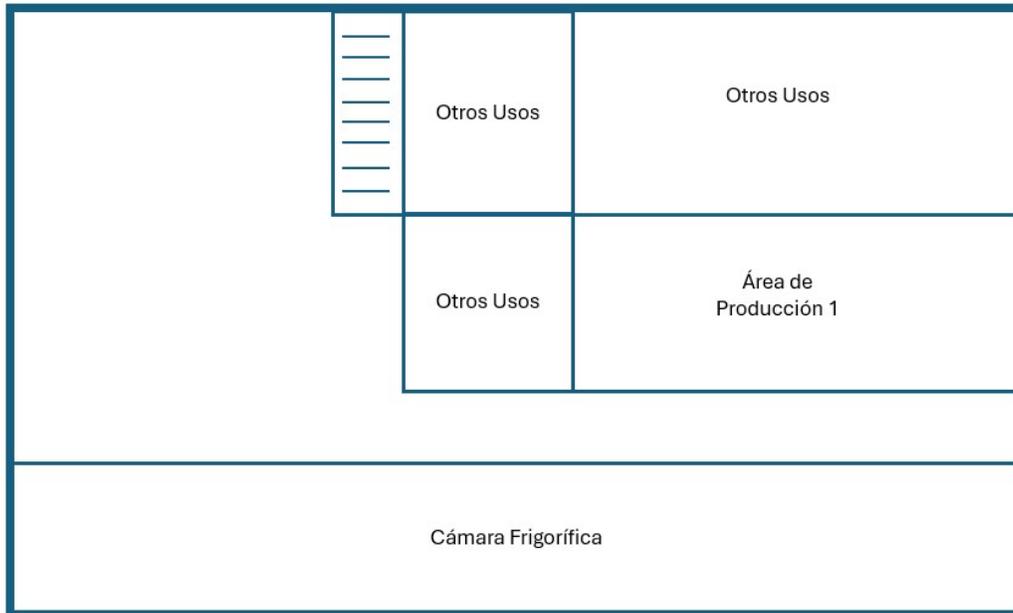


Ilustración 2.3: Esquema de la Fábrica: Planta Superior.

### Área de Producción N°1

El área de producción número 1 se sitúa inmediatamente encima del área de envasado y cuenta con un total de 26 módulos de fabricación de hielo. Estos módulos realizan la función de llenado de moldes, refrigeración, y desmoldeo de manera automática, además de hacer un tratamiento del agua mediante de filtros para cloro, cal y partículas.

Los módulos están situados, como se muestra en el esquema, en 10 columnas colocadas a los lados de una cinta transportadora y otras 3 columnas al final de la cinta formando un semicírculo.

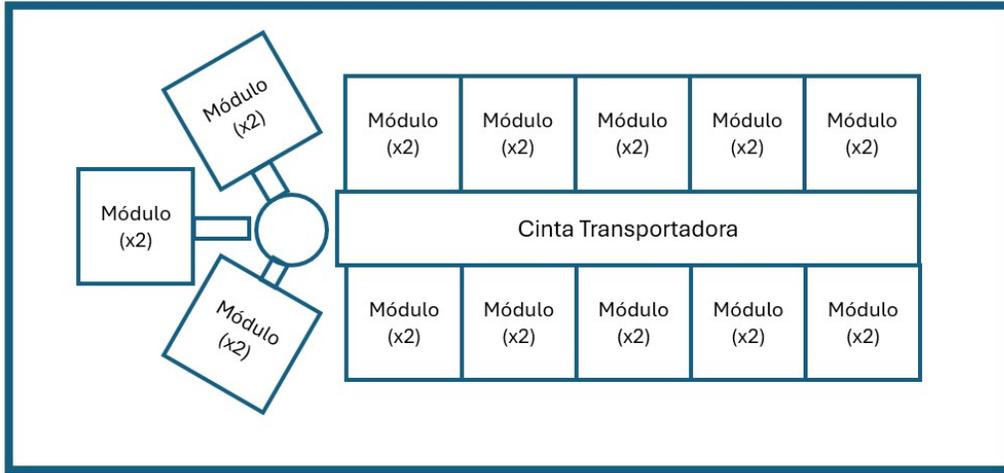


Ilustración 2.4: Esquema del Área de Producción 1

En total hay 13 columnas, contando cada columna con dos módulos de producción, llegando así a los 26 módulos totales. Todos los módulos de esta área de producción son del mismo modelo, en concreto del modelo *Super Star MR400W* de la marca *ITV ICE Makers*. A continuación se adjunta una fotografía de uno de los módulos de producción de este área:



Ilustración 2.5: Foto del Módulo del Área de Producción 1

Los cubitos de hielo son transportados desde cada uno de los módulos hasta la tolva número 1 del área de envasado a través de una cinta transportadora. Esto es así para los módulos que se encuentran a los laterales de la cinta, mientras que los módulos que forman el semicírculo dispensan los cubitos a la tolva a través de una tubería inclinada, ya que la configuración de la fábrica lo permite. No fue posible obtener una fotografía de la cinta.

## Área de Producción N°2

El área de producción número 2 se sitúa en la planta baja de la instalación y es muy similar al anterior, tanto en configuración como en capacidad. En este caso los módulos de producción se sitúan también en columnas a los laterales de la cinta transportadora principal, que luego acaba en otra cinta transportadora que a su vez acaba en otra que eleva los hielos hasta la entrada de la tolva. Todo esto se puede observar de manera más visual en el esquema del área de producción número 2:

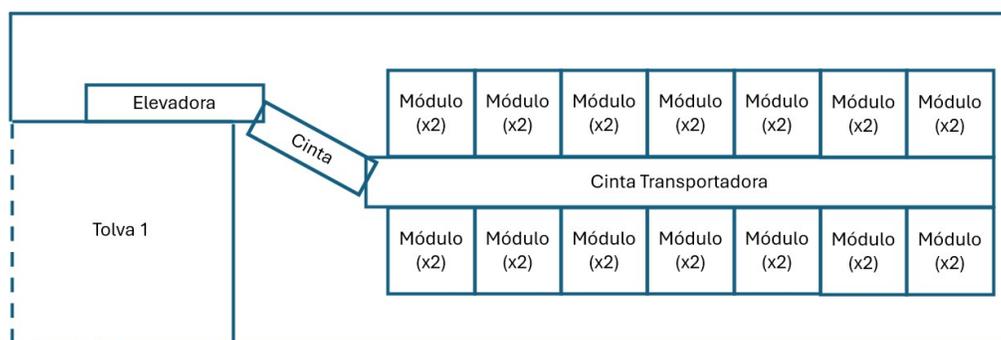


Ilustración 2.6: Esquema del Área de Producción 2

Para esta área de producción hay siete columnas a cada lado de la cinta transportadora y cada columna tiene dos módulos, por lo que en total hay 28 módulos de producción. Esta área utiliza un modelo de producción distinto al del área anterior, concretamente se trata del modelo *G-60* fabricado por la empresa *Cubiforma*.



Ilustración 2.7: Foto del Área de Producción 2

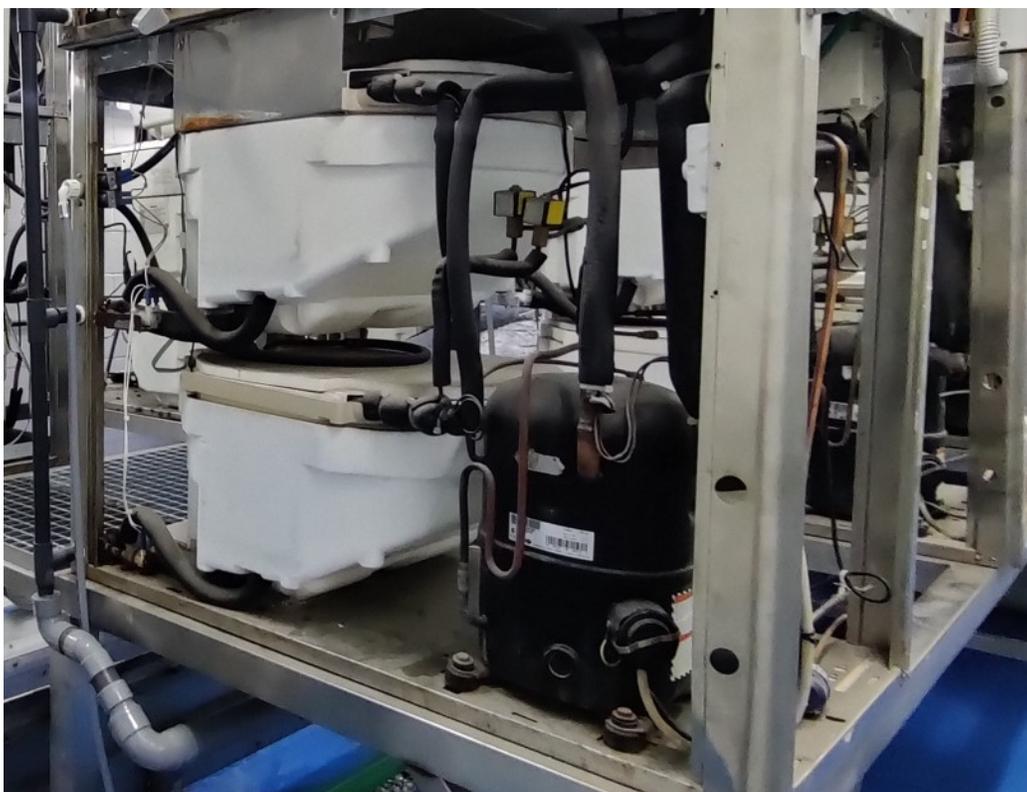


Ilustración 2.8: Foto del Módulo del Área de Producción 2

Los cubitos de hielo caen por unos canales verticales hasta la cinta transportadora. Al final de esta cinta se sitúa otra más pequeña, que es de la marca *Vevor*, que finaliza en una tercera cinta transportadora. Esta cinta se encarga de elevar los cubitos de hielo hasta la entrada de la tolva número dos. Esta cinta es también de la marca *Coalza* y el modelo es *Elevador E-1*. A continuación se pueden ver las fotografías de las cintas transportadoras:



Ilustración 2.9: Foto de las Cintas Transportadoras del Área de Producción  
2



Ilustración 2.10: Foto de la Cinta Elevadora del Área de Producción 2

## Área de Envasado

El área de envasado se sitúa también en la planta baja, inmediatamente debajo del área de producción número 1 y adyacente al área de producción número 2. En ella se sitúan las tolvas, la máquina de envasar y la de empaquetar, todas ellas conectadas mediante cintas transportadoras. Aquí el esquema del área de envasado:

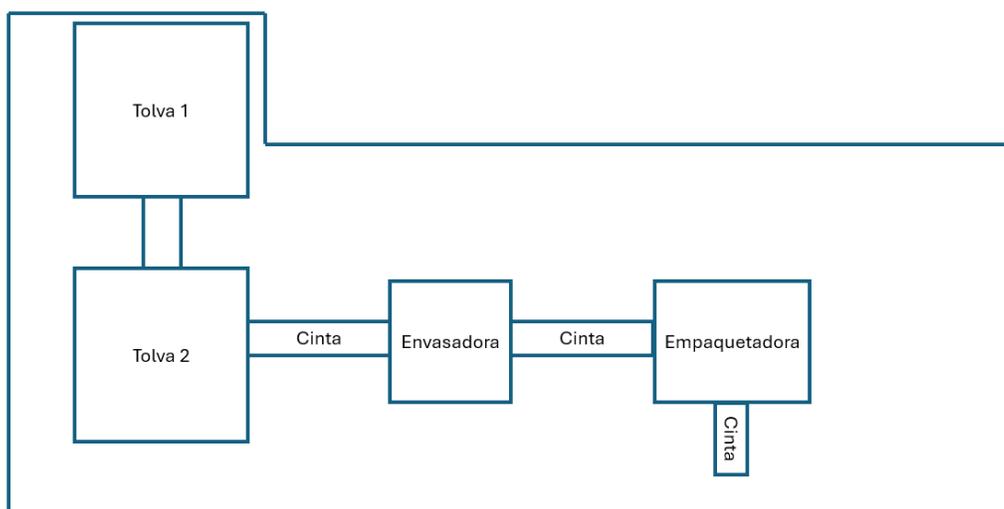


Ilustración 2.11: Esquema del Área de Envasado

Una vez producidos los cubitos llegan de distintas formas a ambas tolvas, situadas ya en el área de envasado. Ambas tolvas son del modelo *TDH-1.2* fabricado por *Coalza*. La salida de la tolva número uno está conectada a través de una cinta transportadora a la salida de la tolva número dos, que posteriormente pasa a través de un tambor cribador a un elevador, cómo se puede ver en la siguiente imagen:



Ilustración 2.12: Foto de las Tolvas y la Cinta Transportadora del Área de Envasado

La cinta elevadora del modelo *E-2.6*, fabricado por *Coalza*, eleva los cubitos de hielo hacia la parte superior de la envasadora. Esta envasadora (modelo *R95-DH*, también de *Coalza*) produce las bolsas de 2 kg. Aquí su fotografía:



Ilustración 2.13: Foto de la Envasadora

Las bolsas de 2 kg se transportan de nuevo otra vez en la cinta transportadora hasta la empaquetadora (modelo *MK-80* de *Key Automatizaciones*), que agrupa las bolsas de 2 kg de cinco en cinco y las sella con un plástico. A la salida de la empaquetadora hay otra cinta hasta el lugar donde se encuentra el operario, que se encarga manualmente del paletizado. Ambas cintas se venden en conjunto con la empaquetadora. Se adjuntan también las fotografías correspondientes:



Ilustración 2.14: Foto de la Empaquetadora

## **Cámara Frigorífica**

Una vez producidos los cubitos de hielo, envasados, empaquetados y paletizados, se almacenan en la cámara frigorífica. Durante la visita no se pudo acceder al interior, pero sí se obtuvo la información del cuadro eléctrico de la cámara frigorífica. La cámara tiene una tensión nominal de 400V y una corriente nominal de 63A y fue fabricada en el año 2023.

## **Otra Información**

Durante la visita se obtuvo también otra información relevante para la realización del proyecto. Esta información consiste principalmente de los turnos de producción y las luminarias presentes en la fábrica.

Respecto a las luminarias, se desconoce el modelo concreto ya que cuando se compró la fábrica en 2023 las luminarias ya estaban instaladas y no se cambiaron. Sí se conoce que tanto en el área de envasado como en las áreas de producción hay tres filas de cuatro luminarias fluorescentes cada una. Adicionalmente, en el pasillo hay dos filas de siete luminarias cada una.

Respecto a la factura de la luz, no fue posible obtenerla debido a la falta de disponibilidad del propietario de la fábrica. Sin embargo, se pudo estimar la potencia consumida a través de la potencia nominal de las diferentes máquinas.

Finalmente, sobre los turnos de trabajo para la producción, la fábrica se encuentra parada durante los meses de diciembre y enero. En los meses de febrero, marzo, abril, octubre y noviembre hay un turno. Durante mayo y septiembre hay dos turnos y para el resto de meses, junio, julio y agosto, se llega a los cuatro turnos, es decir, que se produce también los fines de semana. A continuación se adjunta una tabla con los turnos, días laborables

y horas de trabajo por cada mes.

<b>Mes</b>	<b>Turnos</b>	<b>Días Lab.</b>	<b>Horas</b>
Enero	0	22	0 h
Febrero	1	22	176 h
Marzo	1	22	176 h
Abril	1	22	176 h
Mayo	2	22	352 h
Junio	4	30	720 h
Julio	4	30	720 h
Agosto	4	30	720 h
Septiembre	2	22	352 h
Octubre	1	22	176 h
Noviembre	1	22	176 h
Diciembre	0	22	0 h

Tabla 2.1: Resumen de Turnos, Días Laborales y Horas por Mes.

El número total de horas trabajadas durante un año es de 3.744 h.

## Capítulo 3

# Auditoría Energética

Tras la visita a la instalación se realizó la auditoría energética, cuyo objetivo es identificar cuáles son las principales fuentes de consumo para posteriormente evaluar medidas que permitan mejorar la eficiencia energética en las distintas áreas.

Para realizar dicha auditoría se utilizó la información recopilada durante la visita, que consiste principalmente en los modelos de las diferentes máquinas, su tensión nominal, su corriente nominal y su potencia nominal. También se obtuvo información acerca de los turnos de trabajo, con lo que se pudo saber cuántas horas está funcionando cada máquina. Por otra parte, no se pudo obtener una copia de la factura eléctrica, por lo que se realizó el reparto de la energía en función de la potencia nominal y las horas de trabajo.

## 1. Información y Metodología

En primer lugar se recopiló toda la información que se obtuvo de las placas de cada máquina, así como de las fichas técnicas de algunas de ellas [11] [12]. A continuación se presentan, para cada elemento, la potencia aparente (en kVA), potencia activa (en kW), potencia reactiva (en kvar) y tensión (en V) y corriente (en A) nominales, y el factor de potencia.

<b>Equipo</b>	<b>P<sub>n</sub></b>	<b>Q<sub>n</sub></b>	<b>U<sub>n</sub></b>	<b>I<sub>n</sub></b>	<b>S<sub>n</sub></b>	<b>cos <math>\phi</math></b>
Módulos AP1	-	-	400	19,49	13,50	-
Módulos AP2	3,80	13,33	400	20,00	13,86	0,27
Cinta 4	0,37	0,70	380	1,20	0,79	0,47
Tolvas	0,14	0,41	400	0,62	0,43	0,33
Cinta 6	0,75	1,10	400	1,92	1,33	0,56
Envasadora 2kg	4,50	10,13	400	16,00	11,09	0,41

Tabla 3.1: Datos Técnicos de Equipos - Parte 1.

Respecto al factor de potencia de los módulos del área 1, se contactó al fabricante pero no hubo respuesta, por lo que se asumió que es igual al de los módulos del área 2. Con ello se obtuvo la potencia activa y reactiva nominal de los módulos.

Debido a la disposición de las cintas no se pudo conocer el modelo de la cinta 1, cinta 2 y cinta 5. Sin embargo, sí se pudo obtener el modelo del motor que las mueve, que es el mismo para las tres [13]. Esta información, junto con fotografías de la placa del motor permitió conocer toda la información relevante.

Respecto a la cinta número 3, se conoce la marca del fabricante (*Veavor*) pero no el modelo, aunque la placa se indicaba que el consumo es de 50W a 60W, por lo que se tomó el valor intermedio de 55W.

Sobre la cámara frigorífica, como se ha comentado no se pudo acceder al interior pero sí al cuadro eléctrico, del que se obtuvo que la tensión nominal es de 400V y la corriente luminal de 63A. Además, se supuso un factor de potencia de 0,80.

Respecto a la empaquetadora o enfardadora, modelo *MK-80* de *Key Automatizaciones*, fue necesario contactar con el distribuidor para obtener la información necesaria. Se supo así que la potencia nominal es de 2 kW, la tensión nominal de 400V y la corriente nominal de 4A.

Finalmente, para las luminarias se tuvo que estimar su consumo en base a modelos similares del mercado. Las luminarias presentes en la fábrica son fluorescentes con dos tubos T8 por cada luminaria. Se ha tomado como ejemplo el modelo *LUMILUX T8* [14], que tiene un consumo de 36W por tubo. Además, es necesario un balastro para regular la corriente que llega a los tubos. Se ha tomado como referencia un balastro con un consumo de 1,6W. [15].

En siguiente tabla se presentan todos los datos, incluyendo los que se acaban de comentar:

<b>Equipo</b>	<b>Pn</b>	<b>Qn</b>	<b>Un</b>	<b>In</b>	<b>Sn</b>	<b>cos <math>\phi</math></b>
Módulos AP1	3,70	12,98	400	19,49	13,50	0,27
<b>Cinta 1 - AP1</b>	1,10	0,85	400	2,40	1,39	0,79
Módulos AP2	3,80	13,33	400	20,00	13,86	0,27
<b>Cinta 2 - AP2</b>	1,10	0,85	400	2,40	1,39	0,79
<b>Cinta 3 - AP2</b>	0,06	0,06	230	0,21	0,08	0,75
Cinta 4 - AP2	0,37	0,70	380	1,20	0,79	0,47
Tolvas	0,14	0,41	400	0,62	0,43	0,33
<b>Cinta 5 - AE</b>	1,10	0,85	400	2,40	1,39	0,79
Cinta 6 - AE	0,75	1,10	400	1,92	1,33	0,56
Envasadora 2kg	4,50	10,13	400	16,00	11,09	0,41
<b>Empaquetadora</b>	2,00	1,92	400	4,00	2,77	0,72
<b>Cámara Frigorífica</b>	34,92	26,19	400	63,00	43,65	0,80
<b>Luminarias</b>	0,07	0,01	230	0,32	0,08	0,98

Tabla 3.2: Datos Técnicos de Equipos - Parte 2.

*Nota: Un en V, In en A, Pn en kW, Qn en kvar y Sn en kVA.*

A continuación se realizó una estimación del consumo de cada uno de los equipos, en base a la potencia nominal y al número total de horas en las que la instalación está produciendo. Se ha utilizado la potencia nominal para todos los equipos salvo para los módulos de producción de hielo, para los cuales se ha utilizado el 85% de la misma ya que sus compresores no se encuentran funcionando el 100% del tiempo y estos suponen un consumo significativo sobre el total del módulo. Adicionalmente, se añadió un 3% para otros posibles consumos no contemplados en esta auditoría.

## 2. Resultados de la Auditoría

El consumo de potencia activa y reactiva de los equipos es el siguiente:

Equipo	#	Consumo P	Consumo Q	Consumo S
Módulos AP1	26	306.334 kWh	1.074.197 kvarh	1.117.022 kVAh
Cinta 1 - AP1	1	4.118 kWh	3.196 kvarh	5.213 kVAh
Módulos AP2	28	338.607 kWh	1.187.368 kvarh	1.234.706 kVAh
Cinta 2 - AP2	1	4.118 kWh	3.196 kvarh	5.213 kVAh
Cinta 3 - AP2	1	206 kWh	241 kvarh	317 kVAh
Cinta 4 - AP2	1	1.385 kWh	2.613 kvarh	2.957 kVAh
Tolvas	1	1.048 kWh	3.041 kvarh	3.216 kVAh
Cinta 5 - AE	1	4.118 kWh	3.196 kvarh	5.213 kVAh
Cinta 6 - AE	1	2.808 kWh	4.113 kvarh	5.132 kVAh
Envasadora 2kg	1	16.848 kWh	37.929 kvarh	41.503 kVAh
Empaquetadora	1	7.488 kWh	7.182 kvarh	10.376 kVAh
Cámara Frigorífica	1	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Luminarias	50	13.778 kWh	2.798 kvarh	14.059 kVAh
<b>Total en kWh</b>		<b>952.268 kWh</b>	<b>2.517.628 kvarh</b>	<b>2.691.703 kVAh</b>
<b>Total en MWh</b>		<b>952 MWh</b>	<b>2.518 Mvarh</b>	<b>2.692 MVAh</b>

Tabla 3.3: Consumo de Energía por Equipo.

Si se agrupa el consumo por los diferentes usos el consumo energético es el siguiente (incluyendo la categoría otros consumos):

Función	Consumo P	Consumo Q	Consumo S
Producción Hielo	644.941 kWh	2.261.565 kvarh	2.351.728 kVAh
Cintas y Tolvas	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Envasado	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cámara Frigorífica	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Iluminación	13.778 kWh	2.798 kvarh	14.059 kVAh
Otros	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
<b>Total</b>	<b>980.836 kWh</b>	<b>2.593.157 kvarh</b>	<b>2.772.454 kVAh</b>

Tabla 3.4: Consumo de Energía por Función.

Expresado en términos porcentuales, el consumo energético total (potencia aparente) es:

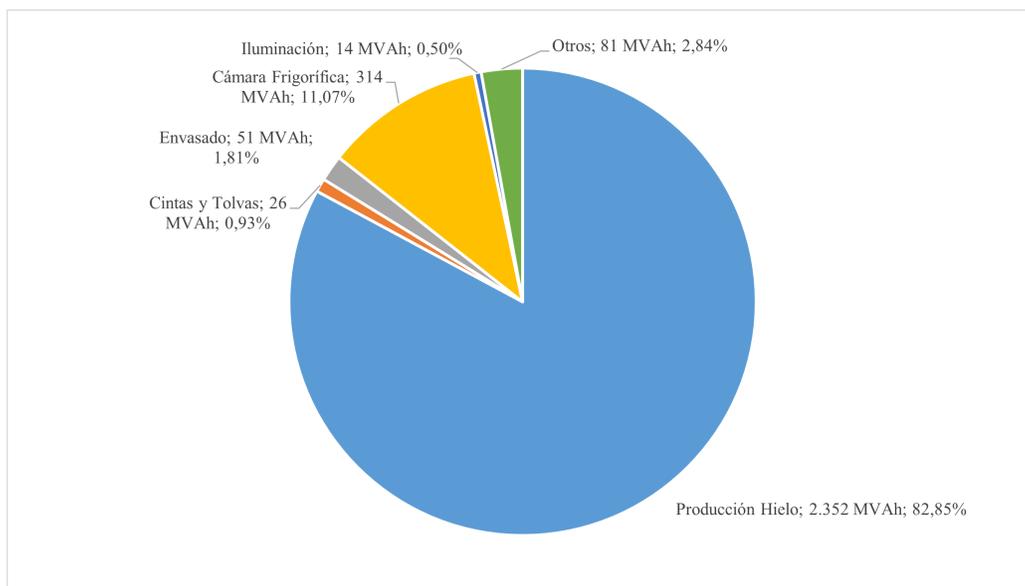


Ilustración 3.1: Gráfico de Consumo por Función en Porcentaje.

Como se puede observar, el principal consumo está en la producción del hielo. Esto es algo lógico ya que se requiere más energía para generar

frío que para conservarlo, sobre todo teniendo en cuenta el estado de la cámara frigorífica, que tiene un buen aislamiento y fue fabricada en 2023. Es en este área, la generación del hielo, es en la que se pueden tomar más medidas y en la que estas medidas pueden tener un impacto mayor sobre el consumo total. Esto se debe a que el método de producción es poco eficiente energéticamente, como se verá más adelante. Por otra parte, es un área en la que resulta muy provechoso mejorar la eficiencia energética, ya que supone el 83 % del consumo total, por lo que una pequeña reducción en esta función puede dar más resultados que una gran reducción en otras funciones.

El resto de maquinaria auxiliar a la producción, es decir, cintas, tolvas, la envasadora y la empaquetadora suponen un porcentaje pequeño, ligeramente inferior al 3%. Sobre estos equipos hay poca mejora posible ya que de ese 3%, el 2% corresponde a la envasadora y empaquetadora, que son equipos relativamente nuevos y con motores de alta eficiencia, que permiten que los equipos estén bien optimizados respecto al consumo energético.

La cámara frigorífica es el segundo consumo por tamaño, por lo que también es un área relevante para la eficiencia energética. Sin embargo, por los motivos ya expuestos, resulta difícil llevar el consumo a un nivel menor al actual.

Respecto a otros consumos, se trata de una categoría creada para incluir todos aquellos consumos que no se hayan contemplado en otras categorías. Se ha establecido este valor en el 3%.

Finalmente, la iluminación supone un 0,50 % del consumo total. Es un porcentaje poco significativo, sin embargo, como se verá más adelante es un área en la que se puede reducir significativamente el consumo, ya que actualmente la iluminación se realiza con lámparas fluorescentes.

También es necesario destacar el alto consumo de potencia reactiva de la instalación, lo que se debe a que los equipos están optimizados para eficiencia térmica y no eléctrica. Para compensar esto y evitar posibles sanciones en la factura eléctrica por factor de potencia, se estudiará la instalación de un banco de condensadores.

# Capítulo 4

## Medidas de Mejora

En este capítulo se presentan las medidas propuestas para mejorar la eficiencia energética de la instalación. Para cada medida propuesta se describió el funcionamiento de la tecnología y el estado del arte, se realizó un estudio técnico y un estudio económico y finalmente se analizaron los resultados.

Inicialmente se consideraron diferentes medidas, que se acabaron filtrando para incluir aquellas que tengan un impacto significativo en el consumo energético de la instalación. Adicionalmente, se incluyeron otras medidas que, pese a no tener un impacto tan relevante, sí que ofrecían un ahorro muy significativo cuando se comparaban con la inversión requerida para implementar esas medidas.

En este capítulo se presentan solo las medidas que han sido seleccionadas y pueden mejorar la eficiencia energética.

## Consideraciones Previas

Para las valoraciones económicas se han realizado las siguientes consideraciones o suposiciones:

- Para hacer las valoraciones económicas se ha utilizado una tasa de descuento del 10% en todas las medidas.
- Respecto al precio de la electricidad, debido a su naturaleza volátil se ha optado por tomar un valor fijo para simplificar los cálculos en las estimaciones económicas. Se ha tomado el valor medio del mercado mayorista para el año 2024, que según un informe [16] del *Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE)* es de 63,03 €/MWh o, expresándolo en kWh, 0,06303 €/kWh.
- No se ha tenido en cuenta el IVA ya que el comprador del material es una empresa.

## Medidas Propuestas

Se han identificado las siguientes medidas para mejorar la eficiencia energética de la instalación:

1. Instalación de Placas Solares
2. Cambio de los Módulos de Producción
3. Cambio de luminarias a LED
4. Instalación de un Banco de Condensadores

## **1. Medida 1: Instalación de Placas Solares**

Una de las medidas más importantes que se puede implementar en la instalación es la generación de energía de forma local a través de placas solares. Esto puede mejorar enormemente la eficiencia energética de la fábrica ya que el consumo neto de energía eléctrica de la red se reduce significativamente. Además, es una forma de generar energía completamente limpia, lo que hace que la instalación en su conjunto sea más sostenible y se alinee mejor con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

### **Estado del Arte**

Las energías renovables se han convertido en una herramienta fundamental para conseguir la sostenibilidad y reducir la dependencia de energías fósiles. En este contexto, la energía fotovoltaica ha tomado un papel protagonista debido a su accesibilidad, modularidad y sobre todo a su enorme reducción en los costes de instalación. Estos costes se han reducido enormemente en los últimos años, llegando a disminuir en un 80 % desde el año 2010 [17]. Esta gran reducción de los costes ha permitido que la potencia instalada pase de unos 100 GW en el año 2012 hasta cerca de los 1.200 GW para el año 2022 [17].

Este efecto se ha notado mucho más en países como España, que tienen unas condiciones más favorables para la energía fotovoltaica como se puede ver en este gráfico:

FIGURE 2.2: PV PENETRATION PER CAPITA IN 2022

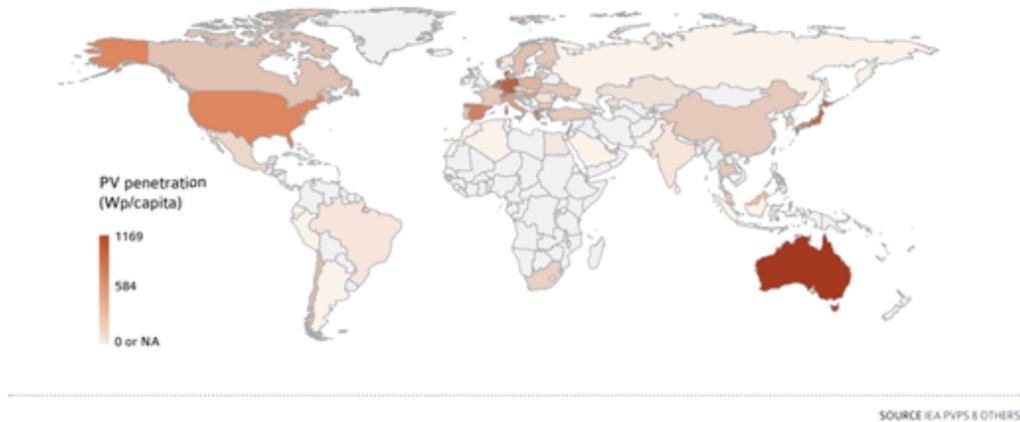


Ilustración 4.1: Mapa de la Potencia Fotovoltaica Instalada per Cápita.

Respecto a su funcionamiento, las placas solares funcionan gracias al efecto fotovoltaico, mediante el cual los rayos de luz solar inciden en un material semiconductor que libera electrones, formando así una corriente eléctrica. El componente principal es la capa de silicio dopado, en la se forma una unión tipo p-n, es decir, una zona con exceso de electrones (tipo n) y otra zona con déficit de electrones (tipo p). Cuando la luz solar llega a esta unión aporta energía que provoca que los electrones del silicio se exciten, provocando un salto y dejando un hueco. Este par electrón-hueco es separado por el campo eléctrico de la unión p-n, es decir, que los electrones se dirigen hacia el lado n y los huecos hacia el p, generándose así una corriente eléctrica continua (siempre que el circuito esté cerrado). Esta corriente se recoge mediante unos contactos metálicos y se transmite a través del resto del sistema [18].

Respecto a la regulación alrededor de las placas solares, estas han recibido mucha ayuda por parte de los distintos gobiernos y administraciones públicas ya son una herramienta muy útil para alcanzar los objetivos de sostenibilidad. En este sentido se han otorgado numerosas ayudas, que en el

caso de España pueden cubrir entre un 15 % y un 65 % del coste de la instalación [19]. Además, existen subvenciones como una reducción del 10 % en el IBI durante 3 años en algunos municipios y programas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) que aportan financiación para estos proyectos [20].

## Estudio Técnico

En este caso se estudia la instalación de placas solares en el tejado de la fábrica. La superficie disponible para colocar las placas solares es un rectángulo de 28 metros de ancho por 23 metros de largo, unos  $650m^2$ . Sin embargo, no toda la superficie es apta para colocar las placas debido a la pendiente del tejado. La superficie en la que sí se pueden colocar las placas solares tiene 28 metros de ancho por 15,5 metros de largo, una superficie aproximada de  $435m^2$  que además cuenta con una inclinación de unos 30 grados aproximadamente.

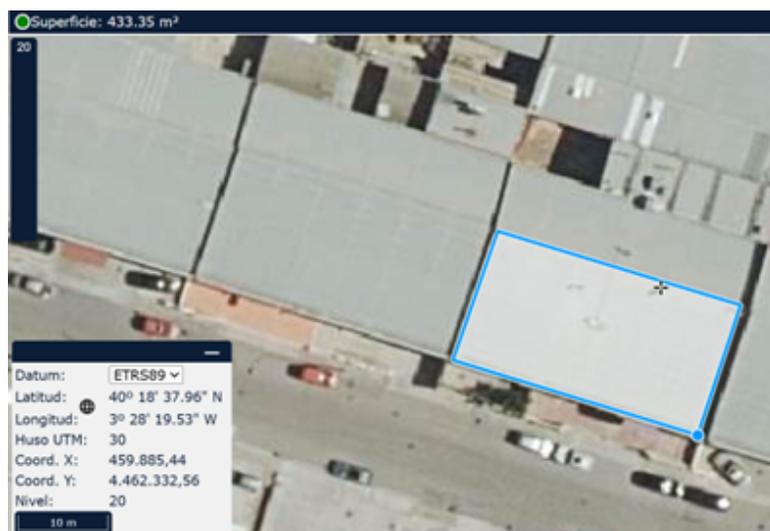


Ilustración 4.2: Vista Satelital de la Fábrica. Fuente: SigPac

Para realizar los cálculos se ha utilizado el programa *PVsyst*, que permite obtener una estimación muy precisa de la generación de energía en un punto concreto ya que tiene en cuenta la ubicación exacta de la instalación y los datos meteorológicos de la zona.

La fábrica se encuentra en la calle Cabo de Trafalgar 57, en Arganda del Rey. Para esta ubicación y según los datos de *PVsyst* las condiciones solares y meteorológicas son las siguientes:

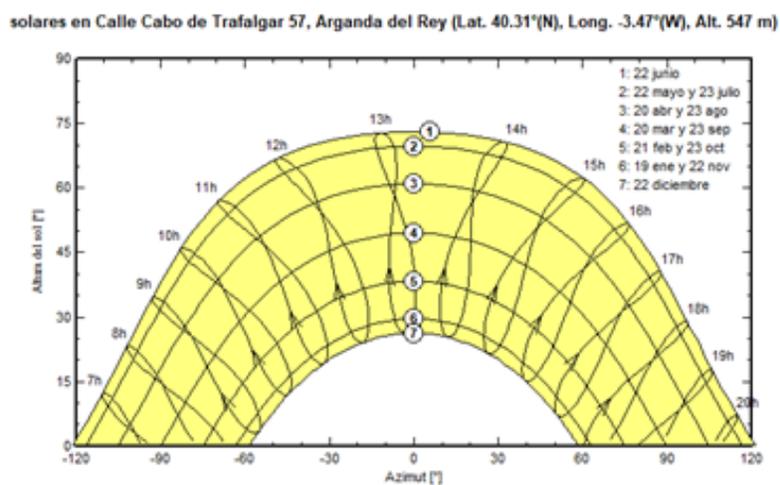


Ilustración 4.3: Condiciones Solares en Arganda del Rey. Fuente: PVsyst

Sito **Calle Cabo de Trafalgar 57, Arganda del Rey (Spain)**  
Fuente de datos **Meteonorm 8.2 (2005-2019), Sat=22%**

	Irradiación horizontal global	Irradiación difusa horizontal	Temperatura	Velocidad del viento	Turbidez Linke	Humedad relativa
	kWh/m <sup>2</sup> /mes	kWh/m <sup>2</sup> /mes	°C	m/s	[-]	%
Enero	64.5	26.6	5.0	2.70	2.476	78.0
Febrero	85.2	31.1	6.4	3.21	2.619	70.3
Marzo	136.5	50.9	10.2	3.40	3.005	60.2
Abril	169.1	65.5	13.0	3.40	3.043	59.0
Mayo	208.5	71.5	17.9	3.00	3.184	51.1
Junio	226.9	68.6	23.6	3.10	3.184	39.7
Julio	242.5	54.7	27.3	3.10	2.962	31.3
Agosto	213.4	51.4	26.7	3.00	3.039	33.7
Septiembre	158.9	48.3	21.3	2.59	2.965	45.6
Octubre	110.3	38.4	15.8	2.50	2.861	62.1
Noviembre	69.5	27.8	9.0	2.70	2.611	73.9
Diciembre	58.1	25.1	5.5	2.39	2.501	80.2
<b>Año</b>	<b>1743.4</b>	<b>559.9</b>	<b>15.1</b>	<b>2.9</b>	<b>2.871</b>	<b>57.1</b>

**Irradiación horizontal global variabilidad año a año 4.2%**

Ilustración 4.4: Condiciones Meteorológicas en Arganda del Rey. Fuente: PVsyst.

Posteriormente se definió la orientación de las placas con un ángulo de 30 grados, el mismo que tiene el tejado de la fábrica:

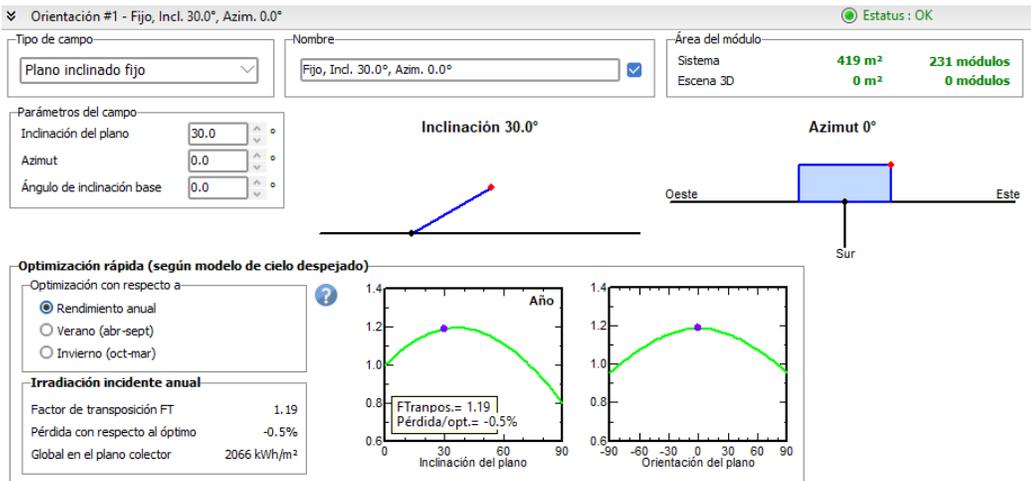


Ilustración 4.5: Orientación Placas Solares. Fuente: PVsyst

A continuación, se eligieron los modelos de placas fotovoltaicas y el inversor. Para ello fue necesario primero definir el área disponible para instalar el sistema fotovoltaico, que se estableció en  $435m^2$ .

Después, en base a criterios de disponibilidad de mercado, se escogió el modelo *LG 400 Q1C-A6* de *LG Electronics* para las placas fotovoltaicas. Estas placas tienen una potencia de 400 Wp y generan una tensión de 31V.

Para el inversor, fue necesario calcular la potencia que debe poder manejar, que es igual a los 400 Wp de cada placa por el número máximo de placas, que es 239, obteniéndose un valor de 95.6 kW. Asimismo, se calculó también la tensión que debe manejar el inversor. Para esto se tomó la tensión generada por el módulo fotovoltaico elegido y se multiplicó por el número de módulos en cada cadena, que en este caso fueron 17. Por lo tanto, el inversor debe poder trabajar con una tensión de 527V.

De nuevo, en base a criterios de disponibilidad de mercado y a las restricciones establecidas, se escogió una configuración de inversores ligeramente sobredimensionados con una potencia nominal de 100 kW y 50Hz. La configuración consiste en 3 inversores de 33 kW de *Ingeteam*, modelo *Ingecon Sun 33TL*.

A continuación se adjunta toda la información de *PVsyst* sobre el sistema diseñado:

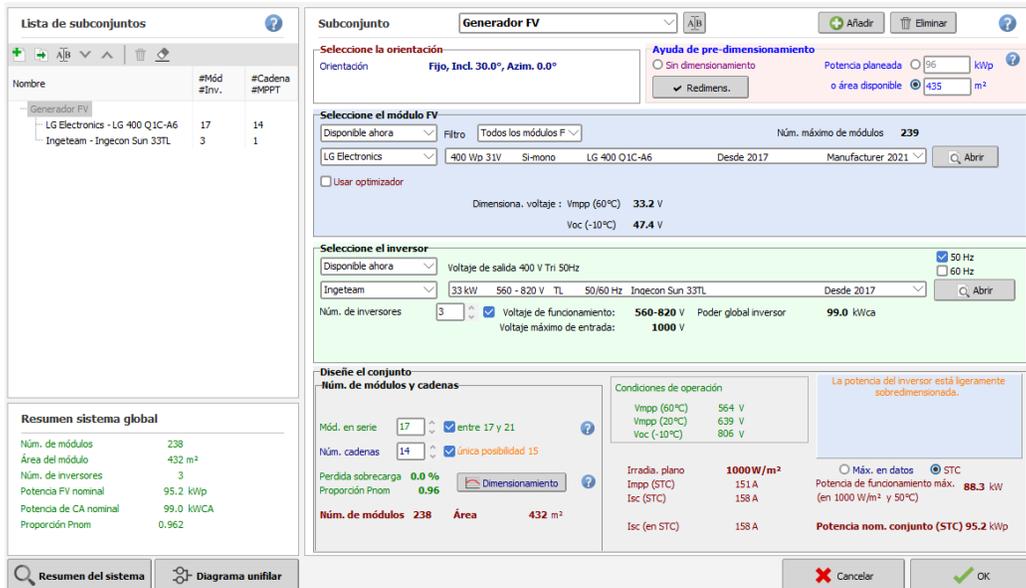


Ilustración 4.6: Diseño del Sistema Fotovoltaico. Fuente: PVsyst

Tras diseñar el sistema se realizó la simulación, cuyos resultados son:

Parámetros de simulación		Generador FV			Resultados principales				
Proyecto	TFG_Jorge	Módulos FV	LG 400 Q1C-A6	Inversor	Ingecon Sun 33TL	Producción del sistema	167 MWh/año	Prod. normalizada	4.79 kWh/kWp/día
Sito	Calle Cabo de Trafalgar 57, Argar	Potencia nominal	95.2 kWp	Inv. unidad de potencia	33.0 kW	Prod. específica	1.750 kWh/kWp/año	Pérdidas del conjunto	0.67 kWh/kWp/día
Tipo sistema	Conectado a la red	Voltaje MPP	37.1 V	Núm. de inv.	3	Proporción de rendimiento	0.865	Pérdidas del sistema	0.08 kWh/kWp/día
Simulación	01/01 al 31/12 (Datos meteo genéricos)	Corriente MPP	10.8 A						

Ilustración 4.7: Resultado de la Simulación Placas Solares. Fuente: PVsyst

Es decir, si se instalase este sistema fotovoltaico tendría una producción de 167 MWh al año. Sin embargo, hay que descontar los meses de enero y diciembre en los que la instalación está cerrada, por lo que el sistema genera 148,71 MWh (ver *Anexo I*).

## Estudio Económico

Para estimar el coste de instalar placas solares en la fábrica es necesario tener en cuenta los diferentes gastos: coste de las placas, coste del inversor, mantenimiento e instalación.

El modelo de placas elegido, el *LG 400 Q1C-A6* de *LG Electronics*, cuesta 269,95€ con IVA [21], es decir, un coste de 223,10€ para una empresa. Como se puede ver en la Ilustración 4.6, finalmente se han instalado 238 placas, por lo que el coste de las placas ascendió a 53.097,80€.

Respecto a los inversores, se instalaron 3 del modelo *Ingecon Sun 33TL*, cuyo coste es de 4.180€ con IVA [22], es decir, un coste de 3.454,54€ para una empresa. El coste total de los inversores ascendería a 10.363,63€.

Adicionalmente, el coste de instalar el sistema fotovoltaico se estima en el 5,5 % [23], aunque para los cálculos se utilizó el 7 % con el objetivo de ser más conservador en las estimaciones. El 7 % del coste total de los inversores y las placas es de 4.442,30€, valor que se tomó como coste de instalar el sistema.

Finalmente, según el un informe de la IEA [24], el punto medio del coste de mantenimiento es de 12€/kWp por año. En la Ilustración 4.6 el programa PVsyst calcula que el sistema diseñado tuvo una capacidad de 92.5 kWp. Por lo tanto, el coste anual de mantener esta instalación es de 1.142,40€.

Por lo tanto, después de tener en cuenta todos los gastos, el coste de instalar todo el sistema sería de 67.903,73€, tendría unos costes de mantenimiento anuales de 1.142,40€ y produciría unos 148,71 MWh anuales. Tomando el precio establecido al principio de este capítulo los 148,71 MWh anuales supondrían un ahorro de 9.373,19€ al año, que después de descontar el mantenimiento necesario quedaría en 8.230,79€ anuales. Se ha considerado que la instalación tiene una vida útil de 25 años.

El cálculo del Valor Actual Neto de la inversión es el siguiente:

<b>Año</b>	<b>Total €</b>	<b>Valor Actual</b>	<b>VAN</b>
0	-67.903,73 €	-67.903,73 €	-67.903,73 €
1	8.230,79 €	7.482,54 €	-60.421,19 €
2	8.230,79 €	6.802,31 €	-53.618,89 €
3	8.230,79 €	6.183,92 €	-47.434,97 €
4	8.230,79 €	5.621,74 €	-41.813,23 €
5	8.230,79 €	5.110,67 €	-36.702,56 €
6	8.230,79 €	4.646,07 €	-32.056,49 €
7	8.230,79 €	4.223,70 €	-27.832,79 €
8	8.230,79 €	3.839,72 €	-23.993,07 €
9	8.230,79 €	3.490,66 €	-20.502,41 €
10	8.230,79 €	3.173,33 €	-17.329,08 €
11	8.230,79 €	2.884,84 €	-14.444,24 €
12	8.230,79 €	2.622,58 €	-11.821,65 €
13	8.230,79 €	2.384,17 €	-9.437,49 €
14	8.230,79 €	2.167,42 €	-7.270,06 €
15	8.230,79 €	1.970,39 €	-5.299,68 €
16	8.230,79 €	1.791,26 €	-3.508,42 €
17	8.230,79 €	1.628,42 €	-1.880,00 €
18	8.230,79 €	1.480,38 €	-399,62 €
19	8.230,79 €	1.345,80 €	946,18 €
20	8.230,79 €	1.223,45 €	2.169,64 €
21	8.230,79 €	1.112,23 €	3.281,87 €
22	8.230,79 €	1.011,12 €	4.292,99 €
23	8.230,79 €	919,50 €	5.212,49 €
24	8.230,79 €	835,64 €	6.047,82 €
25	8.230,79 €	759,67 €	6.807,49 €

Tabla 4.1: Cálculo VAN - Placas Solares.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) para el proyecto es de 11,28 %, que al ser superior al 10 % establecido resulta en un VAN positivo. Además, la instalación se amortiza en 19 años. Si no se tuviese esto en cuenta, es decir una tasa de descuento igual a 0 %, la inversión se amortizaría en 9 años.

## **Análisis de Resultados**

Teniendo en cuenta todo lo estudiado en esta sección, se recomienda implementar la medida. La instalación de placas solares en el tejado de la fábrica puede ser una medida muy beneficiosa para la fábrica ya que permite reducir el 15,16 % del consumo de potencia activa y el 5,36 % de la aparente, sin contar con el resto de medidas.

Además, tiene un plazo de amortización razonable, siendo este de 19 años descontando los flujos de caja y de 9 años sin descontarlos. La inversión ofrece una TIR del 11,28 %, lo que supone un buen retorno y es suficiente como para permitir una financiación del proyecto si fuera necesario.

En esa línea, este estudio económico no ha tenido en cuenta la posibilidad de recibir ayudas, subvenciones o financiación por parte de organismos públicos. Existen numerosos programas de la Unión Europea y del gobierno español que apoyan proyectos de energía fotovoltaica. Estos incentivos también están disponibles para proyectos que vayan destinados a mejorar la eficiencia energética de la industria, en línea con lo propuesto en el informe Draghi [3] [4]. Todo esto se canaliza a través de diferentes programas e instituciones, como el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) con programas de financiación como el incluido en el Real Decreto 477/2021 [20].

Por otra parte, esta medida se alinea de forma muy clara con el ODS 7 (energía asequible y no contaminante), el ODS 9 (industria sostenible), el ODS 12 (consumo responsable) y el ODS 13 (acción por el clima).

En definitiva, la generación con placas fotovoltaicas es una medida efectiva para mejorar la eficiencia energética de la instalación y la sostenibilidad de la fábrica. A esto hay que añadirle que ofrece un buen retorno sobre la inversión, permitiendo también que el proyecto sea financiado.

## **2. Medida 2: Cambio de los Módulos de Producción**

Como se ha visto en la auditoría energética, la producción del hielo es la parte que requiere un mayor uso de energía. Es por esto por lo que es también la parte en la que una reducción del consumo en términos relativos tiene un impacto mayor en el consumo total de energía. Por otra parte, el método de producción que se utiliza en la instalación es bastante antiguo y, en comparación con otros métodos modernos, mucho más ineficiente en términos energéticos. En esta sección se evalúa el cambio de estos métodos de producción ineficientes por otros con un consumo menor.

### **Estado del Arte**

La producción industrial de hielo ha evolucionado enormemente desde sus inicios, pasando desde su principio como transporte de hielo de las zonas frías del planeta hacia los puntos de consumo, hasta el estado actual con máquinas industriales con un alto grado de optimización. Las primeras máquinas surgen a mediados del siglo XX y se van perfeccionando progresivamente hasta llegar a las actuales, que tienen mejor aislamiento y sistemas de refrigeración.

Todas estas generadoras de hielo cumplen con las funciones explicadas anteriormente: llenado de moldes, enfriamiento, desmoldeo y, en ocasiones, secado exterior. Todas ellas son fundamentalmente un intercambiador de calor. El proceso es simple, primero se produce el llenado de los moldes, que pueden tomar formas muy diferentes, desde esféricos, cilíndricos o cúbicos hasta cilindros muy alargados los cuales son después cortados para formar los cubitos. Posteriormente se inicia el ciclo de refrigeración, que dura unos minutos, en el que el refrigerante absorbe calor del agua, que se congela formando el hielo. Finalmente, el ciclo se invierte y se transmite calor desde

el refrigerante hacia el hielo. Esto se hace para fundir la capa exterior del hielo y facilitar el desmoldeo. En algunos casos, ya fuera de la generadora de hielo, se realiza un secado de los hielos para evitar que se peguen una vez se envasen y se almacenen en la cámara frigorífica.

Adicionalmente, las generadoras más modernas cuentan con sistemas de monitorización de la producción, conexión a internet, sensores para la detección de fallos y otras medidas para mejorar la eficiencia energética.

Respecto a la evolución de las generadoras de hielo, las que se encuentran instaladas en la fábrica están ya se encuentran en desuso debido a su mala eficiencia energética en comparación con máquinas más modernas. De hecho, esto se comenta por un propietario de una fábrica de hielos durante una entrevista [25], en la que enseña un almacén con máquinas similares a las instaladas actualmente en Hielos Ibéricos. Estas máquinas no se encuentran en funcionamiento, simplemente están almacenadas. Las generadoras que sí se encuentran instaladas en esa fábrica [25] y en otras muchas, como se puede observar en los videos de entrevistas y visitas a fábricas [6] [7] [8] [9] [10], son unas más modernas vendidas por la marca Vogt.

La empresa Vogt dispone de muchas generadoras de hielo diferentes [26], cada una de ellas con unas características diferentes y con capacidades de producción distintas que van desde 2 hasta 80 toneladas de hielo al día. Sin embargo, todas ellas tienen en común el alto grado de eficiencia energética y automatización del proceso de producción.

## Packaged Units

All in one, plug-and-play units

Showing 1-6 of 6 results



Ilustración 4.8: Catálogo de Vogt - Parte 1

## Ammonia

Ammonia low-side only units

Showing 1-4 of 4 results



## Non-Ammonia

Non-ammonia low-side only units

Showing 1-4 of 4 results



Ilustración 4.9: Catálogo de Vogt - Parte 2

## Estudio Técnico

Por todo lo expuesto anteriormente, se propondrá como medida el reemplazo de las generadoras de hielo actuales por las generadoras de *Vogt*. Tras una conversación con el distribuidor de *Vogt* en España, se llegó a la conclusión de que el modelo más adecuado para la instalación es el *P34AL*.

En primer lugar, es necesario determinar la capacidad de producción que debe tener la nueva máquina o máquinas. Para ello se estimó la producción de toneladas de hielo con las generadoras actuales. De la visita a la fábrica se conoce que hay 26 módulos *Super Star MR400W* y 28 módulos *Cubiforma G-60*. Los primeros tienen una producción de 400 kg cada 24h [12], mientras que los segundos producen 500 kg cada 24h [11]. Por lo tanto, la producción total máxima es de 24.400 kg al día. El modelo *P34AL* tiene una producción máxima de 50.000 kg/día [27].

Se ha escogido este modelo y no el *P24AL* porque este último no tiene la capacidad de producir cubitos de 60 gramos, según el distribuidor de *Vogt* en España. Esto se debe a que por defecto las generadoras trabajan con 3 diámetros diferentes (ver imagen) y con una única altura, de una pulgada. Para generar los cubitos de 60 gramos es necesario utilizar la combinación de 1 3/8" con una altura de 2 pulgadas, para lo que es necesario realizar una modificación en las cuchillas de corte, que solo se puede realizar en la generadora *P34AL* y *P34AXL*.

### P34AL Tube-Ice Available in Three Ice Sizes:

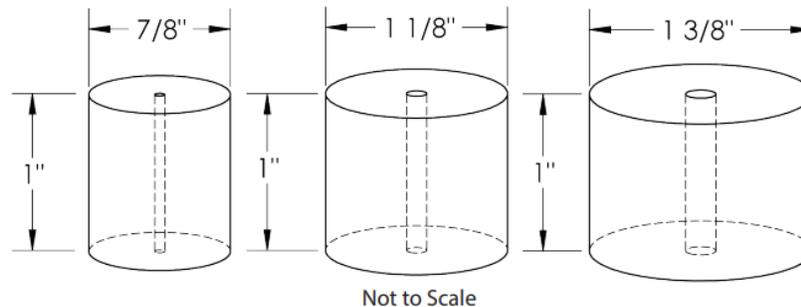


Ilustración 4.10: Tamaño Cubitos Generadoras Vogt.

Respecto al consumo energético de las generadoras de hielo, el modelo *Super Star MR400W* consume 18,3 kWh por cada 100 kg de hielo producido [12] y el modelo *Cubiforma G-60* consume 16,60 kWh [11], mientras que el modelo P34AL de Vogt tiene un consumo de 7 kWh para una producción de 100kg de hielo. Esto supone una reducción muy significativa en el principal consumo energético de la instalación.

Teniendo en cuenta las horas que la maquinaria se encuentra en funcionamiento (3.744h) y la producción diaria de cada módulo, la producción anual con las generadoras actuales es de 3.806.400 kg. Esto supone un consumo de 659.443 kWh, valor que difiere ligeramente (2%) del indicado en la auditoría debido a la aproximación que se realizó en la misma.

Si la producción de hielo se mantiene constante, con la generadora P34AL el consumo se situaría en 266.448 kWh para la producción de un año. Esto supone un ahorro de 392.995 kWh y una reducción del 59,60% respecto al consumo energético anterior para la misma producción y una reducción del 40,07% sobre el consumo total de la instalación.

Además, según indicó el distribuidor de *Vogt* en España, para el tipo de hielo que fabrica la empresa, la generadora *P34AL* podría generar como máximo 30.000 kg/día, lo que supone un aumento de la capacidad máxima de producción de 5.600 kg/día.

## **Estudio Económico**

Para esta medida se realizarán dos estudios económicos distintos, uno en el que se venden las generadoras de hielo existentes y otro en el que no se venden.

En primer lugar, se cuantificará el ahorro que supone la sustitución de las generadoras por la nueva. Los 392,995 MWh de ahorro estimados en la fase de estudio técnico están valorados a 63,03 €/MWh, como se estableció en las condiciones previas. Esto se traduce en un ahorro de 24.770,49 € anuales.

Respecto a la inversión necesaria, la distribuidora de *Vogt* en España así como su competencia, venden la instalación completa y no la generadora independiente. El servicio que ofrecen es el diseño e instalación de la fábrica completa y no venden las generadoras ni ninguna otra máquina de forma independiente. Por lo tanto, se ha optado por otra opción, comprar la generadora de hielo *P34AL* de segunda mano.

Esto puede suponer diferentes riesgos ya que no se puede garantizar completamente el estado de la máquina ni su correcto funcionamiento. Sin embargo, al optar por la compra de segunda mano no se estaría corriendo ningún riesgo adicional, ya que las generadoras instaladas actualmente también son de segunda mano. Por lo tanto, se consideró que esta es una opción viable para la sustitución de las generadoras de hielo.

El modelo P34AL de segunda mano se encuentra a la venta por \$72.000 [28]. También se ha vendido uno reacondicionado por \$72.000 [29].

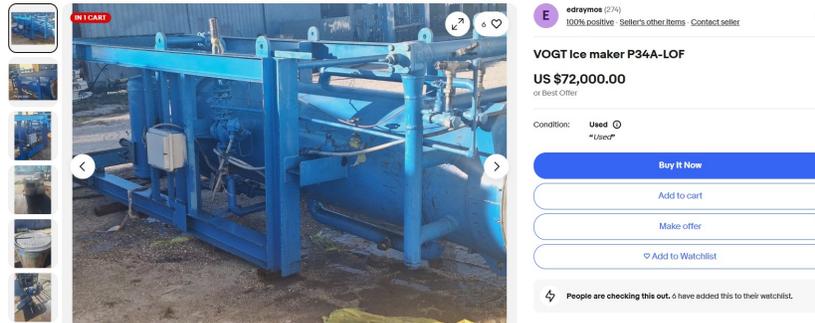


Ilustración 4.11: Compra de P34AL en eBay.

Se asumen costes de transporte de un 10% y un tipo de cambio entre el euro y el dólar de 1,14 (es decir, un euro equivale a 1,14 dólares). Por lo tanto el coste total de la generadora es de \$79.200 o 69.473,68 €.

Teniendo esto en cuenta, se puede realizar la estimación del VAN para la medida:

Año	Total €	Valor Descontado	VAN
0	-69.473,68 €	-69.473,68 €	-69.473,68 €
1	24.770,49 €	22.518,62 €	-46.955,06 €
2	24.770,49 €	20.471,48 €	-26.483,58 €
3	24.770,49 €	18.610,43 €	-7.873,14 €
4	24.770,49 €	16.918,58 €	9.045,43 €
5	24.770,49 €	15.380,52 €	24.425,96 €
6	24.770,49 €	13.982,29 €	38.408,25 €
7	24.770,49 €	12.711,18 €	51.119,43 €
8	24.770,49 €	11.555,62 €	62.675,04 €
9	24.770,49 €	10.505,10 €	73.180,15 €
10	24.770,49 €	9.550,10 €	82.730,24 €
11	24.770,49 €	8.681,90 €	91.412,15 €
12	24.770,49 €	7.892,64 €	99.304,79 €
13	24.770,49 €	7.175,13 €	106.479,92 €
14	24.770,49 €	6.522,84 €	113.002,76 €
15	24.770,49 €	5.929,86 €	118.932,62 €
16	24.770,49 €	5.390,78 €	124.323,40 €
17	24.770,49 €	4.900,71 €	129.224,11 €
18	24.770,49 €	4.455,19 €	133.679,30 €
19	24.770,49 €	4.050,17 €	137.729,47 €
20	24.770,49 €	3.681,98 €	141.411,44 €
21	24.770,49 €	3.347,25 €	144.758,69 €
22	24.770,49 €	3.042,95 €	147.801,64 €
23	24.770,49 €	2.766,32 €	150.567,97 €
24	24.770,49 €	2.514,84 €	153.082,81 €
25	24.770,49 €	2.286,22 €	155.369,03 €

Tabla 4.2: Cálculo VAN - Cambio Generadoras de Hielo: Opción 1.

La TIR del proyecto es elevada, situándose en el 35,64%. El VAN de la inversión es positivo, al ser la TIR superior a 10%. Concretamente, el VAN de esta medida es de 155.369,03 €. La inversión se amortizaría al cuarto año.

Para el segundo estudio económico, es necesario estimar el precio de venta de los módulos de producción de hielo que se encuentran instalados actualmente. Se asumirá que se venden todos los módulos y ese dinero se utiliza para la compra de la generadora nueva.

Se ha encontrado un anuncio de venta de segunda mano del modelo *Cubiforma G-60* [30] con un precio de 5.000 € con 5 años de uso. Para la estimación realizada a continuación se ha supuesto que todos los modelos, tanto el *Cubiforma G-60* como el *Super Star MR400W*, se venden al mismo precio, equivalente a una quinta parte del precio publicado en el anuncio. Este descuento se debe a que los módulos que se pretende vender tienen una antigüedad mayor pero también se debe a la aplicación de criterios conservadores a la hora de realizar las estimaciones. Por lo tanto, se simula la venta de los 54 módulos a 1.000 € cada uno, por lo que la venta aporta 54.000 €. Esto reduce el coste de la medida a 15.473,68 €.

Año	Total €	Valor Descontado	VAN
0	-15.473,68 €	-15.473,68 €	-15.473,68 €
1	24.770,49 €	22.518,62 €	7.044,94 €
2	24.770,49 €	20.471,48 €	27.516,42 €
3	24.770,49 €	18.610,43 €	46.126,86 €
4	24.770,49 €	16.918,58 €	63.045,43 €
5	24.770,49 €	15.380,52 €	78.425,96 €
6	24.770,49 €	13.982,29 €	92.408,25 €
7	24.770,49 €	12.711,18 €	105.119,43 €
8	24.770,49 €	11.555,62 €	116.675,04 €
9	24.770,49 €	10.505,10 €	127.180,15 €
10	24.770,49 €	9.550,10 €	136.730,24 €
11	24.770,49 €	8.681,90 €	145.412,15 €
12	24.770,49 €	7.892,64 €	153.304,79 €
13	24.770,49 €	7.175,13 €	160.479,92 €
14	24.770,49 €	6.522,84 €	167.002,76 €
15	24.770,49 €	5.929,86 €	172.932,62 €
16	24.770,49 €	5.390,78 €	178.323,41 €
17	24.770,49 €	4.900,71 €	183.224,11 €
18	24.770,49 €	4.455,19 €	187.679,30 €
19	24.770,49 €	4.050,17 €	191.729,47 €
20	24.770,49 €	3.681,98 €	195.411,44 €
21	24.770,49 €	3.347,25 €	198.758,69 €
22	24.770,49 €	3.042,95 €	201.801,65 €
23	24.770,49 €	2.766,32 €	204.567,97 €
24	24.770,49 €	2.514,84 €	207.082,81 €
25	24.770,49 €	2.286,22 €	209.369,03 €

Tabla 4.3: Cálculo VAN - Cambio Generadoras de Hielo: Opción 2.

Esta opción es incluso más rentable que la anterior, ya que la venta de los equipos actuales reduce significativamente la inversión necesaria. Es por esto que la TIR de la segunda opción de esta medida es del 160,08 %, es decir, que la inversión se amortiza el primer año. Además, el VAN de la inversión en la segunda opción sube hasta los 209.369,03 €.

## **Análisis de Resultados**

Con todo lo estudiado en esta sección, se recomienda adoptar la medida ya que supone un ahorro energético significativo. El ahorro llega al 40,07 % de la potencia activa consumida y el 14,16 % de la aparente. Por lo tanto, esta medida es una opción muy buena para aumentar la eficiencia energética de la fábrica.

La inversión tiene una TIR de al menos el 35,64 %, por lo que es altamente rentable y suficiente como para permitir una financiación del proyecto. Además, el plazo de amortización es breve, situándose en los 4 años o incluso en el primer año si se opta por la segunda opción. Esta financiación puede ser pública, mediante las ayudas, subvenciones y créditos del *IDAE* comentados anteriormente [20], o privada mediante bancos, ya que en este caso la rentabilidad es alta permitiendo así afrontar los pagos de un posible crédito.

En el ámbito de la sostenibilidad, la medida contribuye con el ODS 9 (industria sostenible), ODS 12 (consumo responsable) y el ODS 13 (acción por el clima). Además, se puede considerar también que contribuye con el ODS 7 (energía asequible y no contaminante) ya que reduce el consumo energético, eliminando así también las emisiones vinculadas a la generación de esa energía eléctrica.

En definitiva, esta medida reduce de manera muy significativa el consumo energético de la instalación al tiempo que mantiene o incluso incrementa la capacidad de producción, aumentando así la eficiencia energética de la instalación también de manera notable. La sustitución de las generadoras de hielo consigue todo esto siendo también altamente rentable, en ambas opciones planteadas, incluso si se financia la inversión inicial.

### **3. Medida 3: Cambio de las Luminarias**

Esta medida, cuando se compara con el consumo total, representa un porcentaje muy pequeño del consumo total. Sin embargo, como se estudia más adelante, esta medida representa un ahorro significativo en comparación con la inversión necesaria. El reemplazo de las luminarias de fluorescentes a LED es una medida simple, efectiva y rentable, como se refleja en este capítulo.

#### **Estado del Arte**

La tecnología de iluminación ha experimentado un cambio importante en las últimas décadas, pasando de las bombillas incandescentes a las fluorescentes y posteriormente a las LED. El cambio de bombillas incandescentes a las fluorescentes supuso un gran avance en términos de mejora de la vida útil de las bombillas y de su consumo energético. Del mismo modo, el paso de las fluorescentes a LED supone también una mejora significativa de la vida útil y de la eficiencia energética.

La vida útil y el consumo energético son variables especialmente relevantes para la industria, donde la iluminación se mantiene encendida durante muchas horas.

Las lámparas fluorescentes generan luz mediante una descarga eléctrica que produce la excitación del material interior, que consiste de vapor de mercurio y un gas inerte, todo ello encerrado en un tubo cuyo interior está recubierto por una capa de fósforo. Al aplicar la corriente eléctrica mediante un balastro, se ioniza el gas y se produce una descarga eléctrica que excita el mercurio, que emite radiación ultravioleta. La capa de fósforo convierte la radiación ultravioleta en luz visible gracias al fenómeno de fluorescencia. [31].

Respecto a los LEDs, generan electricidad mediante el fenómeno de electroluminiscencia. La luz se emite cuando los portadores de carga (electrones y huecos) se recombinan en la unión p-n de un material semiconductor de *bandgap*. Cuando se aplica tensión los electrones del lado n y los huecos del lado p se inyectan a la región de la unión, donde se recombinan y liberan energía en forma de luz. El color de la luz depende de la longitud de onda. Las lámparas LED tienen un menor consumo y una mayor vida útil que las fluorescentes. [32].

Adicionalmente, existen técnicas alternativas que permiten reducir el consumo eléctrico sin realizar el cambio de las luminarias. Un ejemplo de esto es el uso de balastros electrónicos que permiten encender las lámparas fluorescentes con un menor consumo de potencia. [33].

## **Estudio Técnico**

La medida consiste esencialmente en el reemplazo de las 50 luminarias que actualmente se encuentran en funcionamiento en la instalación. El cambio de tubos fluorescentes por tubos LED, sin cambiar la lámpara completa, lo que puede suponer un ahorro importante.

Durante la auditoría energética se estableció la estimación de consumo para cada una de las 50 luminarias, que fue de 73,6 W. Esto consiste de 2 tubos *LUMINUX T8* [14] con un consumo de 36 W cada uno y un balastro electrónico [15] con un consumo de 1,6 W. El conjunto tiene un flujo luminoso total de 6.500 lm.

Por otra parte, se ha de considerar que la iluminación debe ser suficiente. Con las luminarias instaladas actualmente el flujo luminoso para toda la instalación es de 325.000 lm. Sin embargo, con  $300\text{lm}/\text{m}^2$  es suficiente para iluminar adecuadamente la fábrica [34]. Teniendo en cuenta el tamaño de la

cámara frigorífica, la superficie de la fábrica es de  $425m^2$ . Por lo tanto, con 127.500 lm sería suficiente para iluminar la fábrica correctamente, que serían 2.550 lm por cada luminaria.

Teniendo en cuenta este requisito, se ha escogido el modelo de tubos T8 LED que cumpla con estas características. Se ha seleccionado el modelo *B4012BN* de *Barcelona LED* [35], que tiene un consumo de 9 W. Respecto al flujo luminoso, emite 140 lm/W, por lo que cada tubo emite 1.260 lm. Como cada lámpara tiene 2 tubos, cada una tendría un flujo luminoso de 2.520 lm y un consumo de 18 W.

Por lo tanto, al implementar esta medida se pasaría de un consumo de 73,6 W a 18 W, lo que supondría una reducción del 75% en el consumo para iluminación, equivalente a 10.408 kWh. Como se ha indicado, esto supondría también una reducción del flujo luminoso aunque este se mantendría en niveles adecuados para zonas de trabajo.

## **Estudio Económico**

Para estimar el coste de sustituir las luminarias tan sólo habría que estimar el precio de compra de los tubos LED. Respecto a la mano de obra, se asumió que los nuevos tubos son instalados por el personal de la fábrica y no se contrata un servicio de instalación, ya que es una tarea sencilla.

El precio de estos tubos T8 LED, teniendo en cuenta el volumen de compra, es de 2,25 € con IVA [35]. Descontando el IVA y para las 100 unidades (2 por lámpara), el precio total es de 185,95 €. Se consideró que los LEDs tienen una vida útil de 50.000 horas, lo que equivale a 13 años de funcionamiento de la fábrica.

Por otra parte, se calculó el valor económico de la energía ahorrada. El ahorro del 75 % de la energía consumida equivale a 10.408 kWh, que al precio establecido de 63,03 €/MWh, equivale a 656,04 €.

Teniendo en cuenta toda esta información, el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) de la inversión es:

<b>Año</b>	<b>Total €</b>	<b>Valor Descontado</b>	<b>VAN</b>
0	-185,95 €	-185,95 €	-185,95 €
1	656,04 €	596,40 €	410,45 €
2	656,04 €	542,18 €	952,63 €
3	656,04 €	492,89 €	1.445,52 €
4	656,04 €	448,08 €	1.893,60 €
5	656,04 €	407,35 €	2.300,94 €
6	656,04 €	370,32 €	2.671,26 €
7	656,04 €	336,65 €	3.007,91 €
8	656,04 €	306,05 €	3.313,96 €
9	656,04 €	278,22 €	3.592,18 €
10	656,04 €	252,93 €	3.845,11 €
11	656,04 €	229,94 €	4.075,05 €
12	656,04 €	209,03 €	4.284,08 €
13	656,04 €	190,03 €	4.474,11 €

Tabla 4.4: Cálculo VAN - Luminarias.

Este cálculo indica que la inversión resulta muy rentable, ya que se amortiza en 4 meses, y tiene una TIR de 353 %. Esta TIR tan elevada es señal de la alta rentabilidad de la medida, que requiere una pequeña inversión y ofrece unos retornos elevados.

## **Análisis de Resultados**

Tras realizar el estudio técnico y económico, se recomienda adoptar la medida ya que ofrece una rentabilidad muy elevada. Con una inversión menor a los 200 € es posible ahorrar algo más de 650 € anuales.

En términos absolutos, la energía ahorrada es muy poca, situándose en el 1,06 % del consumo total de potencia activa y un 0,38 % del consumo de potencia aparente.

Para esta medida también están disponibles las ayudas, subvenciones y financiación que se han comentado en la primera medida (instalación de placas solares) [20]. Sin embargo, en este caso la financiación o ayudas no es relevante ya que la inversión necesaria es muy reducida. Probablemente ni aunque se obtuviera una financiación del 100 % de la inversión merecería la pena solicitar las ayudas o subvenciones, ya que este proceso requiere de mucho tiempo y burocracia.

Respecto a la alineación con los ODS, este objetivo es consistente con el ODS 9 (industria sostenible), el ODS 12 (consumo responsable) y el ODS 13 (acción por el clima). Además, al reemplazar las fluorescentes por LED se evita una posible contaminación del medio ambiente con el mercurio que se encuentra dentro de las fluorescentes. Al utilizar las LED se elimina completamente este riesgo.

En resumen, la sustitución de las luminarias fluorescentes por otras LED, sin cambiar la estructura de la lámpara, es una medida pequeña en términos absolutos pero muy rentable en términos relativos. Requiere una pequeña inversión para ahorrar un 75 % de la energía consumida en iluminación a la vez que reduce el riesgo de contaminación medioambiental y hace un consumo responsable de la energía.

## 4. Medida 4: Banco de Condensadores

Esta medida surge del bajo factor de potencia de la fábrica, identificado durante la fase de auditoría energética. Mediante la instalación de un banco de condensadores se pretende generar potencia reactiva dentro de la fábrica y así aumentar el factor de potencia. Durante la visita a la fábrica no se detectó ningún banco de condensadores, aunque es probable que exista ya que un factor de potencia bajo puede provocar serios problemas e incluso la desconexión forzosa de la red.

En caso de que exista el banco de condensadores, este debería ser modificado ya que en caso de implantar las medidas propuestas la potencia reactiva se vería alterada de manera significativa. Por lo tanto, exista o no el banco de condensadores, esta medida sigue siendo relevante.

Para esta medida se ha asumido que se implantan las medidas 1, 2 y 3: placas solares, cambio de generadoras de hielo y cambio de luminarias.

### Estado del Arte

En los sistemas eléctricos la presencia de cargas inductivas como motores o transformadores provoca la circulación de energía reactiva, que no puede ser convertida en trabajo útil, aunque es necesaria para crear campos electromagnéticos que permiten el funcionamiento de los equipos.

Este consumo de energía reactiva puede generar ciertos problemas, principalmente afecta al factor de potencia, disminuyéndolo. Esto puede resultar en penalizaciones económicas en la factura de la luz, siempre que el factor de potencia se aleje de uso valores establecidos. La legislación española obliga a mantener un factor de potencia de 0,95 [36].

La compensación de energía reactiva es por lo tanto un aspecto esencial para la mejora de la eficiencia energética. En este sentido, la solución más habitual es un banco de condensadores, un dispositivo que genera potencia reactiva para contrarrestar la consumida en la instalación. Al aplicar esta solución, se aumenta el factor de potencia lo que resulta en una reducción de la corriente total demandada y una disminución de las pérdidas por efecto Joule.

Existen varios tipos de bancos de condensadores, unos fijos, que están diseñados para una carga constante, y otros automáticos, que permiten la conexión y desconexión escalonada de condensadores, adaptándose así a cambios en la potencia reactiva consumida. Los automáticos pueden regular la carga mediante contactores o electrónicamente, como es el caso de los *STATCOM* (*Static Synchronous Compensator*).

Los bancos de condensadores han avanzado notablemente con el tiempo, mejorándose tanto la calidad como la capacidad de control de los bancos. Se han desarrollado condensadores dieléctricos autorregenerables, sistemas encapsulados que aumentan la durabilidad y controladores digitales capaces de integrarse en sistemas de automatización. [37]

## Estudio Técnico

Según lo que se estableció en la fase de auditoría energética, los consumos energéticos distribuidos por función son los siguientes:

<b>Función</b>	<b>Consumo P</b>	<b>Consumo Q</b>	<b>Consumo S</b>
Producción Hielo	644.941 kWh	2.261.565 kvarh	2.351.728 kVAh
Cintas y Tolvas	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Envasado	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cámara Frigorífica	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Iluminación	13.778 kWh	2.798 kvarh	14.059 kVAh
Otros	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
<b>Total</b>	<b>980.836 kWh</b>	<b>2.593.157 kvarh</b>	<b>2.772.454 kVAh</b>

Tabla 4.5: Consumo de Energía por Función.

Como ya se comentó anteriormente, para esta medida se ha asumido que se implantan las medidas 1, 2 y 3, es decir, se instalan placas solares, se sustituyen las generadoras de hielo y se cambian las luminarias. Además, se ha considerado que en las sustituciones se mantiene el factor de potencia de los dispositivos anteriores y que las placas solares generan con un factor de potencia de 0,98. Teniendo estas consideraciones en cuenta, el ahorro de energía para cada medida es el siguiente:

<b>Función</b>	<b>Consumo P</b>	<b>Consumo Q</b>	<b>Consumo S</b>
Placas Solares	148.710 kWh	30.197 kvarh	151.745 kVAh
Producción	392.995 kWh	1.378.085 kvarh	1.433.026 kVAh
Iluminación	10.408 kWh	2.113 kvarh	10.620 kVAh
<b>Total</b>	<b>552.113 kWh</b>	<b>1.410.395 kvarh</b>	<b>1.595.391 kVAh</b>

Tabla 4.6: Ahorro Energético Medidas 1, 2 y 3.

Es decir, que el consumo por función después de aplicar las medidas sería:

<b>Función</b>	<b>Consumo P</b>	<b>Consumo Q</b>	<b>Consumo S</b>
Producción Hielo	266.448 kWh	934.332 kvarh	971.582 kVAh
Cintas y Tolvas	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Envasado	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cámara Frigorífica	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Iluminación	3.370 kWh	684 kvarh	3.438 kVAh
Otros	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
Placas Solares	-148.710 kWh	-30.197 kvarh	-151.745 kVAh
<b>Total</b>	<b>443.225 kWh</b>	<b>1.233.614 kvarh</b>	<b>1.310.821 kVAh</b>

Tabla 4.7: Consumo Energético tras Medidas 1, 2 y 3.

Para compensar esta reactiva se debe elegir un banco de condensadores adecuado. Para ello, se consideraron los escenarios en los que trabajarán los condensadores. Surgen 5 escenarios distintos:

- **Fábrica parada (nulo):** se da durante los meses de enero y diciembre, en los que la fábrica está parada y el consumo es cero.
- **Consumo mínimo (min):** tan solo está consumiendo la cámara frigorífica. Se da cuando la fábrica está en los meses de producción pero la fábrica no está produciendo ni tampoco lo están las placas solares, ya que es de noche. Este estado se da por la noche en los meses con uno y dos turnos de producción, es decir, en febrero, marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre.
- **Placas Solares sin Producción (PS):** esta fase se produce en los meses en los que hay un solo turno de producción, que son febrero, marzo, abril, octubre y noviembre. Se produce cuando las placas solares

están generando pero no se está produciendo nada, el único consumo es el de la cámara frigorífica.

- **Producción con Placas Solares (PS+P):** en este escenario se están dando todos los consumos y generaciones de la instalación. Se produce en los turnos de trabajo que ocurren cuando hay sol, es decir, cuando hay placas solares produciendo. Se da en todos los meses salvo enero y diciembre, aunque no en todas las horas.
- **Producción sin Placas Solares (P):** este estado solo se da los meses de cuatro turnos, junio, julio y agosto. Sucede cuando se está produciendo hielo pero las placas solares no están produciendo porque es de noche.

Para dar más claridad, se muestra a continuación un esquema que distribuye los días en tercios y las funciones que se realizan en cada uno de ellos. Se muestra esto para los diferentes turnos.

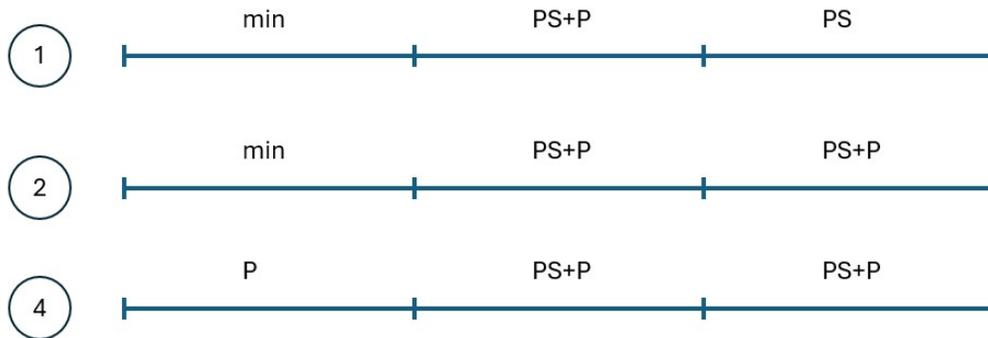


Ilustración 4.12: Esquema de Estados de Producción.

Teniendo todo esto en cuenta, se calculó la potencia activa y reactiva consumida en cada uno de los estados, para así escoger un modelo de banco de condensadores que se adapte a todos ellos, con el factor de potencia deseado. Estos son una combinación de las potencias activa y reactiva de las placas solares, la cámara frigorífica y la producción.

La cámara está activa durante 10 meses de forma continua, que equivale a 7.200h. Teniendo esto en cuenta, la potencia consumida es de 34,92 kW y 26,19 kvar, que coincide con lo establecido en la auditoría.

Las placas solares producen 148.710 kWh y 30.197 kvarh, que se distribuyeron entre las 2.488 horas de sol, que es la media en España (2.832 horas) [38], menos las horas de sol en enero y diciembre [39] (344 horas), cuando está cerrada la fábrica. Esto equivale a 59,77 kW y 12,14 kvar.

Respecto a la producción, se sumó el consumo de la producción del hielo, cintas y tolvas, envasado, iluminación y otros. Todo esto resulta en un consumo de 340.525 kWh y 1.075.252 kvarh, que repartidos entre las 3.744 horas de trabajo, por lo que el consumo es de 90,95 kW y 287,19 kvar.

Cada estado se calcula como combinación de estos consumos como se muestra a continuación:

- Min = Cámara Frigorífica.
- PS = Cámara Frigorífica - Placas Solares.
- PS + P = Producción + Cámara Frigorífica - Placas Solares.
- P = Producción + Cámara Frigorífica.

Con el consumo de activa y el factor de potencia deseado se calculó, para cada estado, la potencia aparente objetivo ( $S_{obj}$ ), la reactiva objetivo

( $Q_{obj}$ ) y la potencia que tiene que generar el banco ( $Q_{banco}$ ) para llegar a ese objetivo. Se obtuvieron los siguientes resultados (consumos en positivo):

Estado	$P_{cons}$	$Q_{cons}$	$S_{obj}$	$Q_{obj}$	$Q_{banco}$
Nulo	0,00 kW	0,00 kvar	0,00 kVA	0,00 kvar	0,00 kvar
Min	34,92 kW	26,19 kvar	35,63 kVA	7,09 kvar	-19,10 kvar
PS	-24,85 kW	14,05 kvar	-25,36 kVA	-5,05 kvar	-19,10 kvar
PS+P	66,10 kW	301,24 kvar	67,45 kVA	13,42 kvar	-287,82 kvar
P	125,87 kW	313,38 kvar	128,44 kVA	25,56 kvar	-287,82 kvar

Tabla 4.8: Reactiva Necesaria en cada Escenario.

En esta tabla llama la atención el hecho de que se repitan los valores. Se repiten ya que las placas están generando con un factor de potencia de 0,98, que es el mismo al que se pretende llevar la instalación. Por lo tanto, la generación de las placas no afecta al banco de condensadores.

Tras analizar los estados de producción se llegó a la conclusión de que es necesario un banco de condensadores que sea capaz de generar 20 kvar y 290 kvar. Se ha optado por instalar dos bancos de condensadores diferentes, uno de 20 kvar que estará conectado de forma continua durante los 10 meses de producción, y otro de 270 kvar que se conectará cuando se inicie la producción.

Tras una búsqueda en el mercado se optó por los siguientes equipos:

- Batería de condensadores *VLVAF3L275A40A* de *Schneider Electric* [40] con capacidad de generar 275 kvar, con un escalón de 25 kvar y otros 5 escalones de 50 kvar, de forma que la potencia por paso es de 25 kvar.
- Batería de condensadores *OPTIM 1A-25-440* de *CIRCUTOR* [41] con una capacidad de 20 kvar a 400V.

Por lo tanto, cuando el estado de la instalación sea mínimo (min) o placas solares sin producción (PS), se utilizará el condensador de 20 kvar. Y cuando el estado sea producción (P) o producción con placas solares (PS+P) se utilizarán ambos, el de 20 kvar y el de 275 kvar, generando por tanto 295 kvar.

A continuación, se muestra el factor de potencia que tendría cada uno de los estados definidos anteriormente si se instalaran estos bancos de condensadores:

Estado	$P_{\text{cons}}$	$Q_{\text{cons}}$	$Q_{\text{banco}}$	$Q_{\text{final}}$	$\text{COS } \varphi$
Min	34,92 kW	26,19 kvar	-20,00 kvar	6,19 kvar	0,9847
PS	-24,85 kW	14,05 kvar	-20,00 kvar	-5,95 kvar	0,9725
PS+P	66,10 kW	301,24 kvar	-295,00 kvar	6,24 kvar	0,9956
P	125,87 kW	313,38 kvar	-295,00 kvar	18,38 kvar	0,9895

Tabla 4.9: Factor de Potencia con los Bancos Elegidos.

Como se puede ver, este diseño es adecuado ya que mantiene el factor de potencia entre 0,97 y 1 en todos los estados de funcionamiento de la instalación.

## Estudio Económico

El estudio económico de esta medida se realizó evaluando el ahorro en las multas que recibe la empresa en la factura eléctrica por no tener un factor de potencia adecuado.

Primero, se evaluó el factor de potencia de toda la instalación tras implantar las medidas, que resultó ser de 0,34. Por lo tanto, el precio de la penalización es de 0,0623320 €/kvarh según la CNMC [42]. Estas penalizaciones se aplican cuando el factor de potencia está por debajo de 0,95. Por

lo tanto se calculó la reactiva que es sancionable, teniendo en cuenta que el factor de potencia de la instalación es de 0,75 y no 0,34.

$$S_{\text{cons}} = \frac{P_{\text{cons}}}{0,75} = \frac{443.255 \text{ kWh}}{0,75} = 590.967 \text{ kVAh}$$

$$Q_{\text{cons}} = \sqrt{S_{\text{cons}}^2 - P_{\text{cons}}^2} = \sqrt{590.967^2 - 443.225^2} = 390.888 \text{ kvarh}$$

$$S_{\text{límite}} = \frac{P_{\text{cons}}}{0,95} = \frac{443.255 \text{ kWh}}{0,95} = 466.553 \text{ kVAh}$$

$$Q_{\text{límite}} = \sqrt{S_{\text{límite}}^2 - P_{\text{cons}}^2} = \sqrt{466.553^2 - 443.225^2} = 145.681 \text{ kvarh}$$

$$Q_{\text{sancionable}} = Q_{\text{cons}} - Q_{\text{límite}} = 390.888 \text{ kvarh} - 145.681 \text{ kvarh} = 245.207 \text{ kvarh}$$

A continuación, se calculó el valor económico de las sanciones por mal factor de potencia:

$$\text{Sanción} = 245.207 \text{ kvarh} \times 0,0623320 \text{ €/kvarh} = 15.284,22 \text{ €}$$

Por otra parte, se ha de contemplar el coste de las baterías de condensadores. La batería de 20 kvar tiene un coste de 546,99 € [43] y la batería de 275 kvar tiene un precio de 9.594,45 € [40]. Ambos precios son sin IVA. El precio total de las baterías de condensadores es de 10.141,44 €.

El cálculo del VAN de la inversión es:

<b>Año</b>	<b>Total €</b>	<b>Valor Descontado</b>	<b>VAN</b>
0	-10.141,44 €	-10.141,44 €	-10.141,44 €
1	15.284,22 €	13.894,75 €	3.753,31 €
2	15.284,22 €	12.631,59 €	16.384,89 €
3	15.284,22 €	11.483,26 €	27.868,15 €
4	15.284,22 €	10.439,33 €	38.307,48 €
5	15.284,22 €	9.490,30 €	47.797,78 €
6	15.284,22 €	8.627,54 €	56.425,32 €
7	15.284,22 €	7.843,22 €	64.268,54 €
8	15.284,22 €	7.130,20 €	71.398,75 €
9	15.284,22 €	6.482,00 €	77.880,75 €
10	15.284,22 €	5.892,73 €	83.773,48 €
11	15.284,22 €	5.357,03 €	89.130,50 €
12	15.284,22 €	4.870,02 €	94.000,52 €
13	15.284,22 €	4.427,29 €	98.427,82 €
14	15.284,22 €	4.024,81 €	102.452,63 €
15	15.284,22 €	3.658,92 €	106.111,55 €
16	15.284,22 €	3.326,29 €	109.437,84 €
17	15.284,22 €	3.023,90 €	112.461,75 €
18	15.284,22 €	2.749,00 €	115.210,75 €
19	15.284,22 €	2.499,09 €	117.709,84 €
20	15.284,22 €	2.271,90 €	119.981,74 €
21	15.284,22 €	2.065,37 €	122.047,11 €
22	15.284,22 €	1.877,60 €	123.924,71 €
23	15.284,22 €	1.706,91 €	125.631,62 €
24	15.284,22 €	1.551,74 €	127.183,36 €
25	15.284,22 €	1.410,67 €	128.594,04 €

Tabla 4.10: Cálculo VAN - Banco de Condensadores.

La medida es muy rentable ya que evita las elevadas multas por el bajo factor de potencia. El valor actual neto de la inversión es de 128.594,04 €, lo que indica que la medida es muy rentable. El TIR de la inversión es del 150,71 %, lo que muestra de nuevo su alta rentabilidad, amortizándose la inversión en 8 meses.

### **Análisis de Resultados**

Tras realizar el estudio técnico y económico, se recomienda instalar el banco de condensadores por dos motivos: el primero, que es necesario para tener un factor de potencia adecuado dados los nuevos equipos, y el segundo, que evita las multas por tener un factor de potencia excesivamente bajo.

Respecto a la reducción en el consumo de energía, tras aplicarse todas las medidas, el consumo de energía es el siguiente:

	<b>Consumo P</b>	<b>Consumo Q</b>	<b>Consumo S</b>
Producción Hielo	266.448 kWh	934.332 kvarh	971.582 kVAh
Cintas y Tolvas	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Envasado	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cámara Frigorífica	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Iluminación	3.370 kWh	684 kvarh	3.438 kVAh
Otros	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
Placas Solares	-148.710 kWh	-30.197 kvarh	-151.745 kVAh
Condensadores	0 kWh	-1.173.600 kvarh	-1.173.600 kVAh
<b>Total</b>	<b>443.225 kWh</b>	<b>60.014 kvarh</b>	<b>447.270 kVAh</b>

Tabla 4.11: Consumo Energético tras la Aplicación de Todas las Medidas.

Con la instalación de la batería de condensadores, el consumo de energía reactiva se reduce en un 95,15% y el consumo de aparente se reduce en un 64,88%, mientras que el de activa permanece constante ya que el banco de condensadores no genera potencia activa.

Como ya se ha comentado para el resto de medidas, esta medida puede ser financiada con los programas explicados anteriormente [20]. Para esta medida puede ser algo más complicado el obtener financiación de organismos públicos ya que tener un factor de potencia adecuado se considera más una obligación que una medida para mejorar la eficiencia energética.

## Capítulo 5

# Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [5] son un conjunto de 17 objetivos establecidos por la Asamblea General de las Naciones Unidas en el año 2015 y que pretenden dar respuesta a los mayores retos de la humanidad. Los ODS se enfocan en erradicar la pobreza, garantizar la prosperidad para todos y proteger el planeta. Además, estos objetivos conllevan un compromiso de actuación por parte de todos los países para cumplir con las metas específicas establecidas para 2030.

En este trabajo fin de grado se ha tenido en cuenta también el impacto que las medidas tomadas tendrán en la sociedad y en el medio ambiente, basándose en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Al tratarse de un trabajo de ingeniería el proyecto se centra más en los objetivos relacionados con la eficiencia energética y la sostenibilidad de las ciudades y de la industria, aunque sin dejar de lado el resto de objetivos.

## **1. Alineación con los ODS**

A continuación se presentan y explican brevemente los objetivos con los que se alinea el proyecto, así cómo el motivo por el cual el proyecto contribuye con dichos objetivos:

### **Objetivo N°7: Energía Asequible y No Contaminante**

Este objetivo pretende garantizar el acceso por parte de todas las personas a una energía que sea limpia, es decir, renovable, y asequible, lo que es un factor clave para el desarrollo industrial y económico. Es el objetivo con el que más se alinea el proyecto, ya que este se centra en la eficiencia energética, que junto con la reducción del consumo contribuyen a garantizar un acceso asequible a la energía por parte de la empresa colaboradora. Además, se reducen las emisiones totales asociadas a la producción, lo que contribuye al objetivo de energía más limpia.

### **Objetivo N°9: Industria, Innovación e Infraestructura**

El objetivo pretende fomentar la innovación, construir infraestructuras resilientes y promover la industrialización sostenible. El trabajo se alinea de manera muy clara con la industrialización sostenible, gracias a la instalación de placas solares y a la reducción del consumo energético que no resulta necesario para la producción.

### **Objetivo N°11: Ciudades y Comunidades Sostenibles**

El undécimo objetivo pretende que los asentamientos humanos sean inclusivos, resilientes, seguros y sostenibles. Este trabajo solo contribuye a la

dimensión de la sostenibilidad, por las razones ya expuestas anteriormente, la generación local de energía con placas solares y la reducción de las emisiones asociadas con la producción.

### **Objetivo N°12: Producción y Consumo Responsables**

Este objetivo pretende garantizar el consumo y producción responsables, es decir, que hagan un uso apropiado de los recursos de los que se dispone. El trabajo se alinea con este objetivo ya que este pretende mejorar la eficiencia energética de la instalación, que es precisamente hacer un mejor uso de los recursos de los que se dispone (producir lo mismo con menor consumo energético). Esto se ve enfatizado aún más por la generación de energía de forma local con las placas solares, en caso de que se instalaran.

### **Objetivo N°13: Acción por el Clima**

El decimotercer objetivo consiste en adoptar las medidas necesarias para combatir los efectos del cambio climático. Respecto al trabajo, al reducir el consumo energético y generar energía de forma renovable se están reduciendo las emisiones asociadas con la producción de los cubitos de hielo, lo que supone una medida para paliar los efectos del cambio climático.

### **Objetivo N°17: Alianzas para Lograr los Objetivos**

Este objetivo pretende fomentar la colaboración entre distintas administraciones, estados, empresas, instituciones y personas, para trabajar en otros objetivos. El presente trabajo fin de grado ayuda con este objetivo, ya que se realiza en colaboración con una empresa y con la universidad.

## 2. Resultados relacionados con los ODS

En esta sección se analizó el impacto medioambiental de las medidas propuestas. Para ello es necesario contextualizar el consumo energético de la instalación. La fábrica consume toda su energía de la red eléctrica. Por lo tanto, las emisiones de la fábrica están ligadas a la energía que consume de la red.

Para realizar la estimación de las emisiones ahorradas es necesario obtener el *factor de emisión*, que indica las emisiones en CO<sub>2</sub> equivalente por cada unidad de energía. Para el año 2024 este factor de emisión fue de 0,283 kg CO<sub>2</sub>eq/kWh, según el informe anual de la CNMC [44].

A continuación se presenta el ahorro en kWh y en t de CO<sub>2</sub> equivalente para cada una de las medidas propuestas:

	<b>Ahorro P</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
Placas Solares	148.710 kWh	42,08 tCO <sub>2</sub> eq
Módulos Producción	392.995 kWh	111,22 tCO <sub>2</sub> eq
Iluminación	10.408 kWh	2,95 tCO <sub>2</sub> eq
Condensadores	0 kWh	0,00 tCO <sub>2</sub> eq
<b>Total</b>	<b>552.113 kWh</b>	<b>156,25 tCO<sub>2</sub>eq</b>

Tabla 5.1: Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq por Medida.

Las medidas propuestas tendrían un gran impacto medioambiental si se implementan, ahorrando 156,25 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

# Capítulo 6

## Resultados Globales y Conclusiones

Las medidas presentadas tienen el potencial de reducir considerablemente el consumo energético de la fábrica. Previo a las medidas implementadas el consumo energético de la instalación, conforme se estableció en la auditoría, es:

<b>Función</b>	<b>Consumo P</b>	<b>Consumo Q</b>	<b>Consumo S</b>
Producción Hielo	644.941 kWh	2.261.565 kvarh	2.351.728 kVAh
Cintas y Tolvas	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Envasado	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cámara Frigorífica	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Iluminación	13.778 kWh	2.798 kvarh	14.059 kVAh
Otros	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
<b>Total</b>	<b>980.836 kWh</b>	<b>2.593.157 kvarh</b>	<b>2.772.454 kVAh</b>

Tabla 6.1: Consumo de Energía por Función.

Las medidas propuestas, la instalación de placas solares, el cambio de las generadoras de hielo, el cambio de las luminarias y la instalación de la batería de condensadores, pueden reducir el consumo como se muestra en la siguiente tabla:

	<b>Ahorro P</b>	<b>Ahorro Q</b>	<b>Ahorro S</b>
Placas Solares	148.710 kWh	30.197 kvarh	151.745 kVAh
Módulos Producción	392.995 kWh	1.378.085 kvarh	1.433.026 kVAh
Iluminación	10.408 kWh	2.113 kvarh	10.620 kVAh
Condensadores	0 kWh	-1.173.600 kvarh	-1.173.600 kVAh
<b>Total</b>	<b>552.113 kWh</b>	<b>236.795 kvarh</b>	<b>600.750 kVAh</b>

Tabla 6.2: Ahorro Energético de Todas las Medidas.

Además, las medidas son rentables desde un punto de vista financiero, con tasas de retorno superiores al 10 % en todos los casos. También tienen un impacto medioambiental muy positivo, evitando la emisión de 156,25 toneladas de  $CO_2$  equivalente a lo largo de un año. A continuación se muestra toda la información relevante en los ámbitos técnico, económico y medioambiental para las medidas propuestas:

	<b>Inversión</b>	<b>TIR</b>	<b>Ahorro kWh</b>	<b>t CO<sub>2</sub> eq</b>
Placas Solares	67.903,73 €	11,28 %	148.710 kWh	42,08 tCO <sub>2</sub> eq
Módulos Producción	185,95 €	352,80 %	392.995 kWh	111,22 tCO <sub>2</sub> eq
Iluminación	69.473,68 €	160,08 %	10.408 kWh	2,95 tCO <sub>2</sub> eq
Condensadores	10.141,44 €	150,71 %	-1.173.600 kvarh	0,00 tCO <sub>2</sub> eq

Tabla 6.3: Datos Relevantes de Cada Medida.

Además de realizarse un análisis individual de cada una de las medidas se decidió también realizar un análisis económico del conjunto de todas las medidas. Si se implantasen todas las medidas al mismo tiempo la inversión

requerida sería de 147.704,80 € y tendría un beneficio anual de 48.941,54 €. Además, el VAN se situaría en 295.244,66 € y la TIR llegaría al 33,10 %, un valor muy elevado que destaca la rentabilidad de las medidas propuestas.

Si todas estas medidas se acabasen implementando, el consumo de la instalación sería este:

	<b>Consumo P</b>	<b>Consumo Q</b>	<b>Consumo S</b>
Producción Hielo	266.448 kWh	934.332 kvarh	971.582 kVAh
Cintas y Tolvas	17.803 kWh	19.596 kvarh	26.475 kVAh
Envasado	24.336 kWh	45.111 kvarh	51.257 kVAh
Cámara Frigorífica	251.411 kWh	188.558 kvarh	314.263 kVAh
Iluminación	3.370 kWh	684 kvarh	3.438 kVAh
Otros	28.568 kWh	75.529 kvarh	80.751 kVAh
Placas Solares	-148.710 kWh	-30.197 kvarh	-151.745 kVAh
Condensadores	0 kWh	-1.173.600 kvarh	-1.173.600 kVAh
<b>Total</b>	<b>443.225 kWh</b>	<b>60.014 kvarh</b>	<b>447.270 kVAh</b>

Tabla 6.4: Consumo Energético tras la Aplicación de Todas las Medidas.

Esto supone una reducción del 54,81 % del consumo de energía activa, el 96,67 % de la energía reactiva y el 83,87 % de la energía aparente. Esto supone un ahorro muy significativo con grandes reducciones que conllevan también menores pagos en la factura eléctrica.

Por todos los motivos expuestos, se recomienda implementar todas las medidas propuestas ya que tienen una buena rentabilidad, reducen de forma significativa las emisiones y el consumo eléctrico, y por lo tanto también los costes de fabricación del hielo.

# Bibliografía

- [1] D. F. Birol, “energy\_consumption\_global\_IEA,” en, *2021*, sep. de 2021.
- [2] “La Descarbonización del Transporte,” Observatorio del Transporte y la Logística en España, inf. téc., jul. de 2023, pág. 83.
- [3] M. Draghi, “The Future of European Competitiveness Part 1,” Inglés, European Commission, inf. téc. 1, sep. de 2024, pág. 73.
- [4] M. Draghi, “The Future of European Competitiveness Part 2,” Inglés, European Commission, inf. téc. 2, sep. de 2024, pág. 328.
- [5] *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*, es. dirección: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>.
- [6] CUBERS, *CUBERS - Descubre como se Fabrica el Hielo Premium*, 2016. dirección: [https://www.youtube.com/watch?v=Rsd79qf\\_fQs](https://www.youtube.com/watch?v=Rsd79qf_fQs).
- [7] CUBERS, *LA FÁBRICA DE HIELO MÁS GRANDE DE EUROPA*, jul. de 2021. dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=BWYcy98JTbk>.
- [8] Castilla y León Televisión, *La mayor fábrica de cubitos de hielo de Europa se localiza en Cebreros, Ávila — Hecho En CyL*, mar. de 2022. dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=EvhEOMl0ieo>.

- [9] CyL7, *FÁBRICA DE HIELO COMPLETA - Cubitos de hielo Due-ro*, jul. de 2019. dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=QfxGtpr3exc>.
- [10] *Temporada alta de cubitos: cuánto sale y cómo se hace una bolsa de hielo - YouTube*. dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=C6MyNa8nxfg>.
- [11] *Información Técnica Productos Cubiforma*, es. dirección: <https://cubiforma.es/productos/>.
- [12] I. I. Makers, “Ficha Técnica Super Star Plus MR400,” en,
- [13] *Products, Worm gear reducers, combined and with pre-stage reduction unit NMRVpower - NMRV - NRVpower - NRV - HA31/NMRV - HW/NMRVpower — Motovario Group*. dirección: <https://www.motovario.com/eng/products/worm-gear-reducers--vsf-series/worm-gear-reducers-combined-and-with-pre-stage-reduction-unit>.
- [14] Osram, *Product DataSheet L 36W/865*.
- [15] E. L. SA, *Balastro Electrónico para Lámpara Fluorescente T8*.
- [16] O. del Mercado Ibérico de Energía, “Evolución del mercado de electricidad - Informe Anual 2024,” inf. téc., feb. de 2025, pág. 60.
- [17] I. E. Agency, “Trends in Photovoltaic Applications,” Inglés, inf. téc., 2023, pág. 96. dirección: [https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/10/PVPS\\_Trends\\_Report\\_2023\\_WEB.pdf](https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2023/10/PVPS_Trends_Report_2023_WEB.pdf).
- [18] D. Barberá Santos, *Introducción a la Energía Fotovoltaica*, Español.
- [19] *Hoja de Ruta del Autoconsumo*, es. dirección: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/hoja-ruta-autoconsumo.html>.

- [20] *Para Energías Renovables en autoconsumo, almacenamiento, y térmicas sector residencial (RD 477/2021. PRTR)* — Idae. dirección: <https://www.idae.es/en/support-and-funding/para-energias-renovables-en-autoconsumo-almacenamiento-y-termicas-sector>.
- [21] *LG NEONR 400 Q1C-A6 2025*— OCU, es-ES. dirección: [https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/paneles-fotovoltaicos/comparador/lg-neonr-400-q1c-a6/54330\\_82832](https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/paneles-fotovoltaicos/comparador/lg-neonr-400-q1c-a6/54330_82832).
- [22] *Inversor de red trifásico Ingecon Sun 3Play 33TL M de 33kW*, es-ES. dirección: <https://suministrosdelsol.com/es/inversor-conexion-a-red/815-inversor-de-red-trifasico-ingecon-sun-3play-33t1m-de-33kw.html>.
- [23] S. Wigness, *How Do I Estimate Solar Installation Costs?* en-US, mayo de 2023. dirección: <https://www.solar.com/learn/how-do-i-estimate-solar-installation-costs/>.
- [24] I. E. Agency, “Guidelines for Operation and Maintenance of PV Power Plants,” p. 69, inf. téc., 2022, pág. 152.
- [25] Tierra y Mar & Espacio Protegido Canal Sur, *Conocemos cómo se fábrica el hielo en una empresa de Huércal, Almería*, nov. de 2023. dirección: <https://www.youtube.com/watch?v=jGXpK0HALTg>.
- [26] *Products – Vogt Ice*, en-US. dirección: <https://www.vogtice.com/products-2/>.
- [27] V. Ice, *Ficha Técnica P34AL*, Inglés, 2023.
- [28] *VOGT Ice maker P34A-LOF*, en-us. dirección: <https://www.ebay.com/itm/235908581577>.
- [29] *VOGT P34AL-1 Ice Maker* — *Ice Machines*. dirección: <https://www.bid-on-equipment.com/restaurant-equipment/refrigeration/ice-machines/380515~vogt-p34al-1-ice-maker.htm?srsltid=AfmB0oqHSWbszVp7yDvv45e8fNzJiK9bbF6VSkvc8vo7VlFpPcQ61eqs>.

- [30] *Milanuncios - FÁBRICA DE HIELO*. dirección: <https://www.milanuncios.com/maquinaria-de-construccion/fabrica-de-hielo-497414477.htm>.
- [31] S. Lin, “Fluorescent Lighting,” en *Computer Vision: A Reference Guide*, K. Ikeuchi, ed., Boston, MA: Springer US, 2014, págs. 301-302, ISBN: 978-0-387-31439-6. DOI: 10.1007/978-0-387-31439-6\_515. dirección: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-31439-6\\_515](https://doi.org/10.1007/978-0-387-31439-6_515).
- [32] S. H. Shah e I. H. Wani, “LIGHT EMITTING DIODE (LED): INTRODUCTION AND APPLICATIONS,” en, vol. 11, n.º 4, 2024.
- [33] R. Kralikova, M. Andrejiova y E. Wessely, “Energy Saving Techniques and Strategies for Illumination in Industry,” en, *Procedia Engineering*, vol. 100, págs. 187-195, 2015, ISSN: 18777058. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.357. dirección: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705815003847>.
- [34] M. Kumar, *Illuminance Levels Indoors: Your Standard Lux Level Chart*, en-US, abr. de 2023. dirección: <https://www.pranaair.com/us/blog/illuminance-levels-indoors-the-standard-lux-levels/>.
- [35] *Comprar tubo LED plástico 9W 60cm T8 de calidad al mejor precio*, es. dirección: [https://www.barcelonaed.com/tubos-pantallas-y-lineales-led/tubos-t8-led/tubo-led-t8-nano-plastico-60.html?color\\_de\\_luz=blanco\\_neutro](https://www.barcelonaed.com/tubos-pantallas-y-lineales-led/tubos-t8-led/tubo-led-t8-nano-plastico-60.html?color_de_luz=blanco_neutro).
- [36] “Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.” es,
- [37] U. de Zaragoza, *Compensación de Energía Reactiva*.
- [38] Agencia Estatal de Meteorología, *Informe sobre el estado del clima de España 2021*, es. Agencia Estatal de Meteorología, 2022. DOI: 10.31978/666-22-006-X. dirección: <http://www.aemet.es/es/>

conocerlas / recursos \_ en \_ linea / publicaciones \_ y \_ estudios / publicaciones/detalles/informe\_estado\_clima.

- [39] A. E. d. Meteorología, *Radiation and ozone - Solar radiation - State Meteorological Agency - AEMET - Spanish Government*, en. dirección: [https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia\\_clima/radiacion\\_ozono](https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/vigilancia_clima/radiacion_ozono).
- [40] *VLVAF3L275A40A - Batería de condensadores VarSet Easy de 275 kVar con Interruptor Automático — Schneider Electric España*, es-ES. dirección: <https://www.se.com/es/es/product/VLVAF3L275A40A/bater%C3%ADa-de-condensadores-varset-easy-de-275-kvar-con-interruptor-autom%C3%A1tico/>.
- [41] Circutor, *Ficha Técnica OPTIM 1A-25-440*.
- [42] R. de y O. Ted, “Informe sobre peajes y cargos para el ejercicio 2025,” es,
- [43] *OPTIM 1A-25-440, Batería de condensadores con relé de reactiva-Mercantil Eléctrico*, es. dirección: <https://www.mercantilelectrico.com/optim-1a-18-2-440-bateria-de-condensadores-con-rele-de-reactiva-r3q6e1en00000.html>.
- [44] CNMC, *Acuerdo sobre el etiquetado de la electricidad relativo a la energía producida en el año 2024*. Español, abr. de 2025.

# Anexo I: Informe PVsyst

# PVsyst - Simulation report

## Grid-Connected System

Project: TFG\_Jorge

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 95.2 kWp

Calle Cabo de Trafalgar 57, Arganda del Rey - Spain



**PVsyst V8.0.12**

VC0, Simulation date:  
16/06/25 16:22  
with V8.0.12

**Project summary**

**Geographical Site**

Calle Cabo de Trafalgar 57, Arganda del Rey  
España

**Situation**

Latitude 40.31 °(N)  
Longitude -3.47 °(W)  
Altitude 547 m  
Time zone UTC+1

**Project settings**

Albedo 0.20

**Weather data**

Calle Cabo de Trafalgar 57, Arganda del Rey  
Meteonorm 8.2 (2005-2019), Sat=22% - Sintético

**System summary**

**Grid-Connected System**

No 3D scene defined, no shadings

**Orientation #1**

**Fixed plane**

Tilt/Azimuth 30 / 0 °

**Near Shadings**

no Shadings

**User's needs**

Unlimited load (grid)

**System information**

**PV Array**

Nb. of modules 238 units  
Pnom total 95.2 kWp

**Inverters**

Nb. of units 3 units  
Total power 99 kWac  
Pnom ratio 0.96

**Results summary**

Produced Energy 166.56 MWh/year Specific production 1750 kWh/kWp/year Perf. Ratio PR 86.48 %

**Table of contents**

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6
Single-line diagram	7



**PVsyst V8.0.12**

VC0, Simulation date:  
16/06/25 16:22  
with V8.0.12

**General parameters**

<b>Grid-Connected System</b>		<b>No 3D scene defined, no shadings</b>		
<b>Orientation #1</b>		<b>Models used</b>		<b>Horizon</b>
<b>Fixed plane</b>		Transposition	Perez	Free Horizon
Tilt/Azimuth	30 / 0 °	Diffuse	Perez, Meteonorm	
		Circumsolar	separate	
<b>Near Shadings</b>		<b>User's needs</b>		
no Shadings		Unlimited load (grid)		

**PV Array Characteristics**

<b>PV module</b>		<b>Inverter</b>	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	LG 400 Q1C-A6	Model	Ingecon Sun 33TL
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	400 Wp	Unit Nom. Power	33.0 kWac
Number of PV modules	238 units	Number of inverters	3 units
Nominal (STC)	95.2 kWp	Total power	99.0 kWac
Modules	14 string x 17 In series	Operating voltage	560-820 V
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Operating voltage	560-820 V
Pmpp	88.3 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	0.96
U mpp	584 V		
I mpp	151 A		
<b>Total PV power</b>		<b>Total inverter power</b>	
Nominal (STC)	95 kWp	Total power	99 kWac
Total	238 modules	Number of inverters	3 units
Module area	432 m <sup>2</sup>	Pnom ratio	0.96
Cell area	392 m <sup>2</sup>		

**Array losses**

<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>		<b>Module Quality Loss</b>				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	63 mΩ	Loss Fraction	-0.75 %			
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction	1.50 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s							
<b>Module mismatch losses</b>		<b>Strings Mismatch loss</b>						
Loss Fraction	2.00 % at MPP	Loss Fraction	0.10 %					
<b>IAM loss factor</b>								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.963	0.892	0.814	0.679	0.438	0.000



**PVsyst V8.0.12**

VC0, Simulation date:  
16/06/25 16:22  
with V8.0.12

**Main results**

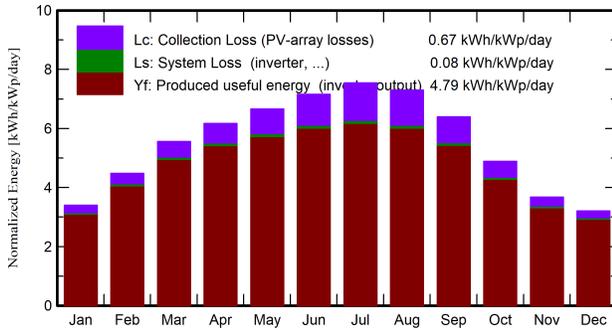
**System Production**

Produced Energy 166.56 MWh/year

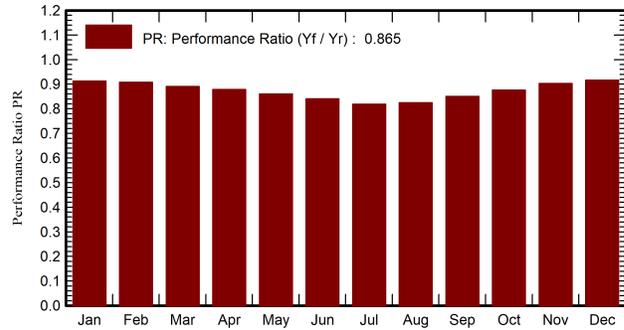
Specific production  
Perf. Ratio PR

1750 kWh/kWp/year  
86.48 %

**Normalized productions (per installed kWp)**



**Performance Ratio PR**



**Balances and main results**

	GlobHor kWh/m <sup>2</sup>	DiffHor kWh/m <sup>2</sup>	T_Amb °C	GlobInc kWh/m <sup>2</sup>	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArray MWh	E_Grid MWh	PR ratio
<b>January</b>	64.5	26.60	5.00	105.4	103.6	9.32	9.17	0.913
<b>February</b>	85.2	31.13	6.35	125.4	123.6	11.03	10.84	0.908
<b>March</b>	136.5	50.88	10.18	172.4	168.8	14.87	14.62	0.891
<b>April</b>	169.1	65.45	13.00	185.2	180.8	15.76	15.49	0.879
<b>May</b>	208.5	71.46	17.88	206.4	201.3	17.21	16.92	0.861
<b>June</b>	226.9	68.64	23.65	214.9	209.6	17.48	17.18	0.840
<b>July</b>	242.5	54.73	27.32	233.9	228.0	18.55	18.23	0.819
<b>August</b>	213.4	51.39	26.73	226.4	221.4	18.06	17.76	0.824
<b>September</b>	158.9	48.28	21.31	191.9	187.9	15.79	15.53	0.850
<b>October</b>	110.3	38.45	15.77	151.7	149.0	12.87	12.65	0.876
<b>November</b>	69.5	27.78	8.96	110.3	108.5	9.66	9.49	0.903
<b>December</b>	58.1	25.11	5.47	99.3	97.7	8.82	8.67	0.917
<b>Year</b>	<b>1743.4</b>	<b>559.91</b>	<b>15.19</b>	<b>2023.2</b>	<b>1980.3</b>	<b>169.42</b>	<b>166.56</b>	<b>0.865</b>

**Legends**

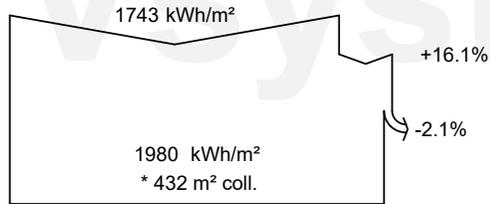
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T\_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array
- E\_Grid Energy injected into grid
- PR Performance Ratio



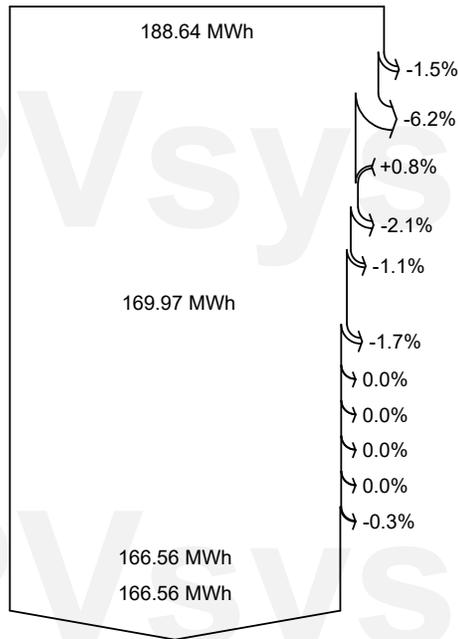
**PVsyst V8.0.12**

VC0, Simulation date:  
16/06/25 16:22  
with V8.0.12

**Loss diagram**



efficiency at STC = 22.08%



**Global horizontal irradiation**  
**Global incident in coll. plane**

IAM factor on global

**Effective irradiation on collectors**

PV conversion

**Array nominal energy (at STC effic.)**

PV loss due to irradiance level

PV loss due to temperature

Module quality loss

Mismatch loss, modules and strings

Ohmic wiring loss

**Array virtual energy at MPP**

Inverter Loss during operation (efficiency)

Inverter Loss over nominal inv. power

Inverter Loss due to max. input current

Inverter Loss over nominal inv. voltage

Inverter Loss due to power threshold

Inverter Loss due to voltage threshold

**Available Energy at Inverter Output**

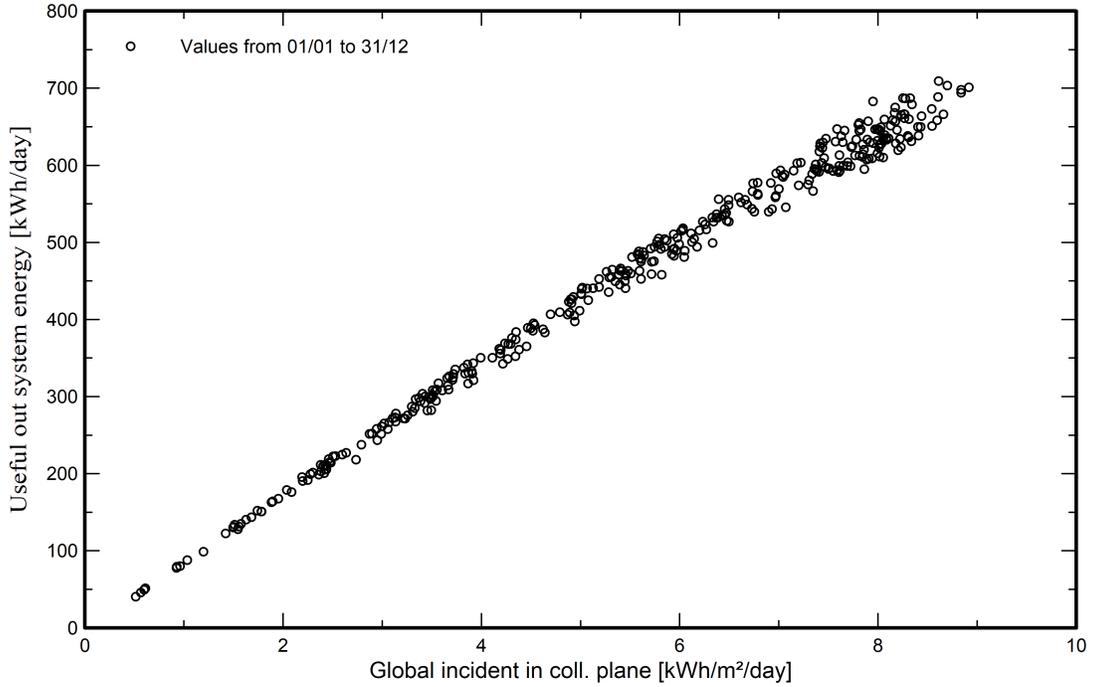
**Energy injected into grid**



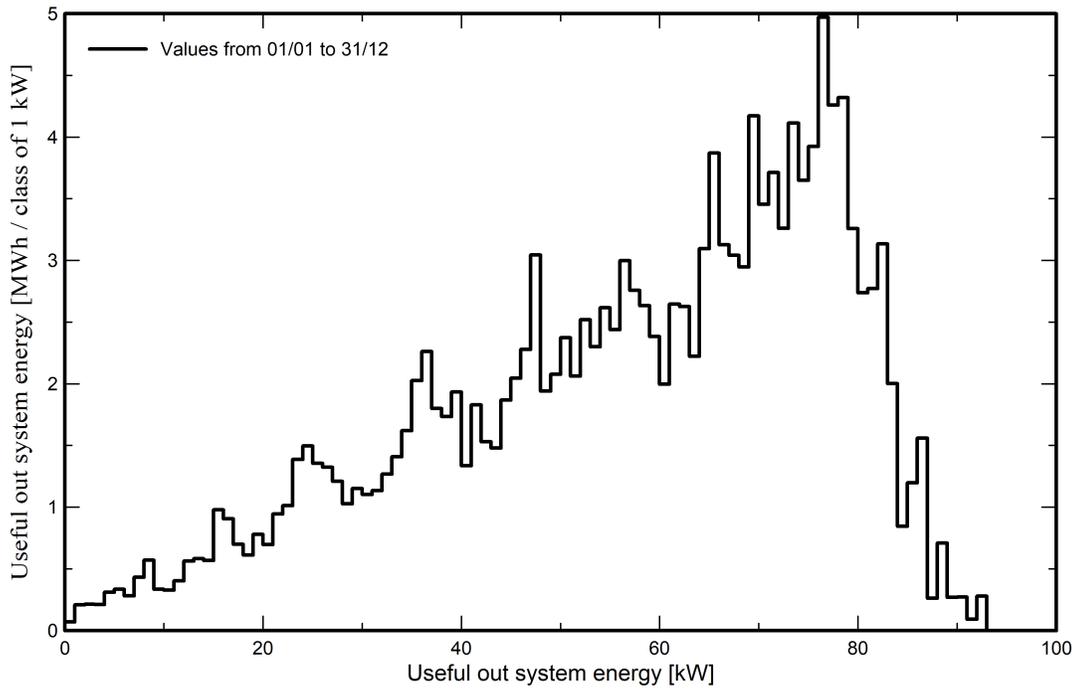
**PVsyst V8.0.12**

VC0, Simulation date:  
16/06/25 16:22  
with V8.0.12

**Predef. graphs**  
**Daily Input/Output diagram**



**System Output Power Distribution**

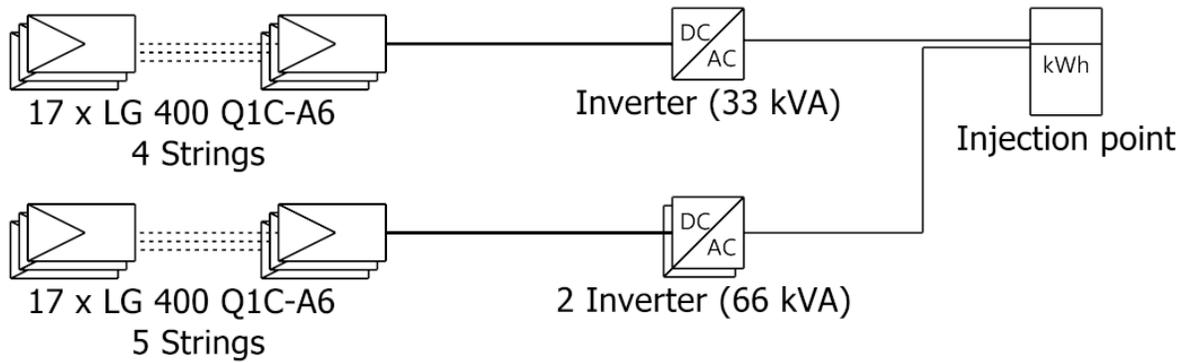




**PVsyst V8.0.12**

VC0, Simulation date:  
16/06/25 16:22  
with V8.0.12

# Single-line diagram



PV module	LG 400 Q1C-A6
Inverter	Ingecon Sun 33TL
String	17 x LG 400 Q1C-A6

TFG\_Jorge

VC0 : Nueva variante de simulación

16/06/25

## **Anexo II: Correos con Distribuidor Vogt España**



Jorge Martin de Blas &lt;jmbbas@gmail.com&gt;

---

## Presupuesto y dudas

8 mensajes

---

**Jorge Martin de Blas** <jmbbas@gmail.com>  
Para: ingenieria1@knowice.eu

10 de junio de 2025, 12:44

Buenos días Pedro,

Hemos hablado hace un rato por teléfono sobre cambiar unas máquinas antiguas por unas vuestras más modernas.

Sería para producir cubitos de 60g cilíndricos y en principio el único requisito es que tenga una producción de 50t/día o más. El modelo concreto sería el que tu recomiendes, quizá los plug-and-play sean más sencillos.

En cuanto a la información técnica, necesito la corriente y potencia eléctrica que consume el modelo que recomiendes. El resto de información está en la web aunque si ves algo más que sea relevante sería bueno incluirlo.

Muchas gracias,  
Jorge.

---

**Ingeniería 1** <ingenieria1@knowice.eu>  
Para: Jorge Martin de Blas <jmbbas@gmail.com>

10 de junio de 2025, 13:31

Buenos días, Jorge,

Nuestras generadoras de hielo fabrican por contrato 30.000 kg/día (las de la competencia, por contrato, no pasa ninguna de 25.000 kg día) y las instalaciones NO son modulares, por lo que no se puede hacer el plug and play que comentas.

Nosotros enviamos una bancada con un compresor de R-717 (amoniaco) de 132 kW/400 V/50 Hz, que incluye un recipiente de líquido, un separador de aspiración y un separador de aceite ciclónico, todo interconectado, probado y con todas las válvulas de seguridad y de funcionamiento requeridas (incluidas válvulas de accionamiento automático, pues toda la instalación va gestionada por un software propio, basado en la experiencia adquirida durante muchos años en nuestras propias fábricas de hielo). El resto de la instalación se diseña a medida y se instala a medida. Incluimos en ella un condensador evaporativo (de fibra (no se corroe) y de baja emisión acústica) seleccionado para cada fábrica en concreto, dependiendo de sus condiciones ambientales y la configuración de la instalación.

Como referencia de coste, considera que la instalación completa, incluyendo toda la instalación eléctrica (desde nuestro cuadro general de mando y protección), instalación frigorífica (incluido el calorifugado de las líneas de líquido y de aspiración con procedimiento propio de KNOW ICE) y neumática (desde los puntos de acometida) están incluidas.

Por lo que respecta al coste de la generadora de hielo y de la instalación completa, está en torno a los 680.000 € + I.V.A..

Con respecto a la competencia, aunque el precio es notablemente superior, has de tener en consideración gran cantidad de diferencias importantes, empezando porque garantizamos una producción diaria superior en 5.000 kg/día, como por la seguridad de la generadora de hielo (es la única generadora que no tiene los tubos interiores soldados, por lo que es imposible que se generen fugas, al contrario de lo que les pasa al resto de generadoras de la competencia, las cuales han tenido serios problemas de fugas al intentar macizar el hielo). Además, nuestras

instalaciones cuentan con gran cantidad de instrumentación y equipos de seguridad, siendo la única empresa que los instala.

Por último, considera que el know-how nuestro no lo tiene nadie, ya que somos la empresa de ingeniería e instaladora del GRUPO PROCUBITOS EUROPE, perteneciendo todas ellas al GRUPO HERVAZ.

Si tienes alguna cuestión en la que pueda ayudarte, no dudes en decírmelo.

Un saludo.



**Pedro Marcos**  
Jefe de Proyectos / Project Manager

☎ +34 649 64 20 41      ☎ +34 915 15 65 27  
✉ ingenieria1@knowice.eu  
🌐 [www.knowice.eu](http://www.knowice.eu)

Este mensaje y sus adjuntos contienen información confidencial y reservada, dirigida exclusivamente a su destinatario. Si ha recibido este mensaje por error, se ruega lo notifique inmediatamente por esta misma vía y borre el mensaje de su sistema. Le informamos que el correo electrónico vía Internet no permite asegurar ni la confidencialidad de los mensajes que se transmiten ni la correcta recepción de los mismos. De conformidad con el artículo 13 de la sección 2 del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, le informamos que el responsable del tratamiento es KNOW ICE, S.L., que dicho tratamiento se lleva a cabo para gestionar las comunicaciones de la empresa. La base legal que permite legitimar este tratamiento es el consentimiento prestado por usted, el cual entendemos otorgado al mantener esta correspondencia. Se comunicarán datos a terceros para poder llevar a cabo las finalidades descritas en esta información. Puede usted acceder, rectificar y suprimir sus datos, así como otros derechos, dirigiéndose por escrito al email [info@knowice.eu](mailto:info@knowice.eu). Puede usted obtener información ampliada sobre protección de datos solicitándola al email [info@knowice.eu](mailto:info@knowice.eu).

This message and its attachments contain confidential and reserved information that is exclusively addressed to its recipient. If you have received this message in error, you are required to notify it immediately by the same means and delete the message from your system. You are hereby informed that electronic mail sent through the Internet does not guarantee confidentiality of the messages being sent or their correct receipt. According to article 13 of Section 2 of (EU) Regulation 2016/679 of the European Parliament and the Council, of 27th of April 2016, relating to the protection of individuals' personal data and the free circulation of data, we hereby inform you that the entity responsible for its handling is KNOW ICE, S.L., which shall handle such data for the purposes of managing the company's communications. The legal precept that enables the legitimate handling of your data is your consent, which is hereby understood as provided by way of this message. Your data will be passed on to third parties for the purposes above described. You are entitled to access, rectify and delete your data, as well as to exercise any other rights in writing on email address [info@knowice.eu](mailto:info@knowice.eu). Should you require further information on data protection, please send an email on [info@knowice.eu](mailto:info@knowice.eu).

[El texto citado está oculto]

**Jorge Martin de Blas** <jmbbas@gmail.com>  
Para: Ingeniería 1 <ingenieria1@knowice.eu>

11 de junio de 2025, 11:17

¿Y sería posible instalar tan solo la generadora de hielo? ¿Qué precio tendría?  
Por lo que he hablado con el dueño de la instalación no creo que tenga ni recursos ni intención de renovar la fábrica entera. Está montada con equipos de segunda mano y abrió hace solo 2 años, así que no creo que quiera cambiar todo. Sin embargo el cambio de la generadora sí lo veo posible porque la vuestra consume un 35% menos.

Muchas gracias, Jorge

[El texto citado está oculto]

**Ingeniería 1** <ingenieria1@knowice.eu>  
Para: Jorge Martin de Blas <jmbbas@gmail.com>

11 de junio de 2025, 12:57

Buenos días, Jorge,

Respondo sobre tu correo en rojo.

Un saludo.



Pedro Marcos  
Jefe de Proyectos / Project Manager

+34 649 64 20 41      +34 915 15 65 27  
ingenieria1@knowice.eu  
[www.knowice.eu](http://www.knowice.eu)

Este mensaje y sus adjuntos contienen información confidencial y reservada, dirigida exclusivamente a su destinatario. Si ha recibido este mensaje por error, se ruega lo notifique inmediatamente por esta misma vía y borre el mensaje de su sistema. Le informamos que el correo electrónico vía Internet no permite asegurar ni la confidencialidad de los mensajes que se transmiten ni la correcta recepción de los mismos. De conformidad con el artículo 13 de la sección 2 del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, le informamos que el responsable del tratamiento es KNOW ICE, S.L., que dicho tratamiento se lleva a cabo para gestionar las comunicaciones de la empresa. La base legal que permite legitimar este tratamiento es el consentimiento prestado por usted, el cual entendemos otorgado al mantener esta correspondencia. Se comunicarán datos a terceros para poder llevar a cabo las finalidades descritas en esta información. Puede usted acceder, rectificar y suprimir sus datos, así como otros derechos, dirigiéndose por escrito al email [info@knowice.eu](mailto:info@knowice.eu). Puede usted obtener información ampliada sobre protección de datos solicitándola al email [info@knowice.eu](mailto:info@knowice.eu).

This message and its attachments contain confidential and reserved information that is exclusively addressed to its recipient. If you have received this message in error, you are required to notify it immediately by the same means and delete the message from your system. You are hereby informed that electronic mail sent through the Internet does not guarantee confidentiality of the messages being sent or their correct receipt. According to article 13 of Section 2 of (EU) Regulation 2016/679 of the European Parliament and the Council, of 27th of April 2016, relating to the protection of individuals' personal data and the free circulation of data, we hereby inform you that the entity responsible for its handling is KNOW ICE, S.L., which shall handle such data for the purposes of managing the company's communications. The legal precept that enables the legitimate handling of your data is your consent, which is hereby understood as provided by way of this message. Your data will be passed on to third parties for the purposes above described. You are entitled to access, rectify and delete your data, as well as to exercise any other rights in writing on email address [info@knowice.eu](mailto:info@knowice.eu). Should you require further information on data protection, please send an email on [info@knowice.eu](mailto:info@knowice.eu).

---

**De:** Jorge Martin de Blas <[jmbbas@gmail.com](mailto:jmbbas@gmail.com)>  
**Enviado el:** miércoles, 11 de junio de 2025 11:18  
**Para:** Ingeniería 1 <[ingenieria1@knowice.eu](mailto:ingenieria1@knowice.eu)>  
**Asunto:** Re: Presupuesto y dudas

¿Y sería posible instalar tan solo la generadora de hielo? **En principio, no. Necesitarías una empresa instaladora que ejecute las instalaciones comentadas anteriormente y con experiencia en la ejecución de este tipo de instalaciones. ¿Qué precio tendría?**

Por lo que he hablado con el dueño de la instalación no creo que tenga ni recursos ni intención de renovar la fábrica entera. Está montada con equipos de segunda mano y abrió hace solo 2 años, así que no creo que quiera cambiar todo. Sin embargo el cambio de la generadora sí lo veo posible porque la vuestra consume un 35% menos. **El tema del ahorro energético no debes verlo comparando potencia, sino energía consumida, pues nuestro compresor no está todo el día trabajando al 100 %, ni mucho menos. Tenemos demostrado que la diferencia de consumo energético (kWh) al día de nuestras**

máquinas es de aproximadamente 3 veces menos que el consumo de las máquinas de moldes. De ahí que cada vez más, los fabricantes de hielo dejen de trabajar con máquinas de molde, pues la diferencia de consumo energético es tremenda y es el principal coste en la fabricación de hielo.

Muchas gracias, Jorge

[El texto citado está oculto]

---

**Jorge Martin de Blas** <jmbbas@gmail.com>  
Para: Ingeniería 1 <ingenieria1@knowice.eu>

11 de junio de 2025, 14:12

Buenos días,

Propondré la medida pero es muy poco probable que la adopten ya que ahora mismo no disponen de los recursos necesarios.

No se si podrías indicarme el tiempo la energía consumida (para la generadora) y también información más concreta sobre lo de que el consumo es 3 veces menor. Necesito alguna cifra más o algún estudio para poder justificar la decisión del cambio.

Gracias.

[El texto citado está oculto]

---

**Ingeniería 1** <ingenieria1@knowice.eu>  
Para: Jorge Martin de Blas <jmbbas@gmail.com>

11 de junio de 2025, 14:39

Buenas tardes, Jorge,

Valores normales de consumo de nuestras máquinas es de 70 kWh por cada tonelada de hielo fabricada. Sin embargo, las máquinas de molde están en torno a 200 kWh.

[El texto citado está oculto]

---

**Jorge Martin de Blas** <jmbbas@gmail.com>  
Para: Ingeniería 1 <ingenieria1@knowice.eu>

16 de junio de 2025, 20:33

Buenos días Pedro,

Al final sí que incluiré el sustituir la instalación completa. Si pudieras pasarme algún dato sobre el consumo total o el ahorro que suele suponer vs maquinas de molde (simplemente para justificar yo el cambio).

Por otro lado tengo una duda sobre la capacidad de producción. En un correo anterior mencionas unos 30.000 kg/día. ¿Eso es para la P24AL o P34AL? Según la web de Vogt son 25.000 y 50.000 respectivamente.

Muchas gracias, Jorge

[El texto citado está oculto]

---

**Ingeniería 1** <ingenieria1@knowice.eu>  
Para: Jorge Martin de Blas <jmbbas@gmail.com>

17 de junio de 2025, 22:05

Buenas noches, Jorge,

Desde el punto de vista de consumo energético, nuestras máquinas generadoras realmente consumen unos 70 kWh por cada tonelada de hielo producida, mientras que las máquinas de bloques de hielo tienen un consumo superior a los 200 kWh.

19/6/25, 17:38

Gmail - Presupuesto y dudas

Por lo que respecta a las capacidades de producción indicadas por VOGT, se refieren a producciones con hielo con hueco y cortado con cortadora de impacto, pro tanto, hielo de una calidad peor a la que te proponemos en los 30.000 kg/día, pues se trata de hielo completamente macizo y cortado con cortadora de sierra.

[El texto citado está oculto]