

# Asociación de Ingenieros de Energía AEE Spain Chapter



Presenta...

Libro de Actas

VI Congreso Internacional de Ingeniería  
Energética

Publicado: 2025-10-23

Editor: AEE Spain Chapter

Libro de Actas  
VI Congreso Internacional de Ingeniería Energética  
©IENER'25  
Coordinación: Comité Científico IENER'25  
Presidente: Alberto Ramos Millán  
Vocal: Marc Masí Varés  
Vocal: Marta García Pellicer  
Vocal: Javier Abad Balaguer  
Vocal: Guillermo Escobar  
Vocal: Javier Ojeda  
Vocal: Sebastián Martorell  
Vocal: Ana Isabel Manjón  
Vocal: Antonio Miranda  
Vocal: Samuel Monterroso  
Vocal: Adrián Gómez  
Vocal: Elena González Sánchez  
Editorial: AEE Spain Chapter  
ISBN: 978-84-09-80153-4  
Fecha:2025-10-23

# Índice general

<b>1</b>	<b>Mesa de Certificados de Ahorro Energético</b>	<b>7</b>
1.1	Manuel Jurado Nieto (CEM <sup>®</sup> ). REPSOL. <i>Perspectiva del mayor sujeto obligado de España y casos de éxito</i> . . . . .	7
1.2	Antonio J. Ruiz (CEM <sup>®</sup> ). BETTERGY. <i>Visión estratégica de los sujetos delegados</i> . . . . .	7
1.3	Alejandro Valdovinos. CIRCUTOR. <i>Soluciones de eficiencia energética para monitorizar y evidenciar ahorros CAE</i> . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Mesa de Descarbonización</b>	<b>39</b>
2.1	Daniel Ramos Blasco. FI GROUP. <i>Claves Financieras para impulsar la rentabilidad en proyectos energéticos</i> . . . . .	39
2.2	Miguel Nájera. CARRIER. <i>La bomba de calor, protagonista para la descarbonización de instalaciones térmicas</i> . . . . .	53
2.3	Jesús Gil (CEM <sup>®</sup> ). ENAGAS. <i>El H<sub>2</sub> como vector en la transición energética</i>	70
2.4	María Goretti Ganzo Bustamante. BOSCH. <i>Alternativas Tecnológicas para la Descarbonización Industrial: Producción de Vapor y Agua Caliente en un Entorno Híbrido</i> . . . . .	92
<b>3</b>	<b>Mesa de Eficiencia Energética</b>	<b>115</b>
3.1	Lidia Chillaron Hinarejos. AZIGRENE. <i>Gestión energética BANKINTER: un caso de éxito alineado con la sostenibilidad y la eficiencia energética</i> . .	115
3.2	José Luis Planas Almazán (CEM <sup>®</sup> , CEA <sup>®</sup> , CMVP <sup>®</sup> ). GRUPO ETRA. <i>ELECTRA, plataforma para la gestión de carga de autobuses eléctricos</i> . .	115
3.3	Marc Manich. AVCSTEAM. <i>De pérdidas a oportunidad: estrategias prácticas para transformar el vapor flash en ahorro económico</i> . . . . .	146
<b>4</b>	<b>Global Challenges and Solutions in the Energy Transition</b>	<b>161</b>
4.1	Samer Zawaydeh (CAP <sup>®</sup> , REP <sup>®</sup> ). <i>EVs &amp; The New Energy Economy: How Jordan Turned Disruption into Prosperity</i> . . . . .	161
4.2	LJ Grobler (CEM <sup>®</sup> , CMVP <sup>®</sup> ). <i>Twin-screw extrusion: An energy efficient and clean production technology to process grains and pulses</i> . . . . .	161
4.3	Raoul Empey (CEM <sup>®</sup> ). <i>Ireland's Climate Transition – A Reality Check on Targets vs Progress</i> . . . . .	161
4.4	Zoltan Czinege (CEM <sup>®</sup> ). <i>Energy Efficiency Obligation Scheme - experience of implementation from Hungary</i> . . . . .	161

<b>5</b>	<b>Mesa de Gestión Energética</b>	<b>163</b>
5.1	José María Muñoz Povedano (CEM <sup>®</sup> ). SERVEO. <i>Mantenimiento Energético como estrategia clave para la transición energética</i> . . . . .	163
5.2	José María Tejera, José Luis Martínez Montero. ATLANTIC COPPER. <i>La gestión energética como motor de la eficiencia</i> . . . . .	163
5.3	Raquel Díaz Franco. GEN0 <i>El papel de los estándares internacionales en la transformación de estrategias de descarbonización</i> . . . . .	179
<b>6</b>	<b>Mesa de Energías Renovables</b>	<b>197</b>
6.1	Jose Samuel Monterroso (CEM <sup>®</sup> ). SERVICIOS ENERGÉTICOS E INGENIERÍA. <i>Eficiencia Energética y Energías Renovables combinación para Descarbonizar la Industria de Bebidas</i> . . . . .	197
6.2	Javier Ojeda (CEM <sup>®</sup> , REP <sup>®</sup> ). HYSOVENT <i>Optimización de la integración hidráulica, solar y eólica utilizando RETScreen</i> . . . . .	221
6.3	Miguel Angel Amores González. TRIODOS BANK <i>Financiación de plantas de generación renovable bajo la modalidad de project finance</i> . . . . .	233
<b>7</b>	<b>Mesa de IA aplicada a la Energía</b>	<b>235</b>
7.1	Ricardo Romero Murillo (CEM <sup>®</sup> , CMVP <sup>®</sup> ). TELEFONICA TECH. <i>Alumbrado inteligente: soluciones de telecontrol apoyadas en IoT &amp; AI</i> . . . . .	235
7.2	Julia Bayascas. SPACEWELL <i>Modelos de Inteligencia Artificial en Gestión Energética: de la Construcción de Líneas Base a la Predicción Avanzada del Consumo</i> . . . . .	248
7.3	Nuria Gallego Salvador. TEATRO REAL <i>Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de Estudio: Teatro Real</i> . . . . .	263
7.4	Alberto Ramos Millán (CEM <sup>®</sup> , REP <sup>®</sup> ), Alejandro Bellini Barreto (CEM <sup>®</sup> , CMVP <sup>®</sup> ). Universidad Politécnica de Madrid. <i>Aplicación de las tecnologías de AI para el control y la optimización del consumo energético en edificación</i> . . . . .	306
<b>8</b>	<b>Mesa de Innovación y Eficiencia Energética</b>	<b>317</b>
8.1	Graciano Tornero (CEM <sup>®</sup> , CMVP <sup>®</sup> ). EM3. <i>Electrificar el calor de forma eficiente, escalable y bien integrada</i> . . . . .	317
8.2	Alvaro Núñez Muro (CEM <sup>®</sup> , CMVP <sup>®</sup> ). EDISON NEXT <i>Sistema de gestión energética, herramienta clave para la mejora continua del desempeño energético y la descarbonización</i> . . . . .	334
8.3	Esther Izquierdo Martínez (CMVP <sup>®</sup> ). WATTEGA <i>El valor de la innovación en la eficiencia energética</i> . . . . .	347
8.4	Luis de Garrido Talavera, Nicolás Picco. <i>Ventajas sostenibles y eficiencia energética de la construcción modular y bioclimática</i> . . . . .	369

<b>9</b>	<b>Mesa sobre Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles</b>	<b>391</b>
9.1	Jose Manuel Vadillo Abascal. CENTRO TECNOLÓGICO CTC. ELECTROMET. <i>Sistema integrado de electrocatalisis directa de CO<sub>2</sub> a metano renovable</i> . . . . .	391
9.2	Jose Herrera, Adriana Lagos, Dario Serrano-Florez, Marlon Bastidas-Barranco. Universidad de La Guajira <i>Simulación del hidrotreatmento con hidrógeno verde para la generación del diésel renovable en el marco de la transición energética en Colombia</i> . . . . .	415
9.3	Natalia Fonseca González (CEM <sup>®</sup> ). Universidad Politécnica de Madrid. <i>Dos años con Biometano: Evaluación del estado del motor de un vehículo comercial ligero</i> . . . . .	432
<b>10</b>	<b>Mesa sobre Edificios Sostenibles</b>	<b>449</b>
10.1	Luis de Garrido Talavera, Ignacio Paya-Laforteza. <i>Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad de los edificios</i> . . . . .	449
10.2	Marta Gudiol i de Castellarnau. ICAEN (Institut Català d'Energia). <i>Plan de Ahorro Energético y Eficiencia Energética en los Edificios de la Generalitat de Catalunya (GENERCAT)</i> . . . . .	470
10.3	José García Torres (CEM <sup>®</sup> ). DAIKIN. <i>Análisis Energéticos y Certificados CAE como palanca en proyectos de rehabilitación energética</i> . . . . .	470

*Índice general*

# 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético

- 1.1. Manuel Jurado Nieto (CEM®). REPSOL. *Perspectiva del mayor sujeto obligado de España y casos de éxito*
- 1.2. Antonio J. Ruiz (CEM®). BETTERGY. *Visión estratégica de los sujetos delegados*
- 1.3. Alejandro Valdovinos. CIRCUTOR. *Soluciones de eficiencia energética para monitorizar y evidenciar ahorros CAE*

*1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético*

**Circuitor**

The Future is Efficiency

## **CAE**

**Cómo nuestras soluciones de eficiencia energética permiten evidenciar ahorros CAE de una forma flexible y segura**

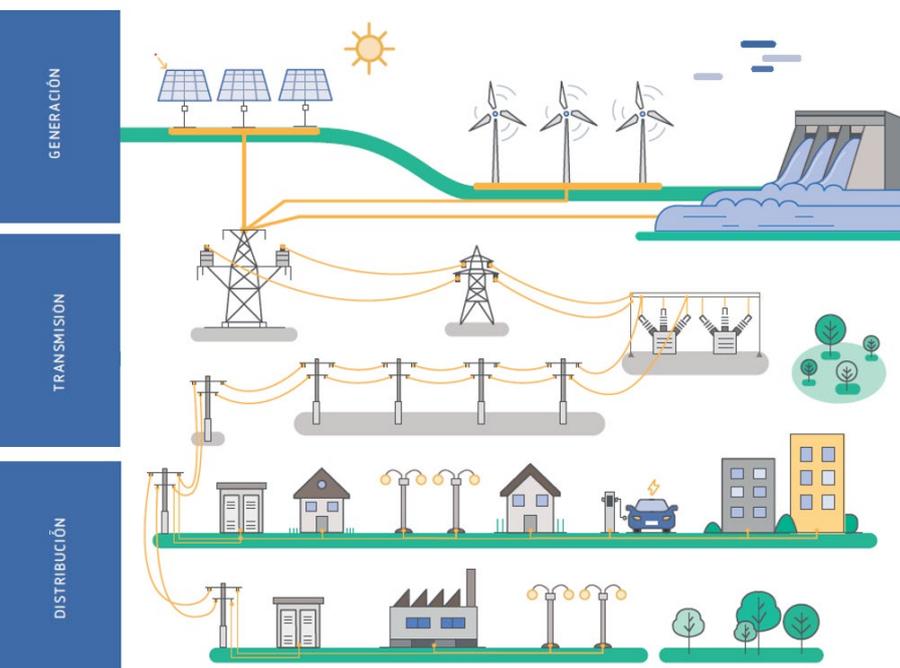
**Circutor**

Desde 1973 innovando en tecnología para la eficiencia energética



Circutor

Presentes de principio a fin del ciclo de generación y consumo de energía



### Múltiples sectores



Instalaciones fotovoltaicas



Distribución de la Energía



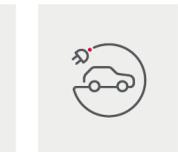
Telecomunicaciones, Data Centers e Instalaciones Críticas



Sector Industrial



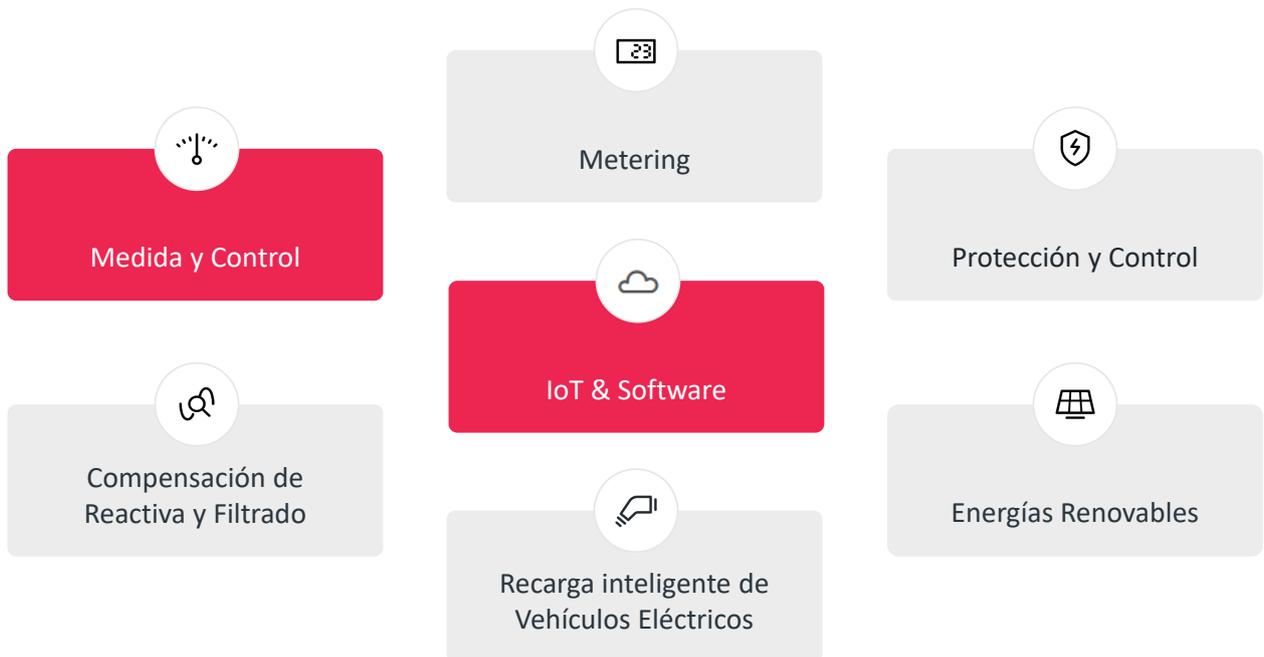
Sector Terciario, Edificios e Infraestructuras



Movilidad Eléctrica

## 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético

Amplia gama de productos y soluciones de referencia en CAEs



CAEs como oportunidad de negocio de la  
Eficiencia a MEDIO Plazo:

Colaboramos con todos los agentes del  
ecosistema que se está generando

## 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético

### CAE: Catálogo de medidas

#### Actuación CAE estandarizada

- Fácilmente replicables.
- 114 fichas estandarizadas (9 Impactadas por sistemas de monitorización)
- Aprobación One shot.
- TER050: Fichas BACS sector terciario o industria.
- Monitorización: Instalaciones de sustitución LED Terciario e Industrial (TER030-IND050)
- Monitorización por ahorros en sistemas de recuperación industrial de Calor (IND040, RES060, RES090-099, TER100 y TER170-179)

#### Actuación CAE singular

- AEE grandes que no se puede incluir en catálogo.
- Ahorro de energía confirmado por verificador.
- Implantación de SGE: trazabilidad de datos y monitorización exigible
- Importancia de ISO-50001

¿ Por qué extender la praxis de implantar sistemas de Monitorización en + CAEs de ficha?

### Titular del ahorro



Empresas y particulares

Posterior 26 enero 2023  
(Validez 3 años)

### Sujeto delegado



Ayudan a obtener CAE's

51 empresas acreditadas

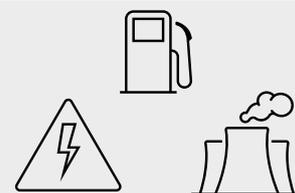
### Verificador de AE



Revisa actuación y documentación de ahorro

6 empresas acreditadas ENAC

### Sujeto obligado



Empresas energéticas

124 empresas acreditadas  
FNEE-SNOEE

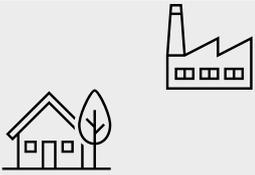
Para garantizar que los ahorros que pagan corresponden con los ahorros reales que se tienen : Evitar FRAUDE en la JUTIFICACION Ahorro

La inversión es <2% del total actuación estándar y se puede llevar a cabo una justificación temporal

## 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético

CAE: Agentes

### Titular del ahorro

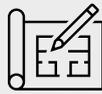


Empresas y particulares

Posterior 26 enero 2023

Validez 3 años

### Sujeto delegado



Ayudan a obtener CAE's

51 empresas acreditadas

### Verificador de AE

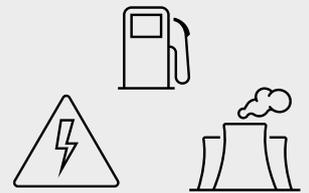


Revisa actuación y documentación de ahorro

6 empresas acreditadas

Certificados ENAC

### Sujeto obligado



Empresas energéticas

124 empresas acreditadas

FNEE o CAE

1.3 Alejandro Valdovinos. CIRCUTOR. Soluciones de eficiencia energética para monitorizar y evidenciar ahorros C

## Analizadores diseñados para obtención de CAEs

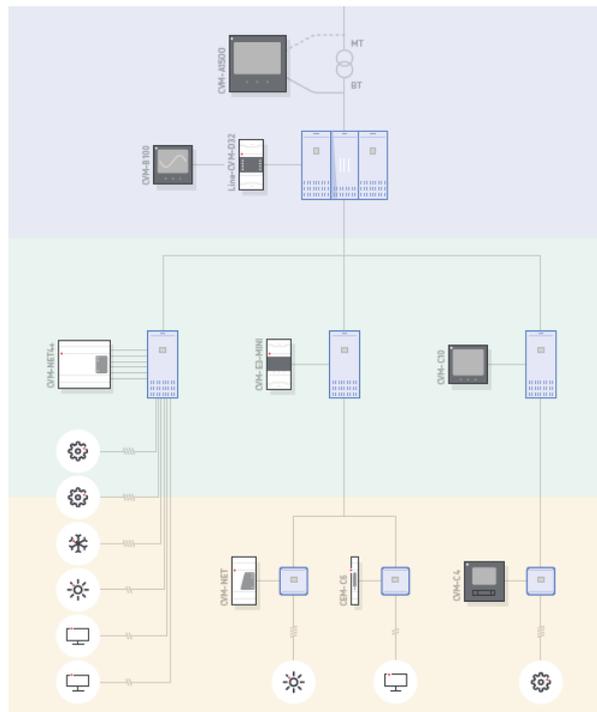
# 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético

Selección equipos de medida

Medida principal y en cabecera

Consumos distribución

Medida directa en carga



1.3 Alejandro Valdovinos. CIRCUTOR. Soluciones de eficiencia energética para monitorizar y evidenciar ahorros C

¿Qué soluciones de medida debemos instalar para justificar un ahorro energético?

Medida directa de energía (kWh)

Medida indirecta de consumos (pulsos)

Analizadores de redes

Módulos con entradas digitales



Miden el consumo energético eléctrico de líneas o cargas.



Miden el consumo energético de contadores sin comunicación o consumos como agua, gas o calor mediante pulsos.

Las medidas analógicas permiten medir temperaturas para cruzar datos de consumo.

**Circutor**

## CVM-D50

Características principales

Memoria integrada

Configurable desde móvil o PC

Sistema auto-wiring

Sucesos de calidad

Conectividad Ethernet i Wi-Fi



Circuitor

## CVM-D400

Características principales



12 líneas monofásicas  
ó 4 trifásicas



Autoalimentado



Configuración  
inalámbrica



Memoria y web  
server integrados

Ahorra en:



### Espacio

Analizador 50%  
más pequeño que  
individuales



### Cableado

1 sólo cableado  
de tensión



### Instalación

Puesta en marcha  
mediante Wi-Fi



### Mantenimiento

Soluciona  
remotamente  
problemas de cableado

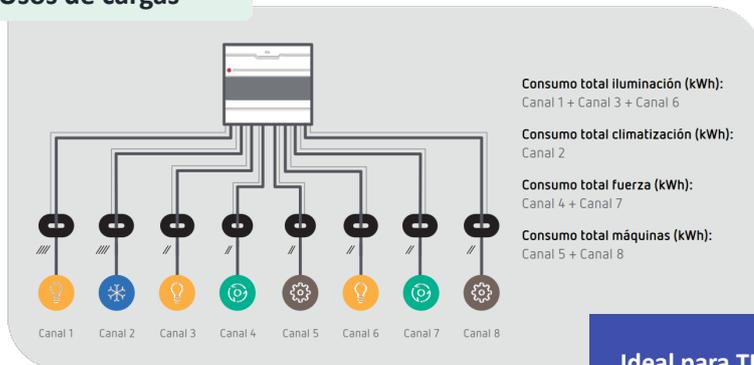


Circutor

## CVM-D400

Ventajas y nuevas prestaciones

### Usos de cargas



- Agrupa los diferentes consumos mediante etiquetas de uso, sin necesidad de programación compleja en el sistema SCADA.
- Muestra automáticamente la suma de los consumos tanto en el servidor web como en el propio equipo.

### Ideal para TER 50 (BMS)

- Calefacción / ACS /Refrigeración /Iluminación

## LM- Dispositivos de entradas/salidas

Nuevos equipos



LM-A42-D11

Módulo de gestión de entradas y salidas

- > 4 entradas analógicas
- > 2 salidas analógicas
- > 1 entrada digital
- > 1 salida de relé



LM-D44

Módulo de gestión de entradas y salidas

- > 4 entradas digitales
- > 4 salidas de relé

- Conectividad Modbus RTU-TCP
- Conectividad Ethernet y Wi-Fi
- Disponible tanto en **Webserver** como en la **App MyConfig**.
- Funcionalidad **Cuentahoras** → Ratio de uso equipo conectado extrpolable al año

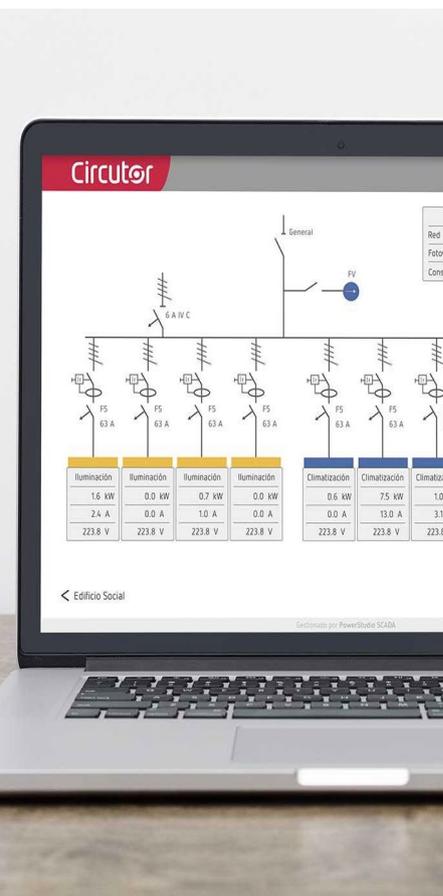
Registra consumos eléctricos, agua, gas o calor.

Registra temperaturas y tiempos de uso

Circutor

*1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético*

Cómo un sujeto delegado puede obtener  
los datos de los equipos de medida



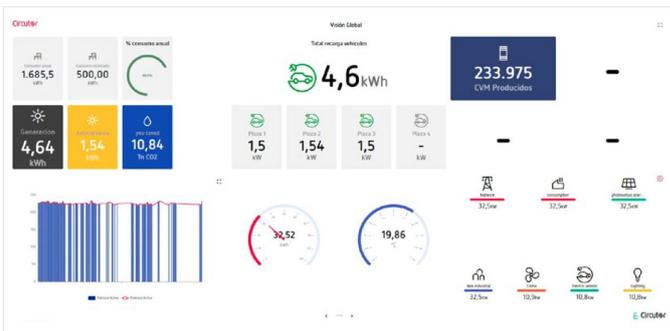
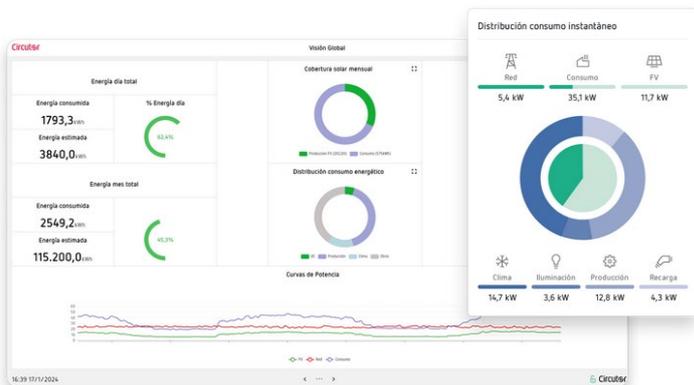
- **Análisis Previo Actuación y Monitorización Consumos a 1 año vista**

✓ **Instalaciones con SGE existente**

✓ **Instalaciones sin SGE**

## 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético

### Beneficios de instalar un sistema SGE



### Visualización intuitiva personalizada

Diseña tu visualización personalizada mediante pantallas SCADA y dashboards interconectados.



### Análisis mediante KPIs

Descubre cómo evoluciona tu consumo en función de parámetros como la ocupación, la superficie, el clima u otras variables creando tus propios KPIs.



### Identificación de costes y ahorro

Identifica patrones de consumo y detecta ineficiencias. Experimenta un ahorro significativo a largo plazo gracias a la mejora de la eficiencia de tu instalación.



### ISO 50001

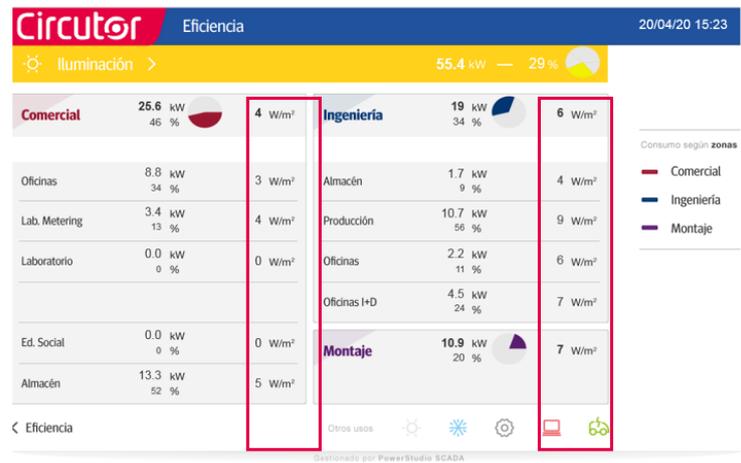
Certifica tu instalación según la ISO 50001 gracias a contar con todas las prestaciones de monitorización, análisis y almacenamiento en un software diseñado para ello.

1.3 Alejandro Valdovinos. CIRCUTOR. Soluciones de eficiencia energética para monitorizar y evidenciar ahorros

➤ Fase 4: Establecimiento KPI y EnPI (Key process and Energy Performance Indicators): Complementan la Info IPMVP

Determinación de un **valor de referencia** y **comparación del consumo** de energía- TER050.

- Industria (kWh/ unidad producida)
- Edificios- Perdidas térmicas (kWh/ m2)
- Tratamiento de aguas/ estaciones de bombeo (kWh/ m3)
- Climatización (kWh/ temperatura externa)
- Edificios/ supermercados (kWh/ m2)
- Hoteles (kWh/ ocupación)
- Ahorro Anual de energía final en Calefacción, ACS, Refrigeración e Iluminación: **kwh/año**
- Energía final consumida para Calefacción, ACS, Refrigeración e Iluminación en el CEEE: **Kwh/año**
- Factor de eficiencia posterior y anterior en la actuación de Calefacción, ACS, Refrigeración e Iluminación:



## 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético

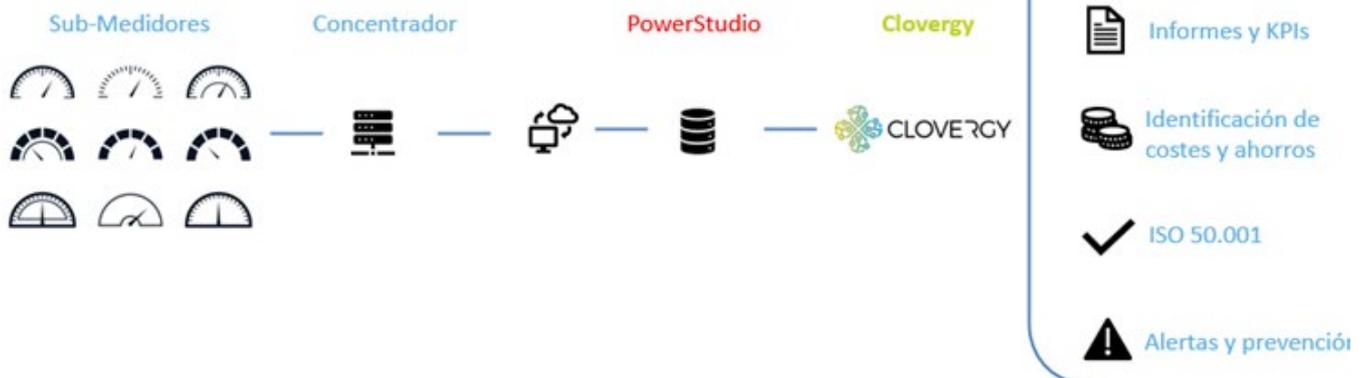
Integración con Plataformas de 3eros de Verificación de Ahorros (IPVMP) → Justificación CAE por Sujeto Verificador

GRUPOTREBOL  
ENERGIA



### Infraestructura Tecnológica

La nube como pilar de nuestra transformación digital



Circuitor

1.3 Alejandro Valdovinos. *CIRCUTOR. Soluciones de eficiencia energética para monitorizar y evidenciar ahorros* C

## Resumen arquitectura

# 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético

¿Cuál me conviene + y cuales son Plug&Play?

## Edge computing



CVM-D50



CVM-D400

Equipos de adquisición de datos



LM



CVM

Wi-Fi  
Ethernet  
RS-485  
Bus Line  
LoRa

## On-premise



LINE-EDS-CLOUD



LINE-EDS-PS



LINE-M-4G

WAN / 4G



PowerStudio SCADA

## Cloud



PLATAFORMA SCOUT

PLATAFORMA 3rd



Circuitor

1.3 Alejandro Valdovinos. CIRCUTOR. Soluciones de eficiencia energética para monitorizar y evidenciar ahorros C

CAEs ejemplo

## 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético



### CAE ESTÁNDAR: ejemplo iluminación en INDUSTRIA

- **Ficha: IND050** (iluminación LED-Sustitución).
- Caso Tipo: Sustitución de 275 luminarias de 250W/ud de halogenuros metálicos por luminarias LED regulables por DALI con consumo 140W/ud
- Requerimiento Monitorización: implantación SG consumos y horas de funcionamiento (antes de ejecutar AEE).
- Inversión Luminarias LED + Sist Cont DALI + Instalación + Monitorización : 102.000 €
- El Ahorro Energético es de un 80% año : Estimación Ahorro 151.800kWh/año
- El impacto de la monitorización es de menos de un 2% del TOTAL inversión(700-1800€) y el ROI sería 1,2 años
- Dispositivos necesarios Monitorización:
  - Medida de energía Iluminación (o General): kWh/año
  - Cuentahoras Iluminación: Horas de Funcionamiento/año
  - EDS Line (opcional)
  - Plataforma Scout (Opcional)

**Circuitor**



CAE ESTÁNDAR: ejemplo iluminación

- **Ficha: IND050** (iluminación LED-Sustitución).
- Requisito: implantación SG consumos y horas de funcionamiento (antes de ejecutar AEE).
- Elementos necesarios:
  - Medida de energía Iluminación (o General): kWh/año
  - Cuentahoras Iluminación: Horas de Funcionamiento/año



- Medida mediante analizador de redes

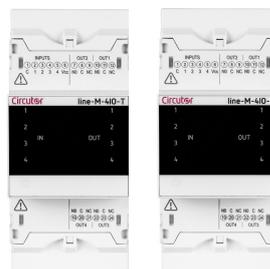


## 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético



### CAE ESTÁNDAR: ejemplo iluminación

- **Ficha: IND050** (iluminación LED-Sustitución).
- Requisito: implantación SG consumos y horas de funcionamiento (antes de ejecutar AEE).
- Elementos necesarios:
  - Medida de energía Iluminación (o General): kWh/año
  - Cuentahoras Iluminación: Horas de Funcionamiento/año



- Medida mediante analizador de redes
- Módulos I/O cuentahoras.

**Circutor**



CAE ESTÁNDAR: ejemplo iluminación

- **Ficha:** IND050 (iluminación LED-Sustitución).
- Requisito: implantación SG consumos y horas de funcionamiento (antes de ejecutar AEE).
- Elementos necesarios:
  - Medida de energía Iluminación (o General): kWh/año
  - Cuentahoras Iluminación: Horas de Funcionamiento/año



- Datalogger Line-EDS. (Edge)
- Medida CVM
- Módulo I/O cuentahoras.



## 1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético



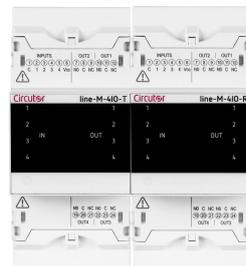
### CAE ESTÁNDAR: ejemplo iluminación

- **Ficha: IND050** (iluminación LED-Sustitución).
- Requisito: implantación SG consumos y horas de funcionamiento (antes de ejecutar AEE).
- Elementos necesarios:
  - Medida de energía : kWh/año
  - Cuentahoras : Horas de Funcionamiento/año
  - EDS Line (opcional)



WiFi

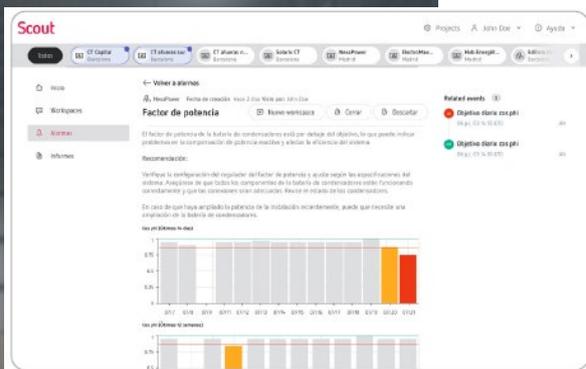
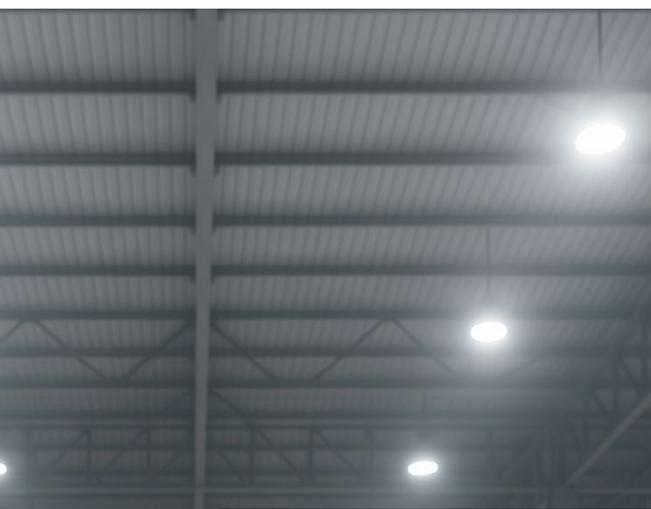
RS-485



- On premise (Wave)
- Medida Analizador
- Módulos I/O cuentahoras.

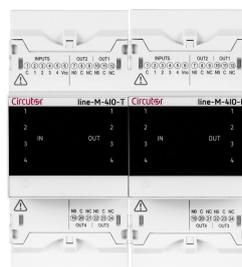
**Circutor**

### 1.3 Alejandro Valdovinos. CIRCUTOR. Soluciones de eficiencia energética para monitorizar y evidenciar ahorros



#### CAE ESTÁNDAR: ejemplo iluminación

- **Ficha: IND050** (iluminación LED-Sustitución).
- Requisito: implantación SG consumos y horas de funcionamiento (antes de ejecutar AEE).
- Elementos necesarios:
- Dispositivos necesarios Monitorización:
  - Medida de energía Iluminación (o General): kWh/año
  - Cuentahoras Iluminación: Horas de Funcionamiento/año
  - EDS Line (opcional)
  - Plataforma Scout (Opcional)



- Cloud (plataforma Scout)
- Medida Analizador
- Módulo I/O cuentahoras.



*1 Mesa de Certificados de Ahorro Energético*

**Circuitor** | The Future is Efficiency



[circuitor.com](http://circuitor.com)

## 2 Mesa de Descarbonización

- 2.1. Daniel Ramos Blasco. FI GROUP. *Claves Financieras para impulsar la rentabilidad en proyectos energéticos*



# Claves Financieras para impulsar la rentabilidad en proyectos energéticos

---

Mesa Descarbonización

Daniel Ramos Blasco

*Head of Energy FI-Group*



## Claves Financieras para impulsar la rentabilidad en proyectos energéticos

**FI GROUP**  
Especialista Global en Financiación de la I+D+i

---

Actualización datos FI Group  
Especialización: Equipo de trabajo  
Situación Actual  
Oportunidades 2025  
Optimización de proyectos



Spain  
Chapter

2 Mesa de Descarbonización



**FI GROUP**

Tu partner estratégico

2.1 Daniel Ramos Blasco. FI GROUP. Claves Financieras para impulsar la rentabilidad en proyectos energéticos



FI Group, la consultora estratégica en la obtención de incentivos para tus inversiones

**25**

años

de experiencia en financiación de la I+D+i e inversión



**13 PAÍSES**  
**>30 oficinas**



**+1,500 trabajadores**  
**+80% ingenieros**



**+16,000 clientes**



ISO 27.001 ISO 19.601  
ISO 27.701 ISO 9.001  
UNE 166.002

**AYUDAS**

**1.758**

Files submitted

**1.420 M€**

Ayudas y préstamos

**3.125 M€**

Presupuesto obtenido

**6,000**

Proyectos gestionados

**TAX CREDIT**

**3,900 M€**

Presupuesto en I+D gestionado

**720 M€**

Ahorros obtenidos

**AUTOMOCIÓN, BATERIAS Y TRANSPORTE · ENERGÍA · INDUSTRIA · DIGITAL & MEDIA · SALUD · AGRI-FOOD · TURISMO · STARTUPS · ADMINISTRACIONES PÚBLICAS**



## 2 Mesa de Descarbonización

**FI Group**  
Financiación pública



**Spain**  
Chapter

Líder en sector energético, trabajando con las principales compañías energéticas del país.

26%

100%

+400

100%

131  
Millones €

De los proyectos financiados en Hidrógeno Renovable han sido trabajados por FI Group

De tasa de éxito convocatorias de biogás, geotermia repotenciación y redes de calor y frío (+40 proy)

Proyectos presentados en convocatorias de Energías Renovables, Almacenamiento e Hidrógeno

Éxito superior a la media en todas las convocatorias de PERTE EHRA

De ayudas obtenidas en el PERTE Descarbonización, un 26,3% de la dotación total.

Especialistas en Deducciones Fiscales I+D+i:

185 M€ De deducción generada en 8 años en 7 clientes

+80 Proyectos al año específicos del sector

30% De gestión de informes motivados vinculantes con CNAE energético

Experiencia en el cálculo de la deducción para AIEs que gestionan las centrales nucleares

2.1 Daniel Ramos Blasco, FI GROUP. Claves Financieras para impulsar la rentabilidad en proyectos energéticos



El valor diferencial de FI Group radica en la capacidad de combinar el **conocimiento de las tendencias sectoriales**: trabajo con importantes clientes, afiliación y proximidad a **asociaciones sectoriales y a centros tecnológicos**, y relación con **organismos públicos**.

POSICIONAMIENTO ORGANISMOS



POSICIONAMIENTO ASOCIACIONES



CERCANÍA CON LOS CLIENTES



Equipo profesional de más de 800 profesionales en España (técnicos, ingenieros y doctores) especializados en los diferentes servicios y sectores.



2 Mesa de Descarbonización



fi group

# Especialización

Estructura de equipo de trabajo



2.1 Daniel Ramos Blasco, FI GROUP. Claves Financieras para impulsar la rentabilidad en proyectos energéticos

## Especialización Sectorial



**Daniel Ramos**  
Head of Energy



**Prestación Servicio**  
+600 consultores



**Blanca López**  
Energy Specialist



**Juan Luis Lupiañez**  
Energy Specialist



**Elena Gómez**  
Energy Specialist

## Especialistas Sectoriales:

En FI GROUP acompañamos a las principales compañías energéticas e industriales en la financiación de sus proyectos de mejora energética ya sea en la generación, en la gestión de la energía o en la reducción y eficiencia del consumo.

Nuestro equipo, formado principalmente por Ex-Evaluadores de las principales convocatorias energéticas de IDAE nos permiten obtener las mejores tasas de éxito.

Perfiles especializados en los distintos servicios que ofrecemos desde FI Group a nuestros clientes para la optimización de sus proyectos desde el entendimiento y experiencia del sector.



**Juan Miguel Rodríguez**  
Energy Specialist



**Natalia Guerrero**  
Energy Specialist





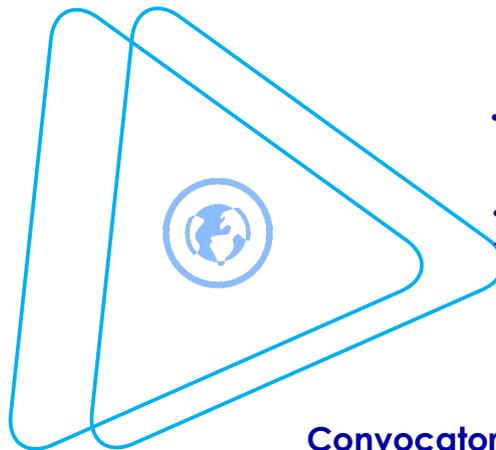
## Situación Actual Financiación pública proyectos energéticos



## Contexto Financiación

### Oportunidades de Financiación: Ayudas

- Final Fondos Next Generation; posibilidad de uso de excedentes en determinadas tecnologías como H2
- Nuevas convocatorias con Fondos FEDER:
  - Almacenamiento
  - Convocatorias autonómicas
  - Previsión de convocatorias en tecnologías NextGen: Biogas, H2, ...
- Nuevas convocatorias FNEE:
  - INNOVAE
- Nuevas convocatorias IDAE:
  - Moves Corredores
  - Moves Flotas Plus



### Marcos Extraordinarios de Financiación

- 2023 – Modificación Reglamento 651/2014 (intensidad de ayudas)
- Nuevo Marco Temporal CISAF → Hasta 2030

### Convocatorias Europeas

- Nuevas convocatorias Innovation Fund
- CEF Energy / Transport
- Subastas H2
- Subasta Industrial





fi group

## Optimización de Proyectos de Descarbonización

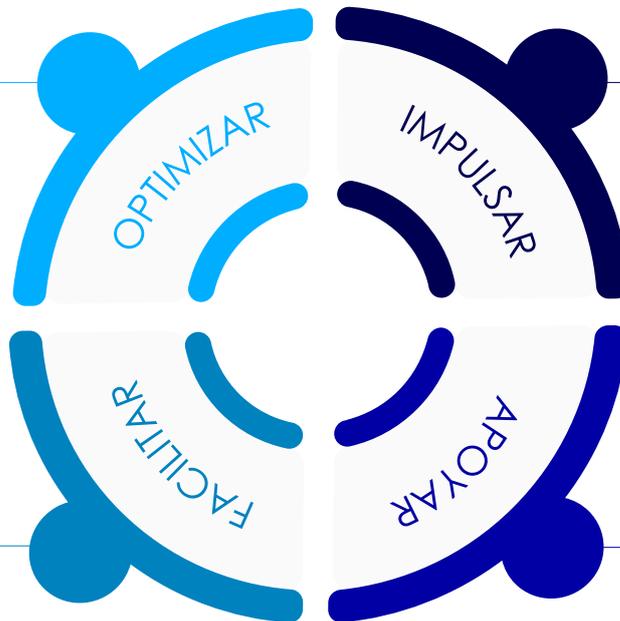


## La solución 360°



### Deducciones Fiscales:

Optimización de retorno fiscal por gasto en innovación  
Identificación de gasto deducible y estrategia de contabilidad adecuada



### Análisis detallado de oportunidades de subvención:

- Autonómicas
- Nacionales
- Europeas

### Proyecto Estratégico:

Apoyo en instrumentos de aceleración de trámites

### Certificado de Ahorro de Energía:

Gestión Integral  
Compatibilidad con sistemas de subvenciones



# Thank you

---

**Daniel Ramos**  
Head of Energy  
daniel.ramos@fi-group.com  
+34 682459214

[www.fi-group.com](http://www.fi-group.com)



2.2 Miguel Nájera. CARRIER. *La bomba de calor, protagonista para la descarbonización de instalaciones térmicas*

**2.2. Miguel Nájera. CARRIER. *La bomba de calor, protagonista para la descarbonización de instalaciones térmicas***



# La bomba de calor, protagonista en la descarbonización de instalaciones térmicas

---

Miguel Nájera García

Director de Marketing Carrier Sur de Europa

Miguel.najera@carrier.com



## Pilares para la descarbonización de Instalaciones Térmicas





# Tecnología disponible para la descarbonización de instalaciones térmicas

**AQUASNAP**

**61AQ**



38 kW 560 kW

hasta 75°C

**AQUASNAP**

**61CG-A**



30 kW 130 kW

hasta 82°C

**AQUAFORCE**  
PUREtec

**61XW**



252 kW 1.365 kW

hasta 85°C

**AQUAFORCE**

**61CW-Z**



410 kW 735 kW

hasta 92°C

**AQUAFORCE**

**61CW-D/TD**



110 kW 540 kW

hasta 120°C

Agua Caliente hasta 75°C

Tecnología Scroll  
Bomba de Calor Aire-Agua  
Alta Temperatura  
Refrigerante Natural R-290 (A3)

Agua Caliente hasta 82°C

Tecnología Scroll  
Bomba de Calor Agua-Agua  
Alta Temperatura  
HFC R-134a (A1)

Agua Caliente hasta 85°C

Tecnología de Tornillo  
Bomba de Calor Agua-Agua  
Alta Temperatura  
HFO R-1234ze (A2L)

Agua Caliente hasta 92°C

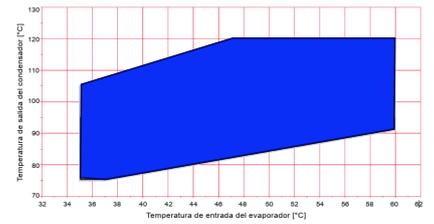
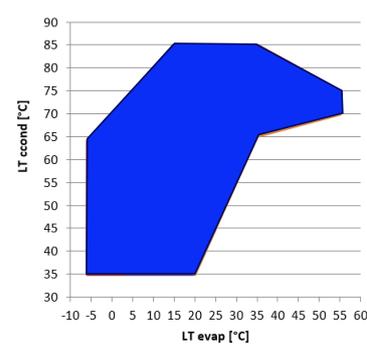
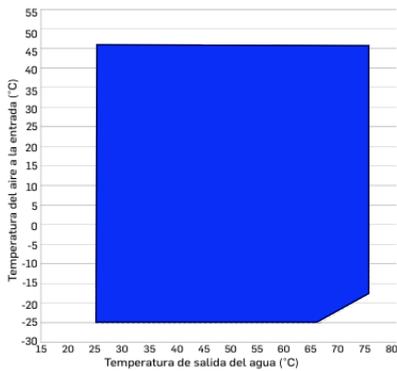
Tecnología de Tornillo  
Bomba de Calor Agua-Agua  
Muy Alta Temperatura  
HFO R-1234ze (A2L)

Agua Caliente hasta 120°C

Tecnología de Tornillo  
Bomba de Calor Agua-Agua  
Extra Alta Temperatura  
HFO R-1233zd (A1)



## Considerar el mapa de operación de la unidad





# Utilizar el principio de Eficiencia Energética Primero



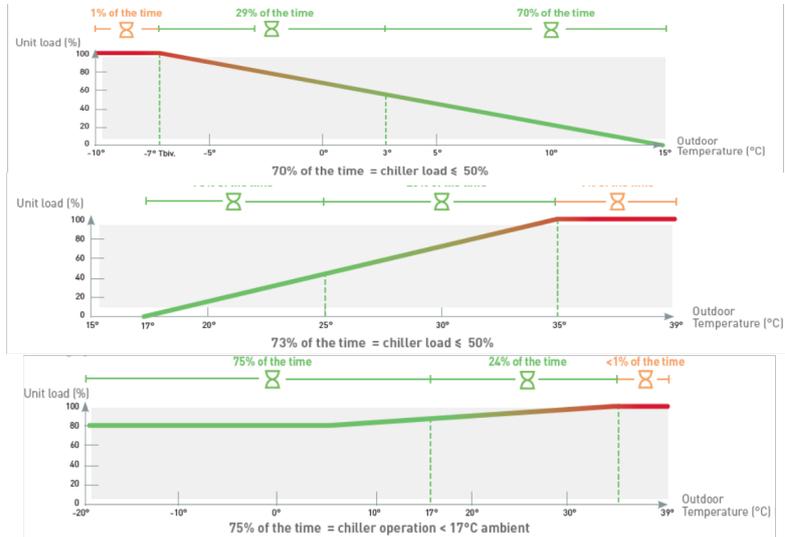
**Space heating**  
 SCOP is the metric for space heating applications



**Comfort cooling**  
 SEER is the metric for chillers in comfort cooling applications



**Process cooling**  
 SEPR is the metric for chillers in industrial process cooling applications



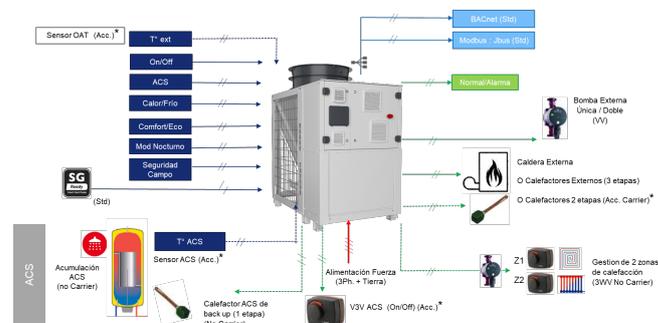


# Buscar una gran capacidad de adaptación

## ESCALABILIDAD



## INTEGRABILIDAD



## CONECTIVIDAD



## Cada aplicación es única





## Cada aplicación es única

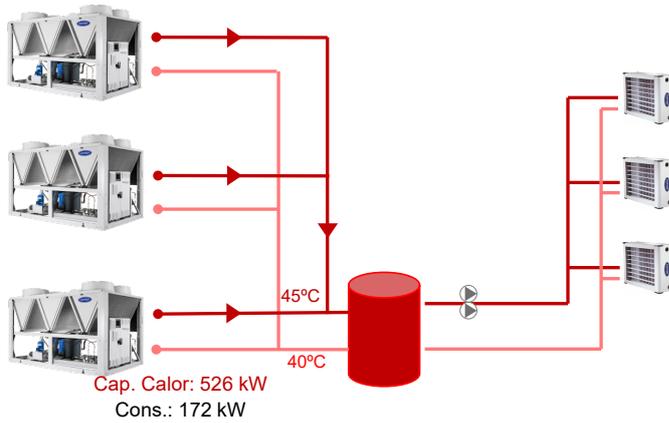




#1

# Sustitución de Caldera por Bomba de Calor

-  Industria Metalúrgica
-  Burgos
-  Impulsión Calor 45°C



Eficiencia Estacional	<b>3,17</b>	
Ahorro Combustible	<b>2,8</b>	GW/año
Ahorro Costes Operativos	<b>0,2</b>	M€/año
Ahorro Emisiones de CO <sub>2</sub>	<b>705</b>	Ton/año
Periodo de recuperación inversión	<b>5</b>	años

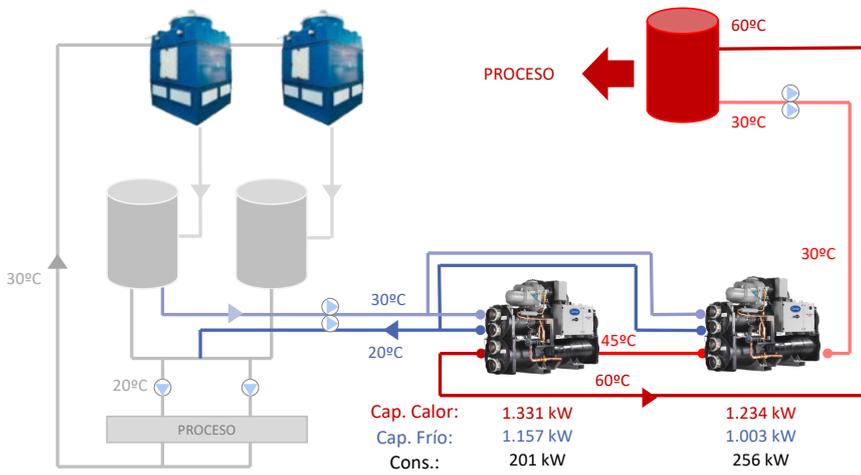




# #3

## Aprovechamiento del calor residual del proceso

-  Industria Alimentación
-  Zaragoza
-  Impulsión Calor 60°C



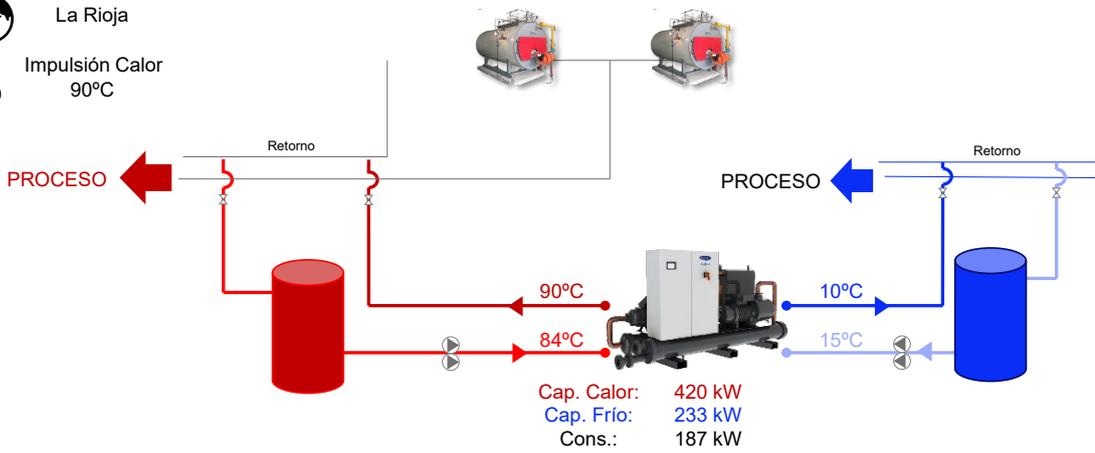
Eficiencia Estacional	5,61
Ahorro Combustible	15 GW/año
Ahorro Costes Operativos	0,64 M€/año
Ahorro Emisiones de CO <sub>2</sub>	3.780 Ton/año
Periodo de recuperación inversión	<1 año



# #4

## Producción simultánea de frío y calor

- Industria Metalurgia
- La Rioja
- Impulsión Calor 90°C



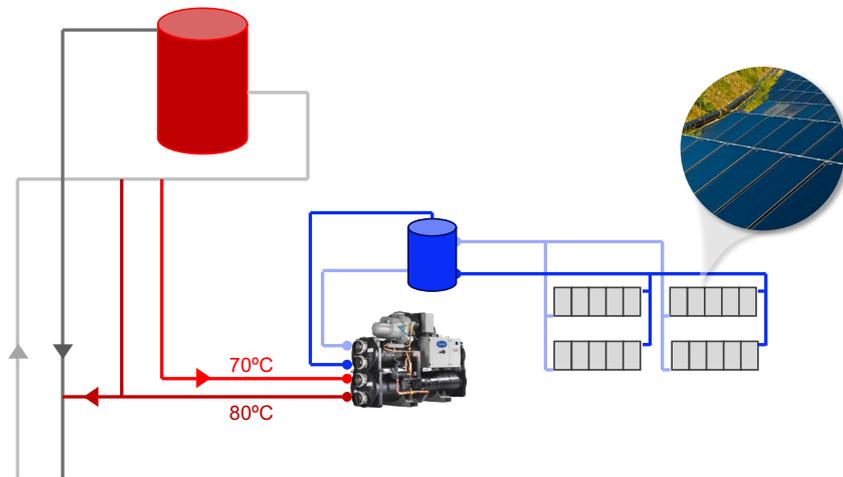
Eficiencia Estacional	3,49
Ahorro Combustible	1,6 GW/año
Ahorro Costes Operativos	0,05 M€/año
Ahorro Emisiones de CO <sub>2</sub>	403 Ton/año
Periodo de recuperación inversión	<4 años



# #5

## Combinando con otras tecnologías innovadoras

-  District Heating
-  Cuenca
-  Impulsión Calor 80°C





# CAE, una herramienta clave para la implantación de la bomba de calor





## El camino hacia la descarbonización de instalaciones térmicas





# La bomba de calor, protagonista en la descarbonización de instalaciones térmicas

---

Miguel Nájera García

Director de Marketing Carrier Sur de Europa

Miguel.najera@carrier.com

2 Mesa de Descarbonización

**2.3. Jesús Gil (CEM<sup>®</sup>). ENAGAS. *El H2 como vector en la transición energética***

2.3 Jesús Gil (CEM<sup>®</sup>). ENAGAS. *El H<sub>2</sub> como vector en la transición energética*

# *El hidrógeno como vector en la transición energética*

---

Mesa de descarbonización

Jesús Manuel Gil Jiménez

Director de Hidrógeno, Enagas Infraestructuras de Hidrógeno

03 de julio de 2025

# Índice



1. **Enagás.**
2. Transporte de hidrógeno a gran escala.
3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno
4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización

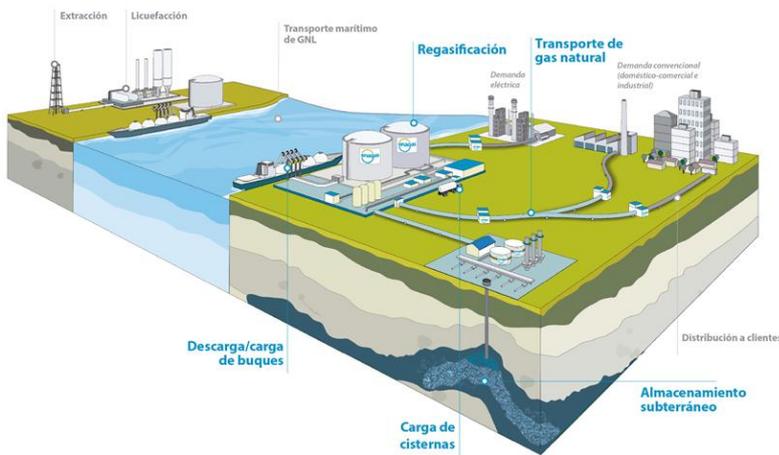
# 1. Enagás

50 años de experiencia

**Compañía midstream**

## Líder en infraestructuras

Conocimiento tecnológico, experiencia y liderazgo en el desarrollo, operación y mantenimiento de infraestructuras gasistas y nuestra sólida estructura financiera, nos posicionan como un referente internacional



**TSO independiente**  
por la Unión Europea

**Principal compañía de transporte**  
de gas natural en España

**Gestor Técnico**  
del Sistema Gasista español

**HTNO transitorio de España**

**Promotor del Corredor Ibérico del Hidrógeno (medida 4.12 PNIEC)**

## 1. Enagás

### Gestor provisional de la Red Troncal de H<sub>2</sub> (HTNO)

**Enagás, en tanto que TSO, designado gestor provisional de la red troncal de hidrógeno,**

según Real Decreto-ley 8/2023, de 27 de diciembre.  
En línea con el modelo seguido en otros países europeos



Remitir a la DGPEyM, en un plazo de cuatro meses, una **propuesta de desarrollo de la infraestructura troncal de hidrógeno**, no vinculante, con un horizonte de diez años (29 de abril)



Actuar como **representantes en la creación de la Red Europea de Gestores de Redes de Hidrógeno (ENNOH)**



Podrá ejercer las **funciones de desarrollo de la red troncal de hidrógeno en el ámbito de los proyectos de interés común europeo (PCI)**, provisionalmente, mediante personas jurídicas separadas horizontalmente

Este régimen provisional será de aplicación hasta la designación definitiva de los Gestores de Redes de Hidrógeno con arreglo a las condiciones establecidas en la normativa europea de aplicación

2.3 Jesús Gil (CEM<sup>®</sup>). ENAGAS. *El H<sub>2</sub> como vector en la transición energética*

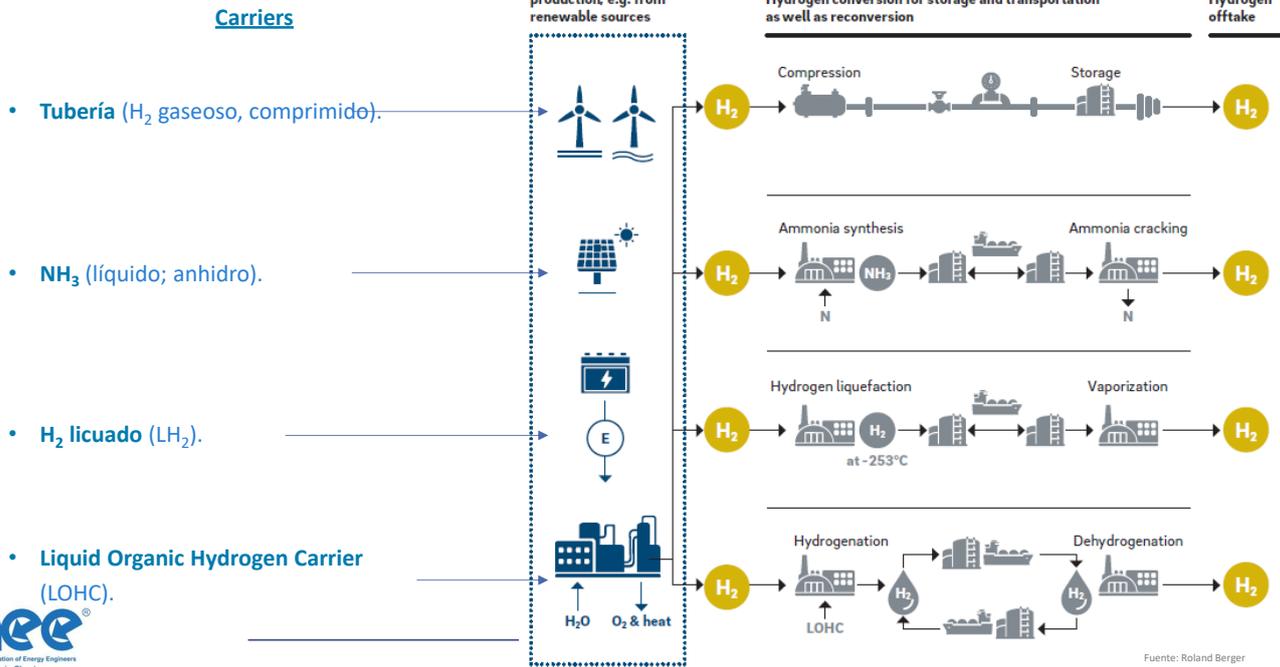
## Índice



1. Enagás.
2. **Transporte de hidrógeno a gran escala.**
3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno
4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización

## 2. Transporte de hidrógeno a gran escala

### Carriers



2.3 Jesús Gil (CEM<sup>®</sup>). ENAGAS. *El H<sub>2</sub> como vector en la transición energética*

## Índice



1. Enagás.
2. Transporte de hidrógeno a gran escala.
3. **Próximos pasos 2025, red de hidrógeno**
4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización

### 3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno

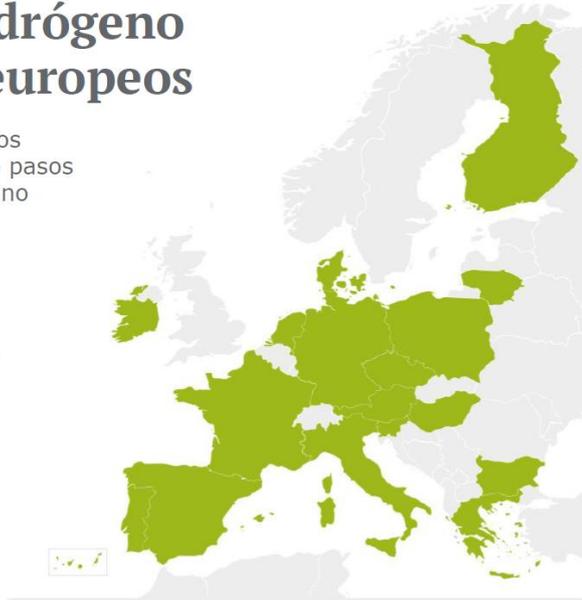
#### Avances en H2 en países europeos

## Avances en hidrógeno en los países europeos

En 2024 la mayoría de Estados Miembros han seguido dando pasos para el desarrollo del hidrógeno

### 17 Estados Miembros

Ya han publicado sus PNIECs definitivos con objetivos de potencia de electrólisis (~52 GW)



### 48 Proyectos de infraestructuras

reconocidos como PCIs de hidrógeno en conjunto en todos los Estados Miembros

### ~ 21.000 km

de infraestructuras de PCIs de hidrógeno

### ~60.000 M€

de CAPEX en infraestructuras PCIs\*

\* Estimación interna de Enagás a partir de información pública disponible.

### 3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno

## H2med y los primeros ejes de la Red Troncal de Hidrógeno de España, incluidos en la 1ª lista de Proyectos de Interés Común

Publicado en el Diario Oficial de la Unión Europea el 8 de abril de 2024

#### Infraestructura española de hidrógeno



2.600 km



2 Almacenamientos subterráneos

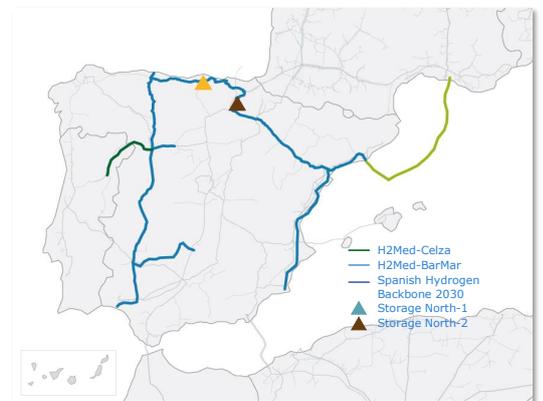
#### H2med



2 tramos:  
Celza y Barmar



703 km



La nueva Comisión Europea refuerza el compromiso con el hidrógeno verde y sus infraestructuras como requisitos imprescindibles para la autonomía estratégica, descarbonización y competitividad del continente

## 2 Mesa de Descarbonización

### 3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno

“La Comisión ha propuesto asignar 1.250 millones de euros en subvenciones, el importe más elevado jamás concedido en el marco del Mecanismo «Conectar Europa» a proyectos de infraestructuras energéticas que contribuyan de manera fundamental a la construcción de nuestra Unión de la Energía. También es la primera vez que se seleccionan proyectos de hidrógeno y redes eléctricas marinas. Una vez finalizados, los proyectos exitosos impulsarán nuestros esfuerzos por **descarbonizar** nuestras economías y sociedades, integrar nuestros mercados energéticos y salvaguardar la **competitividad de nuestra industria**”. Dan Jørgensen, comisario de Energía y Vivienda - 30/01/2025

Reference	Action title	Maximum EU financial assistance in EUR
9.1.1-PT-S-M-24-PT H2 Backbone	Portuguese Hydrogen Backbone - Studies	€2,886,437.00
9.1.2-PTES-S-M-24-H2Med CelZa	H2Med CelZa hydrogen interconnector	€7,221,872.00
9.1.3-ES-S-M-24-H2 Backbone Studies	PCI 9.1.3 – Spanish Hydrogen Backbone Studies	€32,521,202.07
9.1.4-FRES-S-M-24-H2Med BarMar	H2Med BarMar hydrogen interconnector	€28,336,978.00
9.1.5-FR-S-M-24-HY-FEN FEED PHASE	FEED Phase for the PCI H2 Corridor France - Germany connection HY-FEN	€14,985,000.00
9.24.1-ES-S-M-24-H2-STORAGE-N1	Underground Hydrogen Storage Spain North-1 (PCI 9.24.1): Technical studies and permit granting procedure to prepare the implementation of the works	€7,709,476.00

### Visión Europea Red Hidrógeno 2030

- Infraestructura española de hidrógeno 2030 (Presentada a PCI)
- ▲ Almacenamientos subterráneos



PRESS RELEASE Jan 30, 2025 Brussels  
**EU invests over €1.2 billion in cross-border infrastructure contributing to build our Energy Union and to boost competitiveness**



### 3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno

## Avances del PCI de la Red Troncal de Hidrógeno en España

La tramitación de la infraestructura avanza según el calendario previsto:



**Aceptada la Notificación** por parte del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)

Presentación al MITECO del **Documento Inicial de Proyecto**. Este documento, de carácter medioambiental, es previo a la realización del Estudio de Impacto Ambiental [que será objeto de información pública](#).



**Aprobación del Plan Conceptual de Participación Pública (PCPP)** [que se iniciará en marzo/abril de 2025](#)



En el ámbito técnico:



**Realizada la ingeniería conceptual de la Red Troncal**



**En marcha la ejecución de la ingeniería básica de ducto y estaciones de compresión**



**Avanzando en la tramitación administrativa acorde a reglamento TEN-E**



**Iniciada la selección de proveedores de principales equipos y suministros críticos**

### 3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno

## Plan Conceptual de Participación Pública del PCI de la Red Troncal de Hidrógeno en España

Lanzamiento en marzo-abril de 2025

El mayor proceso de participación pública de estas características llevado a cabo en España



**2.600 km**  
de trazado



**13**  
Comunidades  
Autónomas



Más de  
**1.000 partes interesadas**  
(Ayuntamientos, Autoridades  
Autonómicas, Asociaciones, etc.)



**Se llevará a cabo en un periodo de 18 meses**, con un despliegue pormenorizado en cada una de las comunidades autónomas por las que transcurrirá la Red Troncal.



**Facilitará y agilizará la obtención de las autorizaciones administrativas** que permitan tomar la decisión final de inversión, prevista en **noviembre de 2027**, según el calendario presentado a CINEA



**Diálogo permanente con el territorio y grupos de interés.** El objetivo es involucrar con transparencia a la sociedad civil y consolidar la legitimidad social del proyecto en colaboración con todas las comunidades autónomas

### 3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno

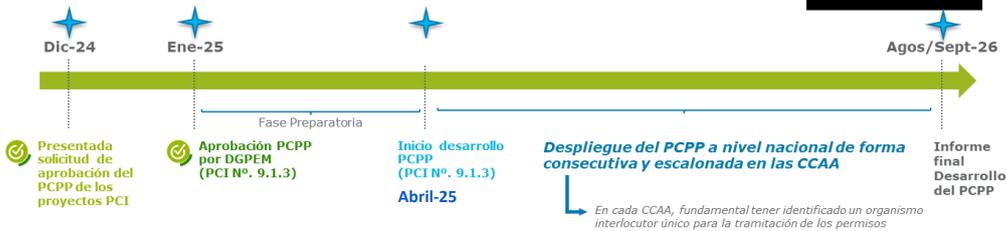
## Plan Conceptual de Participación Pública del PCI de la Red Troncal de Hidrógeno en España

#### Marco jurídico

- Reglamento (UE) 2022/869 en mayo de 2022 relativo a las orientaciones sobre las infraestructuras energéticas transeuropeas.
- Manual de Procedimiento para la Autorización de los PCI en España, Octubre 2023

#### Proyecto ejemplo

- Infraestructura de Red Troncal de Hidrógeno española incluida en la medida 4.12 del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC).



#### ■ Medidas Fundamentales

Según Anexo VI del Reglamento (UE) 2022/869:

- Folletos Informativos
- Página Web
- Invitación a reuniones con ciudadanía y Administraciones

#### ■ Medidas Adicionales

Según las necesidades del proyecto, Enagás podrá llevar a cabo **medidas complementarias**, entre otras:

- Jornadas con expertos
- Divulgación y difusión a través de puntos de información (fijos y móviles)
- Comunicación y redes sociales
- Ferias de energía

El desarrollo de estas infraestructuras tendrá un **impacto positivo** significativo:

- Revitalización** de los territorios
- Contribución al **desarrollo sostenible y tecnológico en España**: generación de nuevas oportunidades de empleo e incremento de la riqueza
- Fomento del **crecimiento** en las **zonas de transición justa**

## Índice



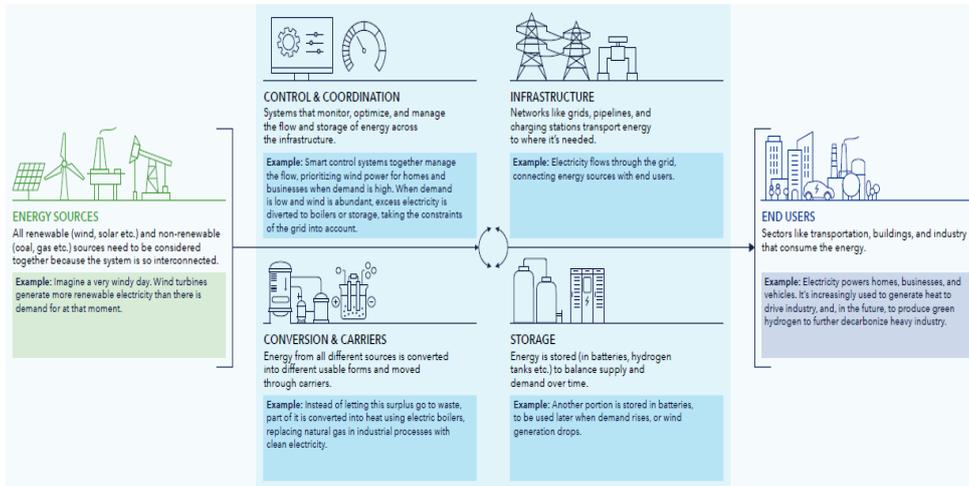
1. Enagás.
2. Transporte de hidrógeno a gran escala.
3. Próximos pasos 2025, red de hidrógeno
4. **El hidrógeno como vector energético y de descarbonización**

2.3 Jesús Gil (CEM<sup>®</sup>). ENAGAS. El H<sub>2</sub> como vector en la transición energética

## 4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización

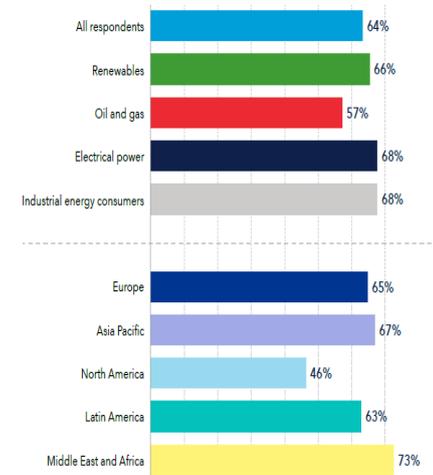
### Building an interconnected, efficient, and sustainable energy future

Whole energy systems thinking is an integrated approach to managing all parts of the energy system across sources, sectors, and technologies. As energy systems evolve to become more electrified, distributed, and dynamic, this holistic perspective becomes crucial for reducing waste, lowering costs, and improving resilience.



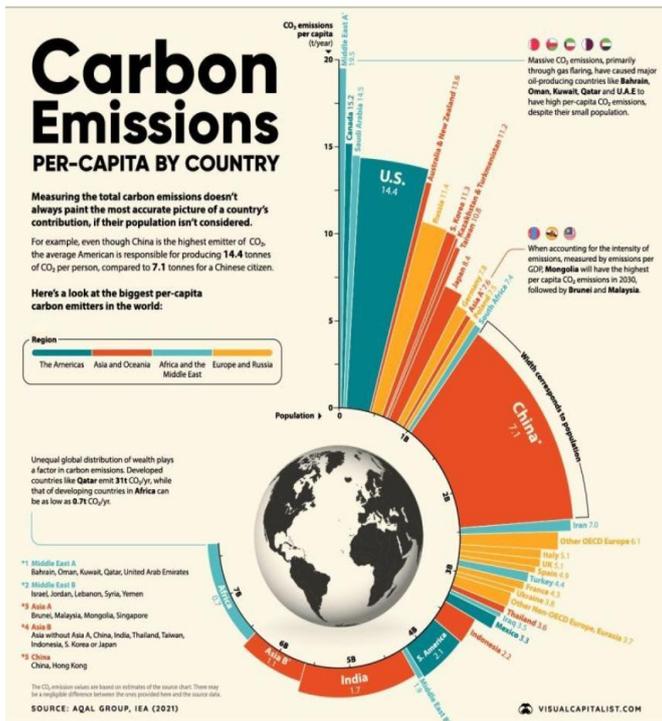
Clave del éxito: Integración de sistemas & Digitalización de redes

### Most agree that a whole energy systems approach is impossible without fully digitalized energy infrastructure



\* Percentages show "total agreement" - the sum of "agree" or "strongly agree" in relation to the statement(s) shown.

## 4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización



El pasado 18 de marzo el Consejo de Ministros aprobó el **Real Decreto 214/2025**, que entrará en vigor el **12 de junio de 2025**, por el que se crea el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de CO<sub>2</sub> y por el que se establece la obligación del cálculo de la huella de carbono y de la elaboración y publicación de planes de reducción de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) (BOE núm. 89 de 12 de abril de 2025).

En 2022, la producción mundial de hidrógeno fue **~120 Mt/año**, con menos del **1 %** de H<sub>2</sub> bajo en carbono [iea.org](http://iea.org).

- Si se escala:
  - La IEA prevé **~50 Mt H<sub>2</sub> renovable + 30 Mt con CCUS** para 2030 (total >50 % del mercado) [iea.org](http://iea.org).
  - IRENA** estima que el H<sub>2</sub> acumulado 2021-2050 puede evitar hasta **60 Gt CO<sub>2</sub>** [trellis.net+15airswift.com+15iea.org+15](http://trellis.net+15airswift.com+15iea.org+15).
  - El Hydrogen Council (McKinsey) calcula que el hidrógeno contribuiría al **18 %** de la demanda energética final y evitaría 6 Gt anuales para 2050, creando un mercado de 2,5 billones USD y 30 millones de empleos [en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org).

Además, según Reuters, **la industria química genera el 5-6 %** de las emisiones globales y puede transformarse gradualmente gracias al hidrógeno [reuters.com](http://reuters.com).

## 4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización

1 kg H<sub>2</sub> aporta unas 33 kWh (PCI).

Electrólisis: ~50–60 kWh eléctricos/kg → eficiencia 55–65%.

Si usamos 100 % energía eléctrica renovable, emisiones operativas cero; las embebidas<sup>(\*)</sup> en la generación suman ~1,5 kg CO<sub>2</sub>/kg H<sub>2</sub> en una estimación intermedia <sup>(\*\*)</sup>:

- Por tanto, 1 MWh de H<sub>2</sub> (≈30 kg) implicaría ~45 kg CO<sub>2</sub> embebidos en esos 30kg <sup>(\*)</sup>.
- Y sustituye a esos combustibles: cálculo neto, podemos desplazar entre **200–300 tCO<sub>2</sub> por cada MWh de hidrógeno consumido con respecto al GN o Petróleo y derivados**, dependiendo de la fuente desplazada y ciclo de us, y por tanto un ahorro neto de entre **200-250 tCO<sub>2</sub> por MWh**.  
[trellis.net](https://trellis.net)+[11researchgate.net](https://www.researchgate.net)+[11reddit.com](https://www.reddit.com)+[11washingtonpost.com](https://www.washingtonpost.com).

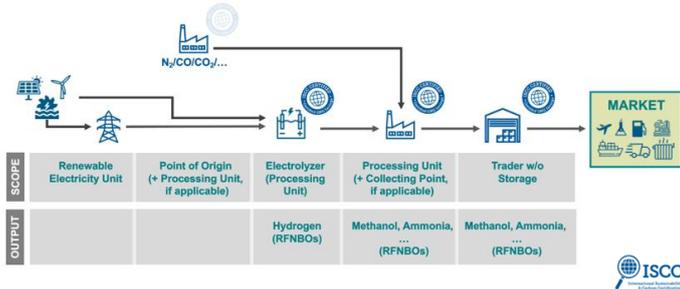
<https://www.enagas.es/es/gestion-tecnica-sistema/informacion-general/garantias-origen/>

(\*) Nota: La huella de carbono del hidrógeno verde incluye también emisiones embebidas (fabricación de electrolizadores, renovables...), estimadas en 0,4–2,7 kg CO<sub>2</sub>-eq por kg H<sub>2</sub> [iea.org](https://www.iea.org).

(\*\*) Características de los RFNBOs acorde a los actos delegados: Ahorro de 70 % respecto a 94 gCO<sub>2</sub> eq/MJ (origen fósil), es decir la intensidad de emisiones de un RFNBO ha de ser inferior a 3,4kgCO<sub>2</sub>/Kg H<sub>2</sub> o 28,2gCO<sub>2</sub>/MJ en términos de energía.

## 4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización

The supply chain shall be covered by certification – certification scopes reflect the operations of the economic operators



**GHG emissions shall be calculated as per:**

$$E = e_i + e_p + e_{td} + e_u - e_{ccs}$$

Where:  
 E = total emissions from the use of the fuel in g CO<sub>2</sub>/MJ  
 e<sub>i</sub> = e<sub>i elastic</sub> + e<sub>i rigid</sub> - e<sub>ex-use</sub>: supply of inputs  
 e<sub>i elastic</sub> = emissions from elastic inputs  
 e<sub>i rigid</sub> = emissions from rigid inputs  
 e<sub>ex-use</sub> = emissions from inputs' existing use or fate  
 e<sub>p</sub> = emissions from processing  
 e<sub>td</sub> = emissions from transport and distribution  
 e<sub>u</sub> = emissions from combusting the fuel  
 e<sub>ccs</sub> = emission savings from carbon capture and geological storage



	Emisiones evitadas gCO <sub>2</sub> eq/km	Sustitución Gasolina	Sustitución Gasóleo	Sustitución GLPs	Sustitución CNG
<b>FCEV</b>	Electricidad 100% renovable & electrólisis on site	169	140	141	131
	H <sub>2</sub> - CERTIFYHQ GO valor mínimo de la reducción	127	99	100	89
<b>BEV</b>	electricidad mix EU	94	65	66	56
	100% renovable	169	140	141	131
<b>biometano (bioCNG)</b>	Purines <sup>3</sup>	136	107	108	98
	Residuos agrícolas	103	74	75	65
	RSU	121	92	93	83

Con suministro eléctrico 100% renovable y biometano de purines

## 4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización



### Next Steps



#### RFNBO country target for H<sub>2</sub> consumed in industry (at least 42% in 2030)

- National mechanism to be decided: Obligations, Aid or a combination of both
- Main sectors affected: fertilisers and refineries

#### RFNBO country target for energy consumed in transport (at least 1% in 2030)

- Current blending obligation for fuel suppliers must be updated
- National % RFNBO Roadpath to be decided
- Sectors affected: Fuel suppliers

### PNIEC-23/30

Objetivos 2030	Fit for 55 (UE)	PNIEC 2023 (ES)
Reducción GEI respecto al año 1990	55%	32%
Porcentaje Renovables en el consumo de energía final	42,5% (+2,5% indicativo)	48%
Eficiencia Energética	38%*	39,5% (PEC) / 43% (FEC)
Reducción de emisiones RCDE vs. 2005	62%	70%
Cuota de energía renovable en el consumo final de energía. Sector transporte	≥ 23,5%**	28%
Reducción de la intensidad de gases de efecto invernadero. Sector del transporte	≥ 11,8%***	16,3%
Cuota combinada de biocarburantes avanzados y biogás producidos a partir de las materias primas enumeradas en el anexo IX, parte A y de RFNBOs en la energía suministrada. Sector transporte	5,5%	17,26%
Cuota de RFNBOs en la energía suministrada. Sector transporte	7%	11,64%
Biocarburantes, biolíquidos y combustibles de biomasa a partir de cultivos alimentarios y forrajeros	< Cuota 2020 + 1%**** (Máximo 7%)	1,5%
Biocarburantes de materias primas del Anexo IX.B	< 1,7%	1,1%
Biocarburantes avanzados y biogás a partir de materias primas del Anexo IX Parte A.	≥ 2,2%	6,9%
Incremento anual promedio de energías renovables. Sector calefacción y refrigeración	0,8% (2021-2025) 1,1% (2026-2030)	1,42% (2021-2025) 2,36% (2026-2030)
RFNBOs sobre el hidrógeno utilizado (energía final y usos no energéticos). Sector industria	42%	74%
Incremento anual promedio de la cuota de energías renovables. Sector industria	1,6% (2021-2025) 1,6% (2026-2030)	2,14% (2021-2025) 2,97% (2026-2030)
Energías renovables sobre el consumo final. Sector edificación	49% (Objetivo indicativo)	67,59%

Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2024

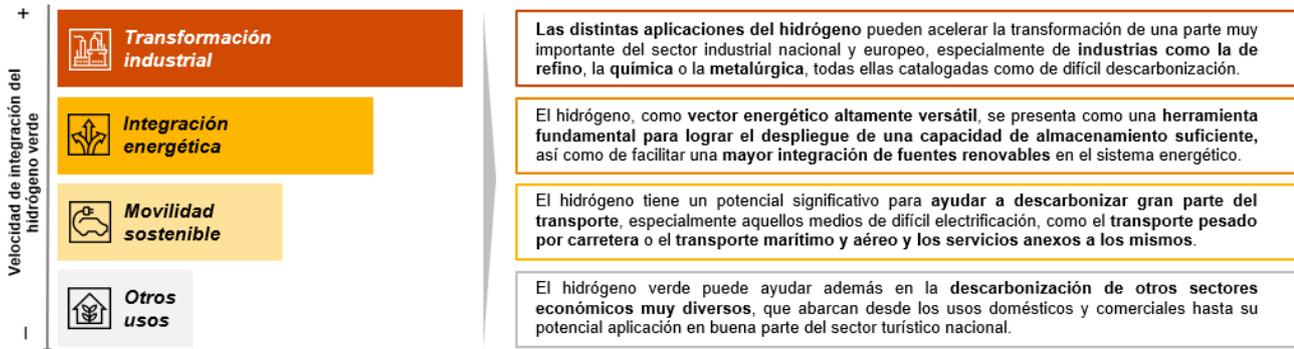
- **Aumento del uso de RFNBO:** En la industria, el uso de RFNBO sobre el hidrógeno se incrementará hasta el 74%, aumentando la ambición respecto al 42% establecido por la RED III de la UE. En el sector transporte, el porcentaje combinado de RFNBO, biocombustibles avanzados y biogás alcanzará el 17,26%.

<https://www.miteco.gob.es/es/energia/estrategia-normativa/pniec-23-30.html>

## 4. El hidrógeno como vector energético y de descarbonización

El desarrollo de toda la cadena de valor del hidrógeno verde (producción, transporte y almacenamiento) tendrá un **efecto catalítico** en el conjunto de nuestra economía, acelerando la descarbonización de sectores como la industria, el energético o el transporte

¿Cuales son los sectores que pueden verse impulsados por el efecto catalizador?



**2 millones de toneladas de hidrógeno** exportadas a través de H2Med en 2030 (10% del objetivo UE)

Asimismo, España jugará un papel clave en la consecución de los objetivos europeos de producción y demanda de hidrógeno verde. De hecho, para el año 2030 se espera que a través del H2Med se exporten unas **2 Millones de toneladas de hidrógeno verde** al resto del continente (10% del objetivo de demanda establecido en el REPowerEU), siendo gran parte del mismo producido en nuestro país.

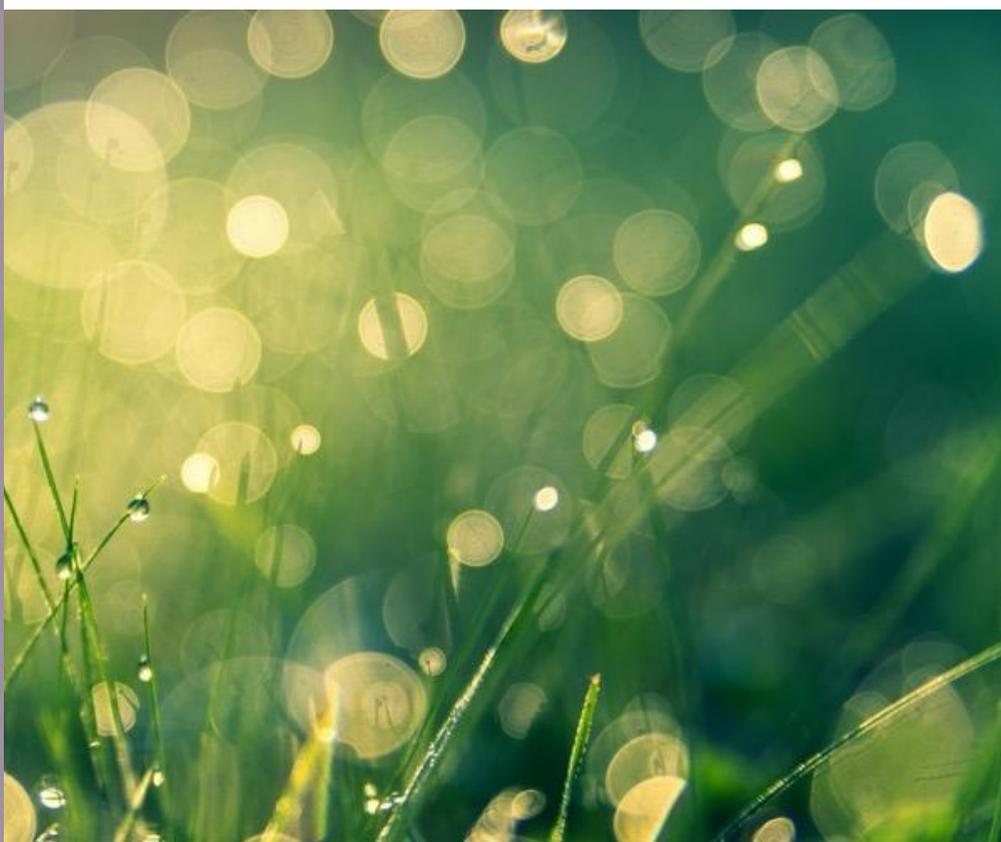
Fuente: Análisis PaC a partir de diversas fuentes

Impactos positivos de la red de infraestructuras de hidrógeno

2.3 Jesús Gil (CEM<sup>®</sup>). ENAGAS. El H<sub>2</sub> como vector en la transición energética

Muchas  
gracias

[jmgilj@enagas.es](mailto:jmgilj@enagas.es)



2 Mesa de Descarbonización

- 2.4. **María Goretti Ganzo Bustamante. BOSCH.**  
***Alternativas Tecnológicas para la Descarbonización Industrial: Producción de Vapor y Agua Caliente en un Entorno Híbrido***

# Alternativas Tecnológicas para la Descarbonización Industrial:

## Producción de Vapor y Agua Caliente en un Entorno Híbrido

---

VI Congreso Internacional de Ingeniería Energética. iENER'25

Mesa de Descarbonización



Goretti Ganzo Bustamante

## Bosch lidera el camino como empresa neutral en emisiones de CO2



“When it comes to climate change, talk alone is not enough. Companies need to strive for climate neutrality – here and now.”

DR. VOLKMAR DENNER,  
CHAIRMAN OF THE BOARD OF MANAGEMENT

**Bosch es climáticamente neutro en todas las 400 ubicaciones en todo el mundo desde 2020.**

## Nuestras áreas de negocio



Mobility Solutions



Industrial Technology



Energy and Building  
Technology



Consumer Goods

Dentro del área de negocio *Energy and Building Technology*, se encuentra la división de **Bosch Home Comfort Group!**  
En España operando en los mercados Residencial, Comercial e Industrial

Bosch Calderas Industriales, unidad de negocio en Bosch **HOME CONFORT**

2 Mesa de Descarbonización



# Descarbonización

 Sustainable heat.  
Industrial experts.



## Neutrales CO<sub>2</sub> Calderas

- Hasta 100% CO<sub>2</sub> neutral
- Hasta 100% hidrógeno (H<sub>2</sub>)
- Hasta 100% biogás
- Hasta 100% biocombustibles/etanol



## Eléctrica Calderas

- Desde comienzos de 2021
- Generación de vapor verde opn energía eléctrica verde
- Producciones de vapor disponibles de 350 a 7,500 kg/h



## Híbridas Calderas

CO<sub>2</sub> neutral, generación eléctrica de vapor con suministro de energía regenerativo

### Calderas híbridas

- Hasta 5 MW con serpentín de calor combinado con quemador
- Opción híbrida lista para alimentación eléctrica parcial en un futuro

## Caldera de vapor híbrida

(gas natural - hidrógeno – electricidad)

### Suministro de calor eléctrico

- Se equipa una caldera Bosch convencional con un dispositivo adicional de calentamiento eléctrico que ahorra espacio e incrementa la fiabilidad en el suministro.
- Máxima flexibilidad, diseño en función del mix de energía disponible.
- Calderas híbridas con hasta 5 Mw<sub>eléctricos</sub> (+ quemador)

### Ventajas

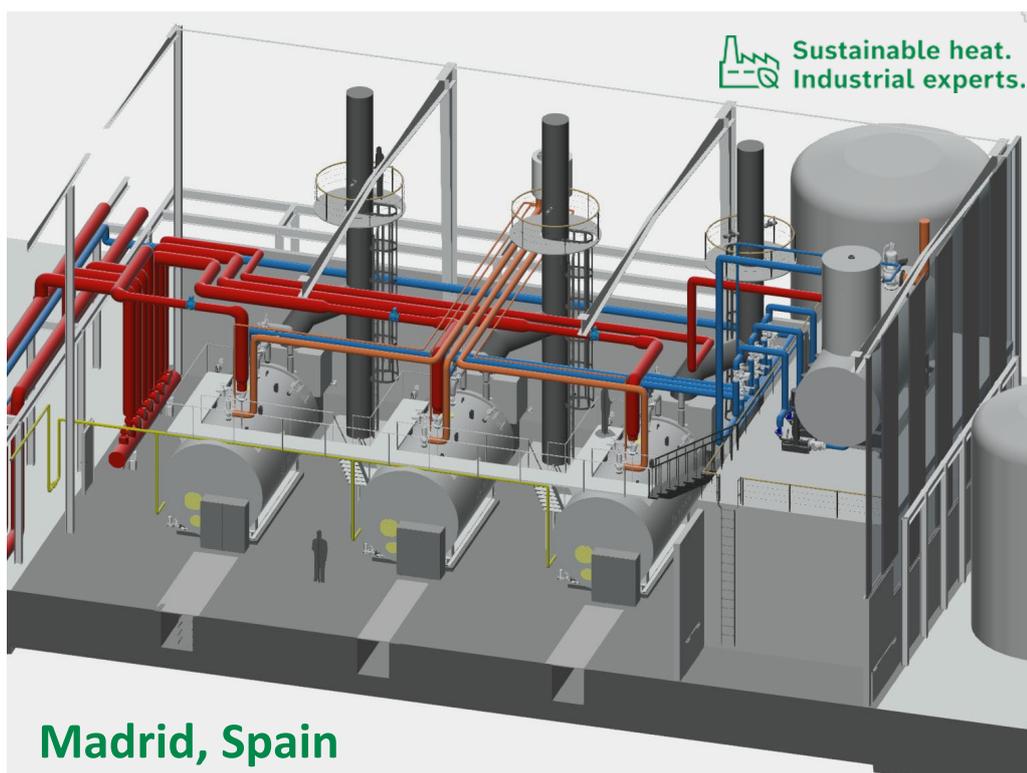
- Utilizamos electricidad excedente – Power to Heat
- Participamos en el equilibrado de la red eléctrica
- Podemos mantener el stand-by con el dispositivo eléctrico
- Rápida disponibilidad y alta eficiencia (99%)



Las calderas eléctricas solo son neutras en CO<sub>2</sub> cuando la energía proviene de fuentes neutras de CO<sub>2</sub>

## Caso de Éxito

Estos increíbles **PRODUCTOS y PROYECTOS** han sido el primero de muchos otros que convertirán a Bosch en una referencia para la **descarbonización** en la **industria**.



## 2 Mesa de Descarbonización

# Proyecto



### MOTIVACION DEL CLIENTE

Alto precio del gas y su tendencia ascendente.

Protocolo de Kioto : Derechos de emisión y bonos de CO2.

Next Generation EU.

Inseguridad de las plantas de Cogeneración, marco regulatorio y costes del gas, afectan a las nuevas inversiones.

### OBJETIVO

Sustitución de la planta de Cogeneración por una nueva sala de calderas para la descarbonización.

Evitar estar sometido al Protocolo de Kioto, instalando una potencia térmica <20 MW.

Reducción del actual consumo de gas. Preparado para un eventual corte de suministro.

Derechos de emisión  
de CO2

Excedente de  
Electricidad existente  
en la planta (generación  
propia)

Imagen Verde

Picos de demanda en  
caldera

# Proyecto

 Sustainable heat.  
Industrial experts.

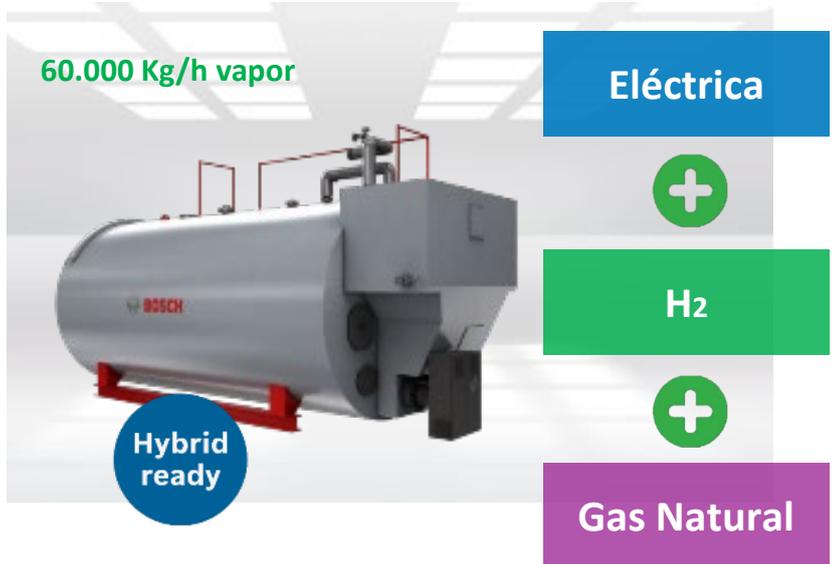
## Fotovoltaica



- El cliente ha construido una planta de **20MWe fotovoltaica**
- Con posibilidad de exportar a la red
- Capaz de alimentar calderas
- Futura planta de electrólisis para la generación de H2 verde.



## 3 Calderas híbridas



60.000 Kg/h vapor

Eléctrica

H<sub>2</sub>

Gas Natural

Hybrid ready

## Caldera de vapor híbrida



- Utilizamos el excedente de electricidad
- Participamos en el balanceo de la red eléctrica
- Podemos mantener el stand-by con el dispositivo eléctrico
- Muy alta Disponibilidad y velocidad
- Alta eficiencia (99%)



CO2 neutral

# Caldera de vapor híbrida

(gas natural - hidrógeno – electricidad)



Producción de vapor  
utilizando electricidad de  
**3x 7,500 kg/h**

Muy alta eficiencia  
**99% en modo  
eléctrico**

Como **una unidad  
plug & play compatible** con todos los  
módulos de tratamiento de agua y  
componentes de Bosch



**Cero emisiones**

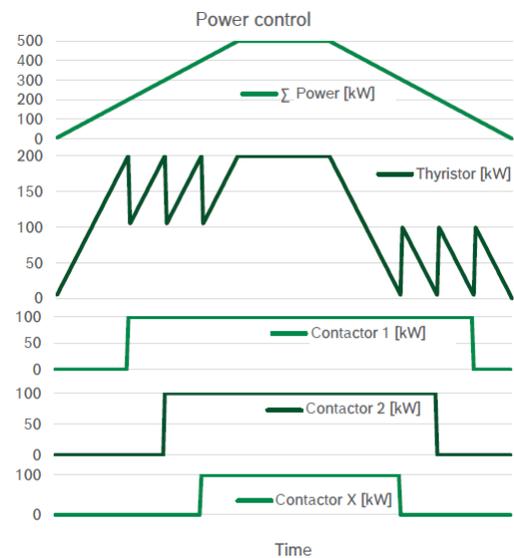
**Rango de control óptimo** dada  
la combinación tiristor/contactor

**Larga vida de Servicio** de los  
elementos de calefacción dado  
su diseño U-shape

## Caldera de vapor híbrida



- El innovador control de **tiristores** proporciona un control de carga casi infinitamente variable de 0 a 100 %.
- Los cambios de **carga baja y alta** se pueden llevar a cabo con una tasa de cambio muy rápida (2 minutos de salida de 0 a 100 % en el haz de calentamiento). **Esto da como resultado un comportamiento de potencia estable.**
- **El tiristor está siempre en funcionamiento** y está diseñado para cubrir la salida de dos contactores. Esto evita que los contactores conmuten y **prolonga la vida útil del sistema.**
- Los efectos de conmutación en la red de suministro de energía son prácticamente eliminados por el tiristor.
- **SIN ARMONICOS:** Gracias al diseño del sistema Bosch, no es necesario el uso de un compensador o filtro para mitigar las armónicas



## Caldera de vapor híbrida

El Sistema completo trabaja con diferentes modos de operación adaptándose **al precio diario de la energía** de diferentes fuentes la energía eléctrica disponible para autoconsumo en cada momento!!

 Sustainable heat. Industrial experts.



EL CLIENTE PUEDE ELEGIR LA ENERGÍA MÁS BARATA DISPONIBLE EN CADA HORA DEL DÍA

## Caldera de vapor híbrida



Hemos recudido **21 000 Ton de CO2** por año, equivalente a las emisiones anuales de **4500 coches**

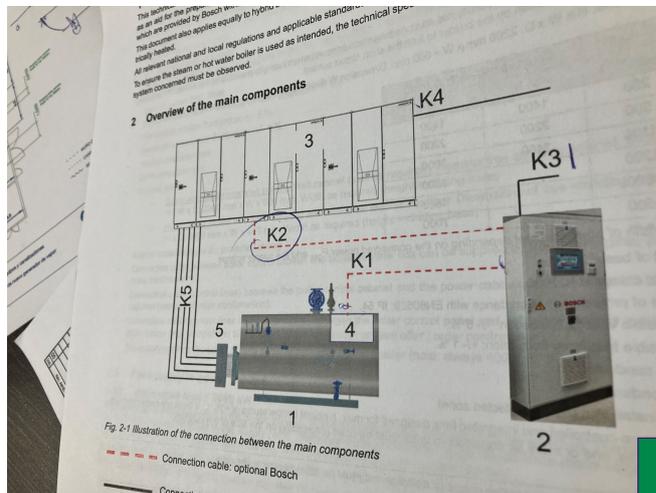
Beneficio / Impacto: Las calderas híbridas pueden tener un impacto significativo al optimizar la eficiencia energética y reducir las emisiones de carbono. Combinan diferentes tecnologías, como el gas y la electricidad, para mejorar el rendimiento general y proporcionar más flexibilidad en las fuentes de energía. Esto puede conducir a ahorros de costos, una mayor sostenibilidad y una mayor resiliencia en diversas industrias, particularmente aquellas que dependen de soluciones de calefacción consistentes y eficientes.

- 1) Acción por el clima:** Las calderas híbridas contribuyen a la acción climática al mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover el uso de fuentes de energía renovables. Ayudan a abordar el cambio climático al minimizar la huella de carbono asociada con los sistemas de calefacción.
- 2) Agua:** En términos de conservación del agua, las calderas híbridas incorporan tecnologías avanzadas que optimizan el uso del agua, promoviendo la sostenibilidad. Esto es especialmente relevante en las regiones que se enfrentan a la escasez de agua o donde la gestión eficiente del agua es crucial.
- 3) Economía circular:** En cuanto a la economía circular, las calderas híbridas pueden desempeñar un papel al extender la vida útil de los equipos a través de su diseño adaptativo y eficiente. Esto apoya los principios de una economía circular al reducir los residuos y promover la reutilización de componentes, contribuyendo a un enfoque más sostenible de la gestión de los recursos.



# Caldera de vapor híbrida (gas natural - hidrógeno – electricidad)

 Sustainable heat.  
Industrial experts.



Echa un vistazo  
(youtube.com)

# Caldera de vapor híbrida

 Sustainable heat.  
Industrial experts.

Green  
Steam  
from  
Bosch



2.4 María Goretti Ganzo Bustamante. BOSCH. Alternativas Tecnológicas para la Descarbonización Industrial: Pro

 Sustainable heat.  
Industrial experts.



## 2 Mesa de Descarbonización



 Sustainable heat.  
Industrial experts.



## 2 Mesa de Descarbonización

Frist three hybrid boiler commissionings successfully finished in Spain. Our local service engineers of **#teamIndustrial** are well prepared for more service and commissioning of our electrical steam boiler solutions.

Sustainable Heat. Industrial Experts.

[Ver traducción](#)



 Sustainable heat.  
Industrial experts.

# GRACIAS



Goretti Ganzo Bustamante.  
[Goretti.ganzo@es.bosch.com](mailto:Goretti.ganzo@es.bosch.com)

---

Bosch Industrial Heat - Spain



**Sustainable heat.  
Industrial experts.**

## 2 *Mesa de Descarbonización*

## 3 Mesa de Eficiencia Energética

- 3.1. Lidia Chillaron Hinarejos. AZIGRENE. *Gestión energética BANKINTER: un caso de éxito alineado con la sostenibilidad y la eficiencia energética*
- 3.2. José Luis Planas Almazán (CEM<sup>®</sup>, CEA<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). GRUPO ETRA. *ELECTRA, plataforma para la gestión de carga de autobuses eléctricos*

# ELECTRA, plataforma para la gestión de carga de autobuses eléctricos

---

Nombre de la Sesión

José Luis Planas Almazán

---



### ¿Qué es Electra?

- Plataforma web para administrar un sistema de recarga de autobuses eléctricos como parte de la electrificación de cocheras o depósitos.
- Mediante el uso de inteligencia artificial (IA) y la aplicación de tecnología de gemelo digital, realiza un **SmartCharging** en la gestión de la recarga de autobuses.
- Solución escalar con capacidad para aprovechar todo el potencial ecológico que ofrece la electricidad de origen renovable.
- Aporta una solución en la descarbonización del transporte público sin sacrificar la calidad del servicio ofrecido a los pasajeros.



## Principales Características

- ✓ **Dispatching** de autobuses.
- ✓ Realiza un **SmartCharging** en función del horario planificado de salida a línea.
- ✓ Gestión de los Puntos de Recarga a través del protocolo OCPP 1.6 o superior.
- ✓ Monitorización y visualización de cada una de las recargas que se estén realizando.



## ELECTRA – Funcionalidades

---

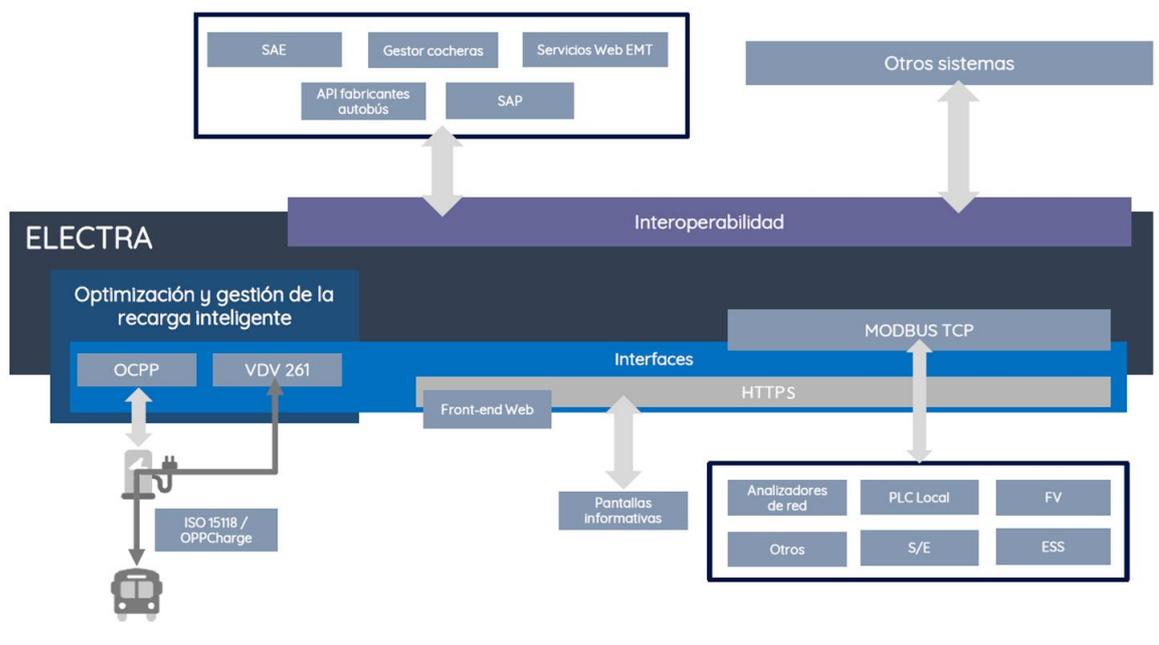
### ¿Cómo funciona ELECTRA?

- ✓ Su principal función es **optimizar** los procesos de carga de la flota eléctrica asegurando que los e-buses estarán cargados cuando requieran salir a línea.
- ✓ **Condicionantes:**
  - Estado de Carga (SoC).
  - Hora prevista llegada/salida.
  - Potencia disponible según horario y calendario.
  - Coste de Energía según horario y calendario.
  - Estado de los cargadores.
- ✓ Construcción del plan óptimo de recarga y recálculo del plan de carga conforme imprevistos.



## ELECTRA – Integraciones Software/Hardware

### Arquitectura conceptual





## ELECTRA – Plataforma de Administración

### Inicio de Sesión





## ELECTRA – Plataforma de Administración

### Selección de Cochera/Depósito

Podrá seleccionar las diferentes cocheras/depósitos habilitados en el sistema ELECTRA. Revisar la potencia demandada en la instalación, visualizar el número de vehículos dados de alta en la instalación, así como un resumen en tiempo real de los diferentes estados/actividades de los puntos de carga.



## ELECTRA – Monitorización del sistema

### Ventana de Carga

- ✓ Monitorización del proceso de recarga.
- ✓ Visualización de alertas.
- ✓ Presenta un resumen de la evolución de las recargas.





## ELECTRA – Monitorización del sistema

### Evolución de la recarga

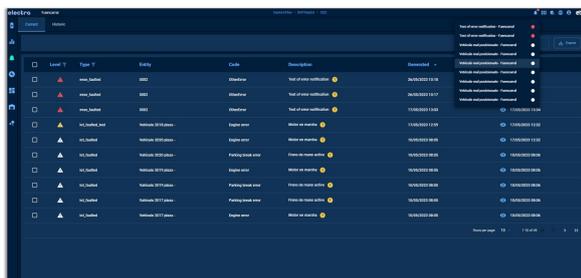
- ✓ Visualiza información de la plaza y cargador.
- ✓ Presenta los datos del vehículo, el SoC inicial, los datos de inicio y fin de la recarga así como el porcentaje de carga.
- ✓ A través de cuadros de mando en tiempo real, se podrá visualizar la potencia y perfil de carga, la evolución del tiempo en la recarga y datos relacionados con intensidad, voltaje y temperatura durante el proceso de carga.



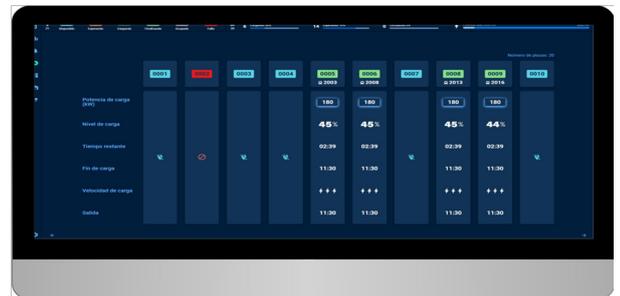


## ELECTRA – Monitorización del sistema

Gestión de alarmas



Pantalla en TALLERES



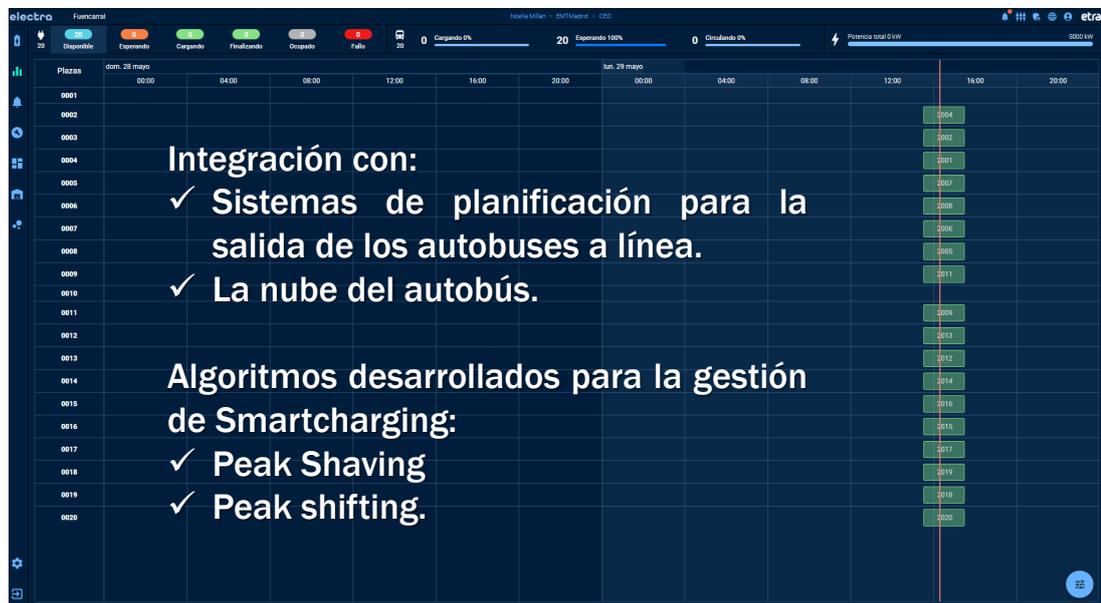
Pantalla en ZONA DE CARGA





## ELECTRA – Planificación

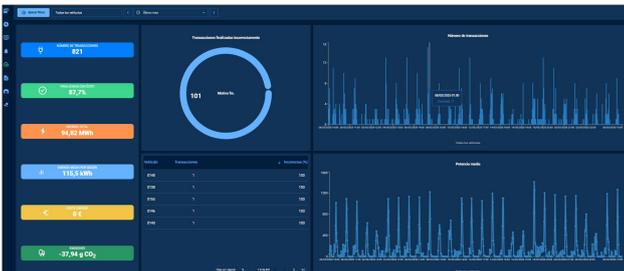
### Salida de Vehículos a línea





## ELECTRA – Métricas

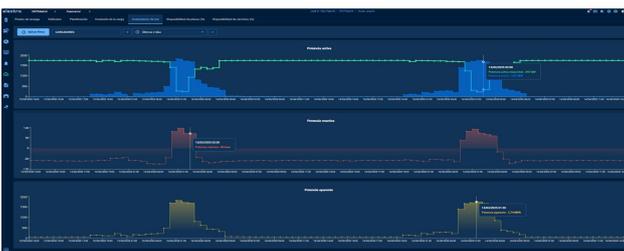
Información de autobuses



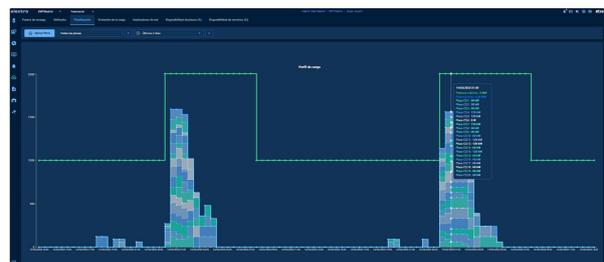
Información por Cargador



Información de analizadores de red



Información acerca de la planificación de la recarga



### 3 Mesa de Eficiencia Energética



## ELECTRA – Métricas

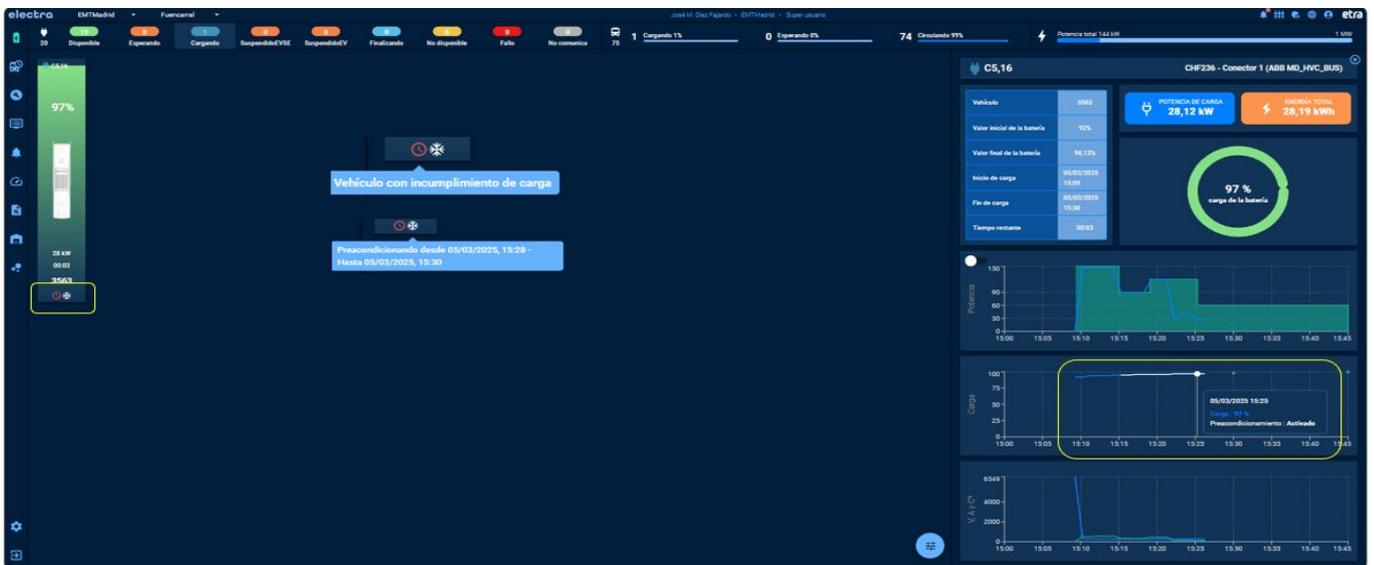
### Indicadores a nivel de disponibilidad de las plazas carga

Plaza	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
CS,1	99	100	98	99	99	100	99	99	100	98	96	92	96	49																	
CS,10	99	99	98	99	99	99	99	99	99	98	96	92	97	49																	
CS,11	100	99	98	99	99	96	99	99	99	98	96	92	96	49																	
CS,12	99	99	99	99	99	96	99	99	99	98	96	92	96	49																	
CS,13	85	95	94	89	83	75	87	92	97	78	74	75	78	40																	
CS,14	97	99	77	71	75	74	85	90	86	77	71	67	76	45																	
CS,15	99	99	99	97	99	96	99	99	99	98	97	78	96	49																	
CS,16	99	100	99	99	99	95	99	99	99	70	97	80	97	49																	
CS,17	99	100	98	96	96	43	73	99	99	98	97	89	96	48																	
CS,18	99	99	99	99	99	96	97	99	99	98	97	93	96	49																	
CS,19	100	100	99	99	99	96	99	99	99	98	97	93	97	49																	
CS,2	100	99	99	99	99	99	100	99	99	98	97	93	96	49																	
CS,20	99	100	99	99	99	96	99	99	100	95	90	93	96	49																	
CS,3	99	99	98	97	99	99	99	99	99	98	79	92	97	49																	
CS,4	99	99	98	99	99	99	99	99	99	98	96	92	96	49																	
Total	97	98	93	96	96	92	96	97	97	93	91	86	93	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	



## ELECTRA – Preacondicionamiento

### Función para acondicionar los autobuses antes de salida a línea



### 3 Mesa de Eficiencia Energética



## ELECTRA – Configuraciones del Sistema

### Cochera-Vehículos

### Cochera-Puntos de Carga

Código	Modelo	Marca	Preinstalado	Cap. batería (kWh)	Pot. carga (kW)	Preinstalado de carga	Uso de coches	Inicio sesión	Carga (%)	Instalado	Activo
007	EMT107	ORANGE4E	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 14:28	27/03/2023 07:50	99	24/03/2023 10:00	-
008	EMT108	ORANGE7A2	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 21:46	27/03/2023 07:28	88	24/03/2023 10:00	-
009	EMT109	ORANGE20C	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 20:48	27/03/2023 06:25	87.2	24/03/2023 10:00	-
040	EMT140	ORANGE20B	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 21:12	27/03/2023 06:53	87.2	24/03/2023 10:00	-
041	EMT141	ORANGE7D	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 09:42	27/03/2023 08:46	-	27/03/2023 08:46	✓
042	EMT142	ORANGE20E	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 21:27	27/03/2023 06:44	87.2	24/03/2023 10:00	-
043	EMT143	ORANGE20J	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 20:07	27/03/2023 06:48	88.2	24/03/2023 10:00	-
044	EMT144	ORANGE20H	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 20:47	27/03/2023 06:23	88.2	24/03/2023 10:00	-
045	EMT145	ORANGE20I	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 20:14	27/03/2023 06:38	87.2	24/03/2023 10:00	✓
046	EMT146	ORANGE7C1	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 22:31	27/03/2023 07:06	88	24/03/2023 10:00	-
047	EMT147	ORANGE20A	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 21:10	27/03/2023 06:37	88.2	24/03/2023 10:00	-
048	EMT148	ORANGE20F	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	27/03/2023 00:16	27/03/2023 07:24	100	07/04/2024 08:00	-
049	EMT149	ORANGE20D	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 20:41	27/03/2023 06:29	78	24/03/2023 10:00	-
050	EMT150	ORANGE7B	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 21:46	27/03/2023 08:08	94	24/03/2023 10:00	-
051	EMT151	ORANGE7B3	RCM EBB.1	30	10	Se preinstaló	24/03/2023 09:42	-	88.2	24/03/2023 04:15	-

ID Punto de carga	Etiqueta	Proveedor	Modelo	Conectores	Deposito de carga	Potencia máxima (kW)	Preinstalado (VOTG)	Construcción
EMT1020	CH20A	JEVA	SOBARRIO	2	CARGADORES	300	-	●
EMT1027	CH207	JEVA	SOBARRIO	2	CARGADORES	300	-	●
EMT1028	CH20B	JEVA	SOBARRIO	2	CARGADORES	300	-	●
EMT1029	CH20C	Power Electronics	NE 120	1	CARGADORES	150	-	●
EMT1029	CH20B	Power Electronics	NE 120	1	CARGADORES	150	-	●
EMT1021	CH201	JEVA	SOBARRIO	2	CARGADORES	300	-	●
EMT1022	CH202	JEVA	SOBARRIO	2	CARGADORES	300	-	●
EMT1023	CH203	JEVA	SOBARRIO	2	CARGADORES	300	-	●
EMT1024	CH204	blueenergy&u1	52-01-0146	2	CARGADORES	300	-	●
EMT1025	CH205	ABB	ML_HVC_BUS	1	CARGADORES	150	-	●
EMT1026	CH206	ABB	ML_HVC_BUS	1	CARGADORES	150	-	●
EMT1027	CH207	ABB	ML_HVC_BUS	1	CARGADORES	150	-	●
EMT1028	CH208	ABB	ML_HVC_BUS	1	CARGADORES	150	-	●
EMT1029	CH209	ABB	ML_HVC_BUS	1	CARGADORES	150	-	●
EMT1030	CH210	ABB	ML_HVC_BUS	1	CARGADORES	150	-	●





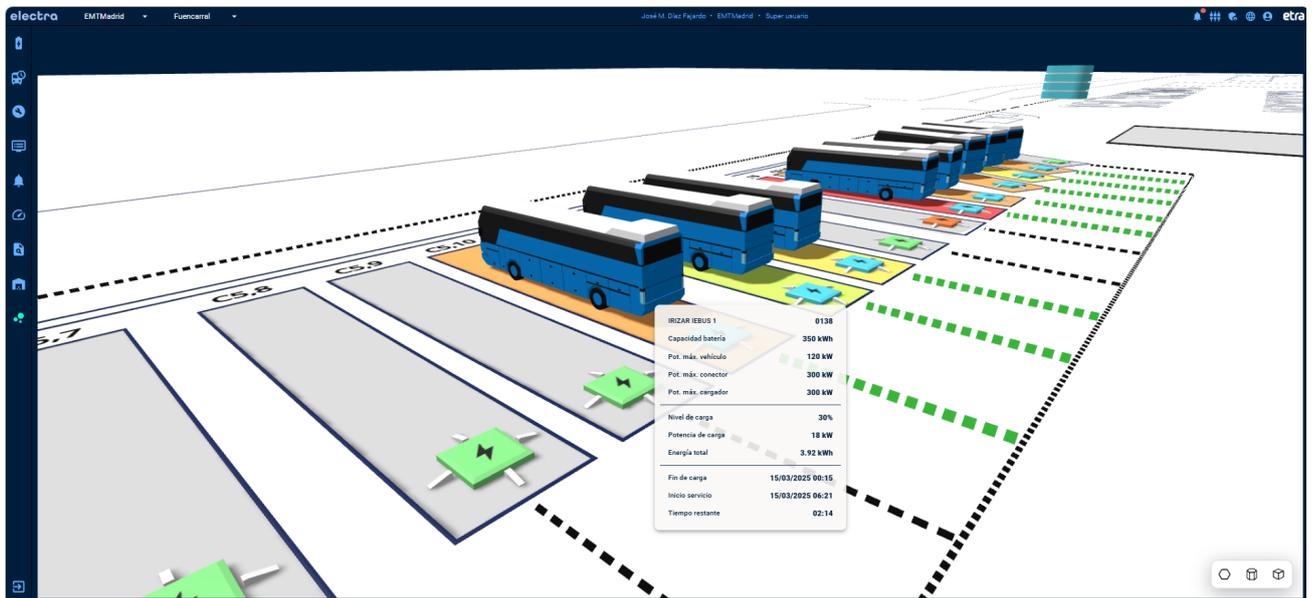
## ELECTRA – Configuraciones del Sistema

### Creación de Usuarios y Perfiles

The screenshot shows the 'Usuarios' (Users) configuration page in the ELECTRA system. At the top, there is a search bar with 'New profile 2' and buttons for 'Renombrar' (Rename) and 'Eliminar' (Delete). Below this is a table listing various system permissions, each with a 'Nombre' (Name) and a 'Permiso' (Permission) dropdown menu set to 'Sin permiso' (No permission).

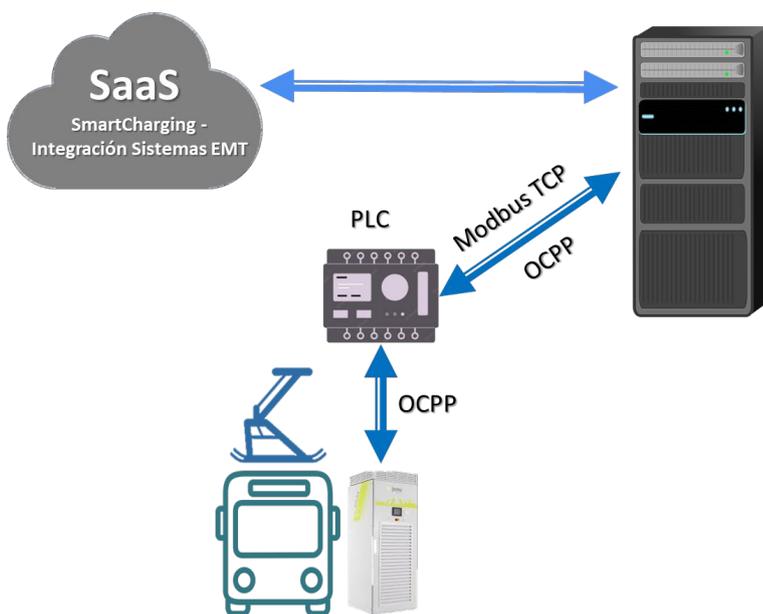
Nombre	Permiso	Nombre	Permiso
Alarmas - Listado de alarmas	Sin permiso	Configuración cochera - Vehículos	Sin permiso
Alarmas - Notificaciones	Sin permiso	Configuración Infraestructura - Listado de cocheras	Sin permiso
Carga - Asignar vehículo	Sin permiso	Configuración Infraestructura - Operador de transporte	Sin permiso
Carga - Iniciar/Detener recarga	Sin permiso	Gemelo digital	Sin permiso
Carga - Vista panel plaza	Sin permiso	Métricas	Sin permiso
Configuración - Configurar vistas	Sin permiso	Planificación	Sin permiso
Configuración cochera - Plazas	Sin permiso	Seguridad - Perfiles	Sin permiso
Configuración cochera - Puntos de recarga	Sin permiso	Seguridad - Usuarios	Sin permiso
		Taller	Sin permiso

### Representación de la cochera





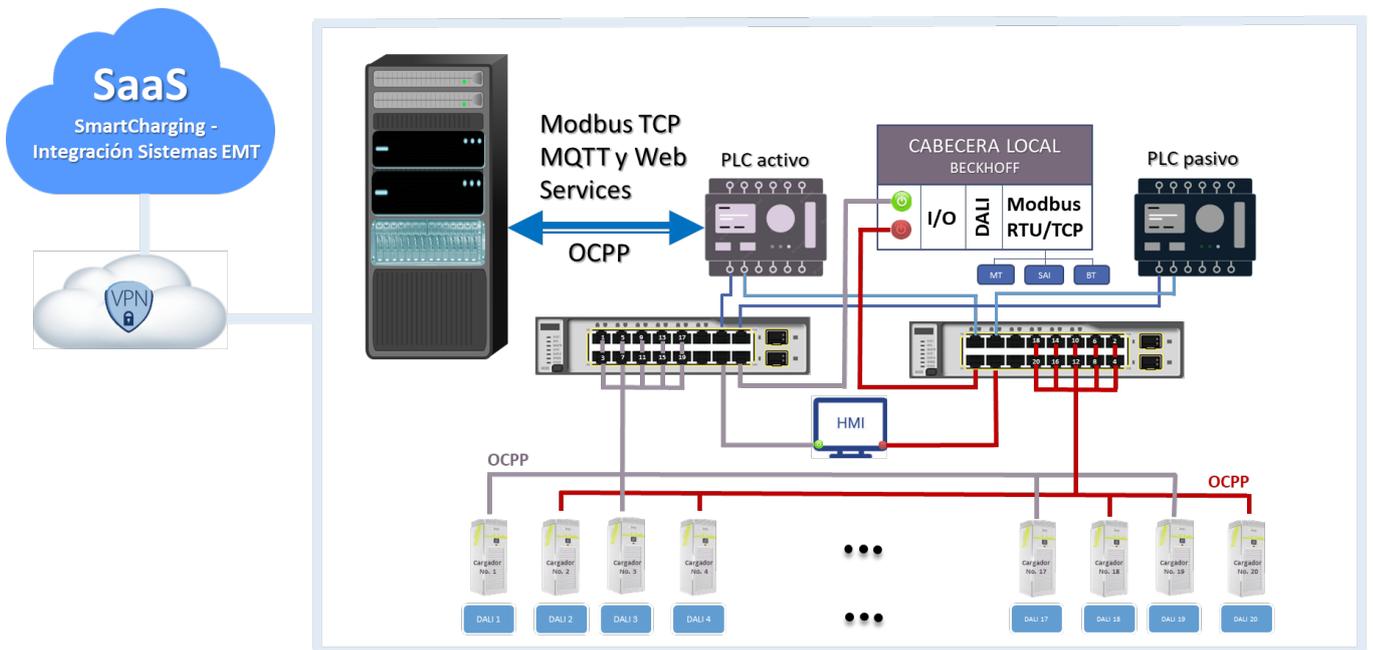
## ELECTRA – Redundancia y Modo Degradado



- ✓ La lógica de control (SmartCharging) y los procesos de integración con las aplicaciones de EMTM estaría en la nube.
- ✓ Se utilizará un servidor local, en la red de EMTM, para comunicar con los equipos.
- ✓ La comunicación se haría mediante un PLC, que comunicará por OCPP con los cargadores. En modo normal, el PLC servirá de pasarela de datos.
- ✓ Si caen el servidor SaaS y las comunicaciones en la nube, el SCADA tomará el control del sistema. Se le suministrará una señal 'KeepAlive' de ELECTRA y toda la información de los servicios web de EMTM.
- ✓ Al cabo de "x" tiempo configurable, el SCADA activará una programación que permita gestionar la recarga de los autobuses según prioridad de carga y potencia disponible.



## ELECTRA – Redundancia y Modo Degradado





## **Objetivo**

**El sistema SCADA desarrollado por Grupo ETRA es una herramienta de monitorización y control industrial.**

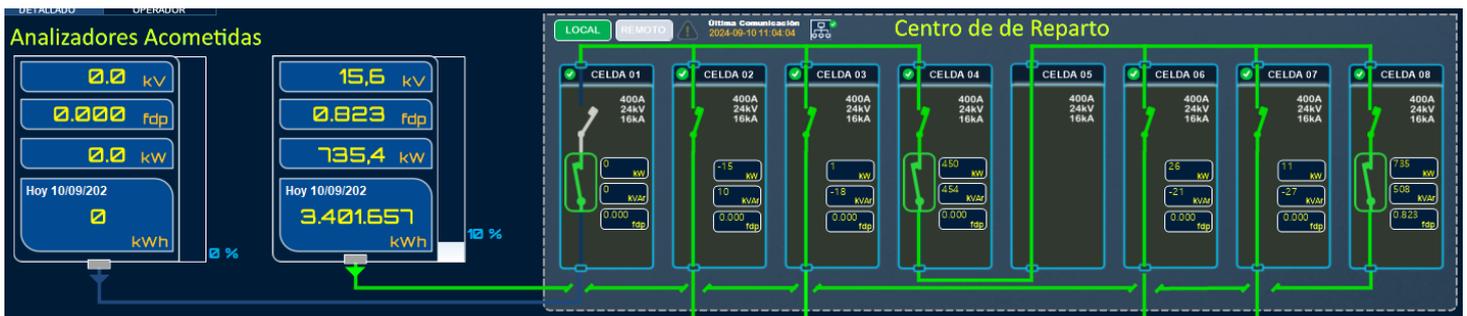
**Se utiliza en los procesos de recarga de autobuses eléctricos y puede controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos, notificar alarmas y generar informes mediante una aplicación informática.**



## ELECTRA – Solución PLC

### Funcionalidades

A nivel de media tensión, monitoriza la infraestructura eléctrica instalada en los depósitos/cocheras: Centros de reparto, analizadores de red, espigones, etc.





## ELECTRA – Solución PLC

### Funcionalidades

Identifica las tarifas eléctricas contratadas por el operador indicando en todo momento el consumo vs la potencia contratada, así como el porcentaje sobre el total de la misma.

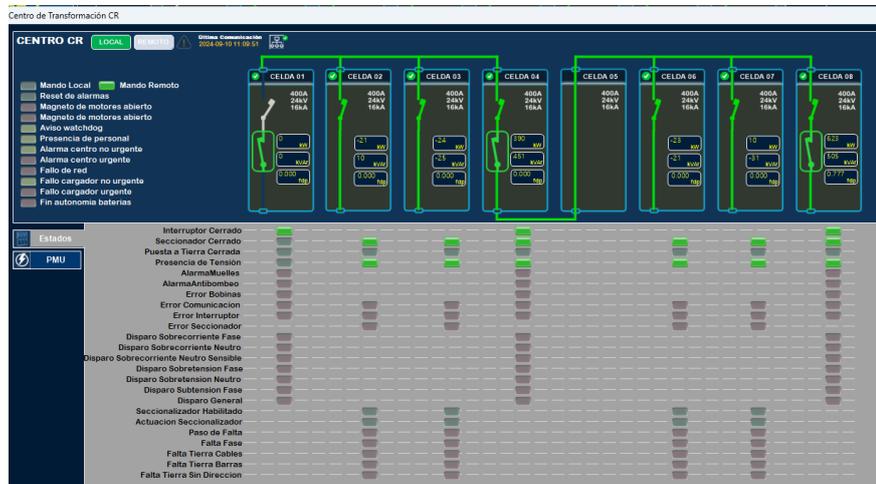




## ELECTRA – Solución PLC

### Funcionalidades

Monitoriza estados y datos eléctricos de tensión, corriente y potencia por cada centro de transformación/reparto.





## ELECTRA – Solución PLC

### Funcionalidades

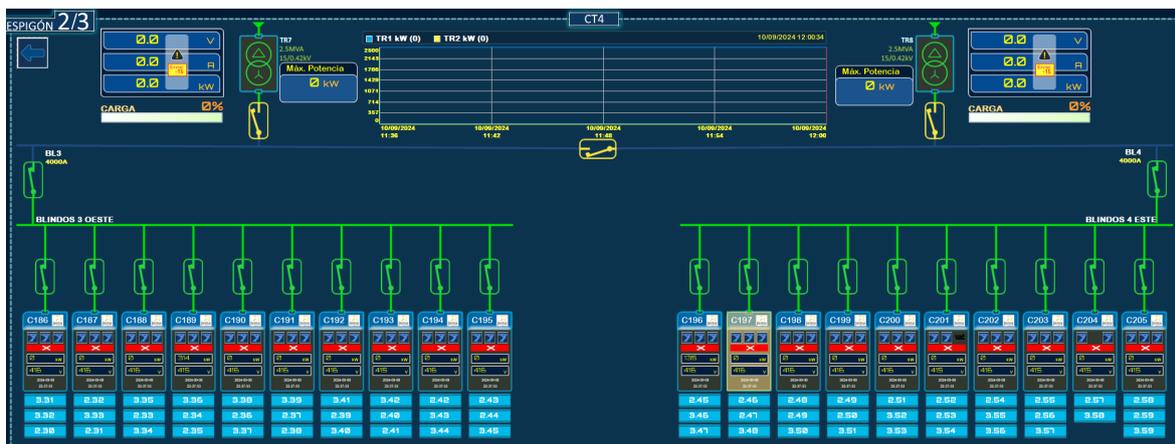
Visualiza el mapeo lineal de voltajes a través de las mediciones de PMU disponibles en los centros de reparto.

	CELDA 1	CELDA 2	CELDA 3	CELDA 4		CELDA 6	CELDA 7	CELDA 8
Tensión Fase R	00 V	95	86	91 V		94	73	90 V
Tensión Fase S	00 V	96	85	91 V		95	70	90 V
Tensión Fase T	00 V	96	86	93 V		96	73	92 V
Tensión Neutro	00 V	02	02	02 V		02	03	02 V
Corriente Fase R	00 A	00	00	310 A		00	00	355 A
Corriente Fase S	00 A	00	00	304 A		00	00	346 A
Corriente Fase T	00 A	00	00	306 A		00	00	355 A
Potencia S Fase R	00 kVA			2826 kVA				3186 kVA
Potencia S Fase S	00 kVA			2752 kVA				3141 kVA
Potencia S Fase T	00 kVA			2837 kVA				3280 kVA
Potencia S Total	00 kVA			8415 kVA				9607 kVA
Potencia P Fase R	00 kW			2371 kW				2716 kW
Potencia P Fase S	00 kW			2289 kW				2662 kW
Potencia P Fase T	00 kW			2393 kW				2796 kW
Potencia P Total	00 kW	-202	314	7054 kW		-44	-227	8174 kW
Potencia Q Fase R	00 kVar			1538 kVar				1693 kVar
Potencia Q Fase S	00 kVar			1528 kVar				1617 kVar
Potencia Q Fase T	00 kVar			1524 kVar				1685 kVar
Potencia Q Total	00 kVar	104	-124	4590 kVar		-183	-244	4995 kVar
Factor de Potencia	0			0,000				0,851
Energía Activa	0 kWh			3669 kWh				1908 kWh



## Funcionalidades

A nivel de baja tensión, monitoriza el estado de los puntos de carga y provee datos de consumos eléctricos.





## ELECTRA – Solución PLC

### Funcionalidades

Registra datos históricos que son representados gráficamente. Con esta información es posible determinar si la infraestructura presenta consumos en potencias activas o reactivas.

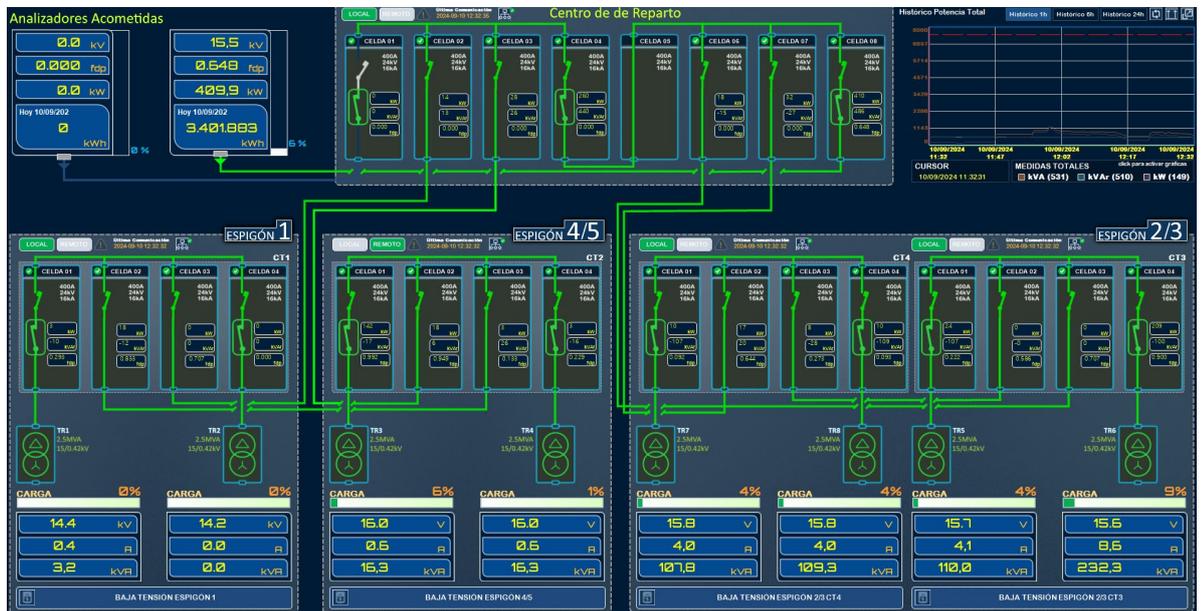


### 3 Mesa de Eficiencia Energética



## ELECTRA – Solución PLC

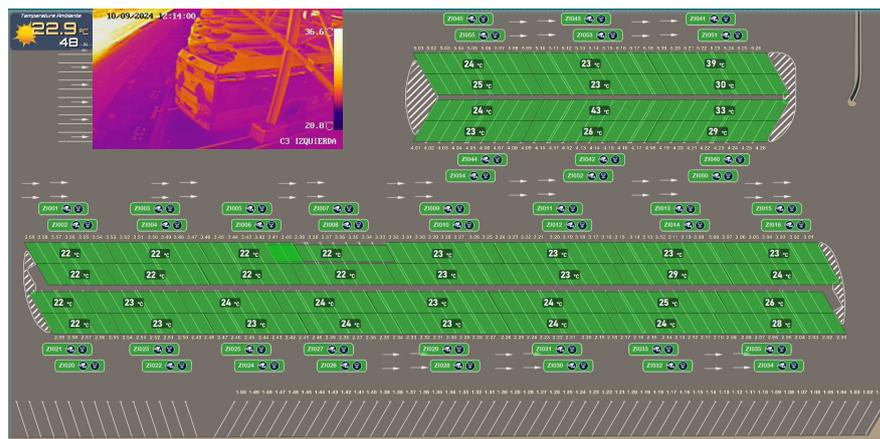
### Funcionalidades





### Sistemas Control de Incendio

El Scada monitoriza y notifica el estado de las zonas de incendio demarcadas en la cochera a través de cámaras termográficas.



### 3 Mesa de Eficiencia Energética



#### PROYECTO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA CARGA INTELIGENTE DE 20 AUTOBUSES ELÉCTRICOS EN FUENCARRAL

Cliente: EMT de Madrid  
Adjudicatario: UTE ETRA – ENDESA X  
Importe: 4.012.233,68 €

- Automatización de la recarga inteligente mediante 20 pantógrafos invertidos para autobuses eléctricos.
  - Cargadores: ABB, Power Electronics, JEMA y HELIOX
  - Pantógrafos: Schunk y Stemmann
  - Autobuses: Iznar, DYO y Solaris
- Instalación de BT y MT
- Mantenimiento preventivo de toda la instalación durante 36 meses
- Implementación ELECTRA en la cochera de Fuencarral



#### SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y DE LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA LA RECARGA DE 23 AUTOBUSES ELÉCTRICOS

Cliente: TUSAM Sevilla  
Adjudicatario: UTE ETRA - ENDESA ENERGIA  
Importe Adjudicación: 6.855.230,68 €

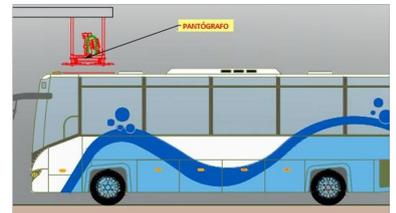
- Instalación de 23 pantógrafos invertidos (SCHUNK/POWER ELECTRONICS) para autobuses eléctricos (MERCEDES) en las cocheras de TUSAM.
- Implantación de plataforma de gestión ELECTRA, mantenimiento de la misma y suministro de energía durante 5 años.
- Integración con SAE (Tecnología ETRA)
- Instalación FV de 650 kW



#### EMT MÁLAGA - INSTALACIÓN DE CUARENTA CARGADORES PARA AUTOBUSES ELÉCTRICOS MEDIANTE PANTÓGRAFO INVERTIDO Y MANGUERA DE CONEXIÓN

Cliente: EMT MÁLAGA  
Adjudicatario: ENDESA X (ETRA subcontratista nominado)  
Importe Adjudicación: 600.000 €

- Suministro, Explotación y Mantenimiento de Plataforma tecnológica para la gestión y control de 40 cargadores mediante pantógrafo invertido (SCHUNK/POWER ELECTRONICS) para autobuses eléctricos en los Centro de Operaciones de EMT.
- Implementación ELECTRA en la cochera con integración con SAE



#### REDACCIÓN Y POSTERIOR OBRA PARA EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN NECESARIA PARA DOTAR A LAS COCHERAS DE EMTUSA DE CARGADORES PARA AUTOBUSES ELÉCTRICOS, INCLUYENDO 6 PUNTOS DE CARGA

Cliente: Empresa Municipal de Transportes Urbanos de Gijón, S.A. (EMTUSA)  
Importe: 1.674.112,21 €

- 6 elementos de carga para suministrar energía eléctrica a 6 autobuses rígidos de 12 metros eléctricos
- Implantación de plataforma de gestión ELECTRA



3.2 José Luis Planas Almazán (CEM<sup>®</sup>, CEA<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). GRUPO ETRA. ELECTRA, plataforma para la gestión



MUCHAS GRACIAS

José Luis Planas: [jlplanas@grupoetra.com](mailto:jlplanas@grupoetra.com)

*3 Mesa de Eficiencia Energética*

**3.3. Marc Manich. AVCSTEAM. *De pérdidas a oportunidad: estrategias prácticas para transformar el vapor flash en ahorro económico***



# DE PÉRDIDAS A OPORTUNIDAD

Estrategias prácticas para transformar  
el vapor flash en ahorro económico

---

Mesa de eficiencia energética

Marc Manich

3 Mesa de Eficiencia Energética



**VAPOR FLASH INDUSTRIAL**  
Mirada al presente

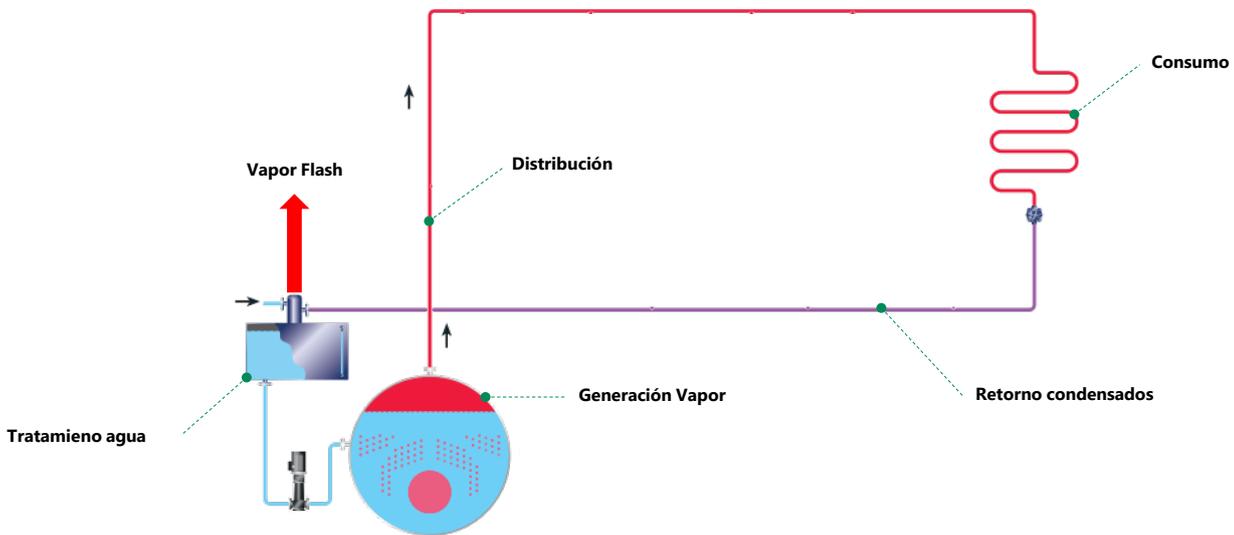


3.3 Marc Manich. AVCSTEAM. De pérdidas a oportunidad: estrategias prácticas para transformar el vapor flash en



### VAPOR FLASH INDUSTRIAL

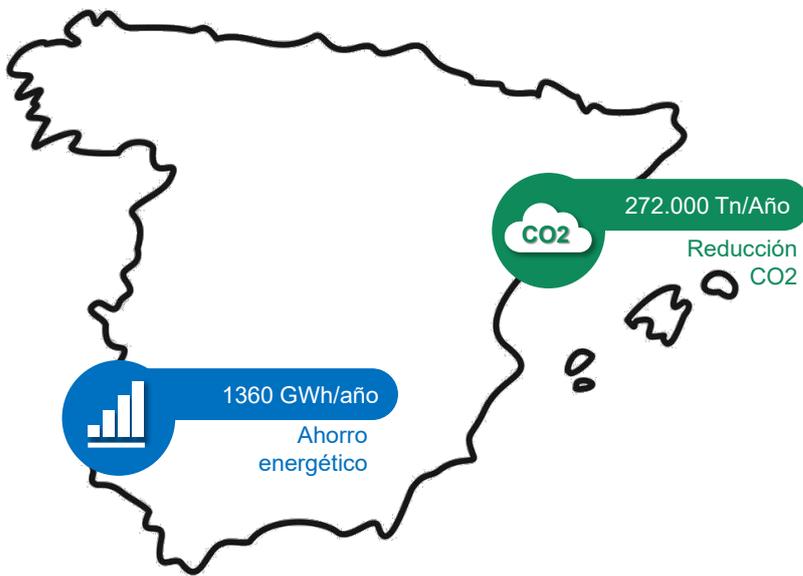
¿Cómo se genera?





## VAPOR FLASH INDUSTRIAL

Oportunidades de ahorro globales



Potencial de ahorro energético nacional estimado por venteos flash

**1.360 GWh**  
**(1,3 TWh)**



Potencial de descarbonización nacional estimado por venteos flash

**272.000 Tn CO2**

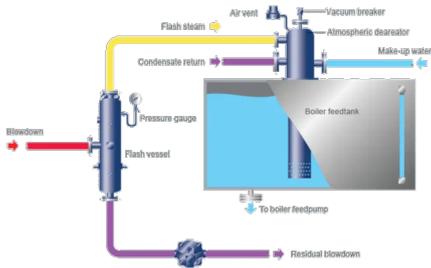
Fuente: Informe "El sistema gasista 2023" (Enagas)  
<https://www.enagas.es/content/dam/enagas/es/ficheros/sala-de-comunicacion/publicaciones/informe-sistema-gasista/informe-sistema-gasista-esp%C3%A1%20101-2023.pdf>  
Estimación: 30% del consumo de gas se destina a la producción de vapor según datos empíricos

3.3 Marc Manich, AVCSTEAM. De pérdidas a oportunidad: estrategias prácticas para transformar el vapor flash en

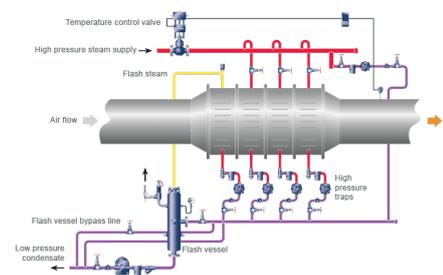


## VAPOR FLASH INDUSTRIAL

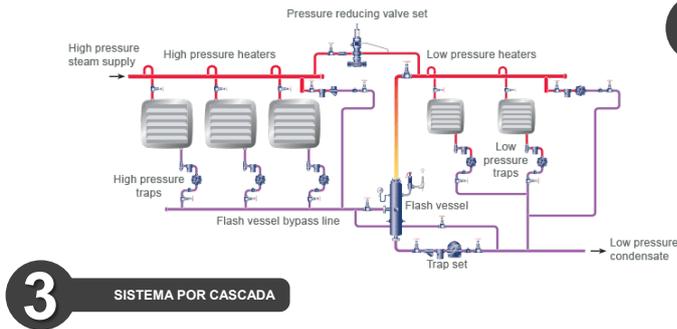
¿Cómo recuperar el vapor flash?



**1** CALENTAR MAKE-UP WATER



**2** DESCARBONIZAR CALENTAMIENTOS CON VAPOR



**3** SISTEMA POR CASCADA

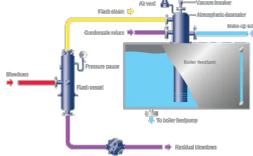


## VAPOR FLASH INDUSTRIAL

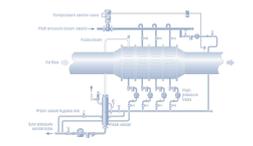
¿Cómo recuperar el vapor flash?



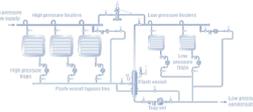
1



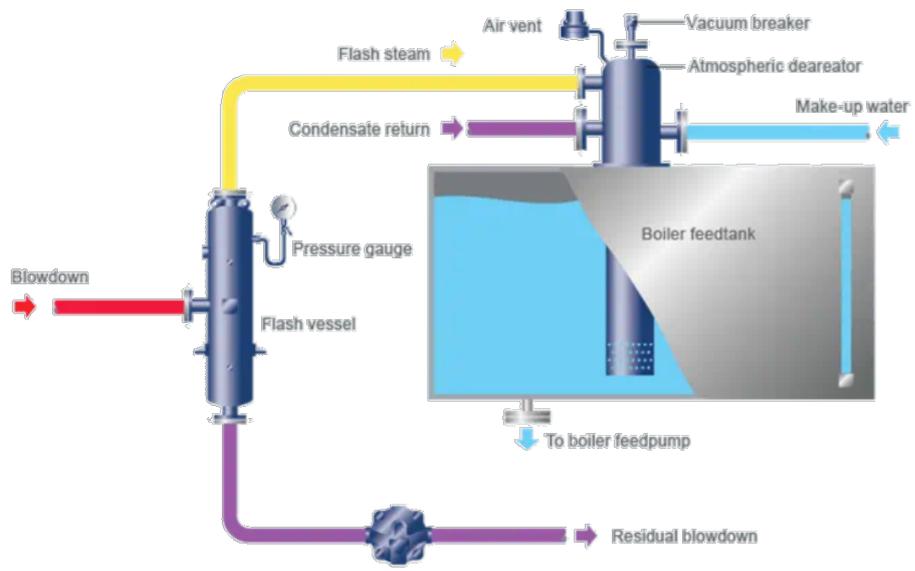
2



3



CALENTAR MAKE-UP WATER



3.3 Marc Manich. AVCSTEAM. De pérdidas a oportunidad: estrategias prácticas para transformar el vapor flash en

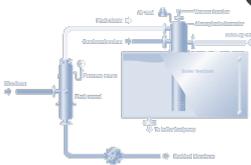


## VAPOR FLASH INDUSTRIAL

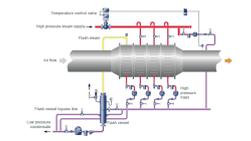
¿Cómo recuperar el vapor flash?



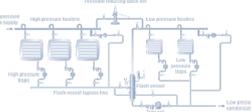
1



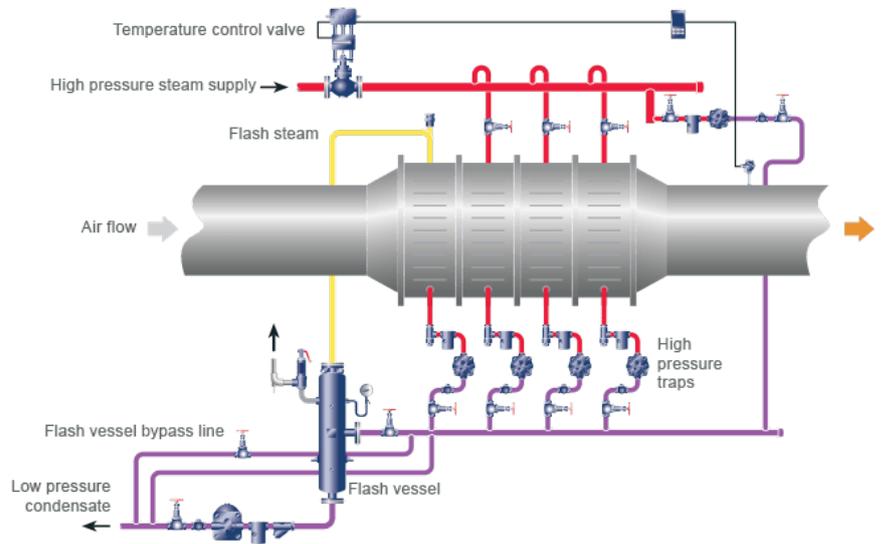
2



3



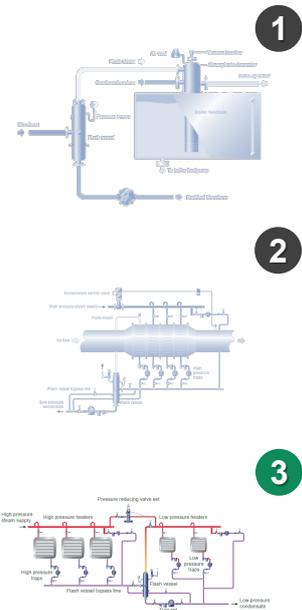
DESCARBONIZAR CALENTAMIENTOS CON VAPOR



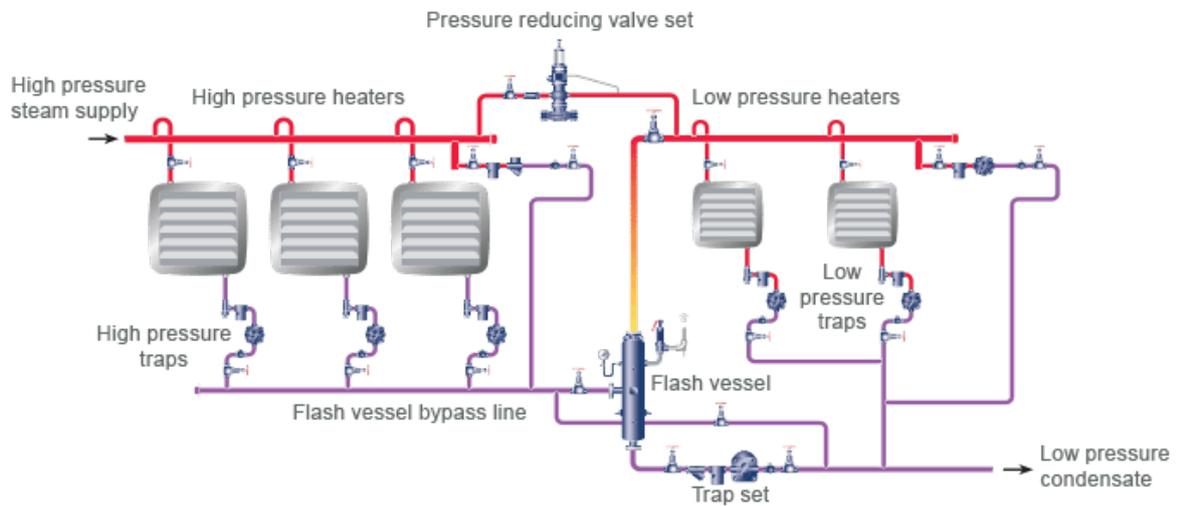


## VAPOR FLASH INDUSTRIAL

¿Cómo recuperar el vapor flash?



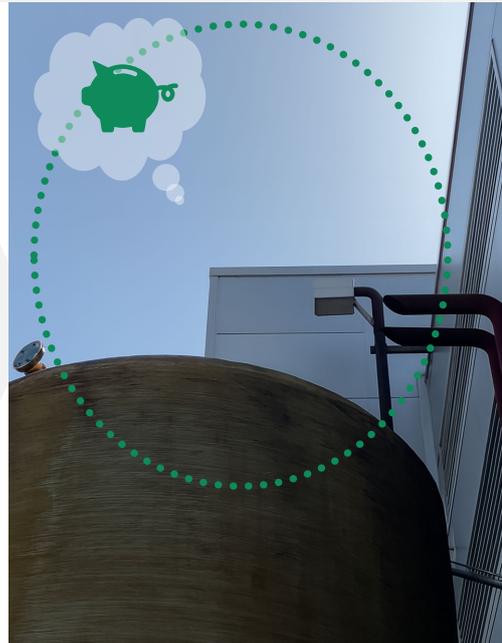
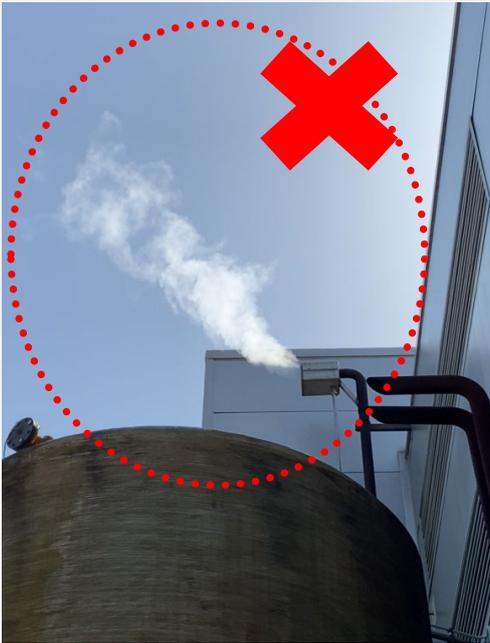
### SISTEMA POR CASCADA



3.3 Marc Manich. AVCSTEAM. De pérdidas a oportunidad: estrategias prácticas para transformar el vapor flash en



VAPOR FLASH INDUSTRIAL  
Caso de éxito



### 3 Mesa de Eficiencia Energética



## VAPOR FLASH INDUSTRIAL

### Caso de éxito



#### Flash Steam Calculation

General Data	value	unit	note
Plant No. of Annual Operating Hours	8.400	hrs	
<b>02. Condensate Vent Heat Recovery</b>			
Inlet Pressure	8,0	bar	
Outlet Pressure	0,1	bar	
Condensate Flow - Vol.	6,0	m³/h	
Condensate Flow - Mass	5.999,4000	Kg/h	
Condensate Density	999,9	Kg/m³	
Flash Percent	13,9	%	
Flash Steam Flow	834,1	Kg/h	
Latent Heat in Flash Steam	2.230,8	kJ/Kg	
<b>Environmental Benefits:</b>			
Energy	4.824.069,6	kWh	amount of fuel energy that can be saved per year (with boiler eff. factor)
Water	7.007,1	m³	amount of condensate that can be recovered from flash steam per year
CO2	1.215,7	Tn CO2	amount of CO2 that can be minimised per year

Copy Rights: Not to be copied or distributed without specific permission from AVC: engineering@avcsteam.es

Ficha	IND230: Recuperación de calor desde procesos exotérmicos a otros procesos endotérmicos de la misma planta
Código	IND230
Versión	V1.0
Sector	Industria

#### 1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Instalar uno o varios recuperadores de calor en los efluentes de procesos exotérmicos y reutilizar esta energía en otros procesos endotérmicos de la misma planta que conlleven un consumo de energía final.

#### 2. REQUISITOS

La transferencia de calor se realizará entre el fluido primario y el secundario, bien por convección o conducción, siendo necesario que la energía recuperada se aproveche o utilice en la misma planta o establecimiento industrial.

Tanto los equipos que extraen calor del proceso como los equipos que ceden calor al proceso tienen que estar unidos mediante un mismo anillo térmico. El fluido transmisor de este anillo puede ser agua, vapor, aceite térmico o cualquier otro fluido de transferencia térmica.

La instalación deberá tener implantados y funcionando equipos de medida de energía, horas de funcionamiento y caudales máxicos de flujo.

La demanda de energía final del proceso endotérmico debe ser igual o superior a la energía aportada por el recuperador de calor instalado. No se admitirá aquel aporte de calor que supere la demanda del proceso endotérmico.

#### 3. CÁLCULO DEL AHORRO DE ENERGÍA

El ahorro de energía se medirá en términos de energía final, expresada en kWh/año, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$AE_{TOTAL} = \sum_{PT} \frac{Q_c \cdot C_p \cdot \Delta T_c \cdot h_c}{\eta_c}$$

**Ahorro presentado**  
**4,82 GWh**

3.3 Marc Manich. AVCSTEAM. De pérdidas a oportunidad: estrategias prácticas para transformar el vapor flash en

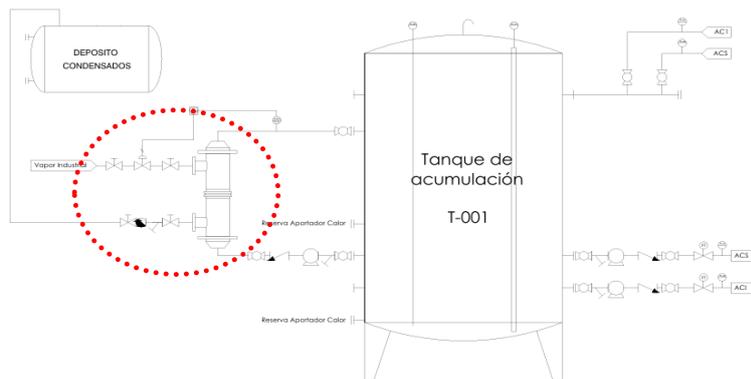


## VAPOR FLASH INDUSTRIAL

Caso de éxito



DESCARBONIZAR CALENTAMIENTOS CON VAPOR



### 3 Mesa de Eficiencia Energética

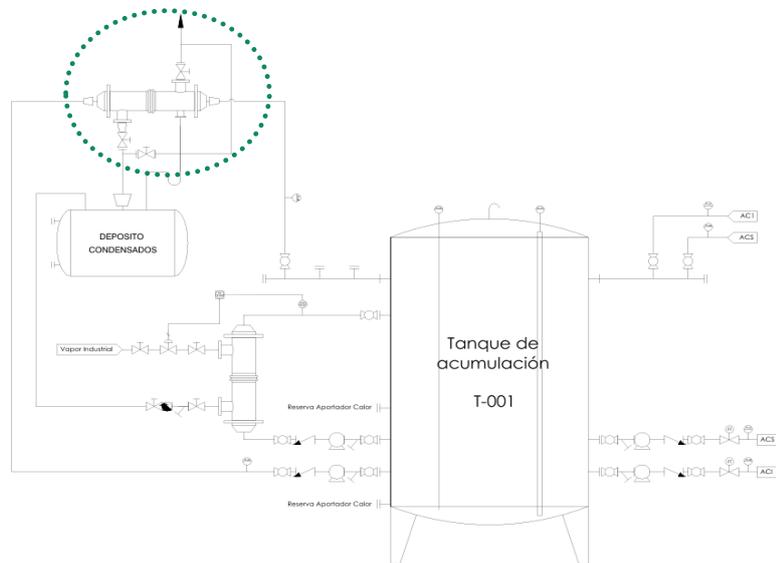


## VAPOR FLASH INDUSTRIAL

Caso de éxito



DESCARBONIZAR CALENTAMIENTOS CON VAPOR



3.3 Marc Manich. AVCSTEAM. De pérdidas a oportunidad: estrategias prácticas para transformar el vapor flash en



### VAPOR FLASH INDUSTRIAL

Caso de éxito



### 3 Mesa de Eficiencia Energética



## RUEGOS Y PREGUNTAS



**Marc Manich**  
Steam Engineer



655 19 24 21



engineering@avcsteam.es



c/Balmes 243, 08006, Barcelona



www.avcsteam.es



## 4 Global Challenges and Solutions in the Energy Transition

- 4.1. Samer Zawaydeh (CAP<sup>®</sup>, REP<sup>®</sup>). *EVs & The New Energy Economy: How Jordan Turned Disruption into Prosperity*
- 4.2. LJ Grobler (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). *Twin-screw extrusion: An energy efficient and clean production technology to process grains and pulses*
- 4.3. Raoul Empey (CEM<sup>®</sup>). *Ireland's Climate Transition – A Reality Check on Targets vs Progress*
- 4.4. Zoltan Czinege (CEM<sup>®</sup>). *Energy Efficiency Obligation Scheme - experience of implementation from Hungary*



## 5 Mesa de Gestión Energética

- 5.1. José María Muñoz Povedano (CEM<sup>®</sup>). SERVEO.  
*Mantenimiento Energético como estrategia clave para la transición energética*
- 5.2. José María Tejera, José Luis Martínez Montero.  
ATLANTIC COPPER. *La gestión energética como motor de la eficiencia*



# La Gestión Energética como motor de la Eficiencia

---

Mesa de Eficiencia Energética

José María Tejera / José Luis Martínez



## INDICE

- > Quienes somos, dónde estamos y qué hacemos.
- > Qué hemos conseguido en eficiencia energética.
- > Por qué ha funcionado
- > Tecnologías implantadas
- > Cómo ayudamos a la eficiencia global
- > Lo que hemos cambiado
- > Por qué sigue siendo divertido.



## QUIÉNES SOMOS

- > Atlantic Copper, es una Fundición y refinería de cobre, ubicada en Huelva, España.
- > Importante consumidor de energía, al igual que las plantas metalúrgicas en general.
- > Compite en un mercado global de un producto no diferenciado (commodity).
- > Cuenta con mucha experiencia operativa, desde su lanzamiento en 1970.
- > Personal altamente cualificado.
- > Siempre ha tratado de minimizar el costo de la energía.
- > Pionera en la implantación de Sistemas de Gestión Energética. Certificados desde 2011



### ¿Dónde estamos?

La planta de Atlantic Copper está situada en Huelva, en el suroeste de España, cerca de la playa, de la ciudad de Huelva y de una reserva natural protegida en la que abundan aves como los flamencos.

**Una de las fundiciones de cobre mejor ubicadas del mundo.**



## 5 Mesa de Gestión Energética



### ¿Qué hacemos?



#### Materia Prima

1,1 Mt/año de concentrados de mineral de cobre (sulfuros), provenientes de minas de todo el mundo



#### Producto

285.000 t/año de cátodos, cobre metal de alta pureza  
Adecuado para la fabricación de conductores eléctricos



#### Principal subproducto

1,1, Mt/año de ácido sulfúrico concentrado



#### Consumo total de energía

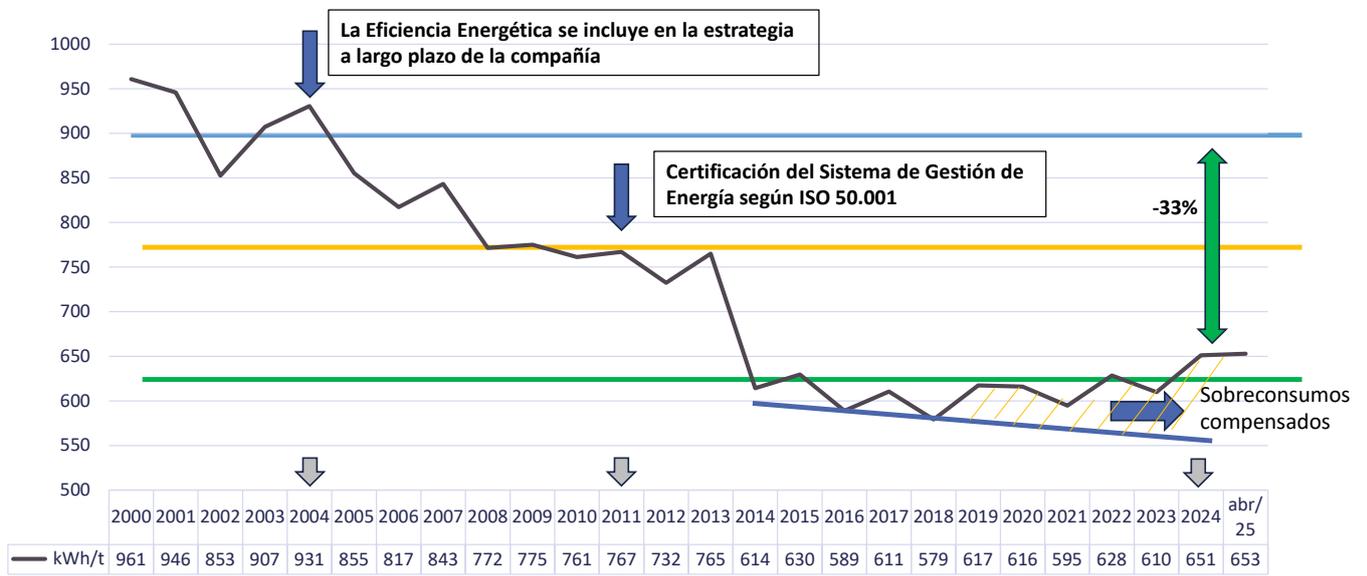
700 GWh/año



### ¿Qué hemos conseguido?



La implementación sostenida de medidas de eficiencia energética durante más de 25 años ha permitido alcanzar una reducción superior al 35% en el consumo específico de la planta



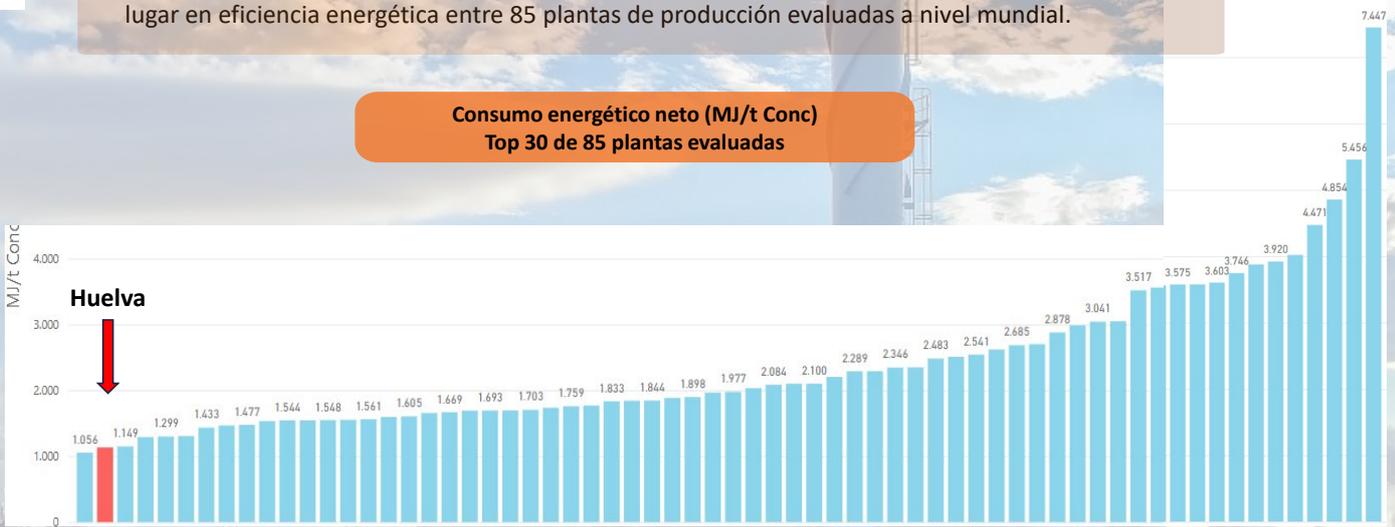
## ¿Esto es hacerlo bien?



### Ranking Mundial de Eficiencia Energética según Wood Mackenzie, 2023

Según el informe de Wood Mackenzie (2023), la Fundición de Huelva se posiciona en el segundo lugar en eficiencia energética entre 85 plantas de producción evaluadas a nivel mundial.

### Consumo energético neto (MJ/t Conc) Top 30 de 85 plantas evaluadas



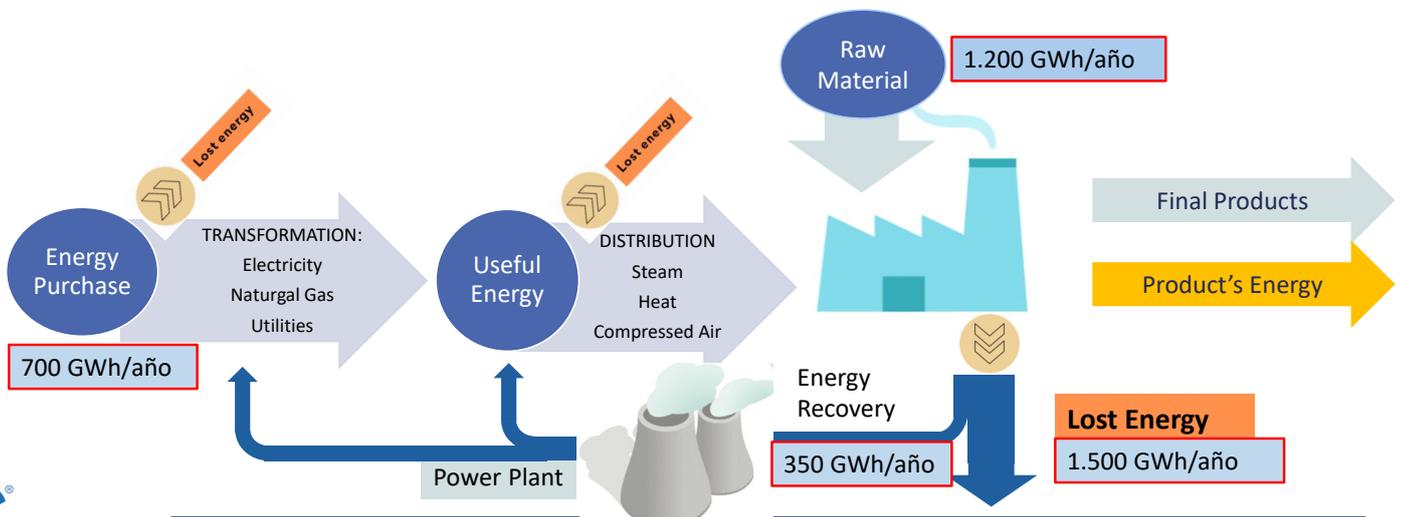
### ¿Porqué ha funcionado?



La gestión energética no se limita al control del consumo de energía comprada.

También incluye la energía generada o liberada dentro del proceso, como en reacciones exotérmicas, que pueden ser aprovechadas para reducir el consumo externo.

La energía en proceso es 3 veces la energía comprada. Esto es lo que debemos gestionar.



### ¿Porqué ha funcionado?

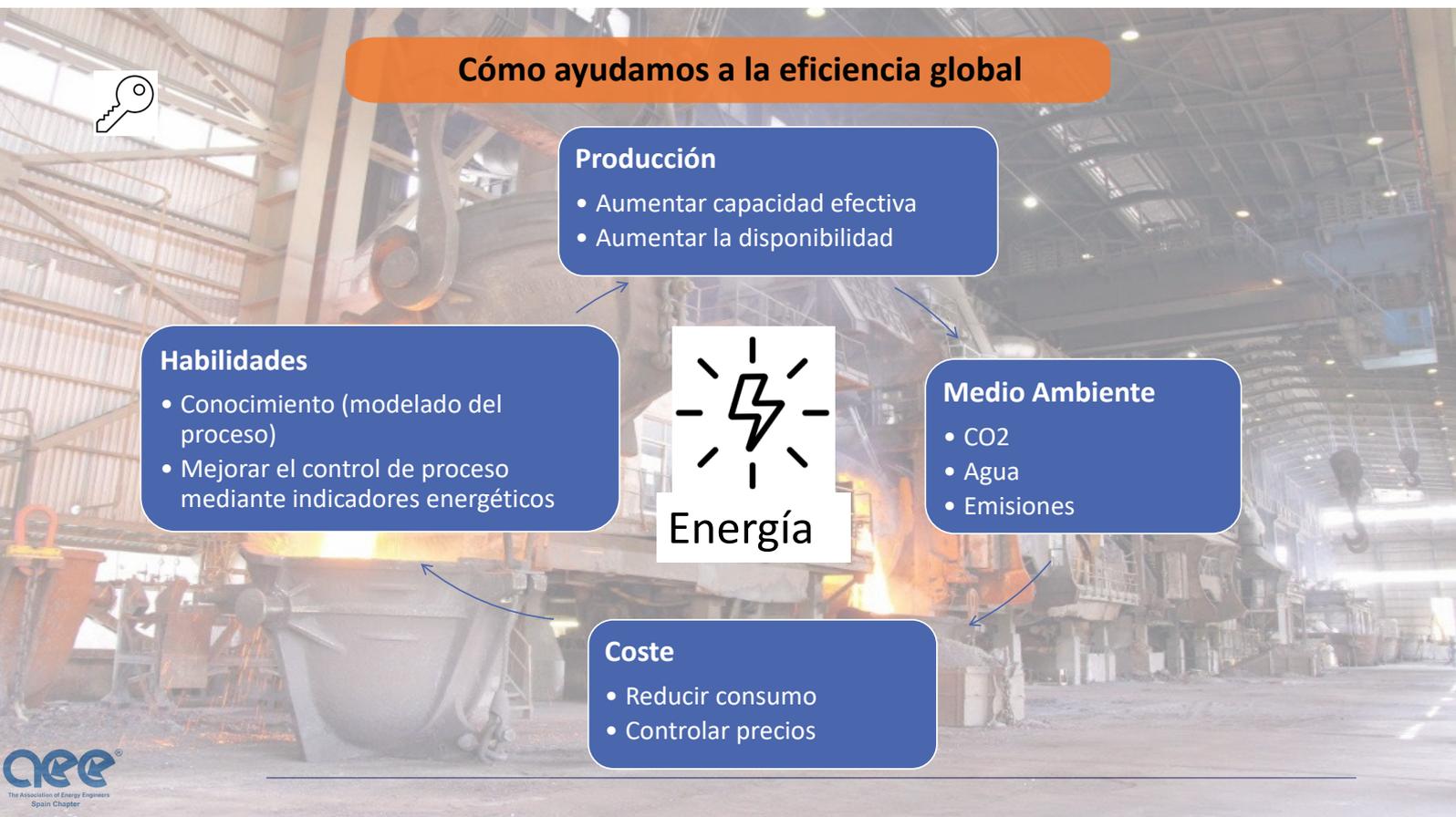


- > Equipo formado y dedicado (CEM)
- > Una buena estrategia de proyectos a ejecutar. Vender la idea.
- > Red de apoyo formada por Operaciones, Mantenimiento e Ingeniería de procesos
- > Apoyo del Comité de Dirección
- > Conseguir resultado

## Tecnologías implantadas



- Planificación de la producción basada en **modelo** para estabilización de la producción, gestión dinámica de los cuellos de botella.
- Cambios en la(s) **estrategia(s) de mantenimiento**: MBC basado en rendimiento, Ciclo de Paradas.
- Cambios operativos: Gestión del **balance de materia y energía** para eliminar o reducir el consumo.
- **Mejoras tecnológicas** para reducir la demanda del proceso: Quemadores oxigas, VFDs, refractarios...
- Inversiones en **valorización energética de procesos**: Calderas recuperadoras, reutilización de gases....



### Lo que hemos cambiado

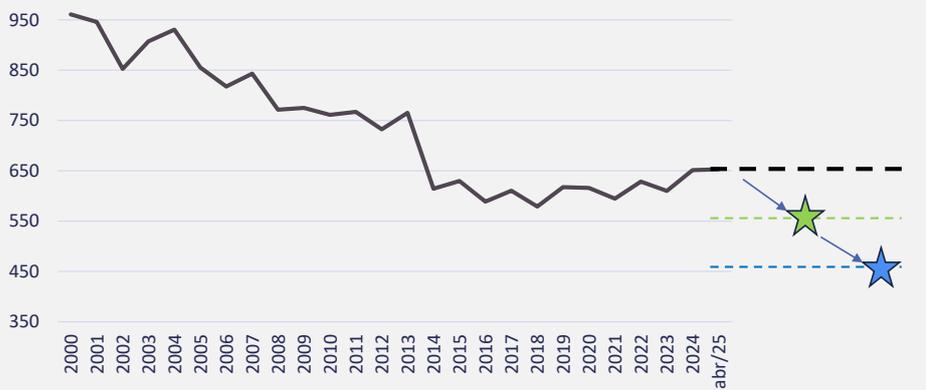
- Desde la [inversión] [700 MW] (a) hasta la gestión
  - Desde [inversión] [700 MW] (a) hasta la gestión
  - Desde la [inversión] [700 MW] (a) hasta la gestión de las p[roductos]
- Desde 2010, >40 proyectos**

  - 1/4 sin inversión, mejoras en la gestión.
  - 41 millones de euros invertidos hasta el momento.
  - Período de retorno global menor de 2 años
- ificación

Es decir:  
de invertir para ahorrar energía a operar para ahorrar energía.



### ¿Porqué sigue siendo divertido?



5 nuevos proyectos en marcha con una inversión estimada de 16 M€

-15% de consumo específico!

3 proyectos en studio

Otro -15% de consumo específico

además

- La asíntota está lejísimos
- La tecnología avanza y abre nuevas oportunidades
- Los CAE's son grandes impulsores a los proyectos que ahorran energía

5.2 José María Tejera, José Luis Martínez Montero. ATLANTIC COPPER. La gestión energética como motor de la



Opción	Descripción	Ya Utilizado?	Inversion	Personal	Potencial	Resistencia al cambio
Operaciones	Cambios operativos	Sí	No	No	Alto	Alta inicialmente
Planificación	Optimizar planes de	Sí	No	No	Alto	Alta inicialmente
Mantenim.	Plan					
	Cam					
	Repe					
Seguimiento	Siste					
	Inge					
	Inge					
	Digit					Alta
Ingeniería	Innovación energética	Sí	Media-Alta	Bajo	Alto	Media
	Otras innovaciones MA, Calidad, Disponibilidad Utilización	Sí	Media-Alta	Bajo-No	Alto	Media-Baja
	Análisis Coste Ciclo de Vida	Sí	No	Bajo	Medio-Alto	Alta
RRHH-Formación, Aprovisionamiento-Compras, etc.		No	No-Baja	Bajo	¿?	Media

La mitad de las herramientas para la mejora todavía no las hemos utilizado, y la mitad utilizada, continúa dando frutos

5 Mesa de Gestión Energética



José María Tejera  
Director de planificación y control de procesos

José Luis Martínez  
Ingeniero de Planificación Energética

5.3 Raquel Díaz Franco. *GEN0 El papel de los estándares internacionales en la transformación de estrategias de des*

**5.3. Raquel Díaz Franco. *GEN0 El papel de los estándares internacionales en la transformación de estrategias de descarbonización***



# *El papel de los estándares internacionales en la transformación de estrategias de descarbonización*

---

Mesa de Gestión Energética

Jueves 3 de Julio, 17:15h-18:00h

Raquel Díaz Franco

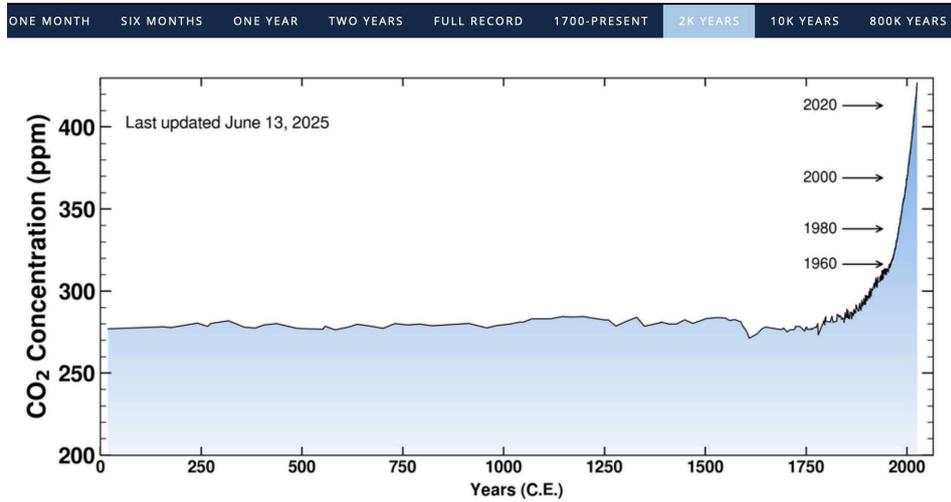


# Contexto



Curva de Keeling

\*Latest CO<sub>2</sub> reading: **430.06 ppm**



## Contexto



- El 75% de los gases de efecto invernadero (GEI) causados por el ser humano provienen del consumo de energía\*.
- Presupuesto de GEI según el Acuerdo de París.
- Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) para España.

\*(<https://www.wri.org/data/world-greenhouse-gas-emissions-2019>)

## Objetivos para España- PNIEC 2023-2030



- Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) un **32%** respecto a los niveles de 1990 para el año 2030.
- Alcanzar un **48%** de energías renovables sobre el consumo final de energía.
- Mejorar la eficiencia energética en un **43%** en términos de energía final consumida.
- Lograr que el **81%** de la generación eléctrica provenga de fuentes renovables.
- ¿Cuáles deberían ser los objetivos de las organizaciones?



## Estándares Internacionales Relevantes



- ISO 50001 – Sistemas de Gestión de la Energía
- ISO 14064 – Parte 1. Gases de efecto invernadero (GEI)-  
Cuantificación y reporte
- ISO DIS 50100 – Descarbonización del consumo  
energético
- ISO WD 14060 – Organizaciones alineadas con el objetivo  
de cero emisiones netas



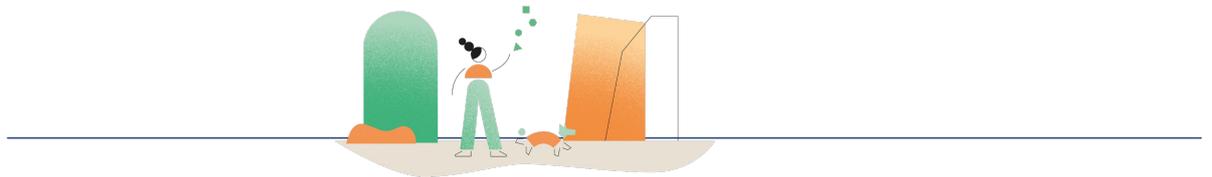
Descarbonización  
mediante la norma ISO  
50100 en combinación  
con la ISO 50001



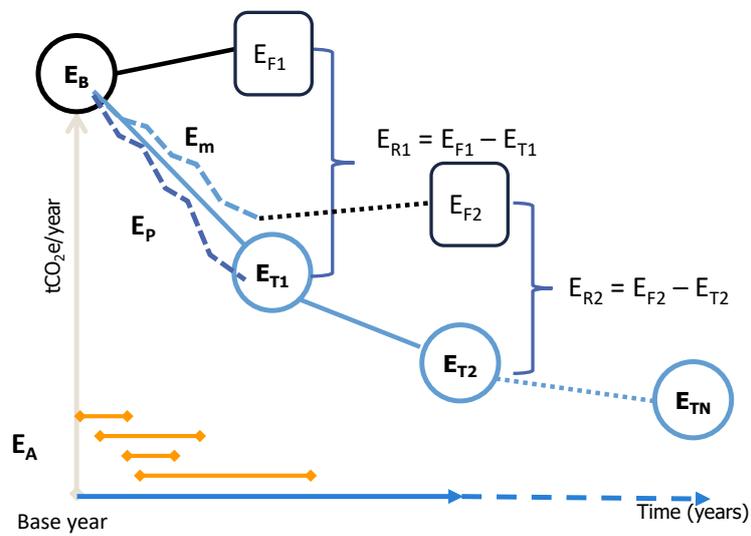
## ISO DIS 50100- Descarbonización del consumo energético



- Fase de borrador. Publicación prevista para mediados de 2026
- Contenido:
  - Liderazgo
  - Plan de descarbonización y cálculos
  - Validación y verificación
- No es un requisito tener certificado un sistema de gestión de la energía
- Gen0 está co-liderando el desarrollo de la norma como representante de Naciones Unidas

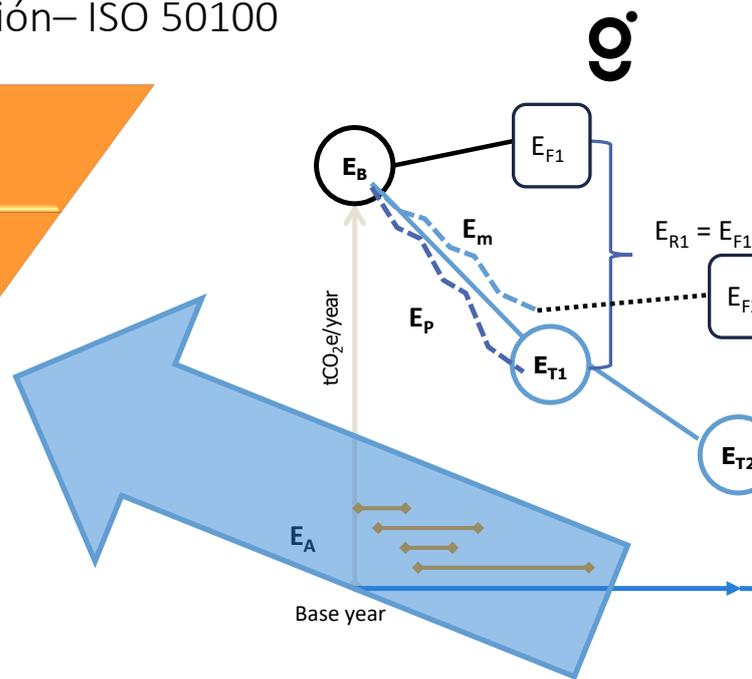
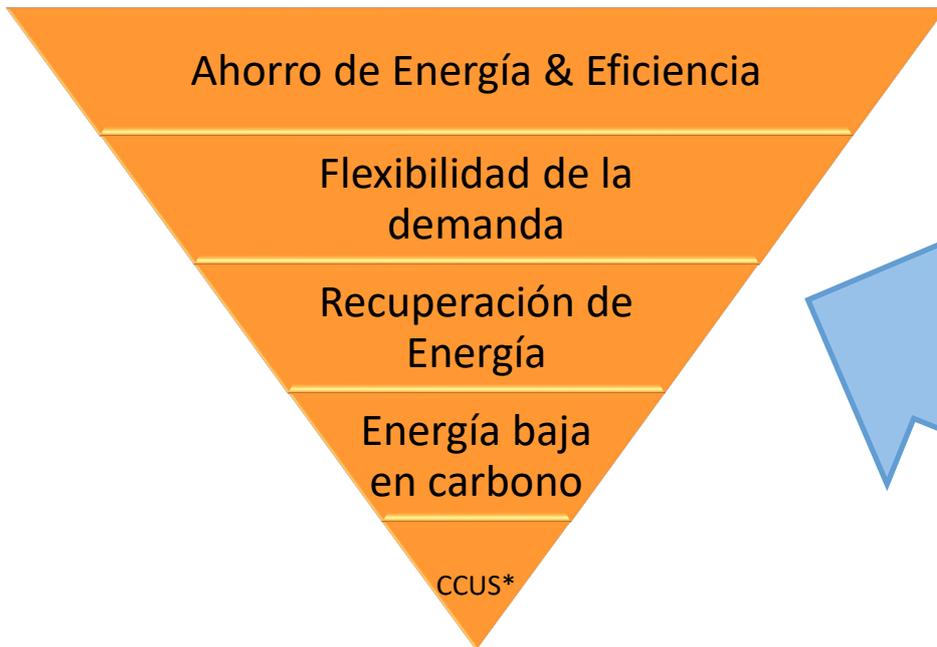


## Plan de descarbonización para las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía (ERGE) ISO DIS 50100

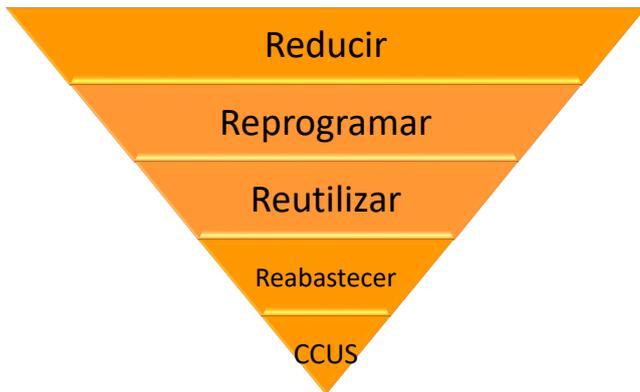


\* Si se prevé que las actividades o los factores de emisión van a cambiar, entonces usaremos  $E_f$

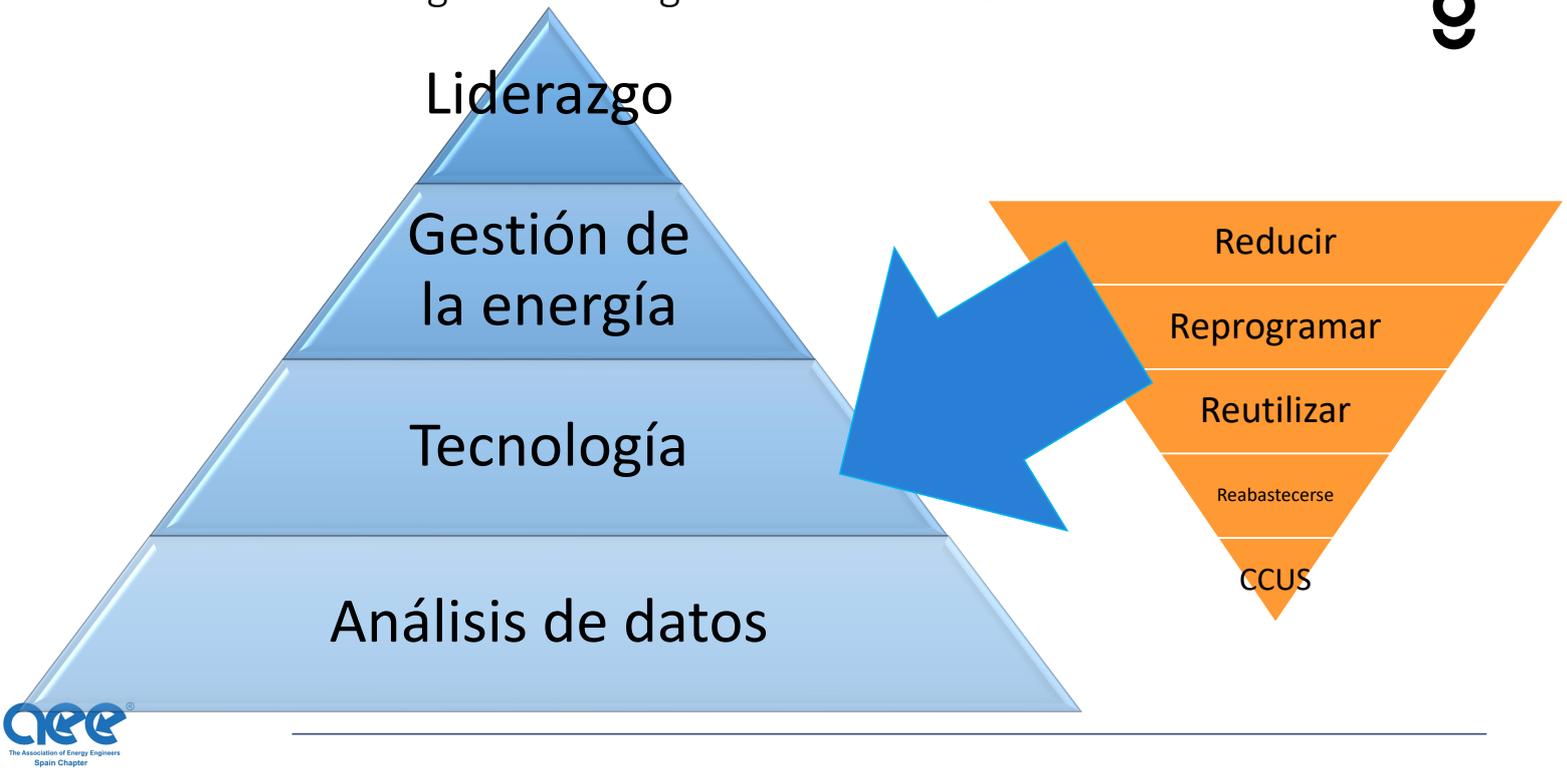
Jerarquía del plan de descarbonización– ISO 50100



### Jerarquía del plan de descarbonización – ISO 50100



Conexión con la gestión energética - ISO 50001

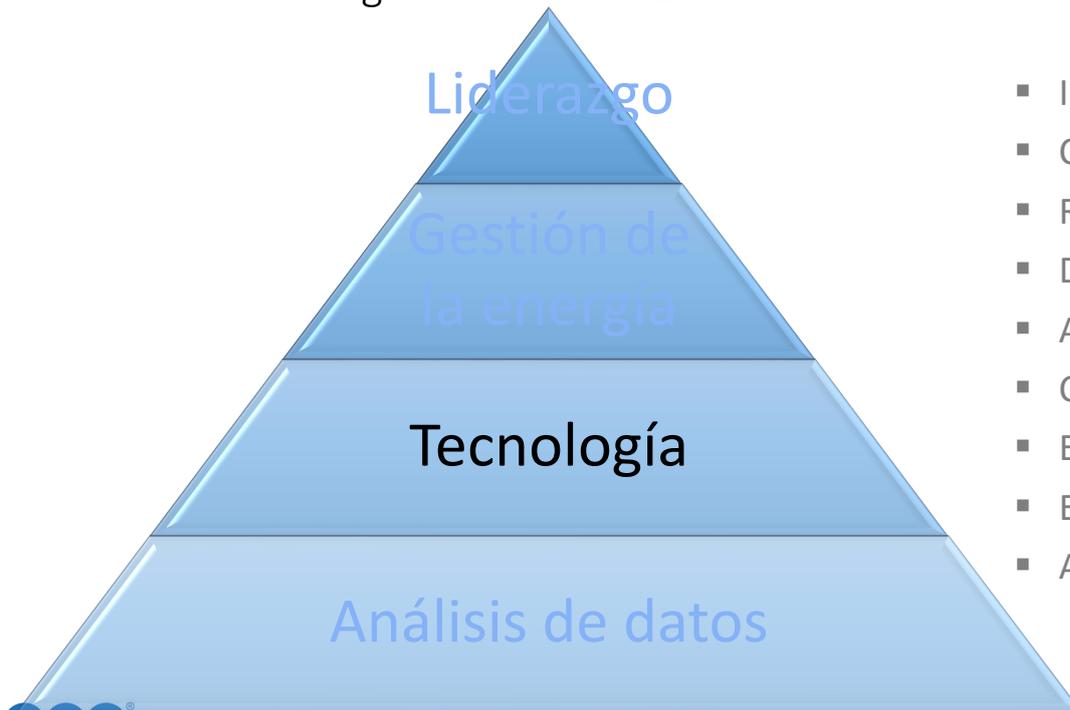


## Gestión energética ISO 50001– Análisis de Datos



- Datos precisos, fiables, a tiempo y accesibles
- Información para apoyar la toma de decisiones
- Monitorización del desempeño
- Monitorización de la descarbonización
- Reacción ante desviaciones
- Dashboards informativos
- IA/Machine learning

Gestión energética ISO 50001– Reducción de emisiones (Ingeniería)



- Ingeniería
- Control operativo
- Reacción al análisis de datos
- Diseño
- Adquisiciones / Compras
- Conservación de energía
- Eficiencia energética
- Energía renovable
- Auditorías energéticas

## Gestión energética ISO 50001- Gestión



Liderazgo

Gestión de la energía

Tecnología

Análisis de datos

- Concienciación y comunicación
- Mejora continua
- Acciones correctivas
- Competencia y formación
- Control de documentos
- Gestión de riesgos
- Roles y responsabilidades
- Cumplimiento e informes

Gestión energética ISO 50001- Liderazgo



- Visión
- Estrategia
- Compromiso
- Establecimiento de objetivos ambiciosos
- Gestión del cambio
- Participación de las partes interesadas
- Asignación de recursos
- Adaptabilidad e innovación



Para terminar...



- La gestión de la energía nos va a ayudar en la descarbonización
- La descarbonización requiere de liderazgo y objetivos claros
- Los estándares internacionales son herramientas fundamentales para guiar y armonizar la reducción de emisiones
- Facilitan la integración de la gestión energética con la reducción efectiva de emisiones
- Impulsan la alineación con compromisos globales y nacionales, como el Acuerdo de París y el PNIEC
- Promueven la innovación y la adopción de tecnologías limpias
- Contribuyen a la transparencia en la gestión de emisiones



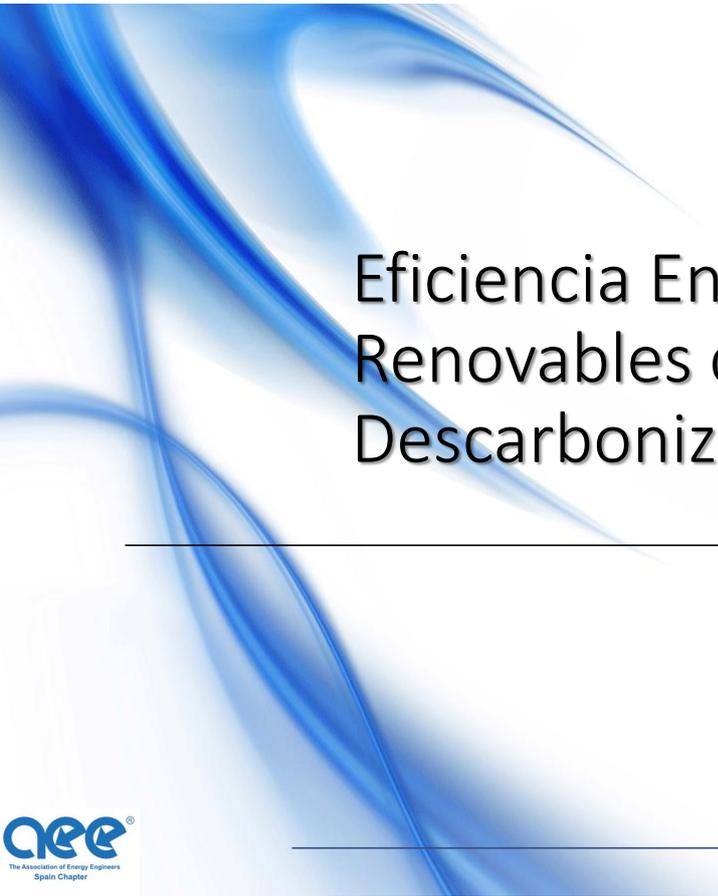
¡Gracias!

[raquel.diaz@wearegen0.com](mailto:raquel.diaz@wearegen0.com)

[www.wearegen0.com](http://www.wearegen0.com)

## 6 Mesa de Energías Renovables

- 6.1. Jose Samuel Monterroso (CEM<sup>®</sup>). SERVICIOS ENERGÉTICOS E INGENIERÍA. *Eficiencia Energética y Energías Renovables combinación para Descarbonizar la Industria de Bebidas*



# Eficiencia Energética y Energías Renovables combinación para Descarbonizar la Industria de Bebidas

---

Energías Renovables

José Samuel Monterroso, PhD., CEM®

## Contenido

- Descarbonización
- Gestión de la Energía
- Conservación de la Energía
- Realización de la Auditoría
- Propuestas de Mejora
- Hallazgos

Es esto Descarbonizar?



# Es esto Descarbonizar?



Esta declaración de redención ha sido preparada para

confirmando la redención de  
6 854.000000

Certificados I-REC, que representan 6 854.000000 MWh de  
electricidad generada a partir de fuentes renovables

Esta declaración se refiere a la electricidad consumida en

en el periodo informado

2024-01-01 a 2024-12-31

El propósito declarado es

Este certificado garantiza que el total del consumo del cliente en 2024 fue generado con fuentes  
renovables

## Ev.



Verificación de código QR  
Verifique este documento escaneando el código QR a la izquierda e ingresando el código d  
e verificación a continuación  
Código de verificación  
3 0 7 8 0 5 8 1  
<https://api-internal.evident.app/public/certificates/es/0BQjgSP24TPU32UcGV89kFWEXIdxBZMYh4M89wDCCVg9MPtackQYz96UjyRkZB>

José Samuel Monterroso, PhD., M.A., Ing. C.E.M., C.G.B.E.

## Que es la Descarbonización?



La descarbonización es la eliminación permanente de las emisiones de carbono de la cadena de valor de una organización mediante la implementación de un sistema de Gestión de la Energía, combinado con energías limpias y sostenible en el tiempo con un enfoque de baja tolerancia a las emisiones residuales.

## Gestión Sistemática de la Energía

- Administración o Gestión de la Energía: **es la aplicación de principios económicos, ingenieriles y financieros, para el control del costo de la energía necesaria para cubrir las operaciones de un edificio o industria.**
- La mayoría de los ahorros en costos energéticos provienen de las mejoras en la eficiencia energética.
- Algunos ahorros provienen en cambiar los patrones de utilización de energía y en cambio de fuentes de energía.

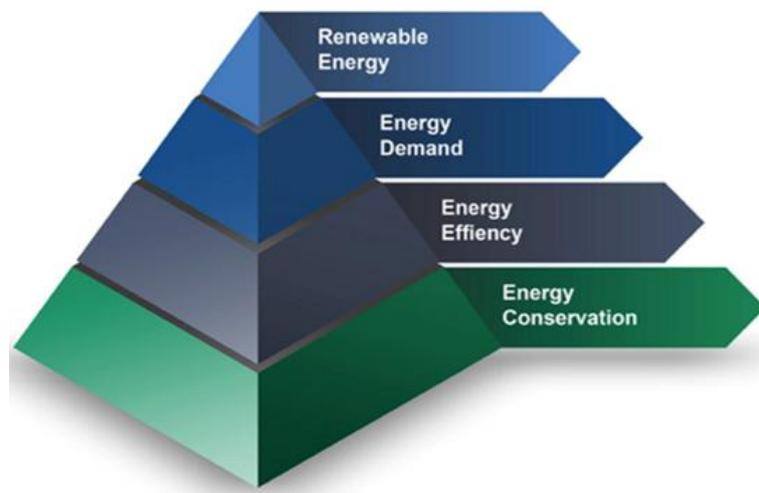
## Conservación de la Energía

Antes de realizar cualquier proyecto de gestión de la energía y/o eficiencia energética es primordial realizar conservación de la misma.

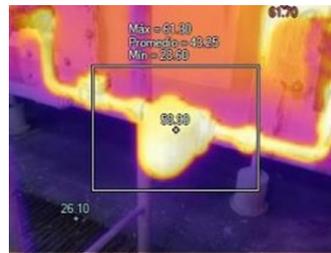
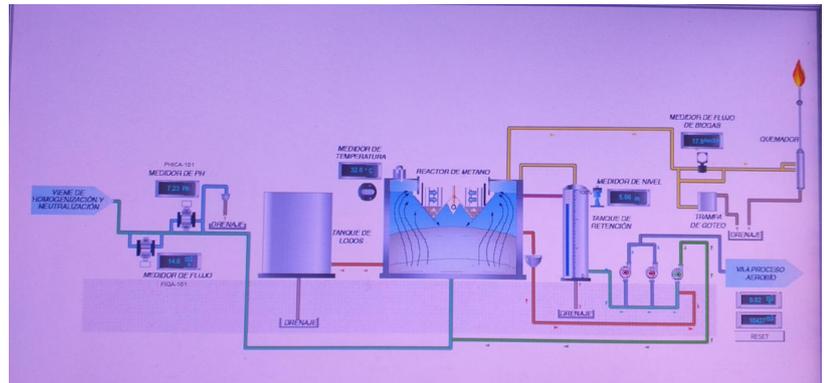
Que es la conservación de la Energía?:

Es la reducción en la cantidad de energía consumida en un sistema, proceso, una organización, una sociedad o un país a través de la economía y la eliminación del despilfarro y utilización racional.

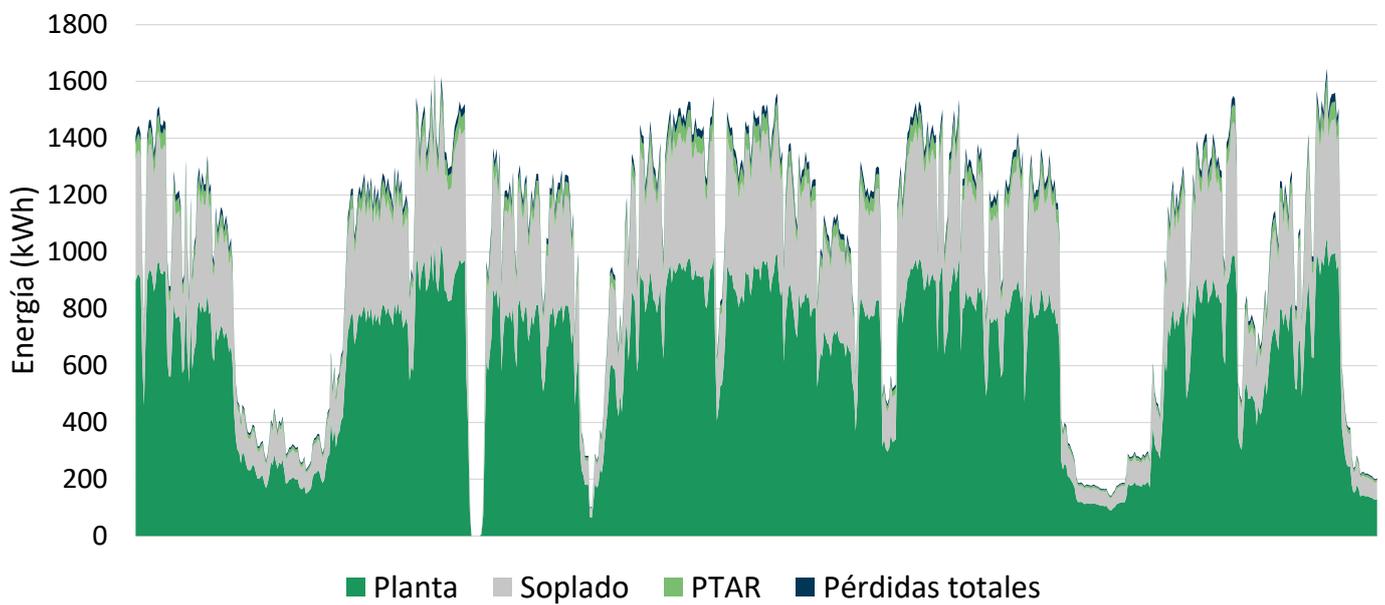
Pirámide de la Energía según Dennis Buffinton



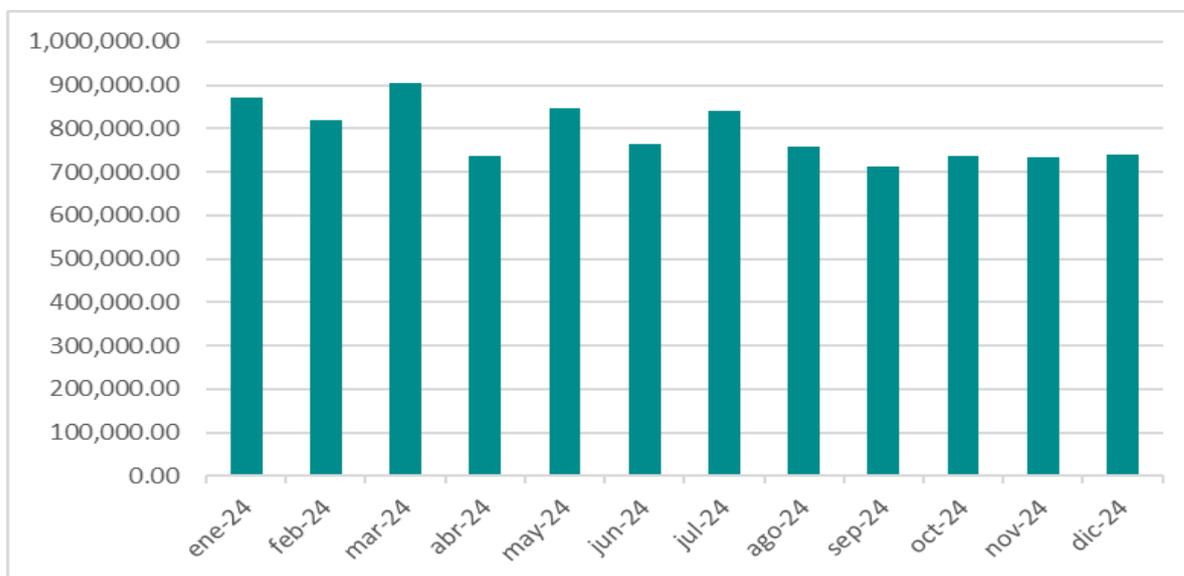
# Realización de la Auditoría Energética



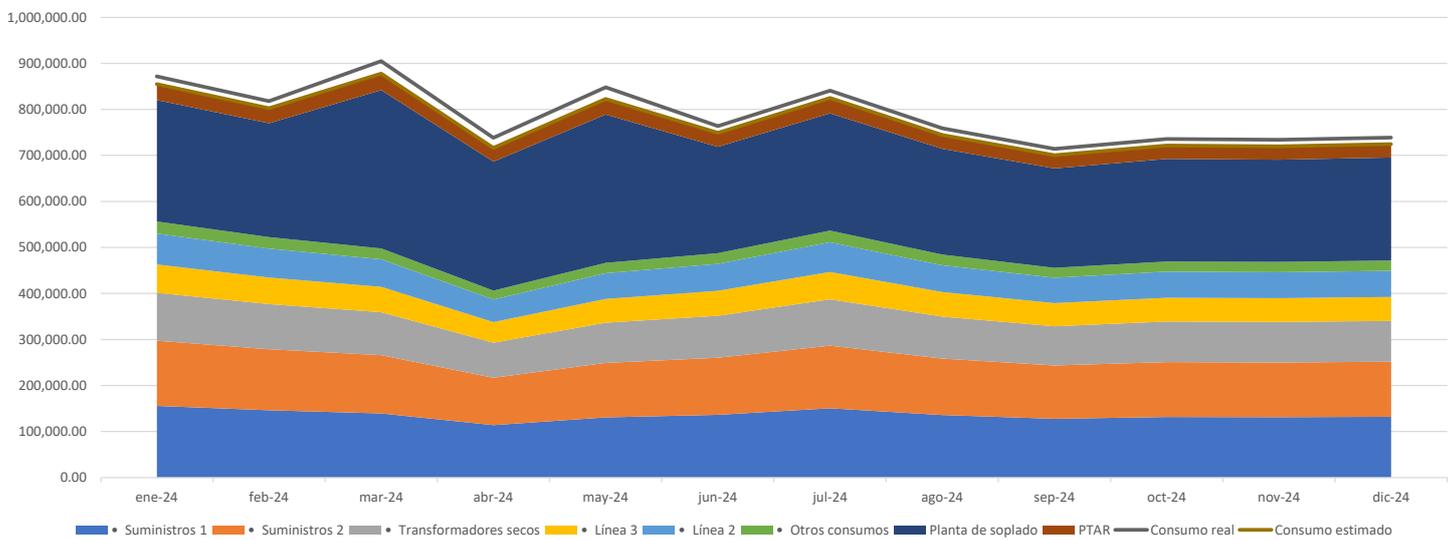
## Perfil de carga durante el Estudio



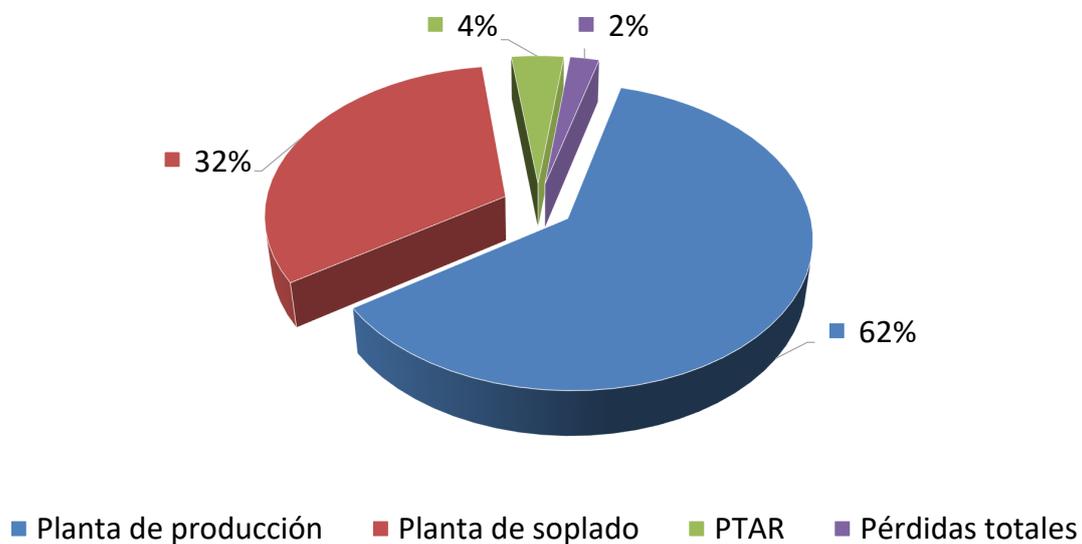
## Consumo de energía



## Apilamiento de carga

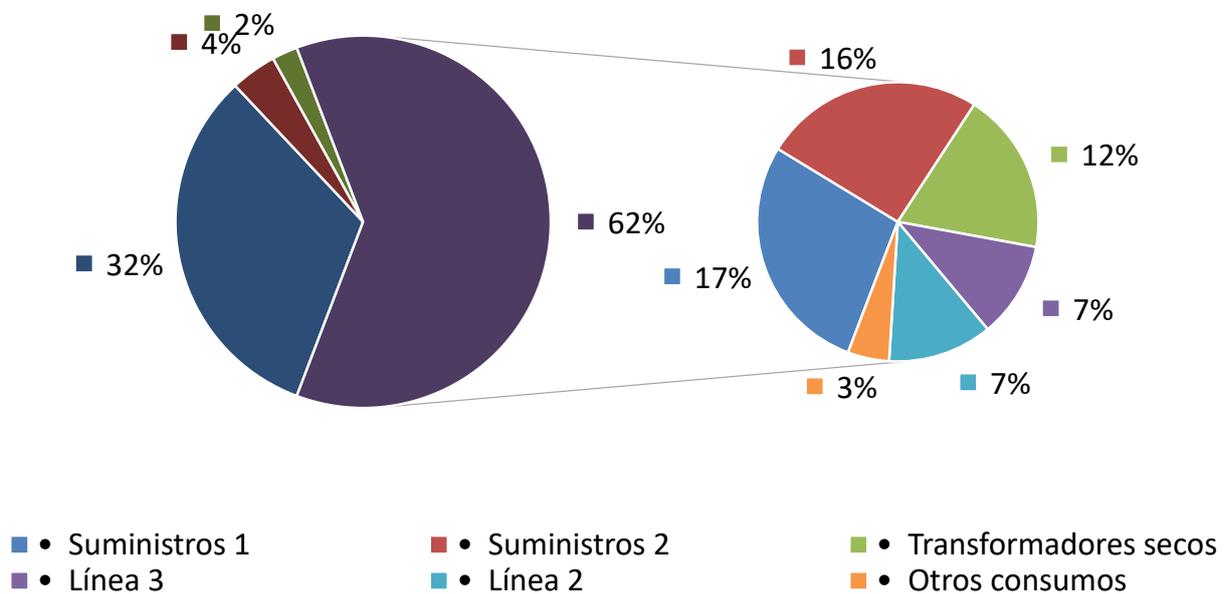


## Consumo energético (Por proceso)



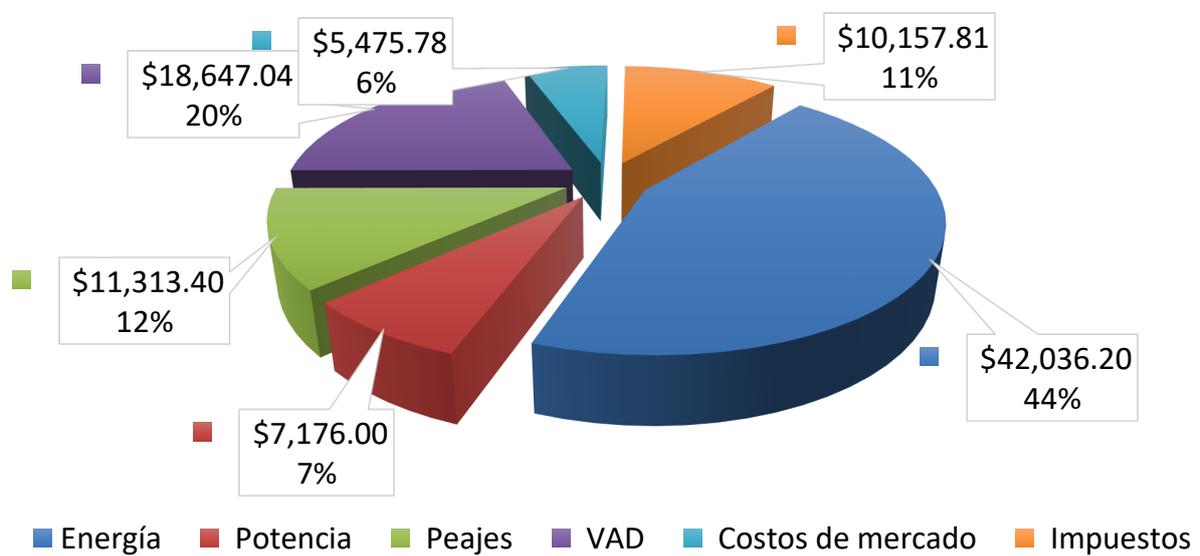
José Samuel Monterroso, PhD., M.A., Ing. C.E.M., C.G.B.E.

## Consumo energético (Por distribución de consumo)



José Samuel Monterroso, PhD., M.A., Ing. C.E.M., C.G.B.E.

## Composición de factura



José Samuel Monterroso, PhD., M.A., Ing. C.E.M., C.G.B.E.

## 6 Mesa de Energías Renovables

# Propuestas de Mejora en Eficiencia Energetica

# de medida de mejora	Acciones de mejora	Inversión	Ahorro anual	Payback Simple	VPN	TIR	Energía anual ahorrada	Emisiones Evitadas
		USD	USD/año				(kWh)	Kg CO2 Equiv
1	Reemplazo de motor de 150 HP para Compresor de Amoniaco # 5	\$ 16,500.00	\$ 5,740.42	2.87	\$ 18,772.40	32.7%	77,129	22,753
2	Suministro, instalación y puesta en marcha de Microturbina de 65 KW, para combustible Biogás	\$ 200,000.00	\$ 65,698.20	3.04	\$ 185,170.00	31.0%	491,040	144,857
3	Reemplazo de motor de 150 HP para Compresor de Amoniaco # 4	\$ 16,500.00	\$ 4,049.28	4.07	\$ 8,381.07	20.8%	54,407	16,050
4	Reemplazo de motor de 150 HP para Compresor de Amoniaco # 3	\$ 16,500.00	\$ 4,049.28	4.07	\$ 8,381.07	20.8%	54,407	16,050
5	Suministro e instalación de Analizadores con monitoreo remoto en tiempo real para los 10 tableros electricos. (Planta Producción, Soplado, PTAR, Suministros #1, Suministros # 2, Línea 1, Línea 2, Línea 3, Transformador Seco, Tratamiento de Agua)	\$ 19,500.00	\$ 4,050.00	4.81	\$ 5,385.50	16%	N/A	N/A
6	Suministro e instalación de 600 KWp de generación fotovoltaica	\$ 480,000.00	\$ 87,654.00	5.48	\$ 58,595.89	13%	876,540	258,579
<b>TOTALES</b>		<b>749,000</b>	<b>171,241</b>	<b>4.37</b>		<b>22.39%</b>	<b>1,553,523</b>	<b>458,289</b>

## Hallazgos



Achieve ultra-low emissions and reliable electrical generation from digester gas.



C85 Microturbine

### Electrical Performance<sup>(1)</sup>

Electrical Power Output	65kW
Voltage	400/480 VAC
Electrical Service	3-Phase, 4 Wire Wye
Frequency	50/60 Hz
Electrical Efficiency LHV	28%

### Fuel/Engine Characteristics<sup>(1)</sup>

Digester Gas HHV	20.5–32.6 MJ/m <sup>3</sup> (550–875 BTU/scf)
H <sub>2</sub> S Content	< 5,000 ppmv
Inlet Pressure	517–551 kPa gauge (75–80 psig)
Fuel Flow HHV	919 MJ/hr (871,000 BTU/hr)
Net Heat Rate LHV	12.9 MJ/kWh (12,200 BTU/kWh)

### Exhaust Characteristics<sup>(1)</sup>

NOx Emissions @ 15% O <sub>2</sub>	< 9 ppmvd (18 mg/m <sup>3</sup> )
Exhaust Mass Flow	0.49 kg/s (1.08 lbm/s)
Exhaust Gas Temperature	329°C (625°F)

## Hallazgos



## Hallazgos



## Hallazgos



## Hallazgos



## Hallazgos (Energía eléctrica)

### Subestaciones

---

Carencia de mantenimiento preventivo a las tres subestaciones. Se recomienda realizar mantenimiento preventivo a las subestaciones una vez al año (pruebas de relación de transformación, fisicoquímicas, cromatografía de gases disueltos, cuantitativa para PCB's)

Se recomienda utilizar entre el 60% al 80% de la capacidad nominal de cada subestación para que éste trabaje en óptimas condiciones, reduciendo el consumo energético (traduciéndose en pérdidas en transformación)

### Bajo factor de potencia

---

Detección de bajo FP en las tres subestaciones. Se recomienda reparación e implementación de banco de capacitores en las tres subestaciones para la corrección del mismo.

Los motores de los compresores de amoníaco aportan significativamente a la reducción del FP (motores antiguos y de eficiencia estándar).

### Sistema fotovoltaico

---

Dimensionamiento de sistema fotovoltaico de 600 kWp. La propuesta está contemplada según el perfil de carga o hábito de consumo de la planta para autoconsumo.

### Medición | IDEn

---

Medición remota para consumidores de energía. Pulir el IDEn (l/kWh) para establecer la energía asociada a este proceso.

## Hallazgos

(Energía térmica)

### Trampas de vapor

---

Mantenimiento o reemplazo de trampas de vapor en lavadora de envases.

### Caldera

---

Eficiencia del 92%. Funcionamiento correcto

### Metano

---

Cuantificación la calidad de CH<sub>4</sub> producido en PTAR

### Aislantes térmicos

---

Reemplazo o implementación de aislantes en válvulas

### Medición remota

---

Medición para cuantificación de combustible

Implementación de medicion de vapor por consumidor (líneas de producción, saneamiento de agua, etc.)

### IDEn

---

Desarrollar un indicador de desempeño energético que contemple el consumo de energía por vapor producido

## Reporte de capacidad Instalada

### Capacidad máxima por subestación

---

- Producción (1,900 kW)
- Soplado (1,425 kW)
- PTAR (285 kW)

### Capacidad de la acometida

---

2,700 kW (capacidad desde los CT's y PT's para cada subestación)

### Capacidad de demanda actual por subestación

---

- Producción (750 kW) (39.47%)
- Soplado (435 kW) (30.53%)
- PTAR (45 kW) (15.79%)

### Capacidad de crecimiento que puede tener la planta

---

- Hasta 3.61 MW

### Capacidad máxima de las líneas del circuito

---

- 8,082.87 kW

### Proyección de crecimiento de 3MW

---

Actualmente la planta cuenta con la capacidad de carga suficiente (cables de aluminio 1/0) para el crecimiento de la misma. Pero el equipo de medición soporta hasta 2,700 kW, por lo que es necesario instalar CT's/PT's de mayor capacidad.

6.2 Javier Ojeda (CEM<sup>®</sup>, REP<sup>®</sup>). HYSOVENT *Optimización de la integración hidráulica, solar y eólica utilizando*

**6.2. Javier Ojeda (CEM<sup>®</sup>, REP<sup>®</sup>). HYSOVENT  
*Optimización de la integración hidráulica, solar y  
eólica utilizando RETScreen***

# Optimización de la integración hidráulica, solar y eólica utilizando RETScreen

Estudio de Factibilidad para la Integración de Energías Renovables en  
Forbes Lake

---

Mesa de Energías Renovables

Javier Ojeda, P.Eng. CEM, REP, CRE, PMP, MBA



## Visión General del Proyecto

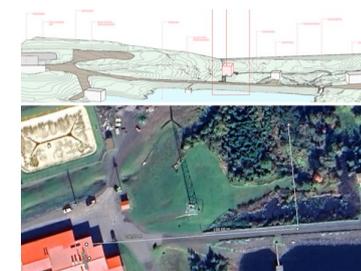
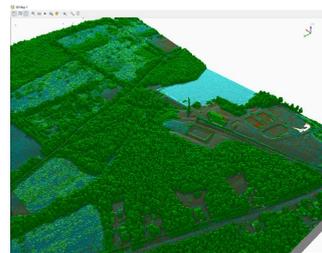
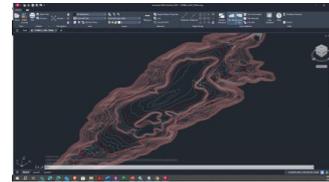
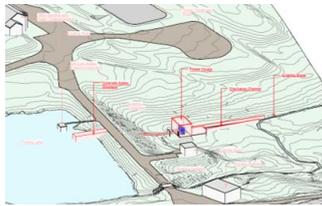
- Evaluar la factibilidad de integrar:
  - Microcentrales hidroeléctricas
  - Sistema solar fotovoltaico (FV)
  - Energía eólica
  - Controlar el nivel del lago mientras se genera electricidad removable
- Ubicación: Forbes Lake, New Glasgow, Nueva Escocia
- Coordenadas: 45.5058, -62.6378





## Componente Hidroeléctrico

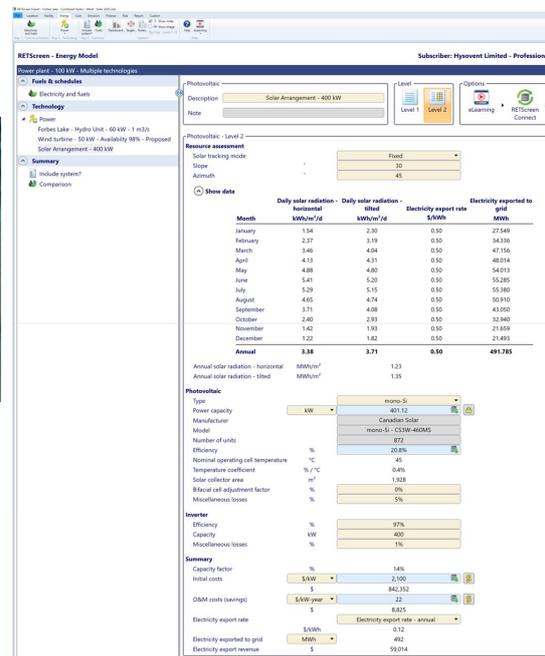
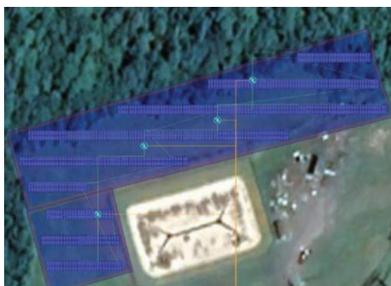
- Instalar una microturbina hidroeléctrica para aprovechar el agua que de otro modo se vertería
- Control del nivel del embalse y generación de energía limpia
- Método Hydro Formula Costing utilizado para estimaciones detalladas de costos





# Componente Solar FV

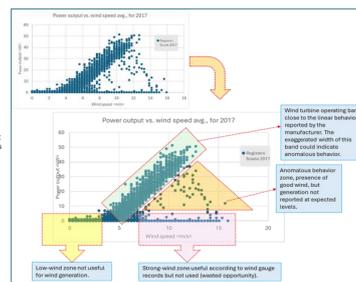
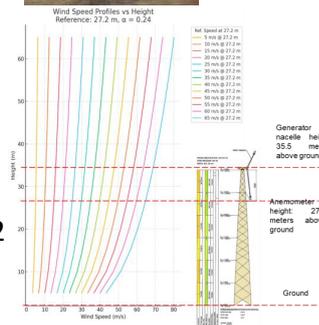
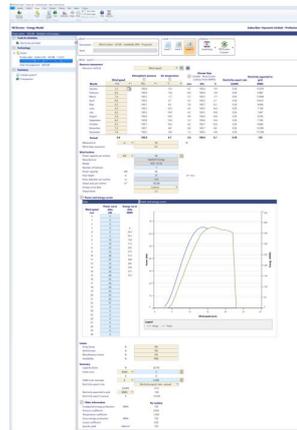
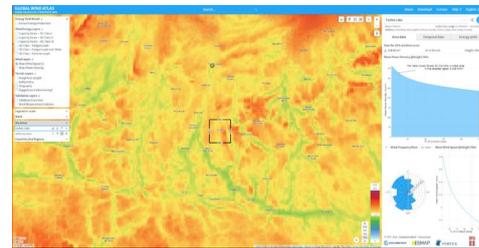
- Potencia prevista del sistema: 400 kW
- Instalación en suelo, frente al edificio de la planta de tratamiento de agua
- Se eligió sistema fijo en lugar de seguimiento solar por motivos de costo





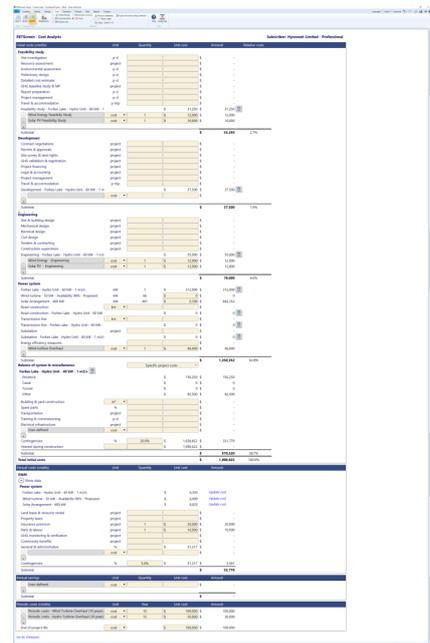
# Componente Eólico

- Turbina eólica existente con capacidad de 50 kW
- La baja disponibilidad actual limita su rendimiento
- Planeadas modernizaciones y reacondicionamiento para aumentar disponibilidad
- Recalculo de rendimiento usando Info de Wind Atlas
- Datos técnicos:
  - Altura de la góndola: 35,5 m
  - Altura del anemómetro: 27,2 m



## Modelo Energético Integrado

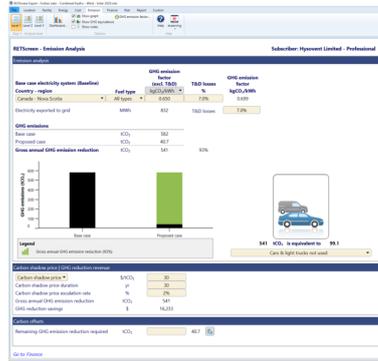
- Todos los sistemas comparten:
  - Misma ubicación general
  - Mismo centro de transformación
- Energía utilizada para alimentar la planta de tratamiento de agua
- Excedente exportado a la red eléctrica con tarifa preferencial
- Simulación realizada con RETScreen Expert para:
  - Producción de energía
  - Ahorros en emisiones
  - Ahorros en costos energéticos



# Análisis Financiero y de Emisiones

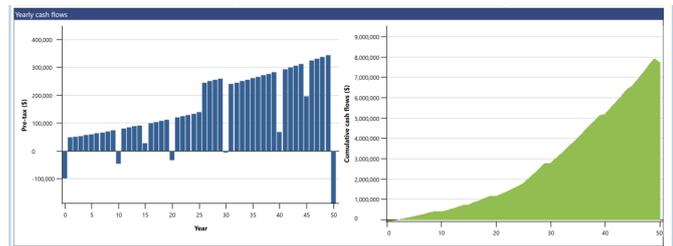


- Se realizó un análisis financiero completo, considerando:
  - Incentivos
  - Préstamos
  - Subvenciones
- Cálculo de ROI (retorno sobre la inversión) y VPN (Valor Presente Neto)
- Reducciones de emisiones calculadas con factores actualizados de la red de Nueva Escocia para 2025



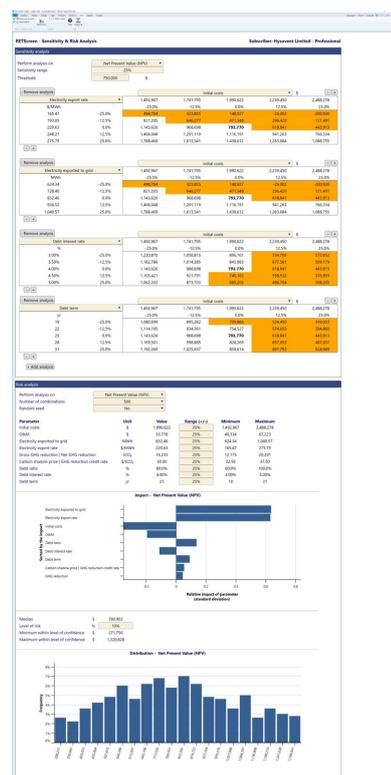
**RETScreen - Financial Analysis**

Financial indicator	Unit	Value	Year	Pay Day	Competitive
Initial cost	\$	31,200	0	0	31,200
Development	\$	79,000	1	1	47,932
Discount rate	%	7%			7%
Power option	\$	4,278,352	3	3	51,223
Project life	yr	25			25
Balance of system & infrastructure	\$	1,936,822	4	4	36,242
<b>Total initial costs</b>	<b>\$</b>	<b>1,966,822</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10,399</b>
Operation and profits	\$	298,591	6	6	61,851
Subvention and grants	\$	298,591	7	7	61,851
Debt value	\$	80,000	8	8	17,260
Debt interest rate	%	5			5%
Debt term	yr	25			25
Debt payments	\$	101,049	10	10	21,821
Debt payments - 25 yrs	\$	101,049	11	11	21,821
<b>Total annual costs</b>	<b>\$</b>	<b>195,717</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>40,811</b>
Annual savings and revenue	\$	183,664	15	15	37,444
Electricity export revenue	\$	183,664	16	16	37,444
GHG reduction savings - 20 yrs	\$	62,211	17	17	12,864
<b>Total annual savings and revenue</b>	<b>\$</b>	<b>44,180</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>9,080</b>
Net yearly cash flow - Year 1	\$	1,364,714	22	22	294,844
Net yearly cash flow - Year 2	\$	1,364,714	23	23	294,844
Net yearly cash flow - Year 3	\$	1,364,714	24	24	294,844
Net yearly cash flow - Year 4	\$	1,364,714	25	25	294,844
Net yearly cash flow - Year 5	\$	1,364,714	26	26	294,844
Net yearly cash flow - Year 6	\$	1,364,714	27	27	294,844
Net yearly cash flow - Year 7	\$	1,364,714	28	28	294,844
Net yearly cash flow - Year 8	\$	1,364,714	29	29	294,844
Net yearly cash flow - Year 9	\$	1,364,714	30	30	294,844
Net yearly cash flow - Year 10	\$	1,364,714	31	31	294,844
Net yearly cash flow - Year 11	\$	1,364,714	32	32	294,844
Net yearly cash flow - Year 12	\$	1,364,714	33	33	294,844
Net yearly cash flow - Year 13	\$	1,364,714	34	34	294,844
Net yearly cash flow - Year 14	\$	1,364,714	35	35	294,844
Net yearly cash flow - Year 15	\$	1,364,714	36	36	294,844
Net yearly cash flow - Year 16	\$	1,364,714	37	37	294,844
Net yearly cash flow - Year 17	\$	1,364,714	38	38	294,844
Net yearly cash flow - Year 18	\$	1,364,714	39	39	294,844
Net yearly cash flow - Year 19	\$	1,364,714	40	40	294,844
Net yearly cash flow - Year 20	\$	1,364,714	41	41	294,844
Net yearly cash flow - Year 21	\$	1,364,714	42	42	294,844
Net yearly cash flow - Year 22	\$	1,364,714	43	43	294,844
Net yearly cash flow - Year 23	\$	1,364,714	44	44	294,844
Net yearly cash flow - Year 24	\$	1,364,714	45	45	294,844
Net yearly cash flow - Year 25	\$	1,364,714	46	46	294,844
Net yearly cash flow - Year 26	\$	1,364,714	47	47	294,844
Net yearly cash flow - Year 27	\$	1,364,714	48	48	294,844
Net yearly cash flow - Year 28	\$	1,364,714	49	49	294,844
Net yearly cash flow - Year 29	\$	1,364,714	50	50	294,844



# Análisis de Riesgos

- Simulaciones Montecarlo en RETScreen para distintos escenarios
- Evaluación del impacto de variaciones en variables críticas sobre:
  - Viabilidad del proyecto
  - Umbrales económicos de factibilidad





## Equipo Hysovent para este Proyecto



Javier Ojeda



Zenahir Alvarado



Juan Carlos Marin



Sharleen Gatcha



Jesús Ojeda



Gregory Sealy



Marco Febres



Mike Detenbeck



## Conclusiones y Próximos Pasos

- El enfoque integrado de energías renovables es técnica y financieramente prometedor
- Próximos pasos:
  - Asegurar inversión de capital
  - Desarrollo de ingeniería de detalle y permisos
  - Planificación del cronograma de implementación
  - Involucrar a partes interesadas

¡Muchas gracias!  
¡Esperamos poder  
ayudarlos en sus  
proyectos!!

Javier Ojeda  
P.Eng, MBA, PMP, CEM, REP  
Owner, Principal Engineer  
HYSOVENT Sustainable Engineering  
Phone: **+1-902-2106828**  
email: [javier@hysovent.com](mailto:javier@hysovent.com)

Hysovent Limited  
[103-287 Lacewood Drive, Suite 121, Halifax, NS, B3M3Y7](https://www.hysovent.com)  
[Canada](https://www.hysovent.com)  
[www.hysovent.com](https://www.hysovent.com)



**HYSOVENT**  
sustainable engineering

6.3 Miguel Angel Amores González. TRIODOS BANK *Financiación de plantas de generación renovable bajo la modalidad de project finance*

**6.3. Miguel Angel Amores González. TRIODOS BANK**  
***Financiación de plantas de generación renovable bajo***  
***la modalidad de project finance***



## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía

- 7.1. Ricardo Romero Murillo (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>).  
TELEFONICA TECH. *Alumbrado inteligente:  
soluciones de telecontrol apoyadas en IoT & AI*

# Alumbrado inteligente: soluciones de telecontrol apoyadas en IoT & AI

---

Mesa de IA aplicada a la energía

Ricardo Romero Murillo

CEM<sup>®</sup> CMVP<sup>®</sup> TELEFONICA TECH

INTRODUCCIÓN

¿Quién soy?

**Ricardo Romero Murillo**

CEM<sup>®</sup> ID91718 / CMVP<sup>®</sup> ID2108 (2012)

Ingeniero Técnico (Perito) Industrial

Grado en Ingeniería Mecánica

MBA, Administración y Dirección  
Empresas

Parte de Telefónica Tech desde 2020

Product manager Smart Lighting



Tecnología



Trail runner



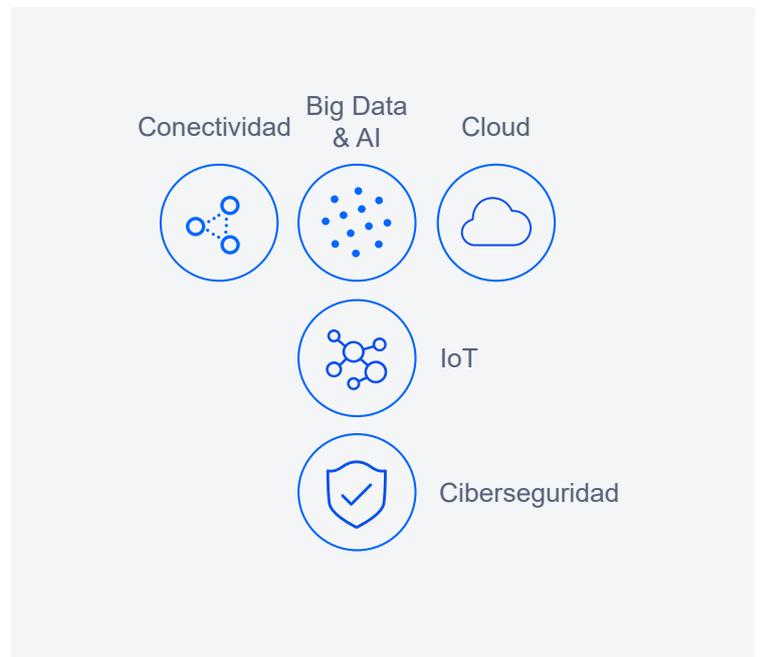
Energías renovables y  
eficiencia energética

INTRODUCCIÓN

## ¿Qué es Telefónica Tech?

En 2020 se crea Telefónica Tech, el integrador de tecnología del Grupo Telefónica

Proporcionamos el conocimiento y las herramientas necesarias para transformar negocios a través de nuestros servicios de Conectividad, Ciberseguridad, Cloud, IoT, Big Data e Inteligencia Artificial.



## CONTEXTO

### ¿Qué es el internet de las cosas (IoT)?

Y si le preguntamos a un experto... ¿Cómo lo define la Inteligencia Artificial (IA)?



**hola**

¡Hola! 😊 ¿En qué puedo ayudarte hoy?

**podrías definir que es el IoT, enfocado a la energía y en menos de 50 palabras?**

El IoT en energía es la interconexión de sensores y dispositivos para monitorizar, automatizar y optimizar la generación, distribución y consumo energético, mejorando la eficiencia, reduciendo costes y facilitando la integración de energías renovables<sup>[1] [2] [3]</sup>.



1. <https://www.iberdrola.com/conocenos/nuestra-actividad/smart-grids/internet-energia>
2. <https://inycomenergy.com/internet-of-the-things-aplicaciones-de-la-iot-para-la-industria-energetica/>
3. <https://tec-eos.com/aportacion-del-internet-de-las-cosas-en-el-sector-energetico/>

CONTEXTO

## Aplicación del IoT & AI en alumbrado público exterior

Nos permite evolucionar de un alumbrado eficiente ...  
... a un alumbrado inteligente y sostenible



### RETOS

- Reducción de uno de los principales consumidores de energía eléctrica en los municipios (~40-60%)
- Reducir la contaminación lumínica y la huella de CO2, optimizando cómo, cuándo y dónde iluminar las ciudades
- Enfoque tecnológico robusto y escalable
- Mejorar la planificación, gestión y mantenimiento del alumbrado en las ciudades
- Interoperabilidad y estandarización con otros servicios y aplicaciones en las ciudades (smart cities)
- Ciberseguridad

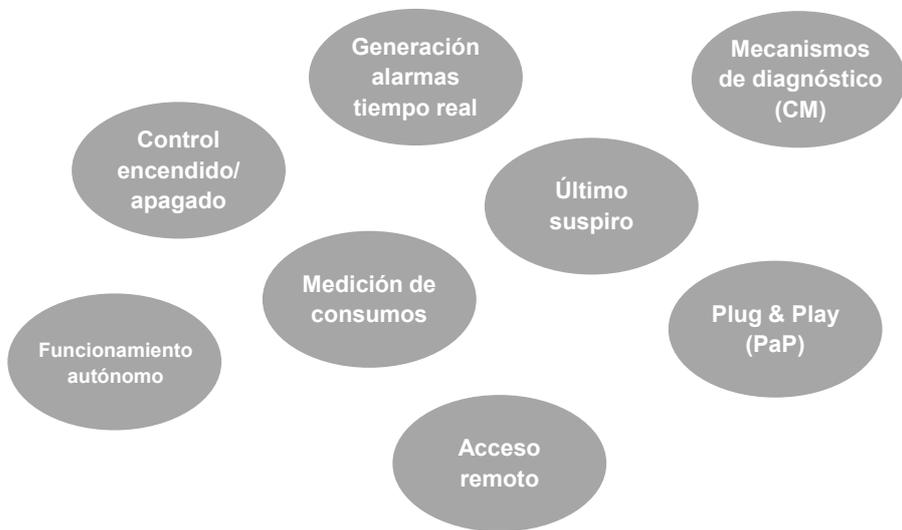
### BENEFICIOS

- Uso más eficiente de los recursos energéticos disponibles
- Reducción de costes al maximizar la gestión de los activos
- Eficiencia en las operaciones gracias a la monitorización y control del sistema
- Mejora en la toma de decisiones mediante el uso avanzado de la información histórica en base a comportamientos reales
- Satisfacción del ciudadano, adaptando el servicio de alumbrado al flujo de las personas y a las condiciones ambientales

SOLUCIONES

## Tipología de soluciones IoT en sistemas de telecontrol para alumbrado

Gracias a los avances tanto en microelectrónica como en desarrollo de nuevos módulos de comunicación..  
...los podemos agrupar en dos tipologías principales...



SOLUCIONES

## Despegue de las soluciones IoT en sistemas de telecontrol para alumbrado

Las tecnologías de comunicaciones LPWA son las primeras creadas exclusivamente para IoT, ideales para casos de uso de despliegue masivo

### Características principales LPWA

- **Baja transmisión de datos**
- **Mayor penetración de la señal** para conectar objetos remotos
- **Alta eficiencia** para maximizar la vida de las baterías (>10 años)
- Casos de uso de aplicación:
  - ✓ smart cities (alumbrado, parking, residuos)
  - ✓ smart metering (agua, gas)
  - ✓ movilidad (control de flotas, balizas)

### Redes licenciadas

- Tecnología ofertada solo por telcos y que se basa sobre la infraestructura existente 4G
- Cobertura nacional (en algunos países en despliegue)
- No requiere despliegue por proyecto
- Modalidad OPEX y con visibilidad del precio a varios años



### Redes no licenciadas

- Tecnología ofertada solo por especialistas y que requiere de un despliegue ad-hoc por proyecto
- Habitualmente cobertura local en zona de despliegue
- Suele tener un coste menor que la red licenciada pero con menor calidad de servicio
- Modalidad CAPEX (infraestructura comunicaciones) y OPEX (servicio de mantenimiento)



SOLUCIONES

## Uso de la inteligencia artificial (AI) en alumbrado público

Mediante la integración y análisis de datos de movilidad, factores climáticos y puntos de interés, se pueden proporcionar recomendaciones precisas y personalizadas para mejorar el servicio de alumbrado



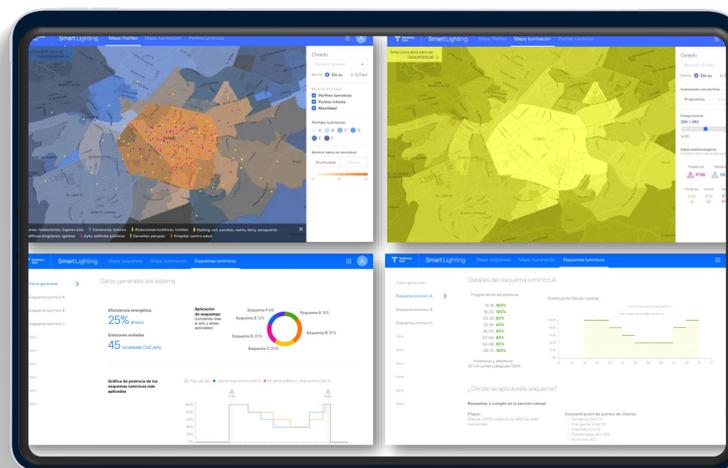
Datos de movilidad



Información climatológica



Puntos de interés



Planificación dinámica y adaptable



Recomendaciones de perfiles lumínicos ad hoc



Mantenimiento predictivo

SOLUCIONES

## Componentes para la transformación digital hacia un alumbrado inteligente

De los sistemas de telecontrol a los informes de negocio..



### Internet de las Cosas (IoT)

- ✓ Dispositivos IoT conectados e integrados (Fiware)
- ✓ Pruebas/ensayos de conectividad (TheThinX)



### Comunicaciones

- ✓ Redes celulares (Estándar 3GPP, SIM SWAP)
- ✓ Plataforma de gestión conectividad (Kite)



### Plataforma de gestión

- ✓ Gestión remota de los dispositivos
- ✓ Actualización firmware remota (FOTA)



### Analítica de datos

- ✓ Adaptación al comportamiento del ciudadano
- ✓ Selección de perfiles lumínicos en base a diferentes criterios

## CONCLUSIÓN

### Factores que impulsarán la transición del mercado de alumbrado exterior hacia el alumbrado inteligente



Necesidad de **cumplimiento de los objetivos de descarbonización** de los municipios, alineados con los compromisos adquiridos en los Planes Nacionales de Energía y Clima y de la UE.



**Adopción de estándares** para controlar todas las marcas y modelos de luminarias, como "ZD4i" (conector Zhaga y protocolo DALI 2 con el driver LED).



Impulso institucional y financiación sin intereses mediante **programa de ayudas para proyectos singulares de renovación del alumbrado exterior municipal** promovido por IDAE a cargo del FNEE. Primera convocatoria 2023 (100 M€). Segunda convocatoria 2025 (155 M€).

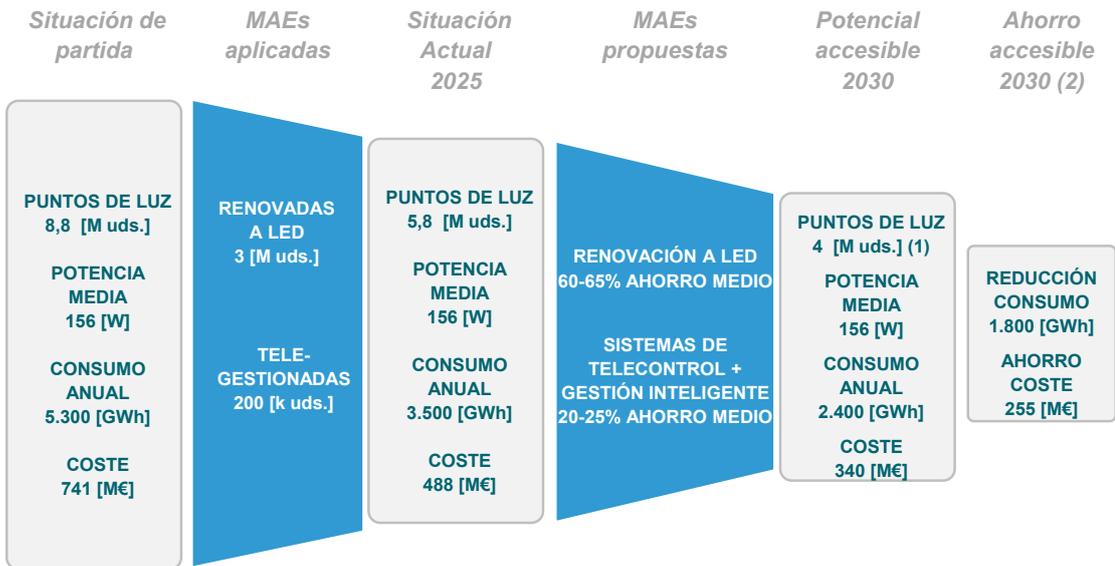


Los sistemas de alumbrado inteligente pueden ser la **columna vertebral de las smart cities**, permitiendo la integración de sensores ambientales, sistemas de monitorización del tráfico, cámaras de videovigilancia o puntos de recarga de vehículo eléctrico.



CONCLUSIÓN

## ¿Y si hablamos de ahorro energético?



34% reducción consumo frente a situación de partida (3)



(1) Se estima que se renovarán a led un 3,5 M uds. + 0,5 M uds. nuevas.  
 (2) Considerando 80% reducción consumo con renovación a LED + sistemas de telecontrol + gestión inteligente (regulación horaria, condiciones ambientales, datos de movilidad, control punto a punto o por CM, monitorización en tiempo real, mantenimiento predictivo).  
 (3) Objetivos del PNIEC 2023-2030: 32% de reducción de emisiones de GEI respecto a 1990.



¡¡Muchas gracias por  
vuestra atención!!

 [ricardo.romero.murillo@telefonica.com](mailto:ricardo.romero.murillo@telefonica.com)

 [linkedin.com/in/ricardoromeromurillo](https://www.linkedin.com/in/ricardoromeromurillo)

*7 Mesa de IA aplicada a la Energía*

**7.2. Julia Bayascas. SPACEWELL Modelos de Inteligencia Artificial en Gestión Energética: de la Construcción de Líneas Base a la Predicción Avanzada del Consumo**

# Modelos de Inteligencia Artificial en Gestión Energética: De la Construcción de Líneas Base a la Predicción Avanzada del Consumo

---

Mesa de Inteligencia Artificial  
Júlia Bayascas Caseras

## Ponente

- Formación: Ingeniería industrial (UPC) y máster en Energías Renovables (InnoEnergy, EIT).
- Experiencia profesional:
  - **Siemens Energy**, Energy Market Analyst
  - **Spacewell Energy (DEXMA)**, Customer Success & AI Product Manager



**Júlia Bayascas Caseras**

AI Product Manager en Spacewell Energy (DEXMA)

## La importancia de los datos

Calidad de los datos de entrada

+

Calidad del modelo

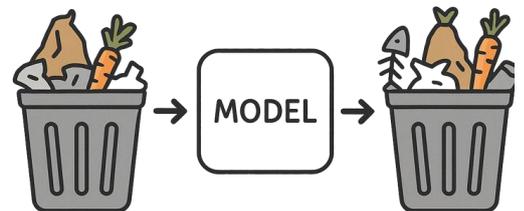


Calidad de los resultados

Problemas en los datos afectarán gravemente los resultados:

- Falta de datos
- Picos en los datos
- Datos estimados
- (...)

**GARBAGE IN,  
GARBAGE OUT**



## ¿Cómo elegir los modelos?

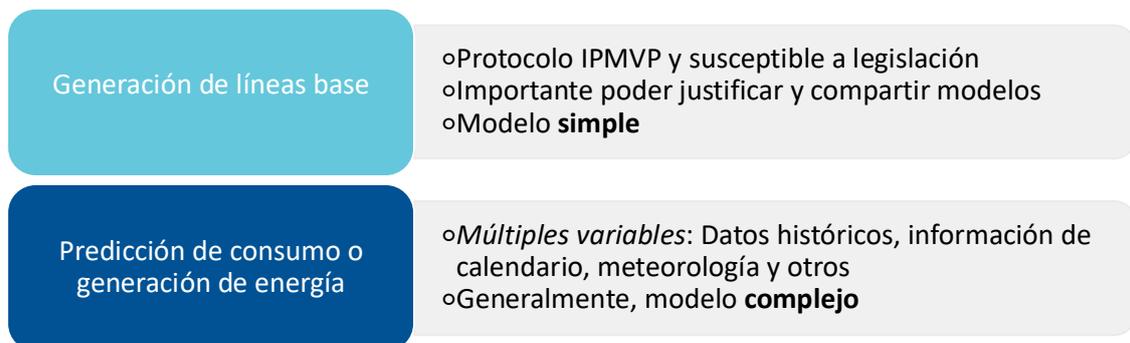
### Modelos simples (Ej: Regresión lineal)

- Más fáciles de **entender, representar y compartir**
- Menor necesidad de recursos

### Modelos complejos (Ej: Redes neuronales)

- Mejor **precisión**
- Posibilidad de explicar **relaciones complejas** entre variables

## Casos de uso de la inteligencia artificial en gestión energética

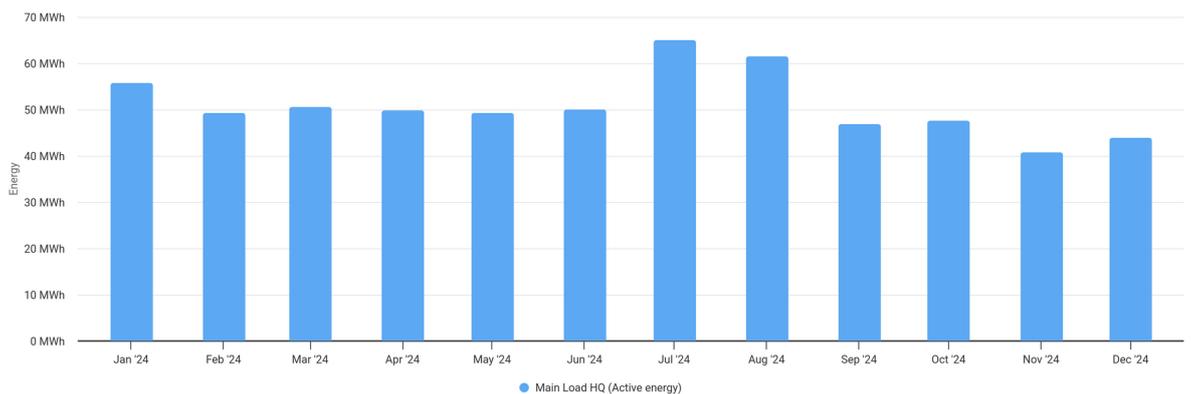


## Caso Práctico: Presentación del edificio

- Edificio de oficinas en Barcelona
- Superficie > 2000 m<sup>2</sup>
- Instalación fotovoltaica con vertido a red
- Datos meteorológicos disponibles

Monitorización de:

- Contador fiscal
- Generación fotovoltaica



## Caso Práctico: Construcción de líneas base

Modelo simple  $\neq$  Implementación simple

La persona que crea el modelo debe contribuir en conocimiento:

- Selección de variables
- Selección de periodo de referencia

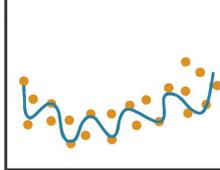
Problemática en regresiones lineales

- **Multicolinealidad:** Utilizar variables en el modelo que estén altamente correlacionadas entre ellas.
- **Overfitting:** Sobreajustar el modelo a los datos del periodo de referencia.

MULTICOLLINEARITY



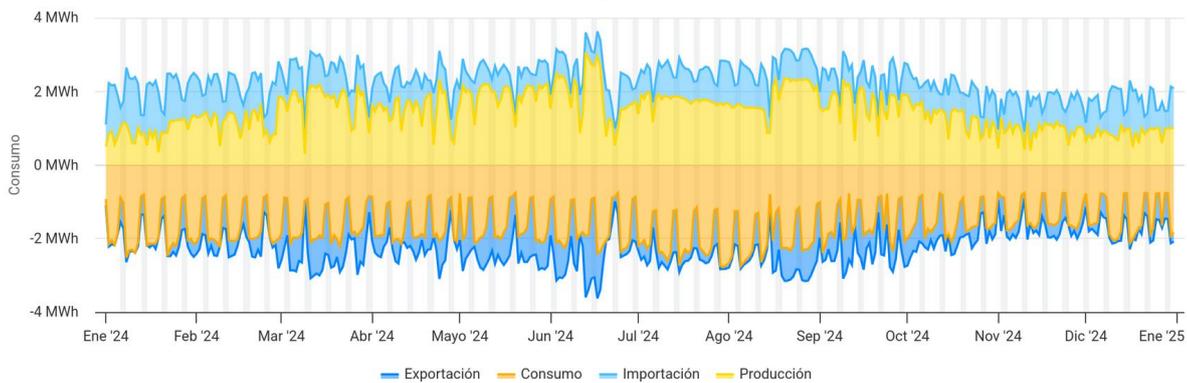
OVERFITTING



## Caso práctico: Ejemplo de multicolinealidad - Micro-red

$$\text{Producción total} + \text{Importación Red} = \text{Consumo total} + \text{Exportación Red}$$

Balance energético 2024



## Caso práctico: Ejemplo de multicolinealidad - Micro-red

<i>Matriz de correlaciones</i>	<i>Importación Red</i>	<i>Consumo total edificio</i>	<i>Exportación a red</i>
<b>Importación Red</b>			
<b>Consumo total edificio</b>	● Alta y positiva (0,7)		
<b>Exportación a red</b>	● Alta y negativa (-0,7)	● Media y negativa (-0,5)	
<b>Generación total planta FV</b>	● Baja	● Baja	● Alta y positiva (0,7)

¡Importante elegir variables para introducir en la fórmula que no estén altamente correlacionadas!

## Caso práctico: Ejemplo de overfitting

### Situación

Disponemos solo de datos de un año con frecuencia mensual + grados día

### Paso 1

Generamos línea base usando los grados día como variable (HDD = Heating, CDD = Cooling)

$$\text{Consumo} = 18926 + 66,59 * HDD + 24,66 * CDD \quad \longrightarrow \quad R^2 = 0.76, R^2_{adj} = 0.71$$

### Paso 2

Queremos mejores métricas pero no tenemos más datos, así que añadimos los meses del año como variable

*Consumo*

$$= 20353 + 57,82 * HDD + 17,11 * CDD + 2201 * \text{Febrero} + 971,36 * \text{Marzo} - 1796 * \text{Abril} - 3439 * \text{Junio} - 1764 * \text{Julio} + 1241 * \text{Septiembre} + 4843 * \text{Octubre} + 5080 * \text{Noviembre} - 1199 * \text{Diciembre}$$



$$R^2 = 1, R^2_{adj} = -$$



¿Hemos conseguido la ecuación perfecta?



## Caso práctico: Ejemplo de overfitting

(p) Número de variables independientes = 14

(n) Número de lecturas = 12

$$p > n$$

- Más incógnitas que ecuaciones
- Sistema **indeterminado**, muchas métricas son incalculables



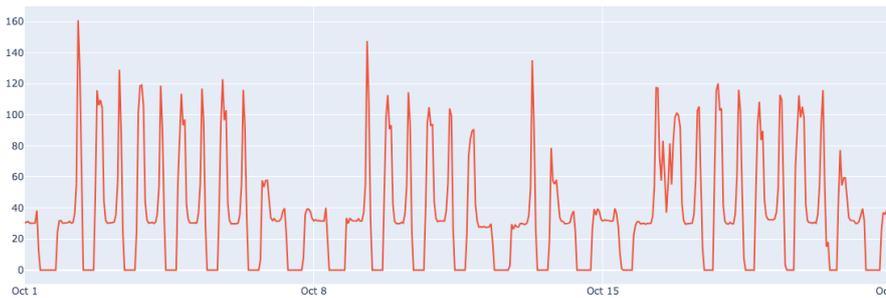
Aunque Excel nos de una ecuación, hay que ir con cuidado con  $R^2$  muy elevadas

Variables independientes
Grados día de calefacciónn (HDD)
Grados día de refrigeración (CDD)
Enero
Febrero
Marzo
Abril
Mayo
Junio
Julio
Agosto
Septiembre
Octubre
Noviembre
Diciembre

## Caso práctico: Predicción de consumo y generación energéticos

Intentamos predecir el consumo de un edificio con frecuencia horaria mediante 2 modelos diferentes:

- Simple: Regresión de **grado 2**  $\rightarrow Ax + Bxy + Cz^2 + (...) + D$
- Modelo IA complejo

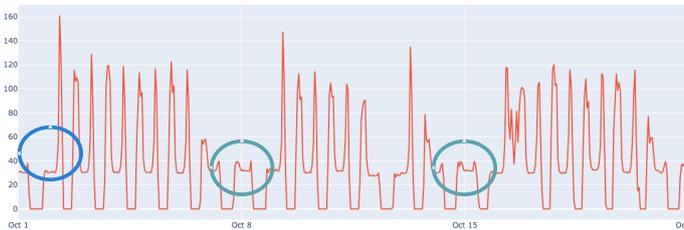


➔ Datos reales

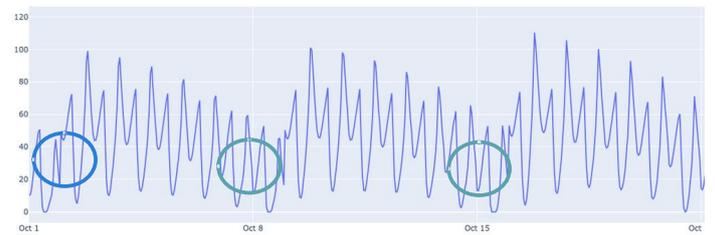
*¿Cuánto se acercó cada modelo a los datos reales?*

# Caso práctico: Predicción de consumo y generación energéticos

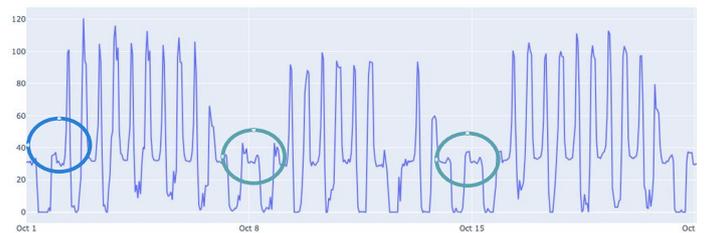
Datos reales



Modelo simple



Modelo complejo



## Conclusiones

- Lo más importante son los **datos**
- Vale la pena invertir tiempo a **entender y limpiar** los datos antes de crear modelos
- Es importante elegir modelos más simples o complejos en función del **problema a resolver** y los **resultados necesarios**: sin simplificar problemas complejos ni sobrecomplicar problemas sencillos

¡Muchas gracias por vuestra atención!



7.3 Nuria Gallego Salvador. *TEATRO REAL Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios*

**7.3. Nuria Gallego Salvador. *TEATRO REAL Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de Estudio: Teatro Real***

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de Estudio: Teatro Real

---

IA aplicada a la Energía

Nuria Gallego Salvador

7.3 Nuria Gallego Salvador. *TEATRO REAL Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios*



## ÍNDICE

---



---

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

7.3 Nuria Gallego Salvador. *TEATRO REAL Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edifi*

## PARTE I: OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

## CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

---



---

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial.  
Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

## CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN



MOTIVACIÓN

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

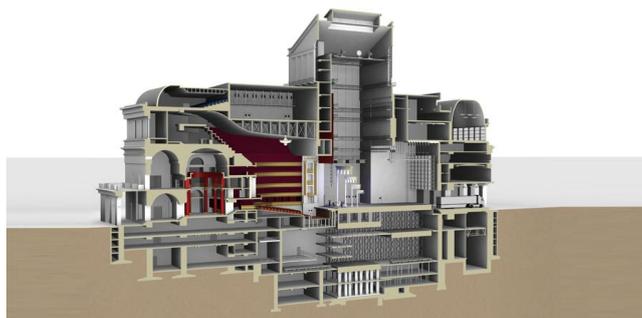
APORTACIONES

### Objetivo General de la Tesis:

Aplicar **herramientas de inteligencia artificial (IA)** para **optimizar el consumo energético en el Teatro Real**, garantizando conservación patrimonial, eficiencia operativa y confort, y proponiendo un modelo replicable para otros Bienes de Interés Cultural (BIC).

### Contexto y Motivación

- El Teatro Real es un edificio patrimonial multifuncional con gran complejidad energética.
- La tesis se alinea con la **Directiva EPBD (2024)**, que **impulsa la digitalización y eficiencia en edificios**, especialmente BIC.
- Se propone una **solución no invasiva basada en IA, adaptable a usos reales y respetuosa con el valor histórico del edificio, sin comprometer el valor patrimonial ni la funcionalidad escénica.**



Sección longitudinal del Teatro Real. Fuente: Teatro Real

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

## CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN

MOTIVACIÓN

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

APORTACIONES

### Objetivos Específicos

#### 1. Diagnóstico Inteligente

- Aplicar IA para identificar patrones de consumo y zonificar por uso (auditorio, ensayo, museo, oficinas).
- Crear perfiles energéticos por espacio y horario.

#### 2. Predicción de Demanda

- Modelos predictivos basados en IA considerando clima, eventos y ocupación.

#### 3. Optimización de Sistemas

- Integración con el BMS para controlar climatización, iluminación y cargas fantasma.
- Adaptación a usos específicos sin comprometer confort ni conservación.

#### 4. Conservación Patrimonial

- IA para anticipar riesgos de degradación y mantener condiciones termo-higrométricas estables.

#### 5. Modelo Replicable y Viabilidad

- Propuesta de gestión energética inteligente adaptada a BIC.
- Análisis de barreras técnicas, legales y percepción social.

#### 6. Comparativa con HULC

- Validación de resultados IA frente a herramientas oficiales.
- Demostración del valor añadido de sistemas inteligentes en contextos reales.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

7.3 Nuria Gallego Salvador. *TEATRO REAL Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios*

## PARTE II: ESTADO DEL ARTE

## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía



### PARTE II: ESTADO DEL ARTE

---

#### CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE, MARCO TEÓRICO



---

*Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real*

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

## CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE, MARCO TEÓRICO



NORMATIVA

SISTEMAS HVAC

BACS

METODOLOGÍA  
MÉTRICA V3

MODELOS  
ALGORÍTMICOS

MIDANO

Directiva “EPBD Eficiencia Energética en Edificios” (EPBD) y UNE EN 15232 recogen las directrices para la mejora de la eficiencia energética de los edificios

Se definen factores de eficiencia energética (fBAC), térmica y eléctrica del BACS o bms



Clase energética del sistema de control y automatización. Fuente: UNE EN 15232

SRI  
“Indicador de preparación para aplicaciones inteligentes”

ONE SINGLE SCORE CLASSIFIES THE BUILDING'S SMART READINESS



8 IMPACT CRITERIA



Esquema SRI. Fuente: <https://www.sostenibilidadyarquitectura.com/blog/2019/05/28/sri-for-buildings-definicion-de-un-indicador-de-preparacion-para-la-adaptacion-inteligente-de-los-edificios-de-la-ue28/>

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)



CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE, MARCO TEÓRICO



METODOLOGÍA PARA LA IMPLANTACIÓN DEL SISTEMAS DE INFORMACIÓN ASOCIADO AL SISTEMA DE CONTROL. MÉTRICA V3.

Metodología para el desarrollo y mantenimiento de Sistemas de Información, desarrollada por el Ministerio de Hacienda y Administraciones Públicas del Gobierno de España.

Establece un marco de gestión para garantizar los objetivos, confiere seguridad y da soporte a los sistemas de información en el ciclo de vida del software



Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)



## CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE, MARCO TEÓRICO

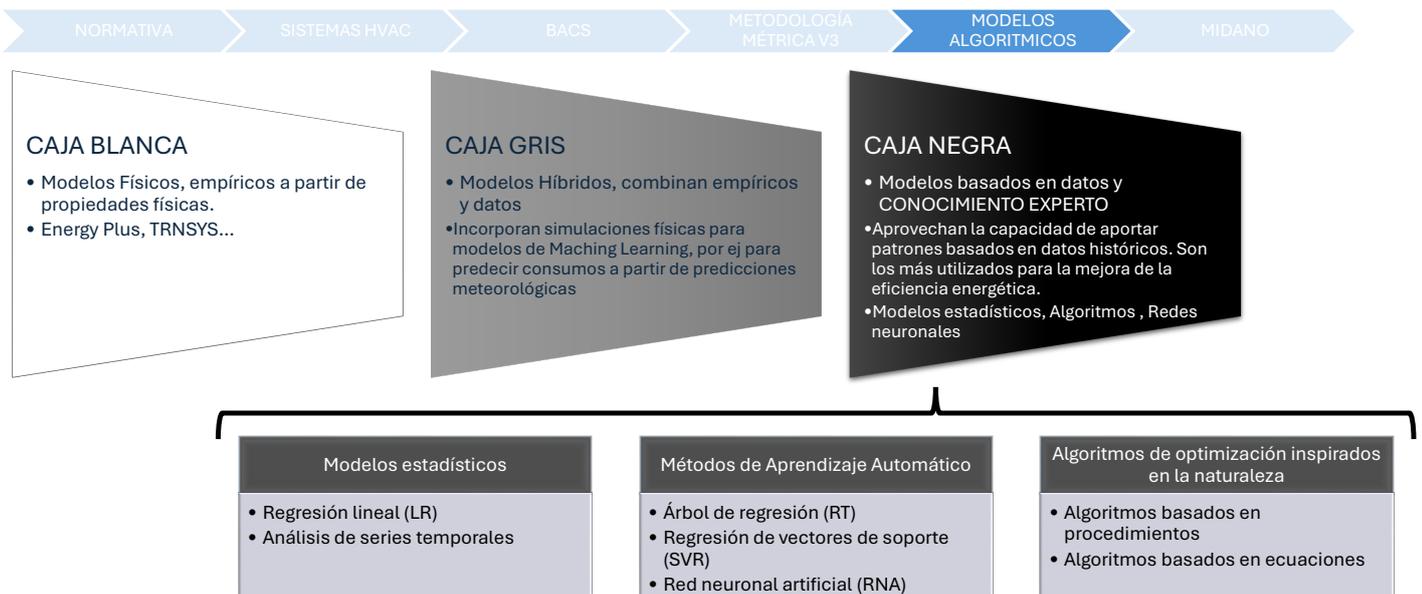


Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía

### CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE, MARCO TEÓRICO



Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

7.3 Nuria Gallego Salvador. *TEATRO REAL Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios*

## PARTE III: OBSERVACIÓN Y ANALISIS EXPERIMENTAL



### CAPÍTULO 3: RECURSOS PARA LA INVESTIGACION Y METODOLOGÍA PROPUESTA. CASO DE USO: TEATRO REAL

EL EDIFICIO Y SU HISTORIA

INSTALACIONES

CONSUMOS 2018

CONSUMOS 2024

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial.  
Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)





## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía

### CAPÍTULO 3: RECURSOS PARA LA INVESTIGACION Y METODOLOGÍA PROPUESTA. CASO DE USO: TEATRO REAL



EL EDIFICIO Y SU HISTORIA

SUS INSTALACIONES

CONSUMOS 2018

CONSUMOS 2024

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total
GR-DIA CAL	280	230	160	145	59	21	1	5	16	82	190	258	1445
GR-DIA REF	0	0	2	22	45	161	252	310	167	38	0	0	997

kWh Consumo eléctrico agrupado por servicio en el Teatro Real en 2018



$$\text{Indicador de consumo 2018} = \frac{6.849.770 \text{ kWh}}{78.210 \text{ m}^2} = 87,58 \text{ kWh m}^2 \text{ año}$$

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

CAPÍTULO 3: RECURSOS PARA LA INVESTIGACION Y METODOLOGÍA PROPUESTA. CASO DE USO: TEATRO REAL



EL EDIFICIO Y SU HISTORIA

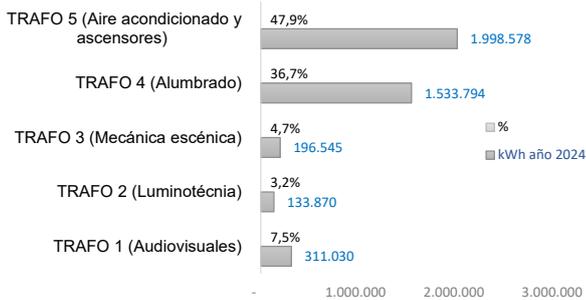
SUS INSTALACIONES

CONSUMOS 2018

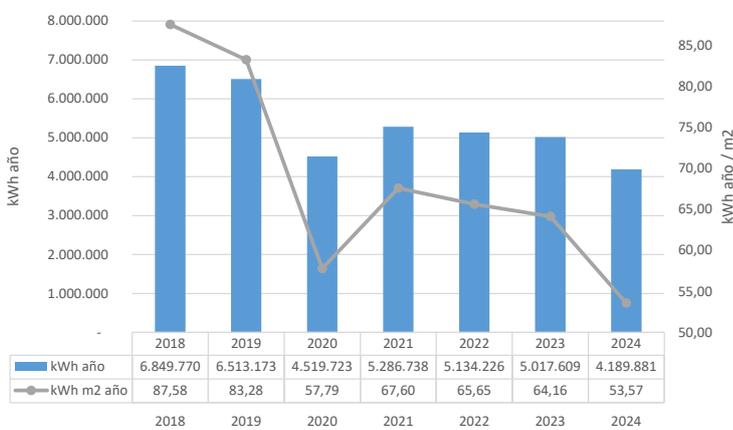
CONSUMOS 2024

$$\text{Indicador de consumo 2024} = \frac{4.189.881 \text{ kWh}}{78.210 \text{ m}^2}$$

**53,5 kWh m<sup>2</sup> año**



Consumo de energía en el Teatro Real entre los años 2018 y 2024



Consumo energético % por servicio en el Teatro Real en 2024. Fuente: elaboración propia

Evolución del consumo energético en el Teatro Real entre 2018 y 2024. Fuente: elaboración propia.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)



## CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

## CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



Las variables de contorno a las que se enfrenta el estudio científico son las siguientes:

- 1) **El modelo teórico** con el que se diseñó el sistema de climatización del edificio **no responde a la realidad** de las necesidades de explotación. Obligar a elección de **modelos de caja gris y caja negra**.
- 2) **La ocupación y actividad** de los espacios, que no responden a **ningún patrón**.
- 3) **Restricciones en pequeños rangos de temperaturas seca y humedad relativa** que deben mantenerse, de cara a garantizar la correcta conservación de las obras de arte, y la demanda de los artistas.
- 4) **La calidad de aire a mantener en el interior de los edificios**, en cada una de las áreas, más del 40% bajo rasante.
- 5) **Los rendimientos estacionales de los equipos de producción de frío y calor**, (SEER, y SCOP) y su potencia máxima, multifuncionalidad. Limitación de capacidad y búsqueda de punto óptimo de funcionamiento.



Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL

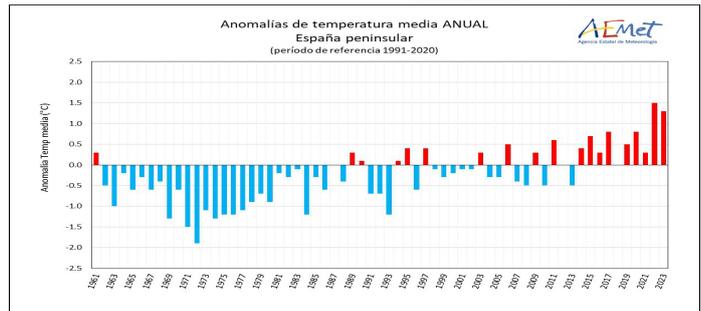


6) Los rendimientos de los procesos de intercambio energético, transferencia entre fluidos, refrigerante, agua, aire, así como los equipos de bombeo/impulsión, regulados por sus condicionantes, calor específico, temperatura y presión.



7) Las condiciones climatológicas exteriores, el cambio climático.

“El año 2023 tuvo carácter extremadamente cálido, con una temperatura media sobre la España peninsular de 15,2 °C, valor que queda 1,3 °C por encima de la media (período de referencia 1991-2020). Fue el segundo año más cálido desde el comienzo de la serie en 1961, por detrás tan solo de 2022, que resultó 0,2 °C más cálido que 2023. Los nueve años más cálidos de la serie pertenecen al siglo XXI.”



Serie de anomalías de la temperatura media anual en la España peninsular desde 1961 (Período de referencia 1991-2020). Fuente: MITECO.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

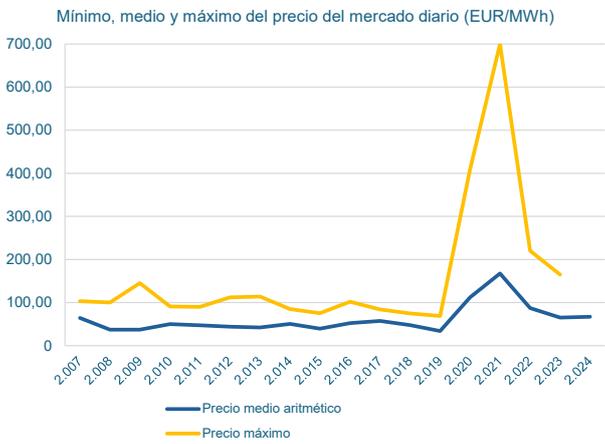
Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)



CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



**8) La variabilidad y volatilidad del precio de la energía. Unido al cambio en los periodos de tarificación**



Precio medio y máximo anual electricidad. Fuente: OMIE

Buscamos maximizar la eficiencia energética, maximizar el rendimiento, maximizar el confort y las condiciones demandadas en el interior, pero minimizando el coste y las emisiones de CO<sub>2</sub>, y que sea adaptativo a la volatilidad de las condiciones climáticas, regulatorias y del mercado energético. Debemos adaptar los consumos a los periodos

$$\begin{pmatrix} \text{Min Coste energía} & \text{Máx. confort } T^a, \text{ HR} \\ \text{Máx. ESEER} \text{ y } SCOP & \text{Máx. efc, Min emisiones} \end{pmatrix} f \begin{pmatrix} \text{Actividad var} & \dots & \text{Coste energía Var} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \text{Cond. Ext Var} & \dots & \text{Periodos tarif var} \end{pmatrix}$$

Ecuación principio de optimización multiobjetivo. Fuente: elaboración propia

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)



CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN, ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



Propuesta de gestión autónoma denominada ACODAT (*Autonomus Cycle of Data Analysis Tasks*): 8/2019

**Antecedentes:**

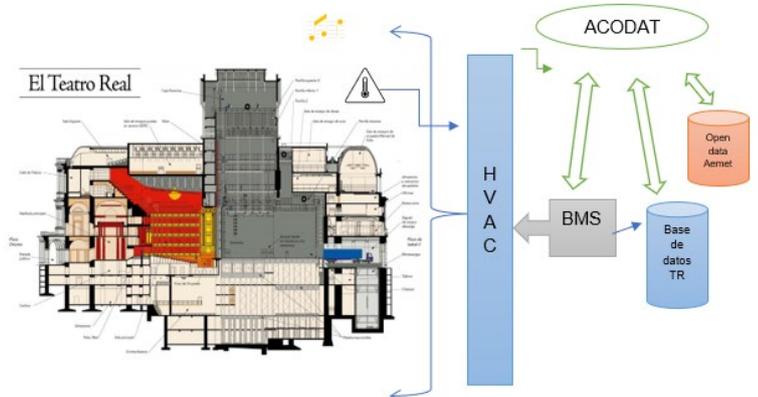
- BMS y Datos históricos desde 1997 (BD)

**Premisas:**

- Max eficiencia energética, confort y h
- Min consumo
- BIC

**Se requiere:**

Modelo matemático de datos **multidimensional** para garantizar el archivo de las tendencias históricas, una plataforma para alojar las herramientas de minería de datos y datos vinculados, así como **sistema de información multi-adaptativo** y **polivalente para responder en tiempo real** a las solicitudes del conjunto del edificio e instalaciones



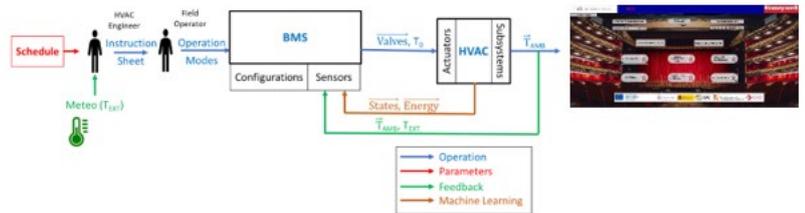
Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

**CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL**



<p><b>1. Evaluación Inicial</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Máx EE. Confort y rend</li> <li>BMS 2000 puntos, 169 en tendencia históricos</li> <li>Establecer línea base 2018</li> </ul>	<p><b>2. Configuración de ACODAT</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Integración de sistemas de control</li> <li>Establecimiento de indicadores clave (KPIs). kWh /m<sup>2</sup> año</li> <li>Selección de herramientas de análisis: MD sobre BD de 2018, y ML para optimización. (3 ecuaciones )(*)</li> </ul>	<p><b>3. Implement. Técnica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Digitalización del edificio. Incremento de señales (todavía en proceso)</li> <li>Desarrollo de modelos predictivos. SE GENERÓ MODELO PREDICTIVO (ML) EN FUNCIÓN DE PATRONES Y PERFILES CLIMATICOS (**)</li> <li>Automatización de sistemas</li> </ul>	<p><b>4. Validación y Optimización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pruebas iniciales</li> <li>Optimización iterativa</li> <li>Documentación y reporte</li> </ul>	<p><b>5. Escalabilidad y Replicabilidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de un marco adaptable</li> <li>Capacitación y formación</li> <li>Divulgación de resultados</li> </ul>	<p><b>6. Mto y Monitorización Continua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión periódica</li> <li>Actualización tecnológica</li> </ul>
--	--	--	---	---	--



Esquema de funcionamiento y toma de decisiones sobre el bms. Fuente: Elaboración propia

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

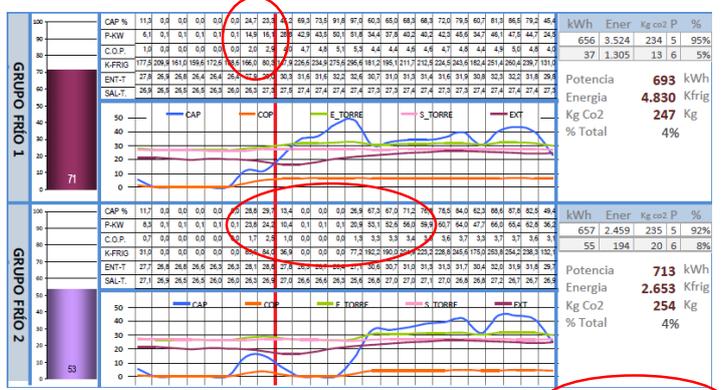
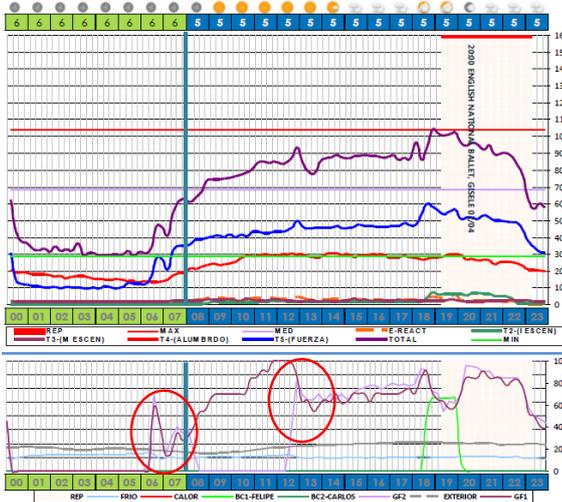
Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)



CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



Optimización de la puesta en marcha de los sistemas de producción de frío/calor: gestión autónoma: 5/2021



	CAP %	F-RW	COP-F	K-FRIG	ENT-T	SAL-T	kWh	Ener	Kg co2	P	%
GRUPO FRIO 1	115	8.1	1.9	177.5	27.8	26.8	656	3.524	234	5	95%
GRUPO FRIO 2	117	8.9	0.1	91.0	27.7	27.1	657	2.459	235	5	92%
Potencia											693 kWh
Energía											4.830 Kfrig
Kg Co2											247 Kg
% Total											4%

Funcionamiento de los equipos de producción de frío y calor en un día tipo (11 de octubre de 2019) frente a temperatura exterior, en cada uno de los periodos tardíos

11/10/2019 | Cubierto | 27 | 17 | 23

El consumo total: **16.473 kWh** (8.584 clima)

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)





## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía

### CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



	Consumo total día kWh	Consumo Trafo 5, HVAC
11/10/2019	16.473	8.544
06/10/2022	13.937	6.930
Ahorro	2.536	1.614
Ahorro %	15,4%	18,9%

Comparación consumo diario  
11/10/2019 – 06/10/2022

	TOTAL	TRAF 2	TRAF 3	TRAF 4	TRAF 5
POTENCIA MIN	288	5	20	134	96
POTENCIA MED	686	20	23	236	358
POTENCIA MÁX	1.041	73	36	307	600
POTENCIA TOTAL	16.473	481	559	5.653	8.584

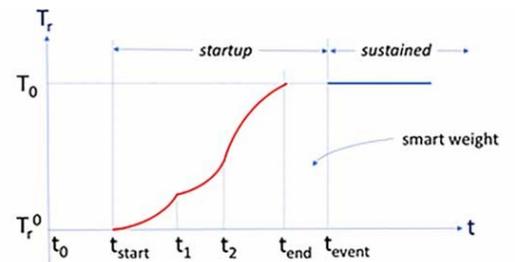
	TOTAL	TRAF 2	TRAF 3	TRAF 4	TRAF 5
POTENCIA MIN	236	5	15	108	81
POTENCIA MED	581	19	22	189	289
POTENCIA MÁX	880	43	38	277	468
POTENCIA TOTAL	13.937	451	527	4.545	6.930

Detalle consumo 11/10/2019

11/10/2019	Cubierto
	27
	17
	23

Detalle consumo 6/10/2022

06/10/2022	Parcialmente nuboso
	26
	16
	21

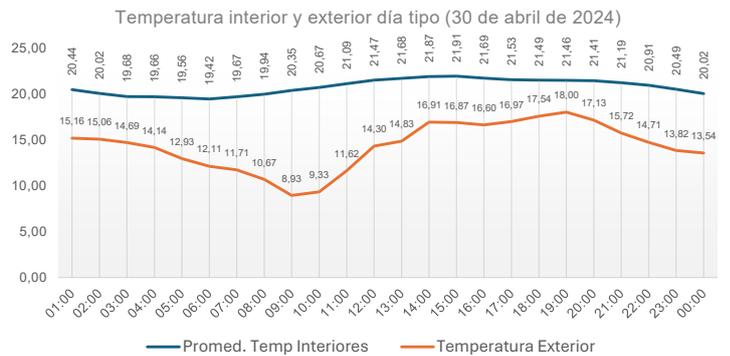
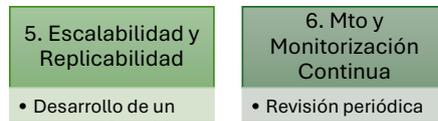
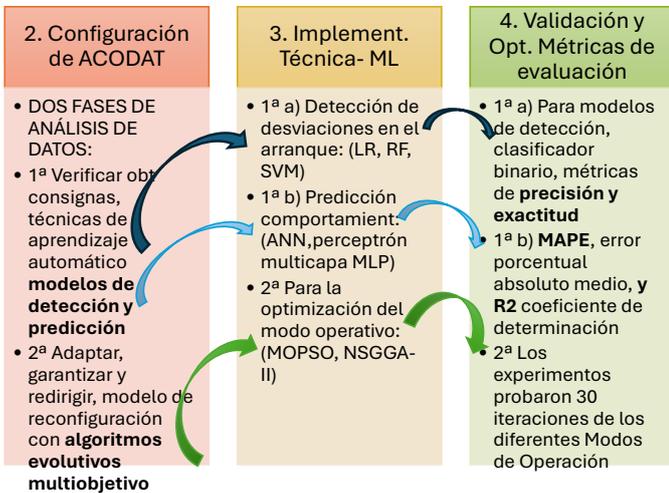


Esquema del proceso de ajuste y optimización de la puesta en marcha

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

**CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL**

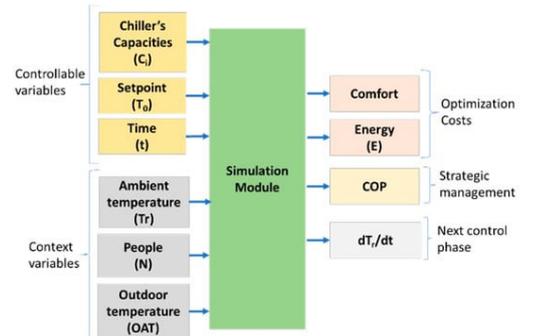
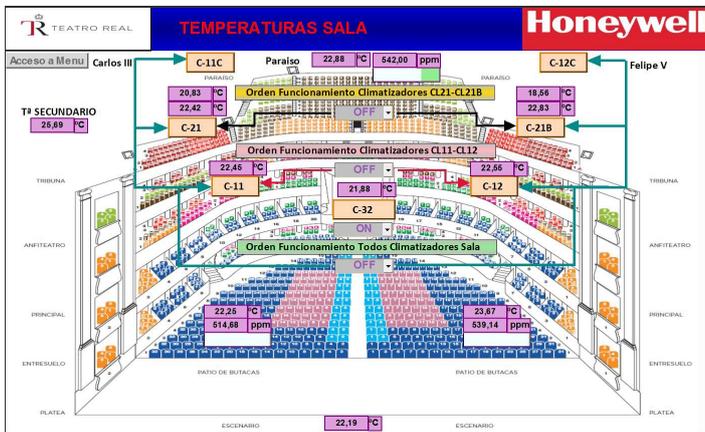


Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



Estudio comparativo de algoritmos genéticos y de enjambre para optimizar el control de las instalaciones de HVAC con datos reales del Teatro Real: 9/2021 (*Mathematis Q1*) <https://www.mdpi.com/2227-7390/9/18/2181>



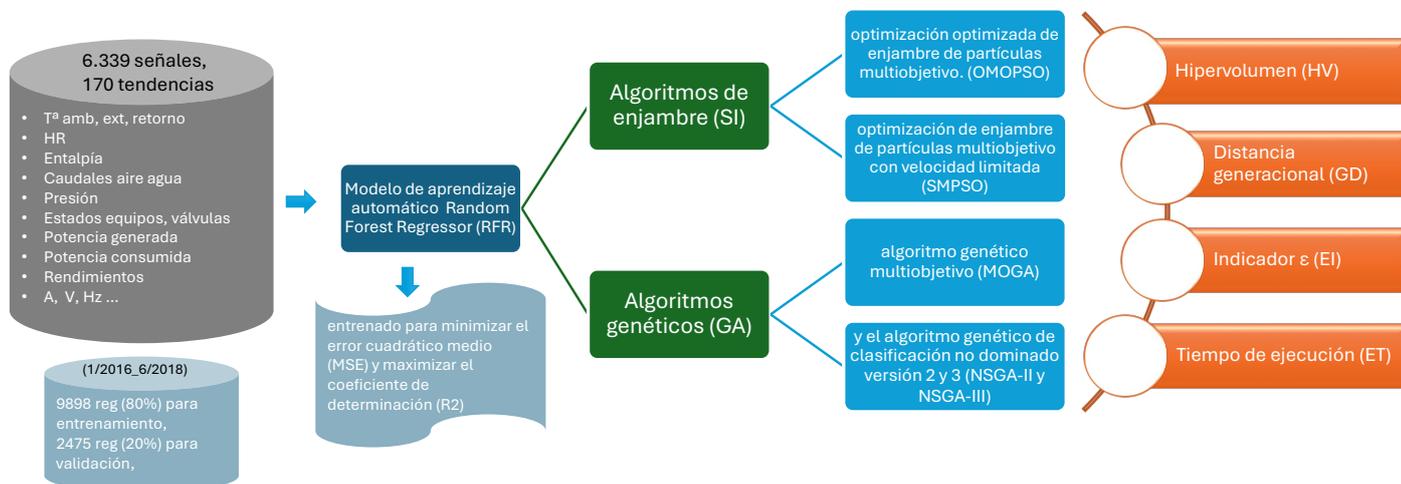
Funcionalidad del módulo de simulación para calcular las funciones de costos para la optimización. Fuente: Elaboración propia

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)



**CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL**



Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

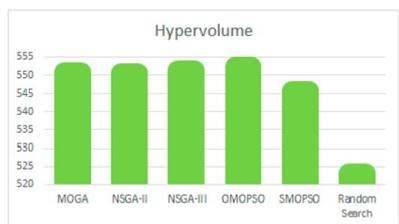
Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



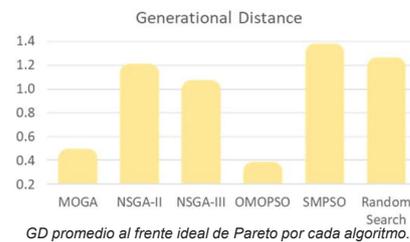
Tiempo medio de ejecución de cada algoritmo.

Los algoritmos genéticos son más rápidos en la ejecución



Hipervolumen promedio de cada algoritmo

La mejor convergencia se obtiene con el algoritmo de enjambre de partículas multiobjetivo con velocidad limitada (SMPSO), según GD y HD



GD promedio al frente ideal de Pareto por cada algoritmo.

Se consiguen ahorros en el consumo de energía que superan el 60%, el confort se mantuvo en valores aceptables, inf a 0,5°C, y el COP > 3, pero es necesario añadir más restricciones, ya que se trabajó con un modelo simplificado.



Indicador ε promedio de cada algoritmo

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

**CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL**



De manera cronológica, los ahorros debidos a cada MAE se representan a continuación:

		MAE alumbrado led, sobre Trafo 4	MAE sustitución grupos de frío y bombas de calor	MAE sustitución bombas	MAE sustitución ventiladores en UTAS	MAE calidad de aire	MAE bomba de calor de ACS	MAE rehab. cubierta y fotovoltaica	MAE GEIAP	Total
Año	<b>2018 BASE</b>									
	<b>2019</b>	de ago 2019								
	<b>2020</b>	a nov 2020								
	<b>2021</b>									
	<b>2022</b>									
	<b>2023</b>		junio, sept, octubre	agosto, sept	nov, dic	octubre, nov				
	<b>2024 ACTUAL</b>					enero, feb	diciembre			
<b>Ahorro en kWh</b>		1.392.049	188.908	171.670	175.678	251.964	174.940		288.617	2.643.826
<b>Ahorro en %</b>		52,33%	7,10%	6,45%	6,60%	9,47%	6,57%		10,85%	99%
<b>Total ahorro por servicio (kWh)</b>		1.392.049	963.160					266.022	288.617	2.908.848

Detalle cronológico de MAEs desde 2018 en el Teatro Real, incluyendo datos de ahorros hasta 2025. Fuente: elaboración propia.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)



## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía

### CAPÍTULO 4: DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN. ESTUDIOS COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL



		Mejora de alumbrado led	Mejoras en instalaciones de climatización	Mejoras por rehabilitación cubierta y forjado solar	Mejoras por GEIAP
<b>Ahorro en kWh hasta 2024</b>	<b>2.659.889</b>	1.392.049	963.160		<b>288.617</b>
<b>Ahorro previsto añadir en 2025</b>	266.022			266.022	
<b>Ahorro en % en 2024</b>	99,4%	52,33%	36,21%	será en 2025	<b>10,85%</b>
<b>Coste económico</b>	6.025.906 €	705.600 €	2.432.373 €	2.887.933 €	sin coste a la fecha
<i>Estimación coste de modelo de utilidad</i>					<b>200.000 €</b>
<b>Vida media años</b>		5	25	100	10
<b>Indicador coste ponderado por GWh ahorrado y por años vida media (€)</b>		101.375 € / GWh ahorrado	101.016 € /GWh ahorrado	108.559 € / GWh ahorrado	<b>69.295 € / GWh ahorrado</b>

Estudio económico de costes de implantación de MAEs en función de la vida media de las actuaciones. Fuente: elaboración propia.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

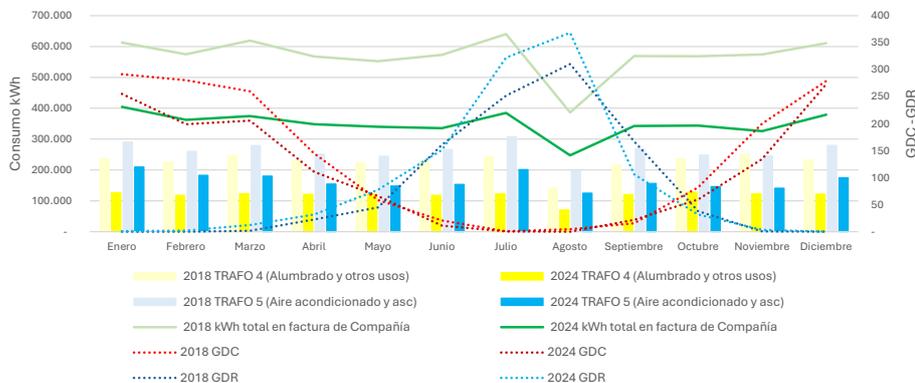
CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE LA INVESTIGACIÓN



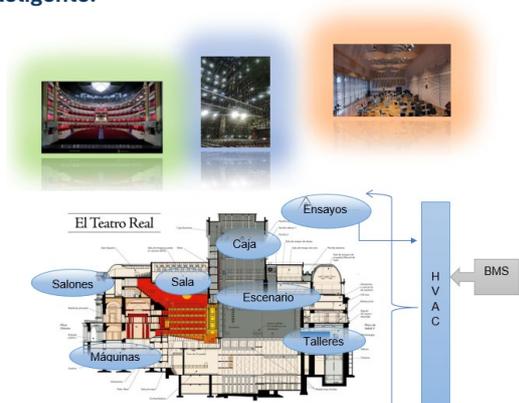
Establecer "año base", y sus variables, permite iniciar procesos de mejora continua con una línea de referencia sólida, *fundamental en BIC*.

La IA ha permitido desarrollar una zonificación dinámica basada en el comportamiento de los usuarios y el uso real, **zonificación funcional inteligente**.

Consumo de energía en kWh comparado entre 2018 y 2024, y GDC - GDR



Consumos energéticos por servicios en kWh, y grados día de calefacción y de refrigeración, durante el año base, 2018 y durante 2024. Fuente: elaboración propia.

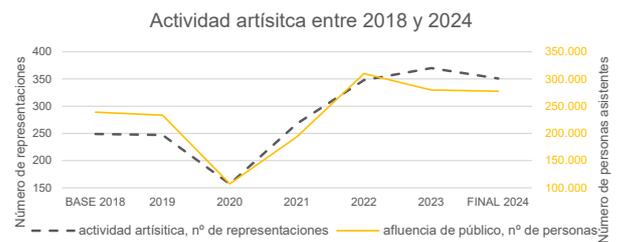
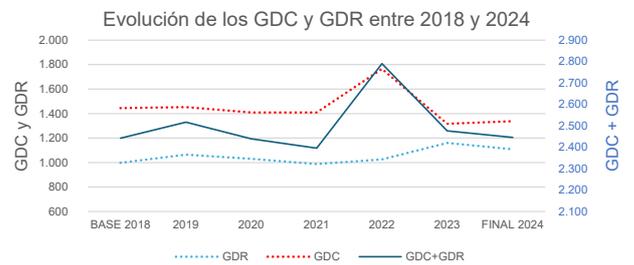
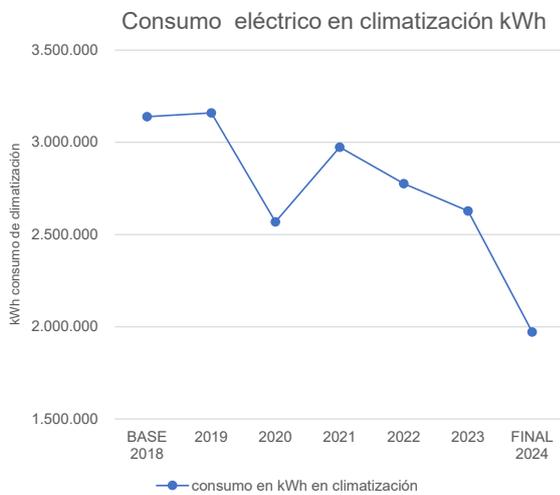


Sección longitudinal del Teatro Real, con esquema reducido de zonas. Fuente: elaboración propia.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

**CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE LA INVESTIGACIÓN**



*Evolución del consumo de climatización, de las condiciones climáticas y de la actividad artística entre 2018 y 2024. Fuente: elaboración propia.*

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

## CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE LA INVESTIGACIÓN



5

### Propuesta de modelo replicable. Ahorros obtenidos

Los resultados obtenidos, tanto en términos de **ahorro energético (más del 10,85%)**, como en **reducción de emisiones (más de 164 Tep anuales de CO<sub>2</sub>)**, muestran que es posible crear un **modelo replicable** para otros BIC. El enfoque seguido ha sido integral: intervenciones físicas (LED, climatización eficiente), digitalización (IA + BMS) y gobernanza institucional.

CAPITULO 4 DESARROLLO Y AVANCES DE LA INVESTIGACIÓN ESTUDIO COMPARATIVO DE ALGORITMOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA APLICADOS SOBRE EL SISTEMA DE CONTROL INTEGRAL

De manera cronológica, los ahorros obtenidos a corto plazo se resumen en la siguiente tabla:

Medida	Consumo energético (kWh/año)	Consumo energético (Tep/año)	Reducción de emisiones (Tep/año)	Reducción de emisiones (CO <sub>2</sub> /año)	Total						
Intervenciones físicas	1.300.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Digitalización	1.500.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000	12.000
Gobernanza institucional	1.700.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000	13.000
<b>Total</b>	<b>4.500.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>	<b>35.000</b>

Modelo **adaptable a distintas tipologías patrimoniales**, desde palacios a museos o bibliotecas históricas, siempre que se respete el enfoque de intervención mínima y la lógica de control predictivo adaptativo. En términos teóricos, se propone un marco replicable de **“edificio patrimonial smart ready”**, es decir, listo para interactuar con su entorno y su red energética sin perder su identidad.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

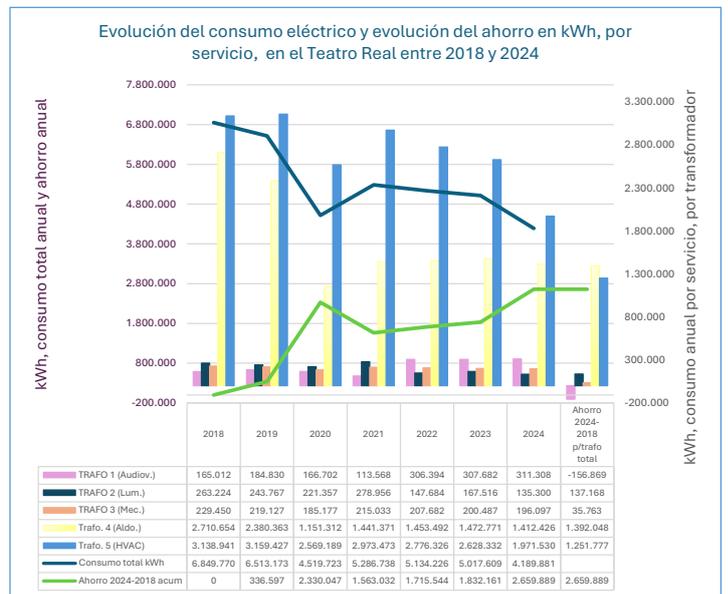
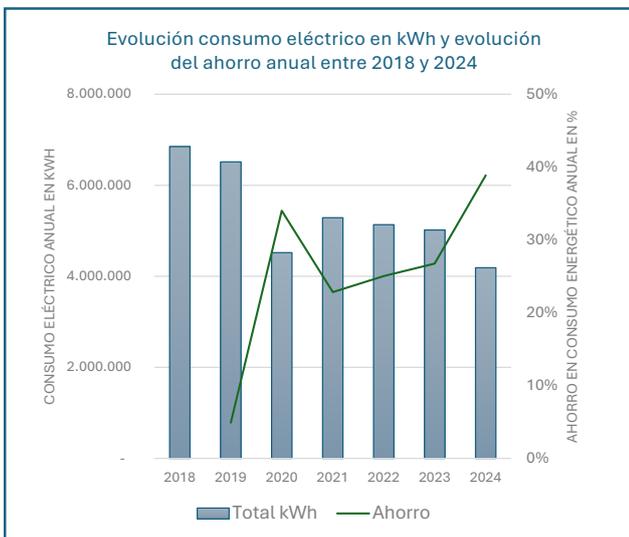
## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía

### CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE LA INVESTIGACIÓN

CONCLUSIONES -5

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

ODS



Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

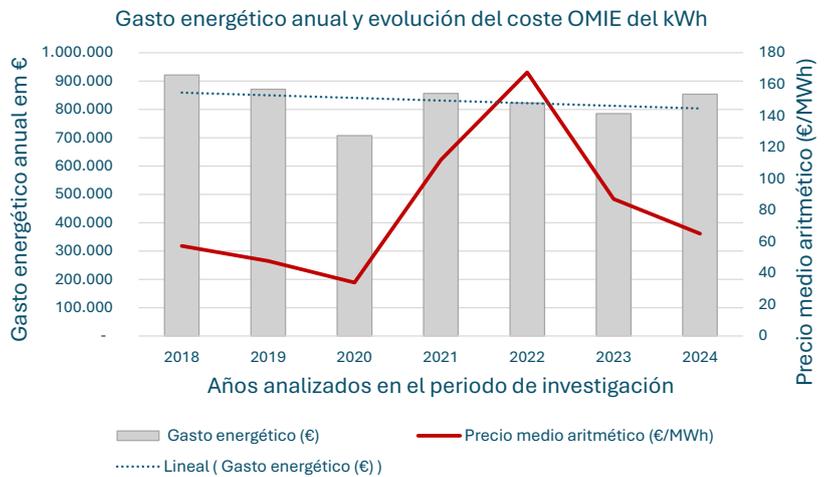
**CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE LA INVESTIGACIÓN**



6

**Ahorros económicos en la facturación de la energía eléctrica.**

Las propuestas implantadas han permitido absorber las fuertes fluctuaciones del mercado intradiario de la energía eléctrica, debidas a diferentes causas geopolíticas, como la guerra de Ucrania o las tensiones en Oriente Medio. El desarrollo del modelo de utilidad a gran escala permitirá la adquisición de energía al precio mínimo del mercado, al poder anticipar la demanda y el punto óptimo de servicio.



Gasto energético anual en kWh, y evolución del precio de la energía OMIE entre 2018 y 2024. Fuente: elaboración propia.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

## CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE LA INVESTIGACIÓN

CONCLUSIONES - 7

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

ODS

7

### Estudio de viabilidad y barreras

Una de las principales contribuciones de la tesis ha sido **desmontar la idea de que los BIC están excluidos de la transición energética**. Existen limitaciones técnicas, normativas o incluso culturales, se ha demostrado que **con un enfoque adecuado (no invasivo, basado en datos, y con retornos económicos visibles), la adopción de tecnologías avanzadas es no solo posible, sino deseable**.

La experiencia del Teatro Real **ha generado confianza institucional y ha posicionado a los BIC como referentes de sostenibilidad**, despertando el interés de otras entidades culturales y administraciones, lo que refuerza la tesis de que los BIC pueden actuar como demostradores de sostenibilidad

Tal como enuncia la EPDB se cumple **el principio ejemplarizante que deben mantener las Administraciones Públicas en el desarrollo de actuaciones de mejora de eficiencia energética**. Durante el desarrollo de esta investigación se ha mantenido una gran actividad en la exposición de los ahorros, a solicitud de todas las partes interesadas.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

39

## CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE LA INVESTIGACIÓN



8

**Comparativa de los resultados obtenidos mediante inteligencia artificial con los resultados anticipados por herramientas de cálculo oficial como el HULC.**

La comparación entre los resultados obtenidos con IA y los previstos por HULC ha evidenciado las limitaciones de esta herramienta normativa. Si bien **HULC permite modelizar escenarios estáticos, carece de la capacidad de aprender de los datos reales y de adaptarse** a los cambios operativos del edificio.

Los modelos de IA, por el contrario, permiten una gestión dinámica, personalizada y en continua evolución. Esta diferencia refuerza la idea de que las herramientas normativas actuales **deben avanzar hacia una lógica más inteligente y contextual**, donde las condiciones reales de operación y los usos complejos se integren en la evaluación energética.

CAPITULO 5.- CONCLUSIONES Y FUTURAS LÍNEAS DE LA INVESTIGACIÓN



Etiqueta energética inicial, tras las MAEs de instalaciones, 2023, y tras implantar el forjado solar en cubierta 2025. Fuente: elaboración propia. HULC.

Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios de consumo casi nulo en bienes de interés cultural mediante la aplicación de sistemas de información e inteligencia artificial. Caso de estudio: Teatro Real

Programa de Doctorado en Ingeniería de la Información y del Conocimiento (D442)

7.3 Nuria Gallego Salvador. *TEATRO REAL Metodología y desarrollo de estrategias innovadoras para lograr edificios*

*“Sólo podemos ver poco del futuro, pero lo suficiente para darnos cuenta de que hay mucho que hacer”*

*Alan Turing*

**MUCHAS GRACIAS**

Nuria Gallego Salvador

IA aplicada a la Energía, Madrid 4 de julio de 2025

7 Mesa de IA aplicada a la Energía

**7.4. Alberto Ramos Millán (CEM<sup>®</sup>, REP<sup>®</sup>), Alejandro Bellini Barreto (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). Universidad Politécnica de Madrid. *Aplicación de las tecnologías de AI para el control y la optimización del consumo energético en edificación***

## Aplicación de las tecnologías de IA para el control y la optimización del consumo energético en edificación

Alberto Ramos Millán <sup>(1)</sup>, Alejandro Bellini Barreto

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Madrid. Grupo de Investigación de Sistemas Energéticos. DOI:

<sup>2</sup> Grupo de Investigación de Sistemas Energéticos

área: Inteligencia Artificial

### Resumen

El consumo energético en edificaciones representa una parte significativa del gasto global y de las emisiones de gases de efecto invernadero. La creciente digitalización y la disponibilidad de datos en tiempo real han abierto la puerta a la aplicación de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) para optimizar el uso de energía en edificios, garantizando confort y sostenibilidad. Este trabajo propone un enfoque basado en técnicas de IA para el control y la optimización del consumo energético en edificaciones, integrando predicción de demanda, gestión dinámica de cargas y respuesta a precios variables. Se presentan simulaciones que demuestran la capacidad del sistema para reducir costes y mejorar la eficiencia energética, manteniendo las condiciones de confort establecidas.

### 1.- Introducción

La creciente preocupación por el consumo energético en el sector de la edificación se enmarca dentro de un contexto global donde confluyen cuatro grandes paradigmas: **economía, seguridad de suministro, medio ambiente y participación social** [1]-[4]. Desde la crisis del petróleo en los años 70, el coste de la energía se ha convertido en un factor determinante en los procesos productivos [1]. Posteriormente, la Declaración de Río en 1992 incorporó la dimensión ambiental como eje fundamental en el desarrollo energético [2], y en las últimas décadas la presión social ha impulsado la transición hacia sistemas más sostenibles y eficientes [3], [4].

En este escenario, la digitalización y la integración de tecnologías avanzadas han transformado la forma en que se gestionan los recursos energéticos. La liberalización de los mercados eléctricos y la aparición de nuevos actores han favorecido la participación activa de los consumidores, permitiendo priorizar fuentes renovables y optimizar el uso de la energía [3], [4]. Este cambio ha potenciado la necesidad de soluciones inteligentes que garanticen la flexibilidad del sistema, entendida como la capacidad para mantener un servicio continuo frente a variaciones en la producción y la demanda [6], [7].

La edificación representa uno de los sectores con mayor potencial de mejora en términos de eficiencia energética. La incorporación de **tecnologías de inteligencia artificial (IA)** ofrece oportunidades únicas para optimizar el consumo, reducir costes y minimizar el impacto ambiental. Algoritmos predictivos, técnicas de control avanzado y sistemas de aprendizaje automático permiten anticipar la demanda, ajustar el funcionamiento de equipos y coordinar la interacción con fuentes renovables y sistemas de almacenamiento [8]-[11].

En este trabajo se propone el análisis y aplicación de metodologías basadas en IA para el control y la optimización del consumo energético en edificios, considerando tanto la

## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía

reducción de costes como el mantenimiento del confort térmico y la integración con estrategias de sostenibilidad. La propuesta se enmarca en la tendencia hacia sistemas energéticos inteligentes, capaces de responder en tiempo real a señales del mercado, condiciones ambientales y patrones de ocupación, contribuyendo así a los objetivos globales de eficiencia y descarbonización [5]-[11].

### 2.- Explicación del sistema

El sistema propuesto se centra en la gestión inteligente del consumo energético en edificaciones mediante tecnologías de inteligencia artificial. A diferencia de los enfoques tradicionales basados en reglas fijas, este sistema incorpora modelos predictivos y algoritmos de optimización que permiten anticipar la demanda y ajustar el funcionamiento de los equipos en tiempo real.

#### A. Arquitectura del Edificio Inteligente

La edificación se concibe como un conjunto de subsistemas interconectados:

- Fuentes de energía: red eléctrica, generación fotovoltaica y almacenamiento local.
- Cargas: sistemas HVAC, iluminación, electrodomésticos y equipos de oficina.
- Sensores e IoT: medición de temperatura, humedad, ocupación y consumo eléctrico.
- Capa lógica: plataforma de control basada en IA que procesa datos históricos y en tiempo real para la toma de decisiones.

Este sistema debe garantizar la estabilidad de las condiciones internas (temperatura, confort) frente a variaciones externas (clima, precios de energía), manteniendo un equilibrio entre coste, eficiencia y confort [6], [7].

#### B. Servicios del Sistema

##### Control de Potencia y Energía

El sistema participa en esquemas de respuesta a la demanda, ajustando el consumo según señales del mercado eléctrico y disponibilidad de renovables. Se prioriza el uso de energía fotovoltaica y almacenamiento para reducir costes y emisiones [8], [9].

##### Optimización del Consumo

Mediante algoritmos de aprendizaje automático, se predicen perfiles de carga y se ajustan los setpoints de HVAC e iluminación para minimizar el consumo sin comprometer el confort térmico [10].

##### Integración con Mercado Energético

Aunque el edificio no actúa como productor en el mercado spot, puede beneficiarse de tarifas dinámicas y programas de flexibilidad, reduciendo costes mediante decisiones inteligentes basadas en pronósticos [11].

### C. Estrategia de Control

La estrategia se formula como un problema multiobjetivo, donde la función de coste considera:

J<sub>1</sub>: coste energético en función de precios dinámicos.

J<sub>2</sub>: desviación respecto a los rangos de confort establecidos.

$$J(k) = \alpha \cdot J_1(k) + \beta \cdot J_2(k) \quad (1)$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

- Límites de potencia y energía de los equipos.
- Condiciones de confort (temperatura, humedad).
- Balance energético entre generación, almacenamiento y consumo.

La solución se obtiene mediante optimización predictiva (MPC) combinada con modelos de IA para pronósticos de demanda y producción renovable, aplicando un horizonte de predicción diario similar al planteado en [9], [10].

### **3.- Optimización de la gestión de la Potencia y la Energía**

El objetivo de este trabajo es abordar tanto las trayectorias de referencia de energía como las restricciones de potencia y, como se indicó en la sección anterior, se utiliza un enfoque de Control Predictivo Basado en Modelo (MPC) económico [9][10]. Con esta formulación, la solución de la acción de control proporciona flujos de potencia óptimos que posteriormente se traducen en consignas de potencia para los controladores locales en la capa inferior del esquema de control. De esta manera se establecen las referencias para los convertidores en cada dispositivo de la microred.

La idea principal bajo la formulación del problema es vender energía a la red principal o disponibilidad de reserva energética de la manera más rentable.

Durante todo el horizonte de predicción se consideran las siguientes hipótesis:

Se supone que los precios son conocidos, tanto en el mercado eléctrico como en el de servicios auxiliares;

El perfil de potencia, tanto de la energía producida por las fuentes renovables (RES) como la consumida por las cargas, está disponible. Las fuentes renovables producen suficiente energía para garantizar la viabilidad del problema;

Las pérdidas de potencia en el proceso de carga/descarga de los dispositivos de almacenamiento son similares;

Las perturbaciones (desviaciones respecto a los valores esperados de las fuentes renovables y las cargas) que actúan sobre la microred no se modelan.

## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía

Dada la naturaleza dual del mercado energético mencionada en la sección anterior (precio de la energía y servicios auxiliares), la estrategia de control de la microrred se plantea en forma de un problema de función multiobjetivo. El primer término de la función de coste considerará el beneficio respecto al intercambio de potencia con la red de CA, mientras que el segundo tendrá en cuenta los niveles de energía de las baterías conectadas a la microrred.

$$J(k) = \alpha \cdot J_1(k) + \beta \cdot J_2(k) \quad (2)$$

Con

$$J_1(k) = \alpha p_p \cdot \sum_{i=1}^N \left[ \sum_{r \in R} Pres_r(k) + \sum_{c \in C} Pces_c(k) + \sum_{v \in V} Pv_v(k) + \sum_{l \in L} Pl_l(k) \right]$$

$$J_2(k) = \beta p_E \cdot \sum_{i=1}^N \left[ \sum_{c \in C} Eces_c(k) + \sum_{v \in V} Ev_v(k) + \right]$$

donde R, C, V y L representan el conjunto de productores de energía renovable, sistemas de almacenamiento comunitario (CES), vehículos eléctricos (EV) y cargas, respectivamente, y Pres, Pces, Pv y Pl son las potencias asociadas, mientras que Eces y Ev son las energías almacenadas en los dispositivos  $c \in C$  y  $v \in V$ . Además, los precios  $P_p$  y  $P_e$  describen el precio con respecto a la potencia y energía intercambiadas, y se supone que son conocidos para todo el horizonte de predicción considerado N. Los parámetros positivos  $\alpha$  y  $\beta$  son coeficientes de ponderación. Finalmente, se consideran las siguientes restricciones para energía y potencia:

$$P_m^{min} \leq P_m(k) \leq P_m^{max} \quad \forall k, \forall m \in \{\mathcal{R} \cup \mathcal{C} \cup \mathcal{V} \cup \mathcal{L}\} \quad (4a)$$

$$E_n^{min} \leq E_n(k) \leq E_n^{max} \quad \forall k, \forall n \in \{\mathcal{C} \cup \mathcal{V}\} \quad (4b)$$

$$E_n(k+1) = E_n(k) + T \cdot \mu \cdot P_n(k) \quad \forall k, \forall n \in \{\mathcal{C} \cup \mathcal{V}\} \quad (4c)$$

$$P_{AC}(k) = \sum_m P_m(k) \quad \forall k, \forall m \in \{\mathcal{R} \cup \mathcal{C} \cup \mathcal{V} \cup \mathcal{L}\} \quad (4d)$$

$$\sum_h P_h(k) \geq \sum_l P_{L_l}(k) \quad \forall k, \forall h \in \{\mathcal{R} \cup \mathcal{C} \cup \mathcal{V}\}, \forall l \in \mathcal{L} \quad (4e)$$

$$\sum_{k=1}^{\tau} E_n(k) = \Delta \quad \forall k, \forall n \in \{\mathcal{C} \cup \mathcal{V}\} \quad (4f)$$

$$E_{CES_c}(k) \geq E_{CES_c}^*(k), \forall c \in \mathcal{C} \quad (4g)$$

$$E_{V_v}(k) \geq E_{V_v}^*(k), \forall v \in \mathcal{V} \quad (4h)$$

Las ecuaciones (4a) y (4b) describen los valores mínimos y máximos para los flujos de potencia absorbida/suministrada y las energías almacenadas, mientras que la ecuación (4c) describe la evolución dinámica de los dispositivos de almacenamiento. La potencia se considera positiva cuando fluye hacia los sistemas de almacenamiento y negativa en el sentido contrario. La ecuación (4d) representa la condición de balance de potencia, respecto al excedente de potencia de la microred que puede ser entregado a la red de corriente alterna (AC), mientras que (4e) exige que no se utilice potencia de la red AC para alimentar la carga, y en consecuencia que la potencia producida por las fuentes renovables o los dispositivos de almacenamiento iguale al menos la demanda. En la ecuación (4f),  $\Delta$  cuantifica la energía neta suministrada/absorbida por los dispositivos de almacenamiento en un período dado. Las ecuaciones (4g) y (4h) describen las restricciones para que el nivel final de energía al final del día en los CES coincida con el estado inicial, y para que el nivel final de energía en los EV sea igual a un valor de referencia dado  $E_v^*$ . Las referencias  $E_{ces}^*$  y  $E_v^*$  son variables en el tiempo y se consideran cero casi todo el tiempo, excepto en una hora fija del día, donde toman el valor máximo. Con base en la función de coste y en las restricciones físicas, el problema de optimización con horizonte recedente se define como:

$$\begin{aligned} \mathcal{O} = \arg \min_{P_n(k), E_n(k)} J(k) \text{ in (1)} \\ \text{s.t. (4) for } k, \dots, k + N, \forall n \in \{\mathcal{C} \cup \mathcal{V}\}. \end{aligned} \quad (5)$$

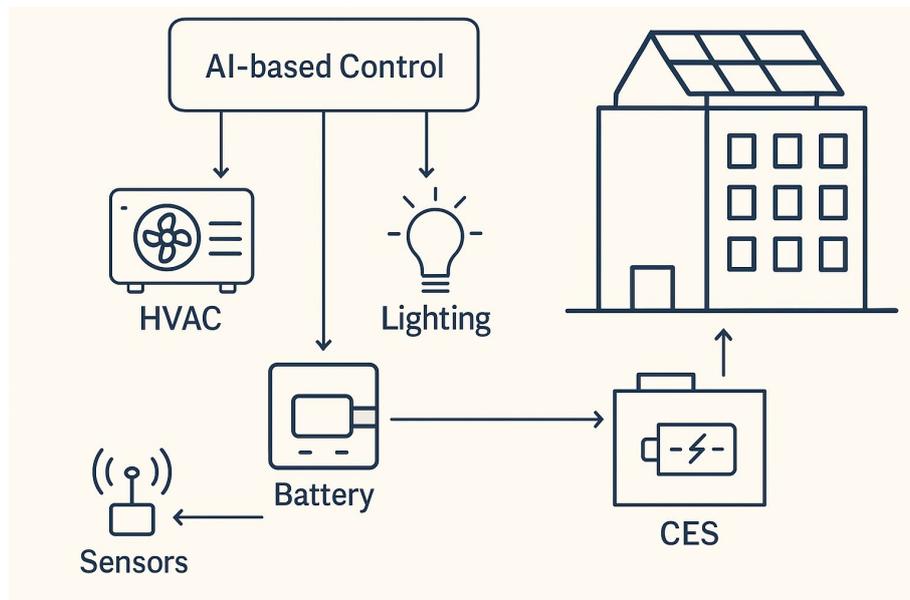
La solución al Problema O en (5) proporciona los valores óptimos para  $P_{ces}$  y  $P_v$ , es decir, los flujos de potencia de salida de los dispositivos de almacenamiento, de manera que se cumpla el balance de potencia y se contribuya a las necesidades de la red AC mediante la prestación de servicios auxiliares. Cabe mencionar que  $P_{res}$  y  $P_l$  son perturbaciones conocidas. Se ha considerado un horizonte de predicción de un día por dos razones principales: por un lado, permite tener en cuenta suficiente información sobre el comportamiento futuro de estas variables, y por otro, al ser este horizonte mucho mayor que cualquier otra dinámica involucrada en el proceso, se garantiza que la formulación tenga buenas propiedades en términos de estabilidad.

#### 4.- Caso de Estudio

El edificio considerado en el caso de estudio es una oficina inteligente de 500 m<sup>2</sup>, ubicada en un entorno urbano con clima templado. Está equipada con:

- Sistema HVAC (calefacción, ventilación y aire acondicionado) con control variable.
- Iluminación LED regulable con sensores de presencia y luminosidad.
- Electrodomésticos y equipos de oficina conectados a la red.
- Instalación fotovoltaica de 30 kW para autoconsumo.
- Sistema de almacenamiento comunitario (CES) con capacidad de 50 kWh.
- Red de sensores IoT para monitorización en tiempo real de temperatura, humedad, ocupación y consumo eléctrico.

El objetivo del estudio es aplicar tecnologías de IA para optimizar el consumo energético, reducir costes y mantener el confort térmico, integrando la producción renovable y el almacenamiento.



### 5.- Resultados y Discusión

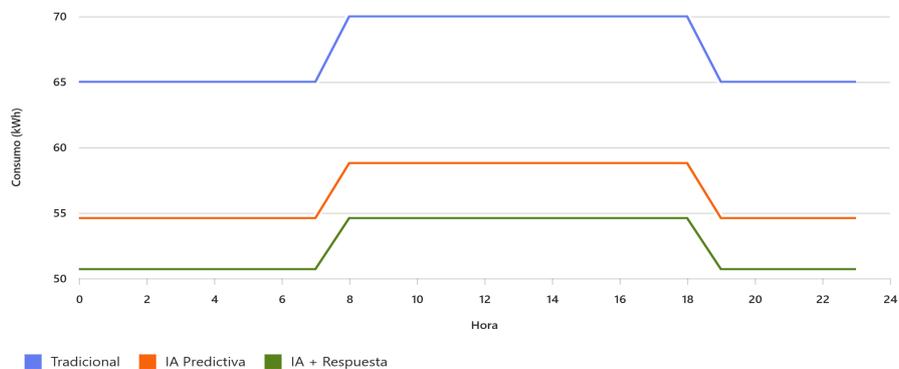
Se realizaron simulaciones para una semana típica de invierno, comparando tres escenarios:

- Escenario 1: Control tradicional (sin IA).
- Escenario 2: Control predictivo basado en IA.
- Escenario 3: Control IA + respuesta a la demanda.

A continuación se presentan los resultados obtenidos

#### A.- Consumo Energético

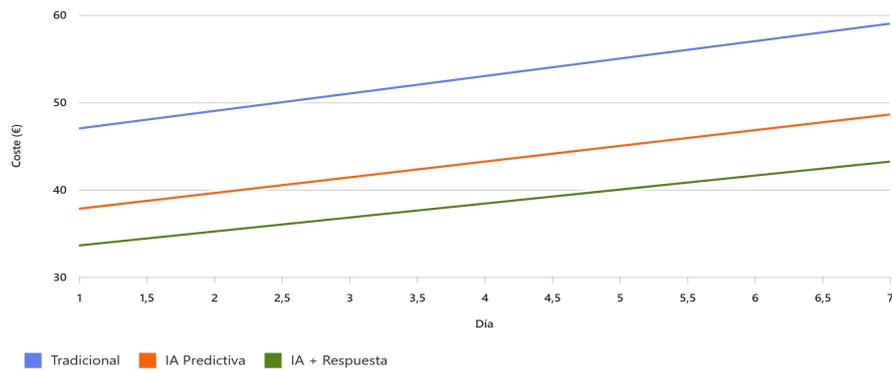
Escenario	Consumo total (kWh)	Reducción vs. tradicional
1	1,250	—
2	1,050	16%
3	980	22%



#### B. Coste Energético

Escenario	Coste (€)	Ahorro vs. tradicional
1	312	—
2	248	20%
3	218	30%

## 7 Mesa de IA aplicada a la Energía



### C. Confort Térmico

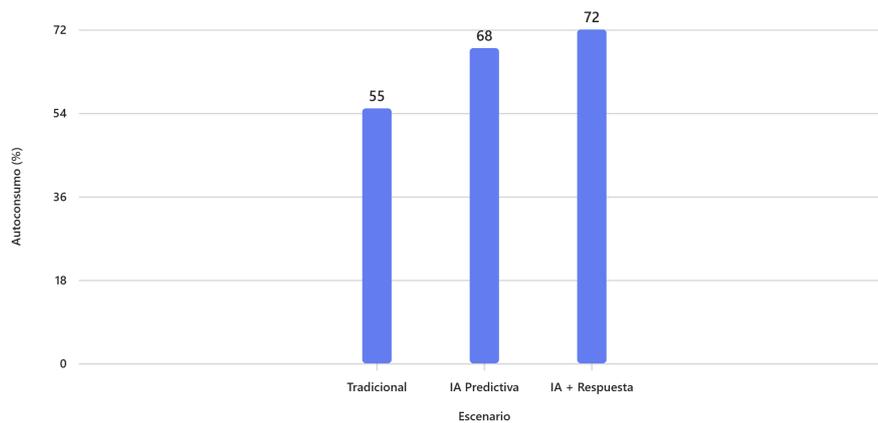
Índice de confort (0–100):

- Escenario 1: **85**
- Escenario 2: **92**
- Escenario 3: **91**

### D. Integración Renovable

Porcentaje de autoconsumo:

- Escenario 1: **55%**
- Escenario 2: **68%**
- Escenario 3: **72%**



## 6.- Conclusiones

El presente trabajo demuestra que la aplicación de tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) en la gestión energética de edificios inteligentes ofrece beneficios significativos en términos de eficiencia, coste y sostenibilidad. A partir del caso de estudio desarrollado, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Reducción del consumo energético  
La implementación de algoritmos predictivos y de optimización permitió reducir el consumo total entre un 16% y un 22% respecto al control tradicional. Este ahorro se debe principalmente a la capacidad de anticipar la demanda y ajustar dinámicamente el funcionamiento del sistema HVAC y la iluminación, evitando picos innecesarios y aprovechando mejor la energía renovable disponible.
2. Disminución del coste operativo  
El control basado en IA, combinado con estrategias de respuesta a la demanda, logró una reducción del coste energético de hasta 30%. Este resultado evidencia la importancia de integrar señales del mercado eléctrico en la toma de decisiones, permitiendo desplazar cargas hacia periodos con precios más bajos y maximizar el autoconsumo.
3. Mejora del confort térmico  
A pesar de la reducción en consumo, el índice de confort se mantuvo elevado (superior al 90% en escenarios con IA), lo que confirma que la optimización no compromete la calidad del servicio. Esto es clave para la aceptación de estas tecnologías por parte de los usuarios.
4. Mayor integración de energías renovables  
El porcentaje de autoconsumo aumentó del 55% al 72%, gracias a la coordinación entre la generación fotovoltaica, el almacenamiento comunitario (CES) y la gestión inteligente de cargas. Este aspecto contribuye directamente a la reducción de emisiones y al cumplimiento de objetivos de sostenibilidad.
5. Escalabilidad y replicabilidad  
Las metodologías empleadas son escalables a diferentes tipologías de edificios y pueden integrarse con sistemas de gestión existentes. Además, la incorporación de IA abre la puerta a funcionalidades avanzadas como la predicción de ocupación, la optimización multiobjetivo y la participación activa en mercados energéticos.
6. Retos y líneas futuras  
Aunque los resultados son prometedores, existen desafíos relacionados con la ciberseguridad, la interoperabilidad de dispositivos IoT y la gestión de datos en tiempo real. Futuras investigaciones deberían explorar la integración con redes inteligentes (smart grids), el uso de edge computing para reducir latencias y la aplicación de modelos híbridos que combinen IA con técnicas clásicas de control predictivo.

## Referencias

- [1] P. G. Machado, D. Mouette, R. Rathmann, E. dos Santos, and D. Peyerl, *Is Energy Planning Moving Towards Sustainable Development? A Review of Energy Systems Modeling and Their Focus on Sustainability*. World Sustainability Series, 2020.
- [2] “Rio declaration on environment and development,” 1992.
- [3] A. J. et al, “A review of modelling approaches and tools for the simulation of district-scale energy systems,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 52, pp. 1391–1404, 2015.
- [4] Z. G. Bazmi AA, “Sustainable energy systems: Role of optimization modeling techniques in power generation and supply—a review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, pp. 3480–3500, 2011.
- [5] S. Aphale et al., “Li-ion batteries for electric vehicles: Requirements, state of art, challenges and future perspectives,” *IEEE PCon*, 2020.
- [6] D. E. Olivares et al., “Trends in microgrid control,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 5, no. 4, pp. 1905–1919, 2014.
- [7] W. Tushar et al., “Energy storage sharing in smart grid: A modified auction-based approach,” *IEEE Transactions on Smart Grid*, vol. 7, no. 3, pp. 1462–1475, 2016.
- [8] E. F. Camacho and C. Bordons, *Model Predictive Control*. Elsevier, 1999.
- [9] C. Bordons et al., *Model Predictive Control of Microgrids*. Springer, 2020.
- [10] D. Liu et al., “Design of renewable energy consumption market system based on interactive transaction,” *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 687, 2021.
- [11] J. Alvarez, “Cómo la IA está mejorando la eficiencia energética en edificios,” *Blog AlvarezJoseph*, 2024.
- [12] “Cómo la IA mejora la eficiencia energética en edificios,” *Simple Science*, 2025.
- [13] “La inteligencia artificial: clave para la eficiencia energética en edificios,” *enerTIC.org*, 2025.
- [14] “Cómo la IA está impulsando los esfuerzos para reducir el uso de energía en edificios,” *JLL Insights*, 2025.
- [15] “Inteligencia Artificial Aliada en la Eficiencia Energética de Edificios,” *Informa Energía*, 2025.
- [16] Julio Lema, “IA e IoT: Eficiencia Energética en edificios,” *Blog Julio Lema*, 2025.
- [17] A. Lezama, “Estrategias para optimizar el consumo energético en edificios inteligentes,” *Athenea*, vol. 5, no. 18, 2024.
- [18] L. Ortega-Diaz et al., “Estrategias de predicción de consumo energético en edificaciones: una revisión,” *TecnoLógicas*, vol. 26, no. 58, 2023.
- [19] Schneider Electric, “Los sistemas de climatización impulsados por IA ahorran energía y reducen emisiones,” *Construible*, 2025.
- [20] G. Montúfar, “El estado del arte de la integración de sistemas inteligentes en la edificación y su impacto en la eficiencia energética,” *ResearchGate*, 2024.

## 8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética

- 8.1. Graciano Tornero (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). EM3.  
*Electrificar el calor de forma eficiente, escalable y bien integrada*



*Electrificar el calor de forma eficiente,  
escalable y bien integrada*

---

Innovación y Eficiencia Energética

Graciano Tornero

**EM3**  
An SHV Energy Company

8.1 Graciano Tornero (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). EM3. *Electrificar el calor de forma eficiente, escalable y bien integrada*

# Índice

EM3

1. ¿Por qué electrificar el calor?
2. ¿Cómo descarbonizar el calor industrial?
3. Consideraciones clave de diseño: lo que se debe y no se debe hacer
4. Bomba de calor - Historias de éxito

EM3



# Graciano Tornero

Iberia & LATAM Regional Lead – EM3

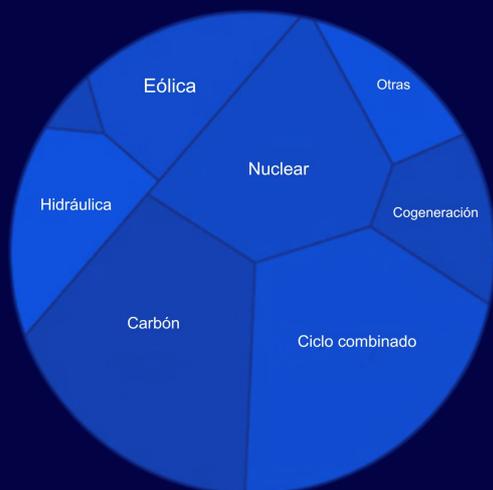
LinkedIn



# 1 - ¿Por qué Electrificar?

EM3

2007



2023



Objetivo 2030



Fuente: Red Eléctrica  
Mix Energético de España 2007-2023 -- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima

# Desglosando tu huella de carbono

Enfoque en 5 pasos para reducir las emisiones de Alcance 1 y 2

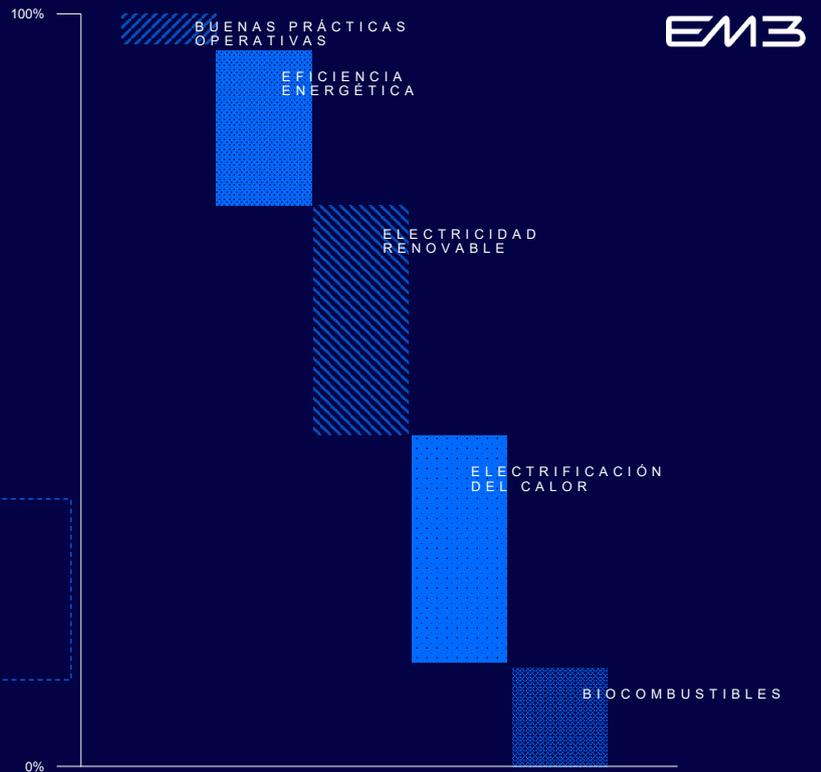


## Reducción de la demanda

- 1. Buenas practices operativas
- 2. Eficiencia Energética

## Descarbonización

- 3. Electricidad Renovable
- 4. **Electrificación del calor**
- 5. Biocombustibles



8.1 Graciano Tornero (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). EM3. *Electrificar el calor de forma eficiente, escalable y bien integrada*



### 3 – Aspectos clave del diseño EM3

Selección de temperaturas

Análisis de la carga de agua caliente y refrigeración

Diseño Hidráulico

Almacenamiento

## 3.1 - Selección de temperatura para bombas de calor



- El primer paso es intentar reducir sus requisitos de temperatura, ya que afecta directamente al COP.
- Para una bomba de calor idéntica que altera las condiciones de salida del agua:
  - Entrada del Evaporador: 39°C
  - Salida del Evaporador: 34°C
- Escenario del condensador 1:
  - Entrada del agua: 70°C
  - Salida del agua: 90°C
  - COP: 4.4
- Escenario del condensador 2:
  - Entrada del agua 50°C
  - Salida del agua 70°C
  - COP: 6.5 (aumento de rendimiento del ~47%)

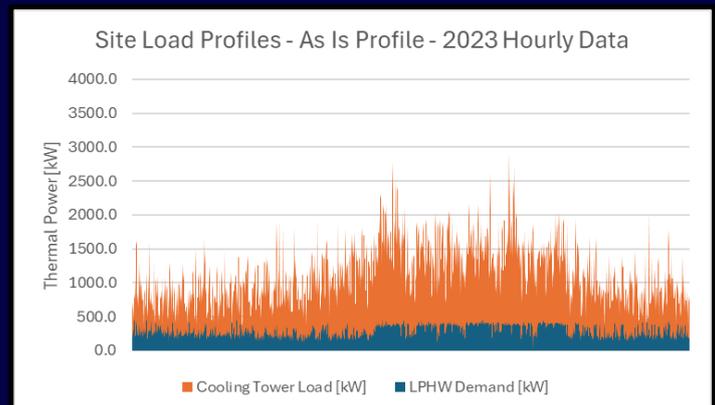
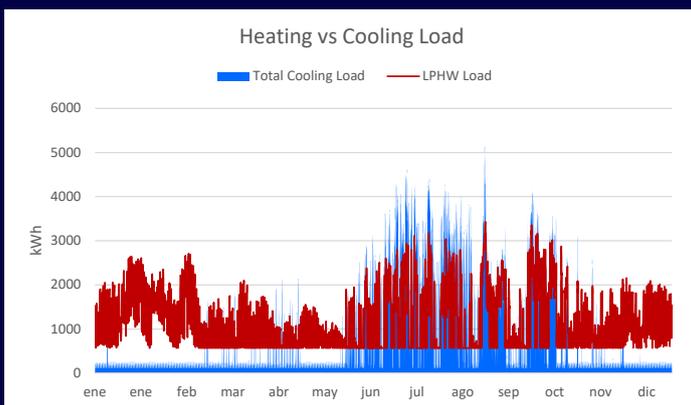
## 3.2 – Análisis de Carga de Agua Caliente y Refrigeración



- Un análisis tanto de la carga de agua caliente/frío requerido como de las fuentes de calor potenciales disponibles permite la selección del equipo más eficiente.

- Gran demanda de calefacción durante todo el año con carga de refrigeración presente solo durante el verano para deshumidificación.
- Mejor tecnología: Aerotermia

- Sumidero de calor potencial disponible durante todo el año y demanda de calefacción constante.
- Mejor tecnología: Bomba de calor – fuente agua



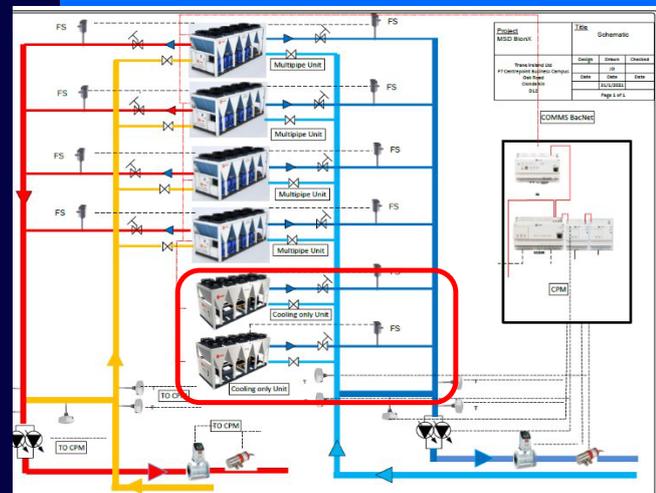
### 3.3 – Diseño Hidráulico



- Las enfriadoras deben instalarse **en serie** con la bomba de calor, no en paralelo.
- Si se conectan en paralelo, hidráulicamente, cuando se inician, el flujo es 3 veces mayor que el de las bombas de calor, lo que diluye el  $\Delta T$  y provoca problemas de control.

#### Solución:

Las bombas de calor deben instalarse antes de los enfriadores/calderas para permitir el precalentamiento o enfriamiento de la carga antes de la generación primaria.



## 3.4 – Beneficios Adicionales de Almacenamiento



### Almacenamiento Primario

Dimensionado con una válvula de 3 vías para permitir que la bomba de calor se desacople durante el modo de descongelamiento, cambios de modo, etc.

- Separa la carga del circuito principal, por lo que la unidad solo añade carga de forma activa.
- Elimina los problemas de dilución de  $\Delta T$  asociados al funcionamiento de la bomba primaria.
- Suaviza las cargas de la bomba de calor para evitar los cambios de modo.



## 4 – Historia de éxito: Bomba de calor



### Antecedentes del proyecto

- Objetivos corporativos de neutralidad de carbono
- Propuesta para instalar un sistema neutro en carbono con aerotermia – Frio y Calor

### Desafíos

- Temperatura de diseño de 80+ °C
- Selección de un sistema con bajo COP
  - Aumento significativo de los costos operativos (OPEX)
  - Necesidad de aumentar la potencia y la infraestructura eléctrica

## 4 – Historia de éxito: Bomba de calor

EM3



**Presupuesto del proyecto:**  
**€4,500,000**



**Plazo de ejecución:**  
del concepto a la puesta en marcha:  
**14 meses**



### Instalaciones:

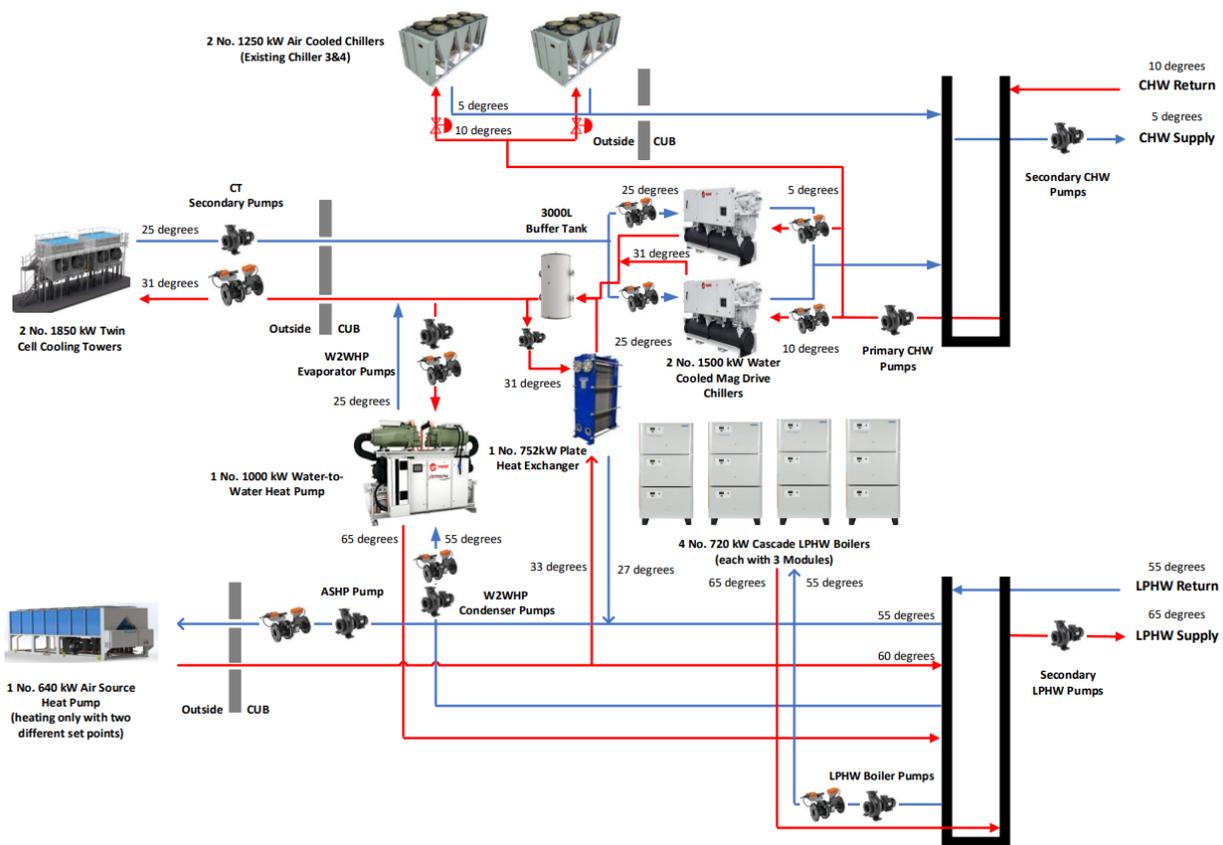
- 4 Torres de Refrigeración
- 1 bomba de calor de 1.000 kW (aeroterminia)
- Nuevo edificio de servicios centrales sobre cimientos de pilotes
- Nueva sala MCC y servicios electrónicos
- Bombas y Circuitos de distribución de agua fría/caliente
- 2 Bombas de calor agua / agua de 1.000 kW3
- Enfriadoras rodamientos magnéticos de 1.500 kW



### Alcance del Proyecto EM3:

- Diseño Conceptual
- Solicitud de permisos
- Diseño de licitación y proceso de contratación
- Diseño detallado y planos de construcción (mecánica, eléctrica, civil y estructural, automatización)
- Gestión del proyecto
- Puesta en marcha
- Verificación de horros y seguimiento continuo

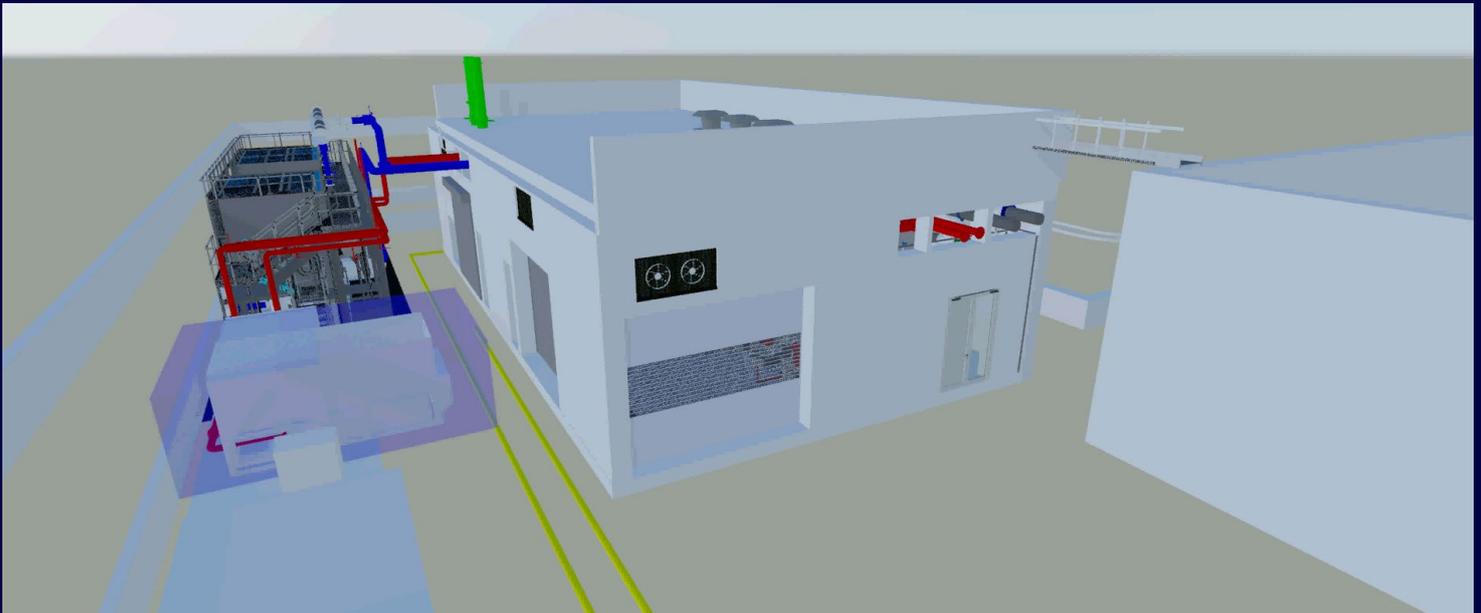
8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética



8.1 Graciano Tornero (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). EM3. *Electrificar el calor de forma eficiente, escalable y bien integrada*

## 4.1 – Historia de éxito: Bomba de calor

EM3



## 4.1 – Historia de éxito: Bomba de calor

EM3



**Ahorro de CO2**  
3,534 toneladas

Reducción del 92% de  
emisiones en la Fase 1 del  
proyecto



**Payback**  
3.2 años



Sin Incremento en el  
consumo eléctrico

Incluye fondo de descarbonización  
y equivalente a CEAs

8.1 Graciano Tornero (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). EM3. *Electrificar el calor de forma eficiente, escalable y bien integrada*

EM3



**Gracias por asistir.  
Desde este QR podéis  
descargar la presentación.**

**Graciano Tornero Mínguez**  
Iberia & LATAM Regional Lead  
graciano.tornero@em3energy.com

8 *Mesa de Innovación y Eficiencia Energética*

**8.2. Alvaro Núñez Muro (CEM<sup>®</sup>, CMVP<sup>®</sup>). EDISON NEXT *Sistema de gestión energética, herramienta clave para la mejora continua del desempeño energético y la descarbonización***

# SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA, HERRAMIENTA CLAVE PARA LA MEJORA CONTINUA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO Y LA DESCARBONIZACIÓN

---

Mesa de Innovación y Eficiencia Energética

ÁLVARO NÚÑEZ MURO - ENERGY MANAGER (CEM & CMVP)



# 1.INTRODUCCIÓN



La monitorización energética recopila datos mediante sensores clave (eléctricos, térmicos, presión, etc.) que se integran en plataformas de gestión energética (EMS). Estas permiten analizar consumos, detectar desviaciones y optimizar la eficiencia de procesos y equipos

## MONITORIZACIÓN ENFOCADA EN LOS PRINCIPALES USOS DE LA ENERGÍA:

- Compresores de aire
- Sistemas de refrigeración y climatización
- Generación y distribución de vapor
- Maquinaria industrial (proceso y sistemas auxiliares)

## ALCANCE MONITORIZACIÓN PLATAFORMA IRIS

- 9 Instalaciones industriales en la plataforma
- 5540 señales monitorizadas en remoto
- Lectura de señales con frecuencia de 5 segundos



# 1.INTRODUCCIÓN



La monitorización energética recopila datos mediante sensores clave (eléctricos, térmicos, presión, etc.) que se integran en plataformas de gestión energética (EMS). Estas permiten analizar consumos, detectar desviaciones y optimizar la eficiencia de procesos y equipos

## BENEFICIOS CLAVE DE LA MONITORIZACIÓN

- Optimización del consumo energético
- Mantenimiento predictivo y reducción de fallos
- Soporte a la mejora continua (SGEn ISO 50001 por ejemplo)
- Cumplimiento normativo y verificación de ahorros (CAEs)

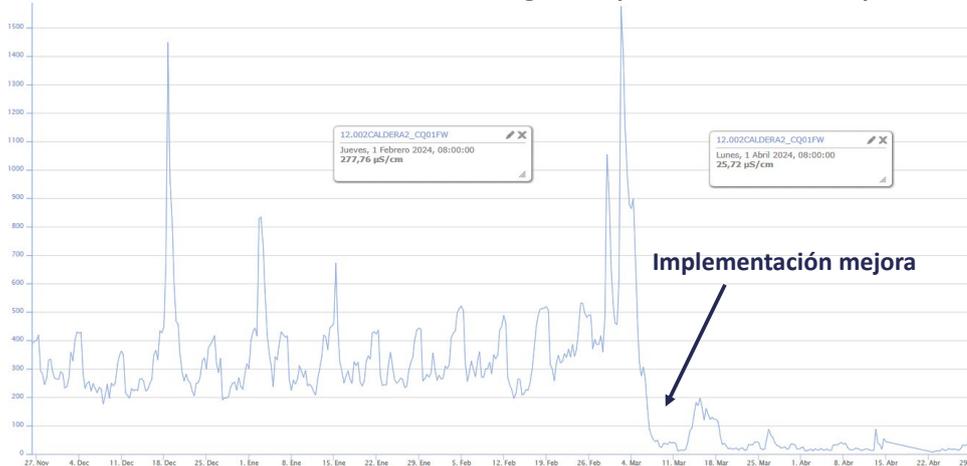


## 2. CASOS DE ÉXITO PLATAFORMA EMS

### 1. VERIFICACIÓN AHORRO Y CONTROL OPERACIONAL CALDERAS DE VAPOR

Se realizó una planta de agua osmotizada para dar servicio a la zona de producción y se aprovechó este recurso para la alimentación de las calderas de vapor, reduciendo la conductividad del aporte y las purgas en la caldera.

Monitorización conductividad del agua de aporte en caldera de vapor



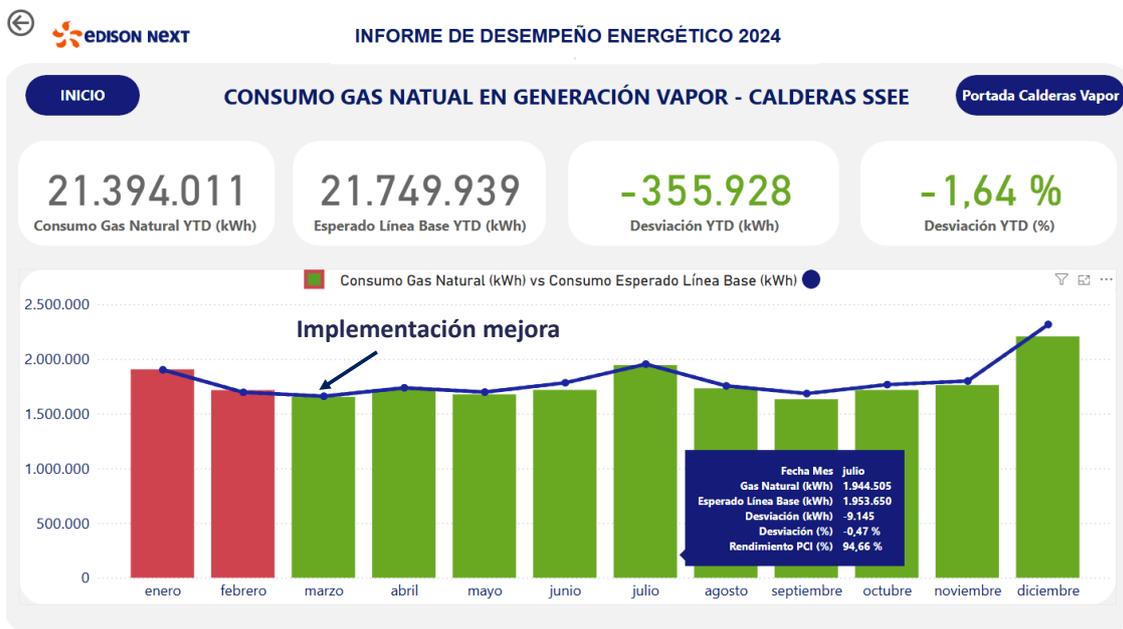
**Resultado:** Mejora de rendimiento por reducción de purgas (pérdidas de calor).

Se empleó la plataforma IRIS para medir cada 5 segundos los valores de conductividad del agua de aporte y de la caldera.

## 2. CASOS DE ÉXITO PLATAFORMA EMS



### 1. VERIFICACIÓN AHORRO Y CONTROL OPERACIONAL CALDERAS DE VAPOR



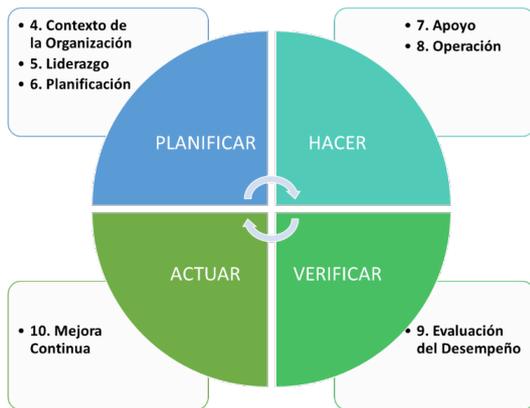
## 2. CASOS DE ÉXITO PLATAFORMA EMS



### 2. CERTIFICACIÓN ISO 50001, MEJORA CONTINUA Y MÉTRICA AVANZADA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO

En 2024 se implementó un SGen ISO 50001 en este mismo cliente en el que durante 10 años se ha realizado un seguimiento del desempeño energético con una monitorización en detalle (IRIS), implementación de más de 30 mejoras de eficiencia energética y mejora continua del control operacional en las labores de O&M.

#### Ciclo PHVA según estructura de alto nivel de ISO 50001:2018 para un SGen



**Resultado:** Implementación exitosa sin un esfuerzo adicional significativo para el cliente. Uso de las normas ISO 90001 y 14001 como base para los aspectos comunes de la estructura de alto nivel.

Mejor estructuración de la revisión energética y mayor explotación de la monitorización existente en fábrica. Se destaca como fortaleza el trabajo realizado en la métrica del desempeño energético mediante el uso de líneas base y aplicación de protocolos de medida y verificación.

## 2. CASOS DE ÉXITO PLATAFORMA EMS

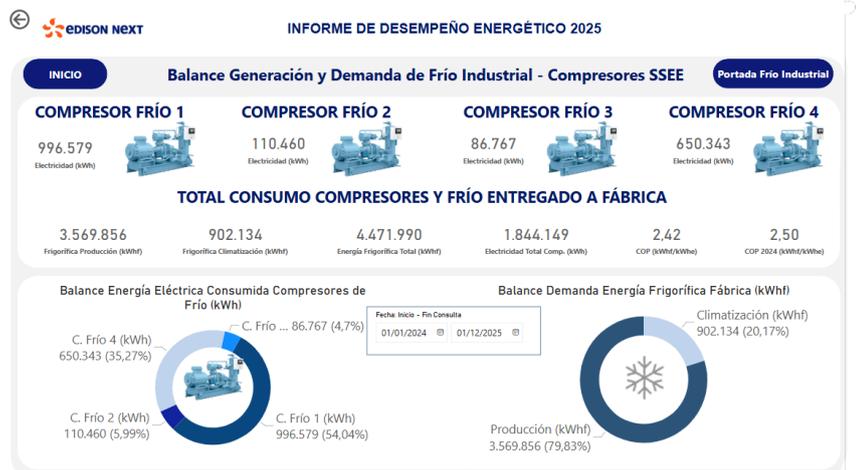


### 2. CERTIFICACIÓN ISO 50001, MEJORA CONTINUA Y MÉTRICA AVANZADA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO

En 2024 se implementó un SGen ISO 50001 en este mismo cliente en el que durante 10 años se ha realizado un seguimiento del desempeño energético con una monitorización en detalle (IRIS), implementación de más de 30 mejoras de eficiencia energética y mejora continua del control operacional en las labores de O&M.

#### PRINCIPALES LOGROS EN MONITORIZACIÓN ISO 50001

- Revisión energética alcance >90% USEs
- Desarrollo de > 50 Líneas base analizando tanto la calidad de generación del vector como la demanda
- M&V de la consecución objetivos corporativos
- Medida del Desempeño en zona productiva
- Coste energético por tipo de producto fabricado
- Presupuestos energía con análisis a futuro
- Monitorización en detalle por equipo



## 2. CASOS DE ÉXITO PLATAFORMA EMS



### 2. CERTIFICACIÓN ISO 50001, MEJORA CONTINUA Y MÉTRICA AVANZADA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO

En 2024 se implementó un SGen ISO 50001 en este mismo cliente en el que durante 10 años se ha realizado un seguimiento del desempeño energético con una monitorización en detalle (IRIS), implementación de más de 30 mejoras de eficiencia energética y mejora continua del control operacional en las labores de O&M.

#### DESEMPEÑO GENERACIÓN VECTOR AIRE COMPRIMIDO



#### DESEMPEÑO DEMANDA FÁBRICA DEL VECTOR AIRE COMPRIMIDO



## 2. CASOS DE ÉXITO PLATAFORMA EMS



### 2. CERTIFICACIÓN ISO 50001, MEJORA CONTINUA Y MÉTRICA AVANZADA DEL DESEMPEÑO ENERGÉTICO

En 2024 se implementó un SGen ISO 50001 en este mismo cliente en el que durante 10 años se ha realizado un seguimiento del desempeño energético con una monitorización en detalle (IRIS), implementación de más de 30 mejoras de eficiencia energética y mejora continua del control operacional en las labores de O&M.

#### USO DE LÍNEAS BASE PARA EVALUAR EL CONSUMO A FUTURO Y ELABORAR EL PRESUPUESTO DE ENERGÍA DE LA FÁBRICA



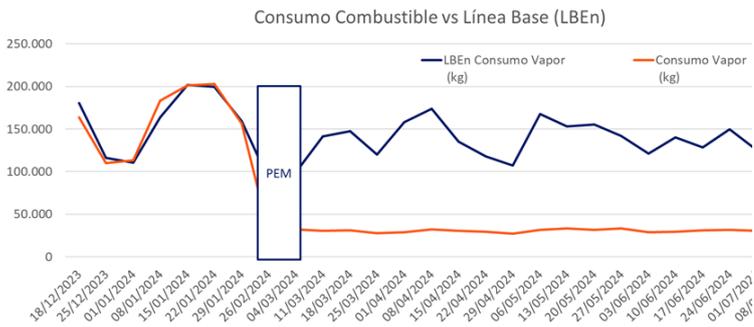
## 2. CASOS DE ÉXITO PLATAFORMA EMS



### 3. VERIFICACIÓN DE CAEs PROYECTO SINGULAR EN MAE REALIZADA EN PROCESO PRODUCTIVO

Mediante el uso de la monitorización, el cliente realiza una actuación de mejora y se pone a su disposición la Medida y Verificación realizada con el informe de desempeño y se le ayuda en la elaboración de informe para la verificación de CAEs de un proyecto singular de mas de 5 GWh. Se establece un plan de medida específico para este proyecto a partir de la línea base existente.

#### Gráfica consumo real vs esperado línea base antes y después de la ejecución



**Resultado:** Obtención exitosa de los CAEs y reducción de mas del 70% del vapor demandado por la máquina de producción para generar el mismo servicio.

Esta mejora estrella, consiste en la recuperación del calor del proceso y se ha podido replicar en otras máquinas similares de la fábrica. Además, se ha impulsado a monitorizar el consumo de vapor de otras máquinas para que próximamente cuando se ejecute la acción haber empezado la medida del periodo de referencia.

### 3. CONCLUSIONES



- La gestión energética y la monitorización avanzada son herramientas estratégicas para mejorar la competitividad
- Los datos son un soporte clave en la O&M y permiten que la toma de decisiones sea rigurosa y fiable
- Aplicación de protocolos y las mejores prácticas para la métrica del desempeño energético
- La monitorización es esencial para obtención Certificados de Ahorro Energético
- Rentabilidad contrastada de los sistemas de gestión y monitorización

FIGURA DEL ENERGY MANAGER



#### DEPARTAMENTOS DE GESTIÓN ENERGÉTICA Y USO DE PLATAFORMAS DE MONITORIZACIÓN



#### USO DE CERTIFICACIONES Y PROTOCOLOS INTERNACIONALES RECONOCIDOS



Norma Española  
UNE-EN ISO 50001

8 *Mesa de Innovación y Eficiencia Energética*



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

8.3 *Esther Izquierdo Martínez (CMVP®). WATTEGA El valor de la innovación en la eficiencia energética*

**8.3. Esther Izquierdo Martínez (CMVP®). WATTEGA *El valor de la innovación en la eficiencia energética***

# EL VALOR DE LA INNOVACIÓN EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

---

Innovación y eficiencia energética

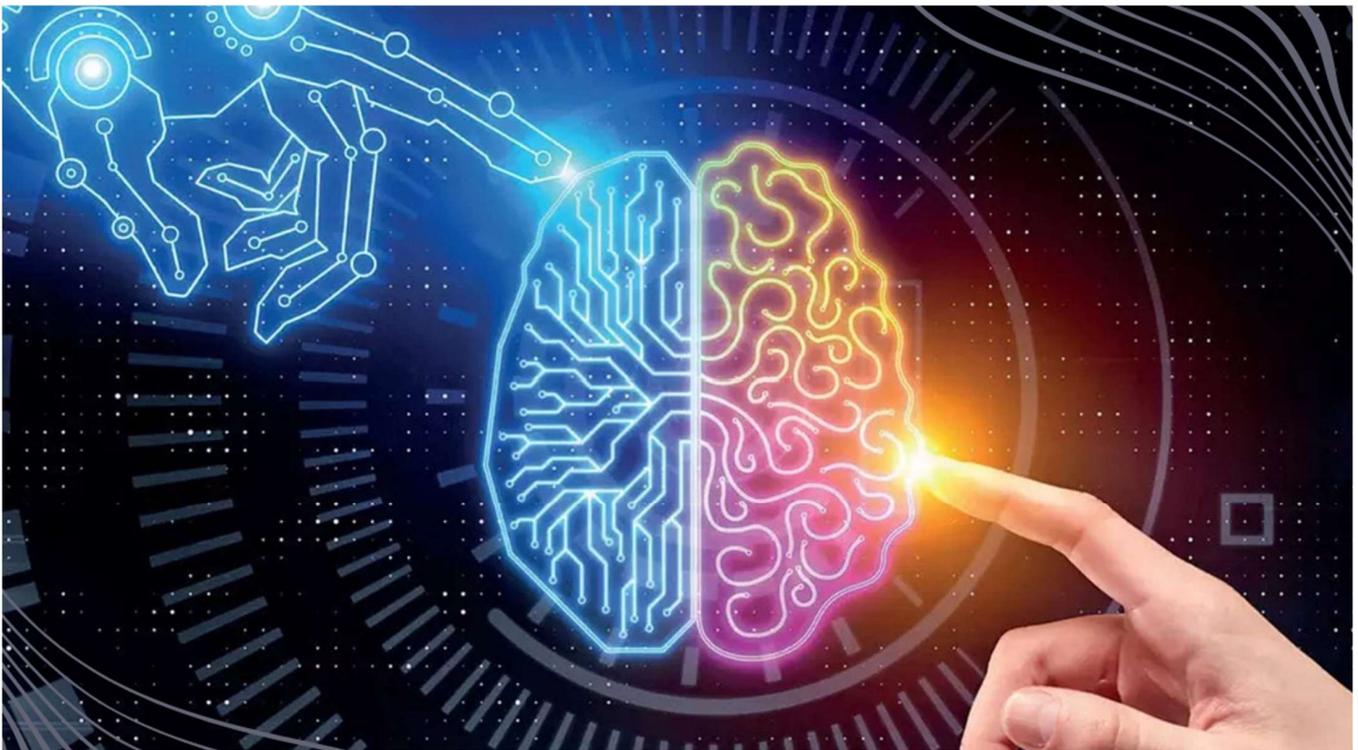
Esther Izquierdo Martínez

Ingeniera Industrial-UPC, PDD-IESE, CMVP

Directora de innovación y de personas de WATTEGA

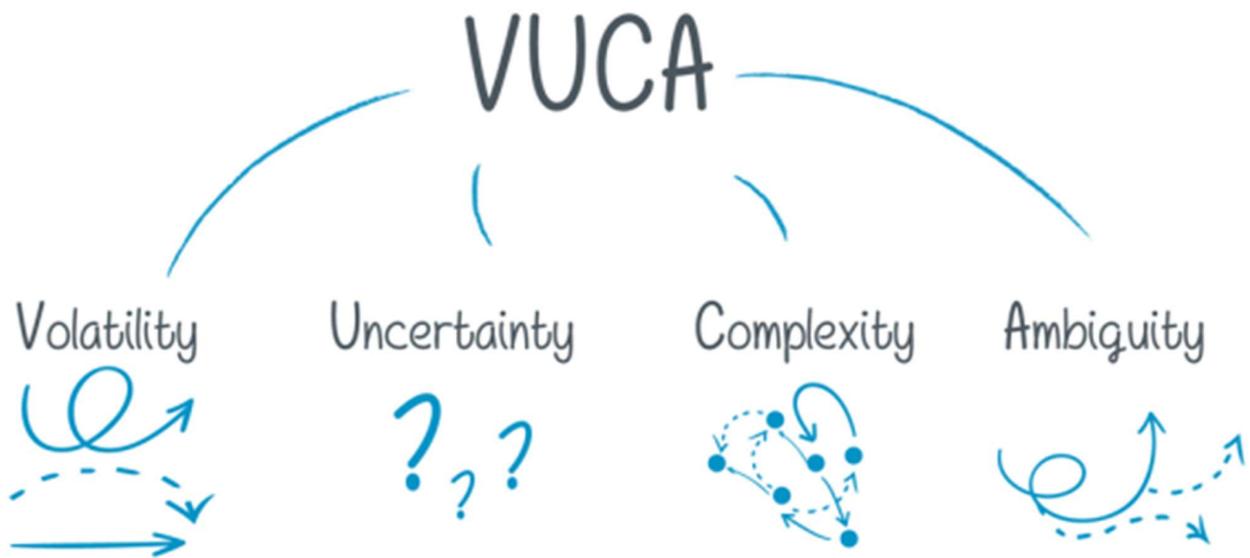


8.3 Esther Izquierdo Martínez (CMVP®). WATTEGA *El valor de la innovación en la eficiencia energética*

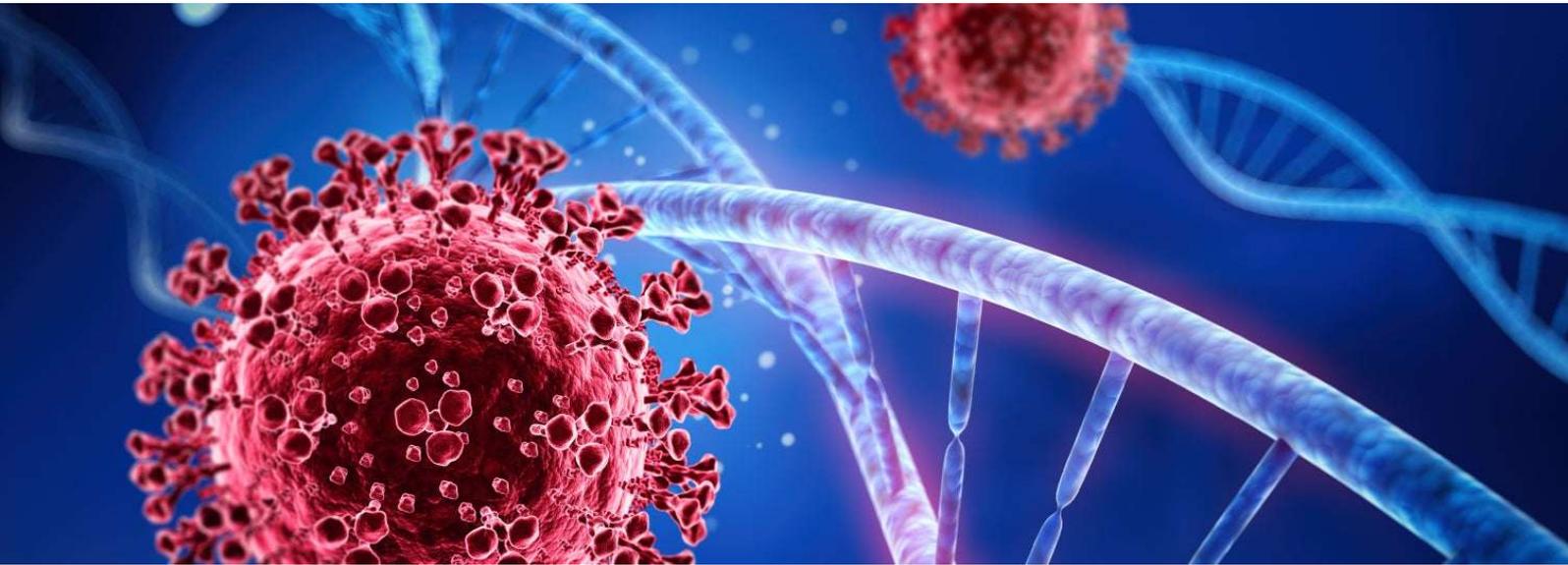


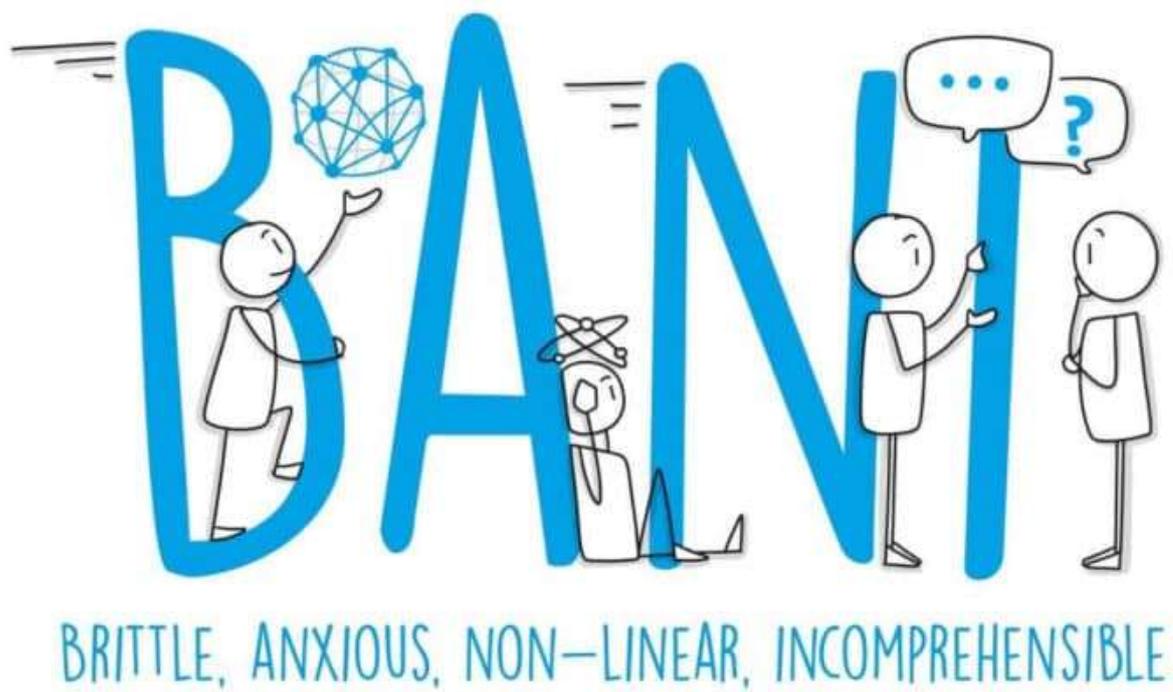
8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética





8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética





8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética

ESPAÑA  
APAGÓN GENERAL  
28 de Abril 2025



8.3 Esther Izquierdo Martínez (CMVP®). WATTEGA *El valor de la innovación en la eficiencia energética*



8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética



8.3 Esther Izquierdo Martínez (CMVP®). WATTEGA El valor de la innovación en la eficiencia energética



"Innovar es **utilizar el conocimiento, y generarlo si es necesario, para crear productos, servicios o procesos, que son nuevos para la empresa, o mejorar los ya existentes, con siguiendo con ello tener éxito en el mercado**"  
Manual de Oslo 1997

"Innovación es sinónimo de **producir, asimilar y explorar con éxito una novedad, en las esferas económica y social, de forma que aporte soluciones inéditas a los problemas y permita así responder a las necesidades de las personas y la sociedad**"





**"Transformación de las ideas en riqueza y/o valor"**

**Cuando se innova: se corre el riesgo de cometer errores.**

**"La recompensa de una buena idea es que se haga realidad y llegue a la sociedad"**

**"Innovación es el motor de la economía del conocimiento"**

**"Innovación es el driver que da respuesta a los retos económicos, sociales y ambientales a los cuales se enfrenta la sociedad"**

Fuente: INDRA



**"Innovation is at the heart of a successful, sustainable and just energy transformation, essential in mitigating the impacts of climate change while improving energy security."**

**"A sustainable energy system is only achievable by taking full advantage of the best innovations in energy products and services across the sectors that use them."**



**Digitalisation**



**Electrification**



**Systemic innovation**



**Innovation indicators**



**Quality & Standards**

8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética



8.3 Esther Izquierdo Martínez (CMVP®). WATTEGA *El valor de la innovación en la eficiencia energética*



**Innovación tecnológica**  
**Innovación digital y de datos**  
**Innovación en procesos y operativa**  
**Innovación en modelos de negocio y operativa**  
**Innovación social y formativa**

8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética








## 2021 -2024 HYPERGRYD: HYbrid couPled nEtworks for theRmal-electric inteGrated smaRt energy District

HORIZON / Coordinator: ARCbcn

### Goal

To develop a set of replicable and scalable cost effective **technical solutions** to allow the **integration of RES-based technologies** with different dispatchability and intrinsic variability **inside thermal grids** as well as their link with the **Electrical Grids**, including the development of innovative key components and integrated ICT services formed by a scalable suite of tools for the proper handling of the increased complexity of the systems.

**Keywords:** Sector Coupling, Thermal-Electric Grids, LEC, CHP, Heat Pump, Sorption storage, ICT tools

### Achievements in HYPERGRYD

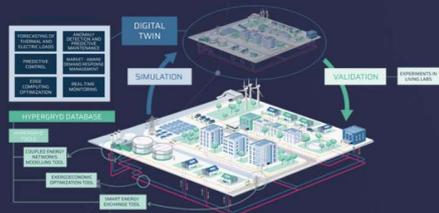
- Ensure RES penetration
  - 60% - 4th DH system
  - 80% - 5th DH system
- Foster the sustainability of DH/C and cooling networks connected to local RES, CHP and energy storage

### Partners/Countries

19/7

### Funding

5.922.875 €








### 2023 -2027 AGRICool: Advancing sustainable AGRiculture through off-grid energy and COOLing solutions in Africa

HORIZON / Partner: ARCbcn

#### Goal

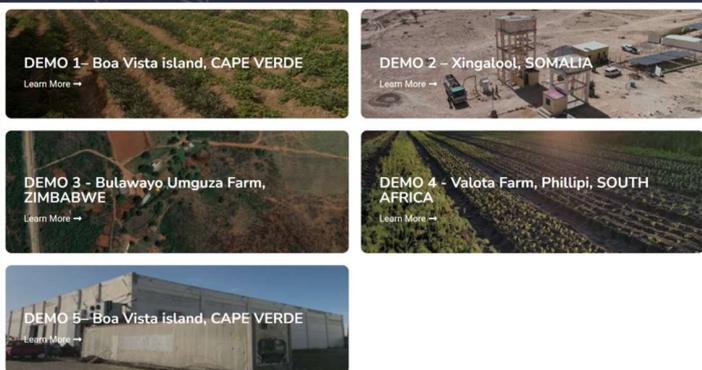
Minimising food losses and waste, as well as reducing the reliance on fossil fuel-powered generators

#### Aims:

- Building the Agri-Cool containers
- Testing in rural communities
- Life cycle assessment
- Training programs
- Advanced course for engineers
- Market strategy

#### Partners/Pilot Countries

13/4



DEMO 1 – Boa Vista island, CAPE VERDE  
Learn More →

DEMO 2 – Xingalool, SOMALIA  
Learn More →

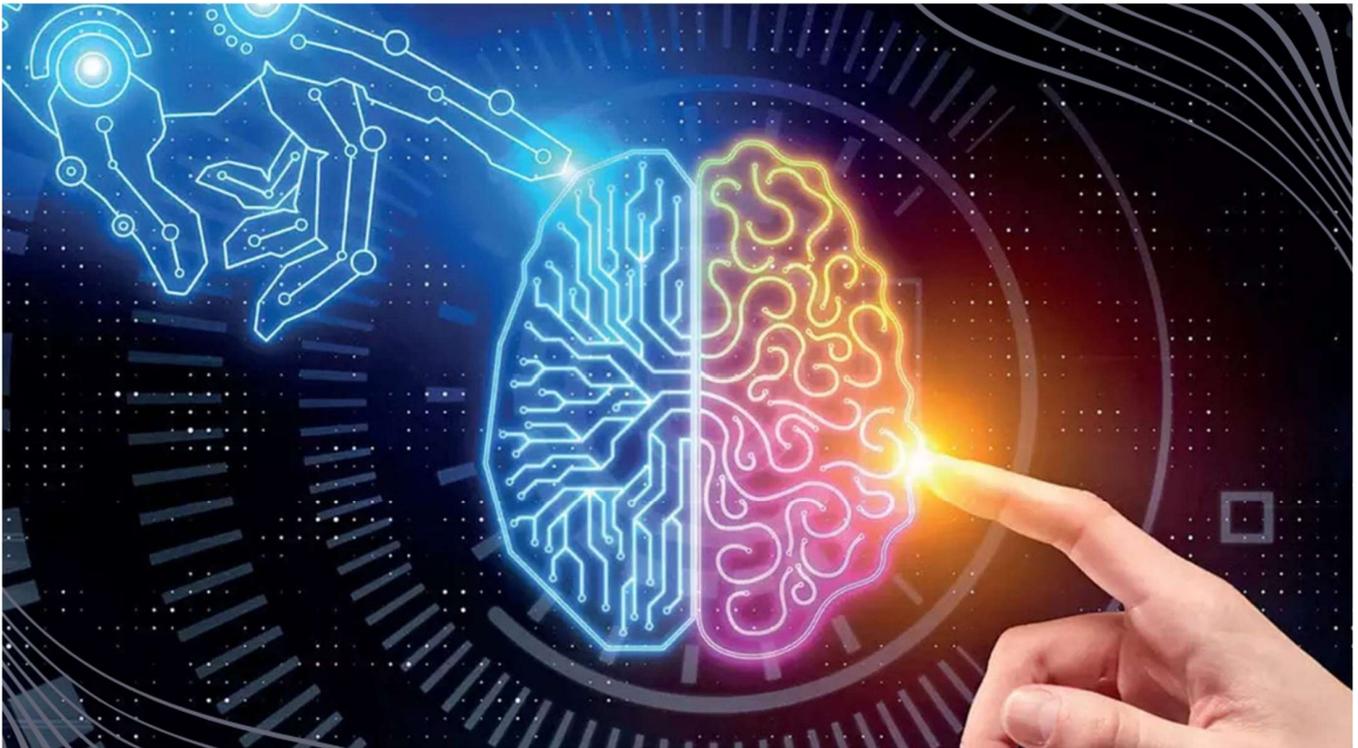
DEMO 3 – Bulawayo Umguza Farm, ZIMBABWE  
Learn More →

DEMO 4 – Valota Farm, Phillipi, SOUTH AFRICA  
Learn More →

DEMO 5 – Boa Vista island, CAPE VERDE  
Learn More →

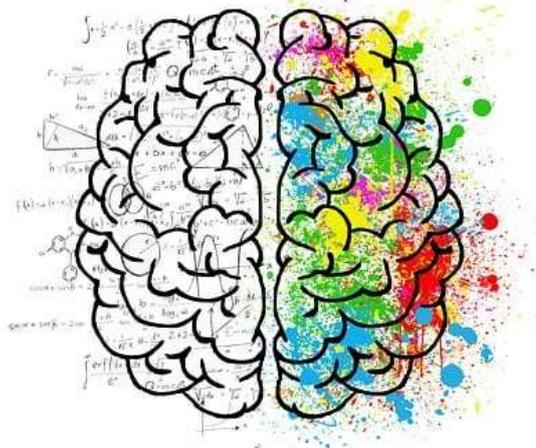
  


8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética



8.3 Esther Izquierdo Martínez (CMVP®). WATTEGA *El valor de la innovación en la eficiencia energética*

$$\frac{(\text{Educación} + \text{Personas}) \times (\text{Tecnología} + \text{Innovación})}{\text{Colaboración}} = \text{Sostenibilidad} = \text{Transición Energética}$$



Muchas gracias



Esther Izquierdo Martínez  
Ingeniera Industrial-UPC, PDD-IESE  
CMPVP  
Mentora, Executive Coach, Formadora, Speaker

Directora de innovación y de personas de WATTEGA

[e.izquierdo@wattega.eu](mailto:e.izquierdo@wattega.eu)



8.4 Luis de Garrido Talavera, Nicolás Picco. *Ventajas sostenibles y eficiencia energética de la construcción modular y*

**8.4. Luis de Garrido Talavera, Nicolás Picco. *Ventajas sostenibles y eficiencia energética de la construcción modular y bioclimática***

## Ventajas sostenibles y eficiencia energética de la construcción modular y bioclimática

Luis de Garrido Talavera <sup>(1)</sup>, Nicolás Picco <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Doctor Ingeniero, Doctor Arquitecto UPV. Director ANAS. [info@luisdegarrido.com](mailto:info@luisdegarrido.com)

<sup>2</sup> Master en Arquitectura Sostenible (ANAS). Universidad de Buenos Aires

**áreas:** edificios sostenibles, NZEB, proyectos, descarbonización, eficiencia energética

### Resumen

Este estudio cuantifica la contribución de la construcción desmontable y modular con diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad de un edificio. Para ello se han utilizado algunos de los mejores Sistemas de Evaluación de Edificios Sostenibles (*Green Building rating Systems-GBRS*) actuales.

Se ha comparado la puntuación de una vivienda bioclimática, desmontable y modular con la de una vivienda con diseño convencional, en ambos casos utilizando 11 de los GBRS más importantes. Todos los GBRS utilizados han detectado un mayor nivel de sostenibilidad en la vivienda bioclimática, desmontable y modular analizada aunque, debido a la estructura de puntuación de los GBRS, los resultados se pueden extrapolar de forma generalizada, y para ello sería muy útil analizar más casos a estudios similares. No obstante, las puntuaciones resultantes varían considerablemente de unos GBRS a otros. Solo tres GBRS han valorado claramente las ventajas obvias de la construcción bioclimática, modular y desmontable, mientras que el resto la han valorado muy poco, y cuatro de ellos apenas la han valorado, a pesar de sus importantes ventajas sostenibles. Desde luego no es aceptable que un mismo edificio tenga una puntuación sostenible muy diferente, dependiendo del GBRS utilizado, y ello sugiere que muchos GBRS actuales deben mejorarse para que puedan ser capaces de cuantificar el nivel sostenible de los edificios de forma adecuada.

Este estudio de caso es importante para comprender la contribución de la construcción bioclimática, desmontable y modular a la sostenibilidad general de un edificio.

### 1. Introducción

Este trabajo evalúa las ventajas sostenibles de la construcción bioclimática, modular e industrializada basada en contenedores.

La construcción modular desmontable se está investigando ampliamente debido a sus ventajas sostenibles. Este tipo de construcción combina las ventajas de la construcción modular [1, 2, 3, 4] con las de la construcción prefabricada e industrializada [5, 6, 7, 8, 9], a las que se suman las ventajas funcionales, económicas y sostenibles del uso de contenedores [10, 11, 12, 13, 14]. Del mismo modo, diversos estudios han definido un gran número de sistemas constructivos desmontables, mostrando sus ventajas generales [15, 16, 17, 18, 19], así como sus ventajas sostenibles [20, 21, 22, 23, 24, 25]. Sin embargo, en casi todos estos estudios se han utilizado muy pocos indicadores de sostenibilidad para realizar el análisis (tales como la reducción de residuos, la optimización de recursos y la velocidad de construcción), mientras que casi ningún estudio ha analizado de forma integral y completa la contribución de la construcción modular desmontable al nivel general de sostenibilidad de un edificio [26].

Por otro lado, el diseño bioclimático se entiende como el proyecto de edificios que sean capaces de autorregularse térmicamente sin necesidad de dispositivos que consuman energía [27, 30, 32]. Un edificio bioclimático tiene una orientación y un diseño muy especiales, lo que le permite mantener una temperatura interior confortable en todo momento. En invierno, se calienta gracias a su orientación, a la disposición del aislamiento y la inercia térmica, al efecto invernadero y a un conjunto variado de ingeniosas estrategias arquitectónicas. En verano, se refresca gracias a su orientación, a las protecciones solares y al aumento del refresco nocturno mediante un conjunto muy especial de espacios y galerías subterráneas. Las ventajas del diseño bioclimático se han analizado en varios trabajos [27, 28, 29, 30, 31, 32], y entre ellas destacan la reducción del consumo energético, la reducción de emisiones y residuos, el aumento de la calidad de vida y la reducción de enfermedades. La mayoría de los trabajos se centran en una única variable comparativa, como el consumo energético [27, 33, 34, 35].

Para evaluar el nivel general de sostenibilidad de los edificios, en los últimos años se han implementado herramientas de evaluación multivariantes, denominadas GBRS (*Green Building Rating Systems*). Sin embargo, estas herramientas apenas se han utilizado para analizar los beneficios sostenibles generales de la construcción bioclimática, desmontable y modular. El objetivo del presente trabajo es, por lo tanto, utilizar diversos GBRS para determinar el aumento del nivel de sostenibilidad de una construcción bioclimática, modular y desmontable.

Para ello se ha evaluado una vivienda modular desmontable utilizando once de los GBRS más importantes y utilizadas a nivel mundial: ASGB, BEAM, BREEAM, CEDES, DNGB, GBI, GG, GS, IGBC, LEED y SBTools. La misma vivienda también se ha evaluado como si hubiera sido diseñada y construida de forma convencional (no bioclimática y no desmontable). Al comparar ambos resultados, se ha podido determinar la contribución de la construcción bioclimática, modular y desmontable a la sostenibilidad de los edificios.

Cabe destacar que cada vez aparecen más estudios que cuestionan la validez de las GBRS actuales. Algunos trabajos dudan de su validez debido a que son muy diferentes entre sí y, por lo tanto, ofrecen resultados distintos al evaluar el mismo edificio. Esto se debe a que no existe un consenso internacional sobre el concepto de sostenibilidad ni un marco común para alcanzarla y evaluarla [36]. Otros estudios indican que las GBRS actuales no pueden evaluar correctamente la sostenibilidad, ya que no consideran el diseño arquitectónico en su sistema de puntuación [25, 26, 15, 37, 38, 39, 40], mientras que otros son aún más críticos y concluyen que, al analizar muchos edificios diseñados según algunas de estas GBRS, se comparan con los edificios convencionales los ahorros energéticos sustanciales o la optimización de recursos [37, 38, 41, 42]. Por si fuera poco, cada vez hay más trabajos que critican duramente la utilidad de algunas de las GBRS más conocidas, como LEED [43, 44].

La vivienda bioclimática, modular y desmontable evaluada, R4House (Fig. 1), se ha construido a base de contenedores y puede desmontarse y montarse tantas veces como se desee, ya que todos sus componentes pueden desmontarse, repararse y reutilizarse tantas veces como sea necesario.

Se puede afirmar que la R4House tiene un alto nivel de sostenibilidad, ya que apenas consume energía, y su durabilidad puede extenderse al máximo, reduciendo al máximo su impacto ambiental por unidad de tiempo. Además, se optimizaron al máximo los materiales utilizados, se redujeron al mínimo los residuos y las emisiones, y se minimizó el consumo energético en su construcción, mantenimiento y vida útil.<sup>371</sup>

Por lo tanto, cabía esperar que los GBRS elegidos valoraran adecuadamente el nivel de sostenibilidad de esta vivienda otorgándole una puntuación alta aunque no ha sido así.

## 2. Descripción de las viviendas a evaluar: *R4House* y *ND-R4House*

Para determinar con precisión la contribución del diseño bioclimático, modular y desmontable a la puntuación de sostenibilidad de un edificio, se ha comparado una casa bioclimática y desmontable (*R4House*) con su versión de sí misma, con un diseño convencional y una sistema constructivo convencional (*ND-R4House*). Para evaluar las dos viviendas se han utilizado 11 de los GBRS más relevantes, y en la comparación solo se muestran los indicadores cuyas puntuaciones varían entre ambas.

### 2.1. Descripción de la vivienda bioclimática y desmontable. *R4House*

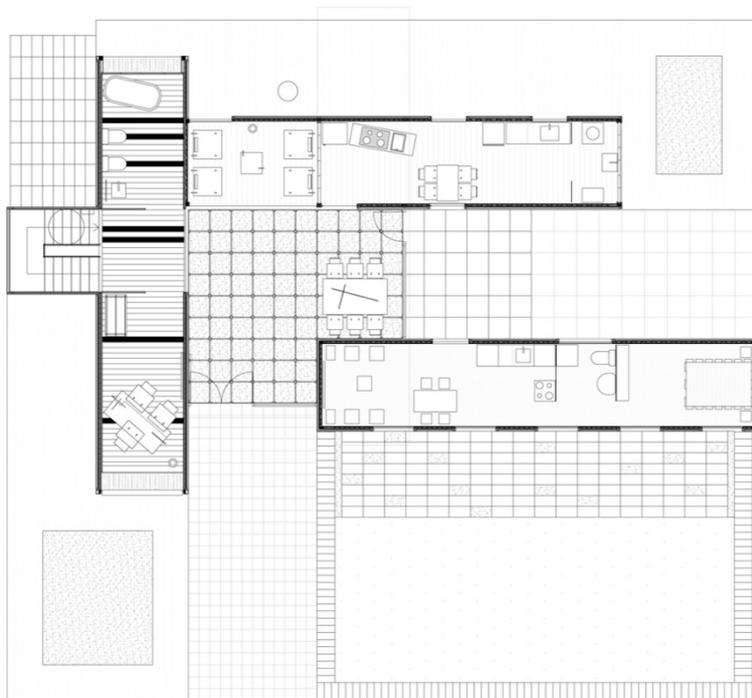
#### 2.1.1. Información general

*R4House* ha sido diseñada por Luis de Garrido, se compone de dos viviendas unifamiliares y se ha construido con 6 contenedores (Figs. 1 y 2). Una vivienda, con una superficie construida de 173 m<sup>2</sup>, tiene en la planta baja una cocina, salón-comedor, un baño y un estudio, y en la primera planta dos dormitorios y dos baños. La otra vivienda, con una superficie construida de 30 m<sup>2</sup>, cuenta con salón-comedor, un baño y un dormitorio (Figs. 3 y 4). *R4House* se construyó en 2007, y se ha desmontado y vuelto a montar dos veces [45].

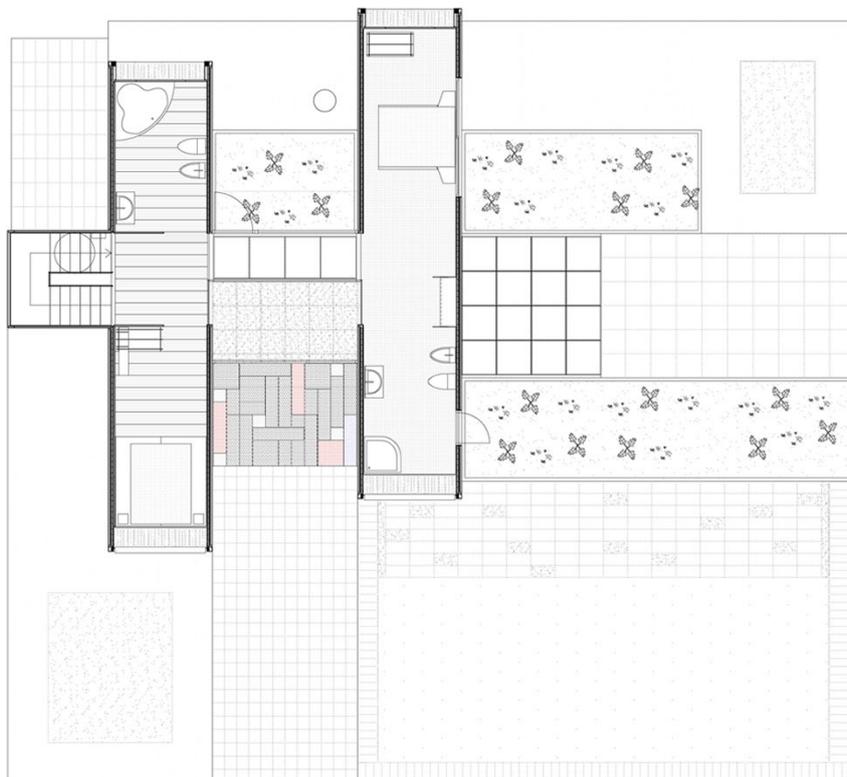


Figura 1. *R4House* diseñada por Luis de Garrido





**Figura 3.** Distribución de la planta baja de *R4House*



**Figura 4.** Distribución del primer piso de *R4House*

### 2.1.2. Diseño desmontable

El edificio es desmontable ya que fue realizado con contenedores y todos sus componentes se ensamblan mediante tornillos y clavos (Fig. 5, 6, 7). El edificio no

## 8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética

necesita cimentación, ya que la parte inferior de cada contenedor se ha solidificado con hormigón, por lo que basta con apoyarlos en el suelo. Los revestimientos y acabados interiores y exteriores (fabricados con paneles de madera, derivados de la madera, cerámica y paneles de residuos) se ensamblan mediante tornillos, clavos y dispositivos de presión. En *R4House*, todos los componentes son desmontables, incluyendo las tuberías de agua (tuberías roscadas de polipropileno), los desagües (tuberías de polietileno presurizado) y la electricidad (tuberías de polipropileno presurizado). Como resultado, todos los componentes de *R4House* se pueden desmontar, reparar y reutilizar fácilmente indefinidamente. De esta manera, el edificio puede tener una durabilidad que tiende al infinito y la menor necesidad de mantenimiento posible.



**Figura 5.** Cada módulo *R4House* se fabricó parcialmente por separado



**Figura 6.** Los 6 módulos parcialmente fabricados se ensamblaron en solo un día

Tal y como se demuestra en estudios previos, las ventajas sostenibles de un edificio desmontable son numerosas, entre ellas:

- Adaptabilidad a nuevos usos
- Fácil reconfiguración del edificio
- Fácil reparación de todos los componentes
- Bajo consumo energético
- Máxima optimización de recursos

8.4 Luis de Garrido Talavera, Nicolás Picco. *Ventajas sostenibles y eficiencia energética de la construcción modular y*

- Reconfiguración sencilla del edificio
- Rápida construcción
- Cero emisiones y residuos

Es bastante razonable pensar que los diversos GBRS utilizados deberían valorar adecuadamente los principales beneficios ambientales y de sostenibilidad mencionados anteriormente y otorgar una puntuación alta a la construcción desmontable, ya que de lo contrario se podría decir que los GBRS que no los valoran adecuadamente, y son deficientes e inadecuados.



**Figura 7.** Después de colocar los 6 módulos de *R4House* parcialmente fabricados, la construcción se completó en dos semanas

### 2.1.3. Diseño bioclimático

En este trabajo, el diseño arquitectónico bioclimático se describe como la capacidad de mantener una temperatura interior confortable y constante (19°-26°) sin necesidad de calefacción ni aire acondicionado. Lograrlo requiere buenas habilidades profesionales, aunque en climas extremos puede ser necesaria la calefacción ocasionalmente. El ahorro energético del diseño bioclimático se mide a menudo como el «nivel bioclimático». En este artículo, nos centramos en un enfoque 100% bioclimático, en el que *R4House* demuestra la capacidad de proporcionar temperaturas interiores confortables sin necesidad de dispositivos mecánicos.

#### 2.1.3.1. Generación de calor debido al diseño bioclimático

La vivienda se calienta por sí misma en invierno gracias a varias características especiales de su diseño (Fig. 10), entre las que destacan:

- Orientación norte-sur
- Mayoría de las ventanas en la fachada sur
- Alta inercia térmica en el interior del cerramiento
- Aislamiento adecuado en el exterior del cerramiento
- Efecto invernadero adecuado que genera la energía térmica necesaria
- Las protecciones solares permiten la máxima entrada de radiación solar en invierno
- Habitaciones principales ubicadas al sur y habitaciones de servicio al norte

## 8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética

Las ventanas ubicadas al sur de la casa (con una superficie de unos 32 m<sup>2</sup>) generan una media de 9.000 W de calefacción en invierno (ya que pasan a través del cristal unos 300 W/m<sup>2</sup>). Los ocupantes de la casa y las pérdidas de energía del frigorífico y otros electrodomésticos proporcionan 1.000 W adicionales de calefacción. En otras palabras, la casa es capaz de generar unos 10.000 W de potencia térmica, suficiente para calentar sus estancias principales. *Ramat-bio* mantiene así una temperatura mínima interior de 19 °C en invierno y no necesita aparatos de calefacción.

### 2.1.3.2. Generación de frío debido al diseño bioclimático

La vivienda se refresca por sí misma en verano gracias a varias características especiales de su diseño (Fig. 11), entre las que destacan:

- Orientación norte-sur
- Alta inercia térmica en el interior del cerramiento
- Aislamiento adecuado en el exterior del cerramiento
- Generación de frío en galerías subterráneas
- Generación de frío mediante ventilación nocturna interior optimizada
- Las protecciones solares minimizan la radiación solar en el edificio en verano
- Espacios servidos al sur y espacios servidores auxiliares al norte

### 2.1.3. Consumo energético de la vivienda

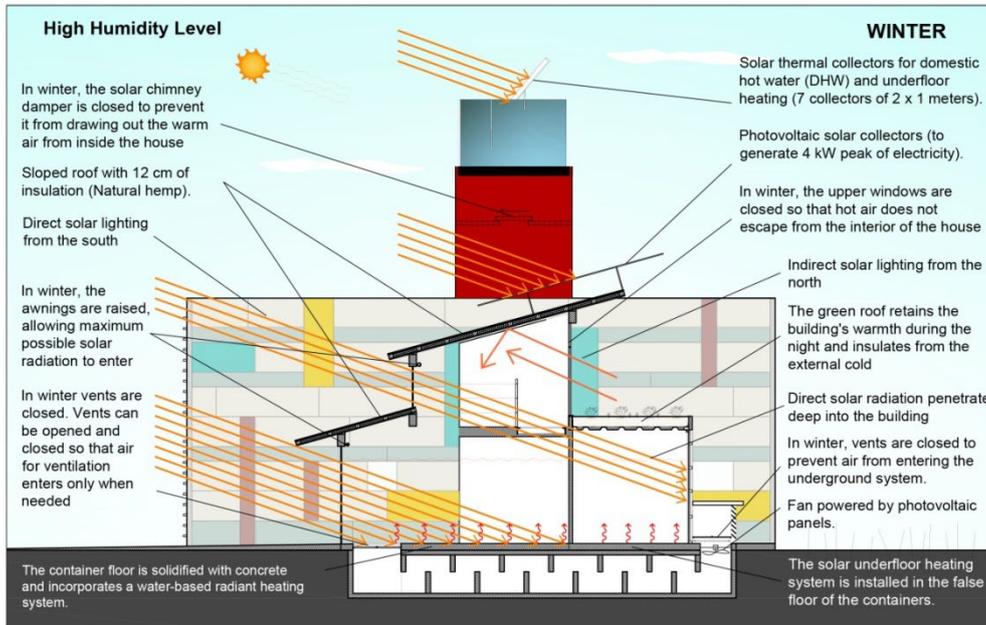
Gracias al diseño bioclimático, la vivienda no necesita calefacción, aire acondicionado ni ventilación mecánica, y como los propietarios están concienciados con la necesidad de reducir al máximo el consumo energético, la casa cuenta con muy pocos electrodomésticos, con una potencia total de 5.076 W (Tabla 1) y un consumo anual de 16'79 kWh/m<sup>2</sup> (Tabla 2).

Frigorífico	210 W (media)
Placa de inducción	900 W
Microondas	700 W
Lavadora	1.200 W
TV	150 W
PCs	100 W
Iluminación	196 W
Iluminación del jardín	55 W
Purificación de agua	1.565 W
Potencia total:	5.076 W

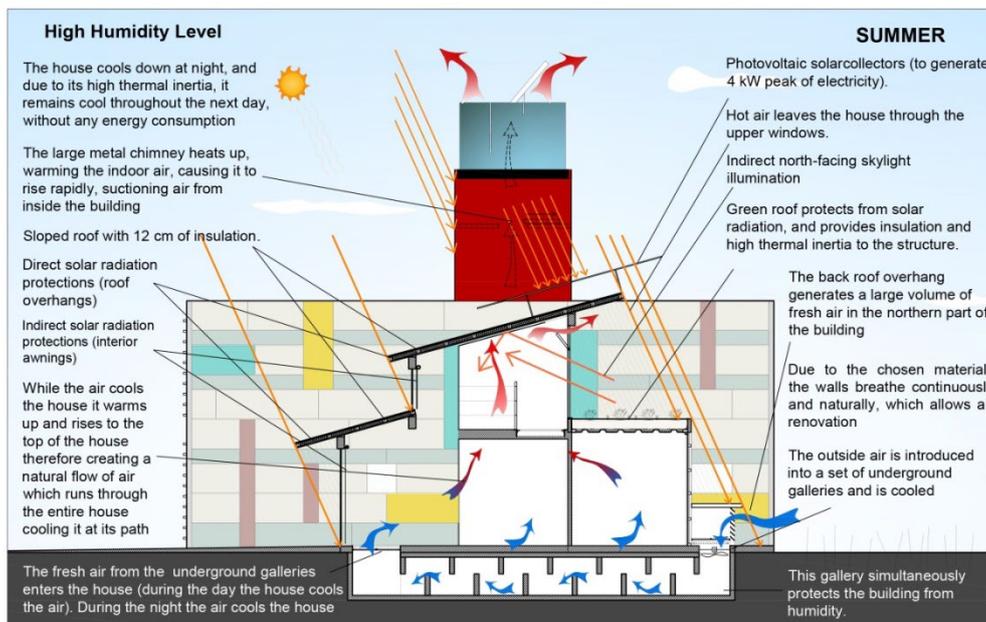
**Tabla 1.** Potencia total de los dispositivos en *R4House*

	Potencia W (vatios)	tiempo de uso (horas)	energía por año (kwh/año)	energía por año/m2 (kwh/m <sup>2</sup> /año)
Frigo (potencia media)	210	24 h. * 365	1'75	5'83
Placa de inducción	900	2 h. * 365	657	2'18
Microondas	700	1 h. * 365	255.5	0'85
Lavadora	1.200	1 h. * 365	438	1'45
TV	150	8 h. * 365	438	1'45
PC's	100	8 h. * 365	292	0'97
Iluminación	196	8 h. * 365	572'3	1'90
Iluminación del jardín	55	4 h. * 365	80'3	0'26
Purificación de agua	1.565	1 h. * 365	571'2	1'90
Total energía consumida por m <sup>2</sup> : 16'79 kwh/m <sup>2</sup> /año				

**Tabla 2.** Consumo energético total por m2 de *R4House*



**Figura 10.** R4House tiene un diseño bioclimático muy especial y en invierno se calienta por efecto invernadero, permitiendo que entre la máxima radiación solar



**Figura 11.** R4House tiene un diseño bioclimático muy especial, protegiendo de la radiación solar en verano y generando un flujo de aire fresco para proporcionar una temperatura confortable en el interior

## 2.2. Descripción de la vivienda no bioclimática y no desmontable. ND-R4House

Para medir la puntuación diferencial que cada sistema GBRS otorga a la construcción bioclimática y desmontable, se comparó la puntuación sostenible de R4House con la otorgada a una vivienda no desmontable de las mismas características, conocida como ND-R4House. Se ha asumido que ND-R4House tiene la misma forma y características que R4House, pero fue construida de forma convencional, como la mayoría de las viviendas unifamiliares. En este estudio se comparó la puntuación sostenible de R4House con la otorgada a una vivienda no desmontable de las mismas características, conocida como ND-R4House. Se ha asumido que ND-R4House tiene la misma forma y características que R4House, pero fue construida de forma convencional, como la mayoría de las viviendas unifamiliares.

hormigón armado, la estructura en muros de carga de bloque de hormigón, pilares de hormigón armado y una losa a base de semiviguetas pretensadas y bóvedas de hormigón armado. La compartimentación interior se basa en fábrica de ladrillo y paneles de yeso-celulosa, la cubierta inclinada en una losa convencional con semiviguetas de hormigón pretensado y bóvedas de hormigón y los revestimientos interior y exterior son a base de fratasado de cemento y enlucido con pinturas plásticas.

### 2.3 Comparativa energética y de autosuficiencia entre R4House y ND-R4House

*R4House* es una vivienda autosuficiente en agua y en energía. Para lograr la autosuficiencia energética a un coste asequible, se ha seguido una estrategia de 3 fases:

1. Informar a los propietarios para que utilicen la menor cantidad posible de aparatos.
2. Realizar un diseño bioclimático óptimo.
3. Gestionar correctamente los aparatos incorporados a la vivienda.

Gracias a su diseño bioclimático, *R4House* no necesita calefacción ni aire acondicionado. Se estima que la potencia total máxima de todos los aparatos que pueden activarse simultáneamente es de 2.000 vatios, con picos de demanda ocasionales de hasta 2.500 vatios. Para cubrir estas necesidades, se ha instalado un sistema fotovoltaico con 10 placas fotovoltaicas. Este sistema genera unos 3.500 vatios en su pico de potencia, de modo que las baterías pueden proporcionar una potencia de al menos 2.500 W (normalmente, las baterías no pueden suministrar toda su potencia, sino alrededor del 80%). El coste del sistema fotovoltaico necesario es de 6.750 euros (IVA incluido).

Por contra, la vivienda de diseño convencional, *ND-R4House*, requiere calefacción y aire acondicionado para mantener una temperatura interior confortable, así como iluminación artificial en algunas estancias, incluso durante el día. Como resultado, la vivienda tiene un coste económico adicional (precio de los equipos y precio del espacio para albergarlos), requiere más mantenimiento, genera emisiones nocivas y reduce el bienestar y la salud de sus ocupantes (ruido, olores, vibraciones).

En Valencia, la potencia media de los sistemas de calefacción y aire acondicionado es de al menos 40 W/m<sup>2</sup>, aunque los sistemas suelen dimensionarse con una potencia media de 90 W/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, la vivienda *ND-R4House* debería incorporar un sistema de calefacción y un sistema de aire acondicionado con una potencia mínima de 8.120 W ((173+30) m<sup>2</sup> \* 40 W/m<sup>2</sup> = 8.120 W). De esta forma, la potencia total de los dispositivos electromecánicos de *ND-R4House* sería de al menos 13.196 W (8.120 W + 5.076 W) (Tabla 1), y su consumo energético (por m<sup>2</sup>) sería de 69,62 kWh/m<sup>2</sup>/año (Tabla 3).

	Potencia W (vatios)	tiempo de uso (horas)	energía por año (kwh/año)	energía por año/m2 (kwh/m <sup>2</sup> /año)
Frigorífico (potencia media)	210	24 h. * 365	1.752	5.83
Placa de inducción	900	2 h. * 365	657	2.18
Microondas	700	1 h. * 365	255.5	0.85
Lavadora	1.200	1 h. * 365	438	1.45
TV	150	8 h. * 365	438	1.45
PC's	100	8 h. * 365	292	0.97
Iluminación	196	8 h. * 365	572.3	1.90
Iluminación del Jardín	55	4 h. * 365	80.3	0.26
Purificación de agua	1.565	1 h. * 365	571.2	1.90
Calefacción	4.900	12 h. * 90	5.292	17.61
Aire Acondicionado	9.800	12 h. * 90	10.584	35.22
378	Total energía consumida por m <sup>2</sup> : 69.62 kwh/m <sup>2</sup> /año			

**Tabla 3.** Consumo energético total por m2 de *ND-R4House*

kWh/m<sup>2</sup>/año / 69'62 kWh/m<sup>2</sup>/año), por lo que un buen diseño arquitectónico bioclimático ha generado en este edificio un ahorro energético mínimo del 76 %.

La potencia total de los dispositivos de *ND-R4House* es de 13.196 W. Aunque no es necesario conectar todos los dispositivos simultáneamente, la potencia mínima de los paneles fotovoltaicos que deberían instalarse para generar energía eléctrica en la vivienda rondaría los 12.000 W. Es decir, para que *ND-R4House* fuera autosuficiente energéticamente, se necesitarían instalar cuatro veces más paneles fotovoltaicos que para *R4House*, con un coste económico cuatro veces superior.

Por lo tanto, es fundamental realizar un diseño bioclimático óptimo para lograr la autosuficiencia energética a un coste asequible.

### 3. Evaluación comparativa de *R4House* y *ND-R4House*

La evaluación de *R4House* y *ND-R4House* se ha realizado utilizando una selección de los GBRS actuales más importantes y representativos.

#### 3.1. Elección de los GBRS más emblemáticos

Se seleccionaron once de las GBRS más importantes y conocidas con las que tenemos mayor experiencia: ASGB [46], BEAM [47], BREEAM [48], CEDES [49], DNGB [50], GBI [51], GG [52], GS [53], IGBC [54], LEED [55] y SBTools [56].

#### 3.2. Comparativa entre *R4House* y *ND-R4House* con respecto a la desmontabilidad

Al tratarse de una evaluación comparativa, solo se han tenido en cuenta los indicadores cuyas puntuaciones varían en cada caso. Denominamos "grupo desmontable" al conjunto de indicadores cuya puntuación varía al comparar un edificio desmontable con uno no desmontable. Las tablas muestran las puntuaciones obtenidas en ambos casos:

- La puntuación otorgada a cada indicador
- La puntuación máxima posible para cada indicador
- El peso del indicador dentro de la categoría a la que pertenece
- El peso de la categoría
- El factor de conversión de la escala de puntuación de cada método, a una escala de 0 a 100 (ya que algunos GBRS puntúan de 0 a 75, otros de 0 a 100, otros de 0 a 110 y otros de 0 a 1000. Por lo tanto, los factores de conversión utilizados son: 100/75, 100/100, 100/110 y 100/1000).

Al multiplicar la puntuación porcentual de un indicador (puntuación/puntuación máxima) por su peso dentro de la categoría, por el peso de la categoría y por el coeficiente de conversión, se obtiene un valor (de 0 a 100) que representa la contribución de cada indicador a la puntuación total. De esta manera, al sumar la puntuación de todos los indicadores del grupo de construcción desmontable, se obtiene la puntuación total que cada grupo otorga tanto a *R4House* como a *ND-R4House*. Finalmente, al restar ambas puntuaciones, se obtiene la contribución de la construcción desmontable a la puntuación final proporcionada por cada una de las GBRS utilizadas.

Cabe destacar que cada GBRS tiene una estructura interna y un sistema de puntuación diferentes. Algunas GBRS no tienen categorías, sino solo indicadores, y la determinación del peso específico de cada sistema es diferente y debe calcularse sobre una base de ponderación común de 0 a 100. Sin embargo, prácticamente todas las tablas muestran lo mismo: la puntuación final de cada indicador en una escala de 0 a 100 y la puntuación total de todos ellos para ambas casas.

Para describir el proceso de evaluación y la contribución de cada indicador en la evaluación final del edificio, tomemos un ejemplo del ASGB (Tabla 1).

El indicador del ASGB «Adaptabilidad del edificio (AC)» tiene una puntuación máxima

### 8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética

de 18 puntos. Este indicador tiene una ponderación de 18/100 dentro de la categoría «Seguridad y durabilidad (SD)», y esta categoría, a su vez, tiene una ponderación de 10 sobre 110 (el rango de evaluación total del ASGB va de 0 a 100+10).

*R4House* obtuvo la puntuación máxima (18), es decir,  $((18/18) = 1)$ . Al multiplicar este valor (1) por la ponderación del indicador AC dentro de la categoría, se obtiene un valor de  $((1) * (18/100))$ , es decir, 0,18. Al multiplicar este valor por la ponderación de la categoría SD en la puntuación total, se obtiene  $(0,18 * (10/100)) = 0,018$ , basado en una puntuación de (0-110). Al convertir este porcentaje a una base común de (0-100), la puntuación final es  $(0,018 * (100 / 110)) = 0,0164$ . Es decir, el 1,64 %.

*ND-R4House* obtuvo una puntuación de 12 sobre un máximo de 18, es decir,  $((12/18) = 0,66)$ . Al multiplicar este valor (0,66) por la ponderación del indicador BA dentro de la categoría, se obtiene un valor de  $(0,66 * (18/100))$ , es decir, 0,12. Al multiplicar este valor por la ponderación de la categoría de sostenibilidad en la puntuación total, se obtiene  $(0,12 * (10/100)) = 0,012$ , un porcentaje basado en una puntuación de (0-110). Al convertir este porcentaje a una base común de (0-100), la puntuación final es  $(0,012 * (100 / 110)) = 0,0109$ , es decir, 1,09 %.

Repetiendo el proceso para los 5 indicadores que evalúan la desmontabilidad de un edificio en ASGB, *R4House* obtiene una puntuación del 4,85 %, en comparación con el 2,79 % de *ND-R4House*. Según ASGB, un edificio desmontable como *R4House* presenta un aumento del 2,06 % en el nivel de sostenibilidad (4,85 – 2,79) (Tabla 1).

#### 3.2.1. Evaluación con ASGB

Demountable group		R4House						ND-R4House						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
BA (*1)	SD (*6)	18	18	18/100	10%	1.80	1.64%	12	18	18/100	10%	1.20	1.09%	
LULC (*2)	SD	10	10	10/100	10%	1.00	0.91%	6	10	10/100	10%	0.60	0.55%	
IIDP (*3)	RC (*7)	8	8	8/200	20%	0.80	0.73%	4	8	8/200	20%	0.40	0.36%	
URRWM (*4)	RC	12	12	12/200	20%	1.20	1.09%	6	12	12/200	20%	0.60	0.55%	
SSIC (*5)	II (*8)	10	10	10/190	10%	0.53	0.48%	5	10	10/190	10%	0.27	0.24%	
Partial Score							4.85%							2.79%
Difference														2.06%

Notas: ASGB proporciona una puntuación máxima de 100 puntos y puede proporcionar 10 puntos adicionales, por lo tanto, la puntuación total varía de 0 a 110. (\*1) Building adaptability, (\*2) Longer useful life of components, (\*3) Industrialized interior design parts, (\*4) Use of recyclable, reusable and waste materials, (\*5) Structural system and industrialized components, (\*6) Security and durability, (\*7) Resource conservation, (\*8) Improvement and innovation

**Tabla 4.** Indicadores ASGB relacionados con la construcción desmontable. Diferencias de puntuación entre *R4House* y *ND-R4House*

#### 3.2.2. Evaluación con BEAM

Demountable group		R4House						ND-R4House						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
MSD (*1)	MW (*4)	2	2	2/35	9%	0.51	0.47%	1	2	2/35	9%	0.26	0.23%	
PREF (*2)	MW	4	4	4/35	9%	1.03	0.93%	1	4	4/35	9%	0.26	0.23%	
AD (*3)	MW	2	2	2/35	9%	0.51	0.47%	0	2	2/35	9%	0.00	0.00%	
Partial Score							1.87%							0.47%
Difference														1.40%

Notas: BEAM proporciona una puntuación máxima de 100 puntos y puede proporcionar 10 puntos adicionales, por lo tanto, la puntuación total varía de 0 a 110. (\*1) Modular and standardized design, (\*2) Prefabrication, (\*3) Adaptability and deconstruction, (\*4) Materials and waste

**Tabla 5.** Indicadores BEAM relacionados con la construcción desmontable. Diferencias de puntuación entre *R4House* y *ND-R4House*

8.4 Luis de Garrido Talavera, Nicolás Picco. Ventajas sostenibles y eficiencia energética de la construcción modular y

3.2.3. Evaluación con BREEAM

Removable group		R4House						ND-R4House						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
MAN02	MAN (*1)	4	4	19.05%	11%	2.10	1.91%	1	4	19.05%	11%	0.52	0.47%	
MAT05	MAT (*2)	1	1	7.14%	15%	1.07	0.97%	0	1	7.14%	15%	0	0%	
WST01	WST (*3)	3	5	45.45%	6%	1.64	1.49%	0	5	45.45%	6%	0	0%	
WST06	WST	1	2	18.18%	6%	0.55	0.50%	0	2	18.18%	6%	0	0%	
Partial Score							4.87%							0.47%
Difference														4.40%

Notas: BREEAM proporciona una puntuación máxima de 100 puntos y puede proporcionar 10 puntos adicionales, por lo tanto, la puntuación total varía de 0 a 110. (\*1) Management, (\*2) Materials, (\*3) Waste

**Tabla 6.** Indicadores BREEAM relacionados con la construcción desmontable. Diferencias de puntuación entre R4House y ND-R4House

3.2.4. Evaluación con CEDES

Demountable group		R4House						ND-R4House						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	
1.2.1	RO (*1)	5	5	0.072	18%	-	1.30%	2	5	0.072	18%	-	0.52%	
1.2.4	RO	4	5	0.306	18%	-	4.41%	1	5	0.306	18%	-	1.10%	
1.2.6	RO	4	5	0.225	18%	-	3.24%	3	5	0.225	18%	-	2.43%	
2.4	ECIC (*2)	5	5	0.115	34%	-	3.91%	2	5	0.115	34%	-	1.56%	
2.7	ECID (*3)	5	5	0.024	34%	-	0.82%	1	5	0.024	34%	-	0.16%	
4	WE (*4)	5	5	1	12%	-	12%	1	5	1	12%	-	2.4%	
6	EC (*5)	5	5	1	10%	-	10%	5	5	1	10%	-	10%	
Partial Score							35.68%							18.17%
Difference														17.51%

Notas: (\*1) Resources optimization, (\*2) Energy consumption in building construction, (\*3) Energy consumption in demolishing/disassembling, (\*4) Reduction of Waste and emissions, (\*5) Economic cost

**Tabla 7.** Indicadores CEDES relacionados con la construcción desmontable. Diferencias de puntuación entre R4House y ND-R4House

3.2.6. Evaluación con DNGB

Demountable group		R4House						ND-R4House						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	
ENV1.1	ENV (*1)	122.5	130	10/24	25%	-	9.82%	60	130	10/24	25%	-	4.81%	
ENV1.2	ENV	120	135	5/24	25%	-	4.63%	115	135	5/24	25%	-	4.44%	
ECO1.1	ECO (*2)	70	130	4/10	25%	-	5.38%	47,5	130	4/10	25%	-	3.65%	
TEC1.6	TEC (*3)	110	125	3/9	25%	-	7.33%	60	125	3/9	25%	-	2.40%	
PRO1.6	PRO (*4)	280	280	2/10	25%	-	5.00%	180	280	2/10	25%	-	3.21%	
PRO2.1	PRO	110	110	2/10	25%	-	5.00%	85	110	2/10	25%	-	3.86%	
Partial Score							37.16%							22.38%
Difference														14.79%

Notas: (\*1) Environmental quality, (\*2) Economic quality, (\*3) Technical quality, (\*4) Process quality

**Tabla 8.** Indicadores DNGB relacionados con la construcción desmontable. Diferencias de puntuación entre R4House y ND-R4House

3.2.7. Evaluación con GBI

Demountable group		R4House						ND-R4House						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	
SM7	SSPM (*1)	2	2	-	-	-	2%	0	2	-	-	-	0%	
MR1	MRSC (*2)	2	2	-	-	-	2%	1	2	-	-	-	1%	
MR2	MRSC	2	2	-	-	-	2%	0	2	-	-	-	0%	
MR6	MRSC	2	2	-	-	-	2%	0	2	-	-	-	0%	
Partial Score							8%	381						1%
Difference														7%

Notas: (\*1) Sustainable site plan management, (\*2) Material resources

**Tabla 9.** Indicadores GBI relacionados con la construcción desmontable.

## 8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética

### 3.2.8. Evaluación con GG

Demountable group		R4House						ND-R4House					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-1000)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-1000)	Result (0-100)
1.3 LCCA	PM (*1)	12	12	-	-	12	1.20%	0	12	-	-	0	0%
5.2 PLC	MAT (*2)	39	39	-	-	39	3.90%	10	39	-	-	10	1%
5.5.1 S&E	MAT	11	22	-	-	11	1.10%	0	22	-	-	0	0%
5.5.2 MROS	MAT	8	8	-	-	8	0.80%	0	8	-	-	0	0%
5.7.1 OSFC	MAT	4	4	-	-	4	0.40%	2	4	-	-	2	0.2%
5.7.2 DFD	MAT	6	6	-	-	6	0.60%	0	6	-	-	0	0%
Partial Score							8.00%						
Difference								1.20%					
								6.80%					

Notas: (\*1) Project Management, (\*2) Materials

**Tabla 10.** Indicadores GG relacionados con la construcción desmontable.  
Diferencias de puntuación entre R4House y ND-R4House

### 3.2.9. Evaluación con GS

Demountable group		R4House						ND-R4House					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)
5	MGMT (*1)	2	2	-	-	2	1.818%	1	2	-	-	1	0.909%
19	MAT (*2)	7	7	-	-	4	6.364%	3	7	-	-	3	2.727%
22	MAT	1	1	-	-	3	0.909%	0	1	-	-	0	0.000%
Partial Score							9.09%						
Difference								3.64%					
								5.46%					

Notas: GS proporciona una puntuación máxima de 100 puntos, y puede proporcionar 10 puntos adicionales (innovación), por lo tanto, la puntuación total varía de 0 a 110. (\*1) Management, (\*2) Materials

**Tabla 11.** Indicadores GS relacionados con la construcción desmontable.  
Diferencias de puntuación entre R4House y ND-R4House

### 3.2.11. Evaluación con IGBC

Demountable group		R4House						ND-R4House					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-75)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-75)	Result (0-100)
C2	MR (*1)	1	1	-	-	1	1.33%	0	1	-	-	0	0%
C3	MR	2	2	-	-	2	2.66%	2	2	-	-	2	2.66%
Partial Score							3.99%						
Difference								2.66%					
								1.33%					

Notas: IGBC proporciona una puntuación máxima de 75, por lo tanto, la puntuación total varía de 0 a 75. (\*1) Material Resources

**Tabla 12.** Indicadores IGBC relacionados con la construcción desmontable..  
Diferencias de puntuación entre R4House y ND-R4House

### 3.2.13. Evaluación con LEED

Demountable group		R4House						ND-R4House					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)
EPP (*1)	MR (*3)	4	5	-	-	4	3.64%	3	5	-	-	3	2.73%
CDWM (*2)	MR	1	2	-	-	1	0.91%	0	2	-	-	0	0%
Partial Score							4.55%						
Difference								2.73%					
								1.82%					

Notas: LEED otorga una puntuación máxima de 100 puntos, pudiendo otorgar 10 puntos adicionales; por lo tanto, la puntuación total varía de 0 a 110. Indicadores del manual para vivienda unifamiliar. (\*1) Environmentally Preferable Products, (\*2) Construction and Demolition Waste Management, (\*3) Materials and Resources

**Tabla 13.** Indicadores LEED relacionados con la construcción desmontable.  
Diferencias de puntuación entre R4House y ND-R4House

### 3.2.14. Evaluación con SBTools

Demountable group		R4House						ND-R4House					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)
B 1.1	ERC (*1)	5	5	6.48%	-	-	6.48%	3	5	6.48%	-	-	3.89%
B 1.2	ERC	5	5	3.24%	-	-	3.24%	3	5	3.24%	-	-	1.94%
B 3.3	ERC	5	5	0.20%	-	-	0.20%	0	5	0.20%	-	-	0.00%
B 3.5	ERC	5	5	0.20%	-	-	0.20%	3	5	0.20%	-	-	0.12%
B 3.6	ERC	5	5	0.20%	-	-	0.20%	0	5	0.20%	-	-	0.00%
C 1.1	EL (*2)	5	5	4.86%	-	-	4.86%	3	5	4.86%	-	-	2.92%
C 1.2	EL	3	5	4.86%	-	-	2.92%	0	5	4.86%	-	-	0.00%
E 4.1	SQ (*3)	5	5	0.05%	-	-	0.05%	3	5	0.05%	-	-	0.03%
E 4.2	SQ	5	5	0.41%	-	-	0.41%	3	5	0.41%	-	-	0.25%
E 4.3	SQ	3	5	0.05%	-	-	0.03	0	5	0.05%	-	-	0.25%
G 1.1	CEA (*4)	5	5	0.10%	-	-	0.10%	0	5	0.10%	-	-	0.00%
G 1.2	CEA	5	5	0.10%	-	-	0.10%	0	5	0.10%	-	-	0.00%
G 1.3	CEA	5	5	0.10%	-	-	0.10%	3	5	0.10%	-	-	0.06%
Partial Score							18.89%						
Difference								9.43%					

Notas: (\*1) Energy and Resources Consumption, (\*2) Environmental Loadings, (\*3) Service Quality, (\*4) Cost and Economic Aspects

**Tabla 14.** Indicadores SBTool relacionados con la construcción desmontable. Diferencias de puntuación entre R4House y ND-R4House

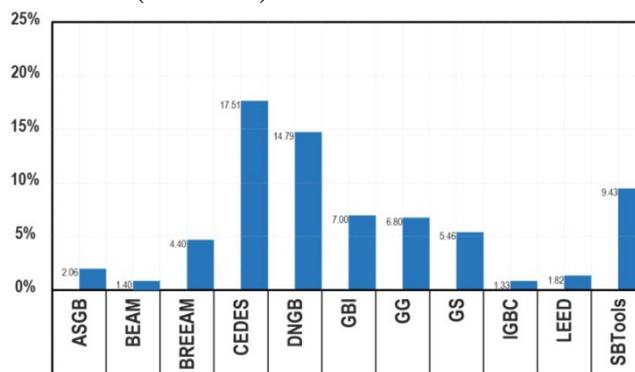
### 3.3. Comparativa entre R4House y ND-R4House con respecto al bioclimatismo

Para ver la aportación del diseño bioclimático respecto del nivel sostenible general de un edificio se han utilizado solo los indicadores cuya puntuación varía al comparar un edificio bioclimático con uno no bioclimático, y se ha procedido del mismo modo que en el apartado anterior. Los resultados se muestran en el siguiente apartado.

## 4. Resultados

### 4.1. Aportación del diseño desmontable y modular al nivel de sostenibilidad general

Se ha evaluado una vivienda modular desmontable (R4House) utilizando once de los GBRS más importantes y conocidos, y los resultados obtenidos han sido los siguientes: 17.51 %, DNGB: 14.79 %, GBI: 7 %, GG: 6.80 %, GS: 5.46 %, IGBC: 1.33 %, LEED: 1.82 % and SBTool: 9.43 % (Tabla 15).



**Tabla 15.** Aportación de la construcción desmontable al nivel sostenible de R4House utilizando 11 GBRS

Solo tres GBRS evaluaron adecuadamente el nivel de sostenibilidad de la construcción modular y desmontable (CEDES: 17,51 %, DNGB: 14,79 %, SBTools: 9,43), mientras que el resto le otorgaron una puntuación baja y cuatro una puntuación extremadamente baja (IGBC: 1,33 %, BEAM: 1,40 %, LEED 1,82 %, ASGB: 2,06 %). Sin embargo, lo más sorprendente de los resultados es la enorme disparidad en las puntuaciones obtenidas. Es inaceptable que un mismo edificio tenga un nivel de sostenibilidad diferente según el GBRS utilizado.

4.1. Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad general

Se ha evaluado una vivienda bioclimática (*R4House*) utilizando 11 de los GBRS más importantes y conocidos, y los resultados han sido los siguientes: ASGB (2%), BEAM (12,17%), BREEAM (12,89%), CEDES (24,07%), DNGB (18,56%), GBI (4%), GG (10,5%), GS (19,09%), IGBC (9,33%), LEED (1,82%) y SBTools (4,83%) (Tabla 16).

De nuevo solo tres GBRS evaluaron adecuadamente el nivel de sostenibilidad de la construcción modular y desmontable (CEDES: 24,07 %, DNGB: 18,56 %, GS: 19,09), mientras que el resto le otorgaron una puntuación baja y cuatro una puntuación extremadamente baja (ASGB: 2 %, GBI: 4 %, LEED 1,82 %, SBTools: 4,83 %). De nuevo lo más sorprendente de los resultados es la enorme disparidad en las puntuaciones obtenidas.

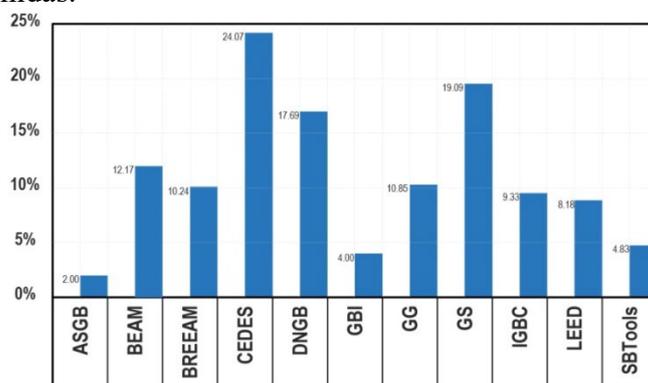


Tabla 16. Aportación del diseño bioclimático al nivel sostenible de *R4House* utilizando 11 GBRS

4.3. Aportación del diseño bioclimático, desmontable y modular al nivel de sostenibilidad general de un edificio (*R4House*)

Para conocer la aportación del diseño bioclimático más la aportación de una construcción desmontable y modular al nivel de sostenibilidad de un edificio solo se tiene que sumar los resultados parciales de las tablas 15 y 16 (Tabla 17).

Los resultados finales son: ASGB (4,06%), BEAM (13,57%), BREEAM (14,64%), CEDES (41,58%), DNGB (32,48%), GBI (11%), GG (17,65%), GS (24,55%), IGBC (10,66%), LEED (10%) y SBTools (14,26%).

Los GBRS que valoran más el diseño bioclimático de edificios desmontables modulares son; CEDES, DNGB y GS. Los GBRS que menos lo valoran son: ASGB, IGBC, LEED y SBTools. Sin duda estos resultados obligan a meditar sobre la capacidad de evaluación sostenible de estos GBRS.

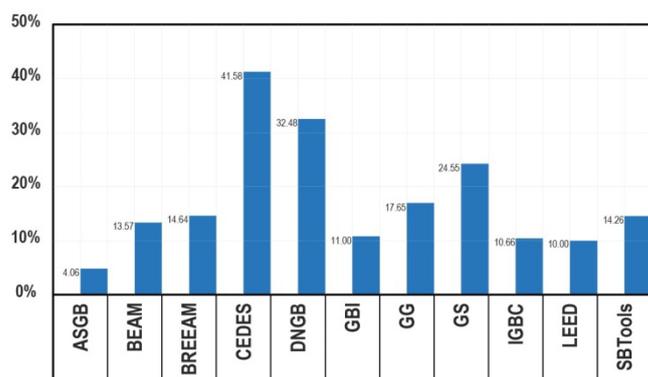


Tabla 17. Aportación del diseño bioclimático y desmontable al nivel de sostenibilidad de *R4House* utilizando 11 GBRS

## 5. Discusión

En este trabajo, se ha analizado la aportación al nivel de sostenibilidad general de una vivienda bioclimática, desmontable y modular, utilizando once de los GBRS más conocidos internacionalmente. Los resultados muestran que la construcción bioclimática, desmontable y modular aumenta el nivel de sostenibilidad de un edificio, aunque los resultados han sido muy diferentes entre sí, dependiendo del GBRS utilizado. Sorprende que solo 3 GBRS evalúen adecuadamente la sostenibilidad de una vivienda bioclimática, modular y desmontable, mientras que las demás la consideraron poco importante, y algunos le otorgaron una puntuación extremadamente baja.

Por tanto deben realizarse más estudios como el presente para confirmar los resultados. Cabría esperar que todos los GBRS existentes evaluaran de forma adecuada y similar la contribución de la construcción bioclimática, desmontable y modular al nivel de sostenibilidad de un edificio, y que las diferencias fueran poco sustanciales. Sin embargo, no fue así, ya que existen diferencias significativas en las puntuaciones. De ello se desprende que, para el caso concreto analizado, algunos de los GBRS utilizados no son adecuados para evaluar adecuadamente el nivel de sostenibilidad de un edificio, y deben ser mejorados sustancialmente.

Las diferencias entre los diferentes GBRS no obedecen a diferencias medioambientales entre las regiones en las cuales se utilizan, sino sobre todo a diferencias en el concepto de sostenibilidad en los que se basa su diseño.

Por ello, para mejorar los actuales GBRS ante todo debe consensuarse el concepto de sostenibilidad. Una vez consensuado y detallado el concepto de sostenibilidad, debería crearse un marco conceptual con validez internacional, que sirva de base común para el diseño de todos los GBRS.

Otro punto importante es que los nuevos GBRS, además de evaluar el nivel de sostenibilidad de un edificio ya construido, debe servir sobre todo para guiar el proceso de diseño de nuevos edificios. De esta manera, cualquier profesional podría incluirlos en su proceso de diseño para garantizar que los nuevos edificios tengan el mayor nivel de sostenibilidad posible, y de este modo el proceso de evaluación solo consistiría en una simple verificación administrativa gratuita.

## 6. Conclusiones

Este trabajo ha cuantificado la aportación del diseño bioclimático, desmontable y modular al nivel de sostenibilidad general de un edificio. Para ello, se han evaluado tanto una vivienda bioclimática y desmontable como una vivienda convencional, utilizando 11 GBRS, y se han comparado los resultados obtenidos. Los GBRS seleccionadas han sido: ASGB, BEAM, BREEAM, CEDES, DNGB, GBI, GG, GS, IGBC, LEED y SBTools. La vivienda analizada, *R4House*, es bioclimática, modular y completamente desmontable. Sus componentes se pueden montar y desmontar fácilmente, por lo que *R4House* se puede desmontar, reparar y reutilizar tantas veces como sea necesario para maximizar su durabilidad, y de este modo minimizar su impacto ambiental por unidad de tiempo.

Teniendo en cuenta los considerables beneficios sostenibles de la construcción bioclimática, modular y desmontable (mínimo consumo energético, máxima durabilidad, mínimo impacto ambiental por unidad de tiempo, reducción de emisiones y residuos, optimización de recursos, eliminación de la obsolescencia programada, etc.), cabría esperar que todos los GBRS utilizados lo valoraran adecuadamente, otorgándole una puntuación alta. Sin embargo, no ha sido así. Si bien los once GBRS utilizados han detectado un mayor nivel sostenible en la vivienda bioclimática,

de sus evidentes beneficios ambientales. Por si fuera poco, las puntuaciones de los 11 GBRS han variado considerablemente.

La primera conclusión del estudio es que todos los GBRS valoran la aportación del diseño bioclimático, modular y desmontable al nivel de sostenibilidad de un edificio, pero los resultados son muy dispares. Algunos GBRS la puntúan muy alto, y en cambio la mayoría la puntúan muy bajo.

La segunda conclusión del estudio, confirmando las conclusiones de otros autores, es que la mayoría de los GBRS utilizados no son adecuados para valorar adecuadamente el nivel sostenible de los edificios, y deben mejorarse.

La tercera conclusión, es que se debe consensuar una definición del concepto de sostenibilidad y establecer un marco conceptual común para el diseño de futuros GBRS.

La cuarta conclusión es que los GBRS mas adecuados en la actualidad son: CEDES, DNGB y GS.

### **Agradecimientos**

Agradecemos profundamente su colaboración en el presente trabajo a Carlos Bermúdez Velasco, Fidel Ernesto González Rojas, Mario José Guerrero Villareal y Camila Navas Gago.

### **Referencias**

- [1] Delfani, M., Ibrahim, R., Mat Raschid, M., Hejazi, F. & Haron, N. (2016). Towards designing modular of industrialized building systems. *Jurnal Teknologi*, 78(5), <https://doi.org/10.11113/jt.v78.8342>
- [2] Di Pasquale, J., Innella, F. & Bai, Y. (2020). Structural Concept and Solution for Hybrid Modular Buildings with Removable Modules. *Journal of Architectural Engineering*, 26(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.000004](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.000004)
- [3] Generalova, E., Generalov, V. & Kuznetsova, A. (2016). Modular Buildings in Modern Construction. *Procedia Engineering*, 153, 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.098>
- [4] Hua, H., Hovestadt, L. & Li, B. (2022). Reconfigurable Modular System of Prefabricated Timber Grids. *Computer-Aided Design*, 146, <https://doi.org/10.1016/j.cad.2022.103230>
- [5] Abbood, A., Al-Obaidi, K., Awang, H. & Abdul Rahman, A. (2015). Achieving energy efficiency through industrialized building system for residential buildings in Iraq. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4(1), 78-90 <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2015.02.002>
- [6] Ahmad Bari, N., Mohd Yusuff, R., Ismail, N. & Jaapar, A. (2018). Industrialised Building Systems (IBS): It's attribute towards enhancing sustainability in construction. *Asian Journal of Environment-Behaviour Studies* 3(8), 109-119 <https://doi.org/10.21834/aje-bs.v3i8.284>
- [7] Dave, M., Watson, B. & Prasad, D. (2017). Performance and Perception in Prefab Housing: An Exploratory Industry Survey on Sustainability and Affordability. *Procedia Engineering*, 180, 676-686. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.227>
- [8] Minunno, R., O'Grady, T., Morrison, G., Gruner, R., & Colling, M. (2018). Strategies for Applying the Circular Economy to Prefabricated Buildings. *Buildings*, 8(0), 125

<https://doi.org/10.3390/buildings8090125>

[9] O'Brien, M. (2015). *Success and failure in industrialised prefabricated housing*. Dept of Architecture, Texas A&M University, College Station, Texas, U.S.A.

[10] Bowley, W. & Mukhopadhyaya, P. (2017). *International Review of Applied Sciences and Engineering* 8(2), 145-152

<https://doi.org/10.1556/1848.2017.8.2.7>

[11] Damian Figaj, R., Laudiero, D. M. & Mauro, A. 2024. Climate Characterization and Energy Efficiency in Container Housing: Analysis and Implications for Container House Design in European Locations, *Energies* 17(12) 2926.

<https://doi.org/10.3390/en17122926>

[12] De Garrido, L. (2007). *R4House: Reuse, Recover, Recycle and Reason*. A self-sufficient house made by containers. ANAVIF editions. Legal Deposit V-2252-2007

[13] De Garrido, L. (2011). *Sustainable Architecture with Containers*. Monsa. ISBN. 978-84-152-2335-1

[14] De Garrido, L. (2015). *Green Container Architecture*. Monsa. ISBN. 978-84-15829-81-2

[15] Al-Muslih, A. & Al-Hadithy, L. (2019). Performances of Steel-Concrete Composite Construction with Demountable Shear Connectors – Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 518(2), 022058

DOI: [10.1088/1757-899X/518/2/022058](https://doi.org/10.1088/1757-899X/518/2/022058)

[16] Boben Paul, E. (2022). *Design of a Demountable Steel Timber Floor System: Design Rules and Recommendations for the Application of a Demountable Steel Timber Floor System* [Master's thesis, Delft University of Technology]. Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft.

[17] Braendstrup, C. (2017). *Conceptual design of a demountable, reusable composite flooring system* [Master's Thesis, Delft University of Technology]. Delft University of Technology.

[18] Foster, C. & Krishnakumar, S. (1987). A Class of Transportable Demountable Structures. *International Journal of Space Structures*, 2(3), 129-137.

<https://doi.org/10.1177/026635118700200301>

[19] Girão Coelho, A., Lawson, R. & Aggelopoulos, E. (2019). Optimum use of composite structures for demountable construction. *Structures*, 20, 116-133.

<https://doi.org/10.1016/j.istruc.2019.03.005>

[20] Akanbi, L., Oyedele, L., Omoteso, K., Bilal, M., Akinade, O., Ajayi, A., Dávila Delgado, J.M. & Owolabi, H. (2019). Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 223, 386-396.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.172>

[21] Boedianto, P. & Walraven, J. (2000). Optimizing the environmental impact of demountable building. *International Symposium on Intergrated Life-Cycle Design of Materials and Structures*, Ed. A. Sarja, 135-141

[22] Brambilla, G., Lavagna, M., Vasdravellis, G. & Castiglioni, C. (2019). Environmental

benefits arising from demountable steel-concrete composite floor systems in buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 133-142.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.014>

[23] Cruz Rios, F., Chong, W. & Grau, D. (2015). Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. *Procedia Engineering*, 118, 1296-1304.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.48>

[24] De Garrido, L. (2008). *Analysis of Sustainable Architecture Projects. "Artificial Natures 2001-2008"*. McGraw-Hill. 485 pages. ISBN 978-84-481-6802-5

[25] De Garrido, L. (2012). *A New Paradigm in Architecture*. Monsa. 528 pages. ISBN 978-84-152-2375-7

[26] Pai, V. & Elzarka, H. (2021). Whole building life cycle assessment for buildings: A case study ON HOW to achieve the LEED credit. *Journal of Cleaner Production* 297,126501

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126501>

[27] Borrallo-Jiménez, M., Lopez De Asiain, M., Esquivias, P. M. & Delgado-Trujillo, D. (2022). Comparative study between the passive house standard in warm climates and nearly zero energy buildings under spanish technical building code in a dwelling design in Seville, Spain. *Energy and Buildings*, 254, 111570.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111570>

[28] Carter, C. & Zhao, J. (2018). *Passivhaus lived experience: More than a spreadsheet*. PLEA 2018, Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2018, December 10-12, Hong Kong, China.

<http://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/35349/>

[29] Costanzo, V., Fabbri, K. & Piraccini, S. (2018). Stressing the passive behavior of a Passivhaus: An evidence-based scenario analysis for a Mediterranean case study. *Building and Environment*, 142, 265-277.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.035>

[30] De Garrido, L. (2012 b). *Self-Sufficient Green Architecture*. Monsa. 96 pages. ISBN 978-84-15223-76-4

[31] De Garrido, L. (2014). *Zero Energy Architecture*. Editorial Monsa. 112 pages. ISBN. 978-84-15829-54-6

[32] De Garrido, L. (2014 b). *Extreme Bioclimatic Architecture*. Monsa. 112 pages. ISBN. 978-84-15829-55-3

[https://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/32463/1/WC16\\_Zhao.pdf](https://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/32463/1/WC16_Zhao.pdf)

[33] Liu, C., Mohammadpourkarbasi, H. & Sharples, S. (2020, September 1-3). *Analysing energy savings and overheating risks of retrofitting Chinese rural dwellings to the Passivhaus EnerPHit standard*. PLEA 2020, 35th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, A Coruña, Spain

<https://livrepository.liverpool.ac.uk/id/eprint/3097751>

[34] Mitchell, R., & Natarajan, S. (2020). UK Passivhaus and the energy performance gap. *Energy and Buildings*, 224, 110240

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110240>

[35] Saldanha, C. M. & O'Brien, S. M. (2016). A study of energy use in New York City and LEED-certified buildings (ASHRAE and IBPSA-USA SimBuild 2016), Building Performance Modeling Conference, Salt Lake City, UT, August 8-12, 2016

[36] Andújar, J. M., Gómez, S. & Sánchez, A. (2020). Green building rating systems and the new framework level(s): A Critical Review of Sustainability Certification within Europe. *Energies* 13(1), 66

<https://doi.org/10.3390/en13010066>

[37] Chen, X., Yang, H. & Lu, L. (2015). A comprehensive review on passive design approaches in green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 50(C), 1425-1436

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.003>

[38] Katiyar, M., Sahu, A.K., Agarwal, S.K. & Tiwari, P.K. (2021). Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1116, 1-12-166

8.4 Luis de Garrido Talavera, Nicolás Picco. *Ventajas sostenibles y eficiencia energética de la construcción modular y*

<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1116/1/012166>

[39] Lee, W. (2013). A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings* 62, 403-413

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.014>

[40] He, Y., Kvan, T., Liu, M. & Li, B. (2018). How green building rating systems affect designing green. *Building and Environment* 133, 19-31

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.02.007>

[41] Scofield, J. H. & Cornell, J. (2019). A critical look at “Energy savings, emissions reductions, and health co-benefits of the green building movement”. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 29, 584-593.

<https://www.nature.com/articles/s41370-018-0078-1.pdf>

[42] Conniff, R. (2017). Why Don't Green Buildings Live Up to Hype on Energy Efficiency? *Yale Environment* 360: New Haven, CT.

<https://e360.yale.edu/features/why-dont-green-buildings-live-up-to-hype-on-energy-efficiency>

[43] Scofield, J. H. (2009). “Do LEED-certified buildings save energy? Not really...”. *Energy and Buildings* 41, 1386-90

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.006>

[44] Scofield, J. H. & Doane, J. (2018). Energy performance of LEED-certified buildings from 2015 Chicago benchmarking data, *Energy and Buildings*, Volume 174, Pages 402-413.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.019>

[45] R4House 2024

<https://luisdegarrido.com/es/r4house-luis-de-garrido-vivienda-ecologica-bioclimatica-autosuficiente-con-consumo-energetico-cero-real-a-precio-convencional-2/>

[46] ASGB 2019. Assessment Standard for Green building

<https://www.eia543.com/documents/14%E5%BB%BA%E7%AD%91%E8%AE%BE%E8%AE%A1%26%E5%AE%A4%E5%86%85%E7%A9%BA%E6%B0%94%E6%B1%A1%E6%9F%93%E7%A0%94%E7%A9%B6%E7%BB%BF%E8%89%B2%E5%B3%BA%E7%AD%91%E8%AF%84%E4%BB%B7%E6%A0%87%E5%87%86%EF%BC%88GB%20T%2050378-2019%EF%BC%89.pdf> (acceso mayo 2025)

[47] BEAM 2024. Building Environmental Assessment Method

HK-BEAM Plus. 4/04 New Buildings – Technical Manual

<https://www.ibeam.hk/public/knowledgeDatabase/?tab=downloadArea>

[https://www.beamsociety.org.hk/files/4-](https://www.beamsociety.org.hk/files/4-04%20New%20Buildings%20(Full%20Version).pdf)

[04%20New%20Buildings%20\(Full%20Version\).pdf](https://www.beamsociety.org.hk/en/BEAM-Plus/BEAM-Plus-New-Buildings)

<https://www.beamsociety.org.hk/en/BEAM-Plus/BEAM-Plus-New-Buildings> (acceso mayo 2025)

[48] BREEAM UK New Construction 2018 3.0 – Technical Manual

<https://breeam.es/manuales-tecnicos>

Building Research Establishment Group. BREEAM Worldwide. 2019.

<https://www.breeam.com/worldwide>; Building Research Establishment Environmental

Assessment Method ES. 2019. <http://www.breeam.es/>

BREEAM International: Watford, UK, 2017; [https://hbreavis.com/wp-](https://hbreavis.com/wp-content/uploads/2017/06/BREEAM-International-New-Construction-2016)

[content/uploads/2017/06/BREEAM-International-New-Construction-2016](https://hbreavis.com/wp-content/uploads/2017/06/BREEAM-International-New-Construction-2016)

(acceso mayo 2025)

[49] CEDES 2024

CEDES Technical Manual

GBRS designed by National Association for Sustainable Architecture in Spain

<https://www.enp.sostenible.com/> (acceso mayo 2025)

8 Mesa de Innovación y Eficiencia Energética

- [50] DGNB 2023. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen  
DGNB system 2023 – Technical Manual  
<https://www.dgnb.de/en/certification/buildings/new-construction/version-2023> (acceso mayo 2025)
- [51] GBI 2014. Green Building Index  
2014 V. 3.1– Technical Manual  
<https://www.greenbuildingindex.org/gbi-tools/>  
<https://www.greenbuildingindex.org/Files/Resources/GBI%20Tools/RNC%20Reference%20Guide%20V3.1.pdf> (residential buildings)  
<https://www.greenbuildingindex.org/Files/Resources/GBI%20Tools/RNC%20Reference%20Guide%20Amendment%20Notes%203.1.pdf> (acceso mayo 2025)
- [52] GG 2022. Green Globes  
Green Globes New Construction 2021 - Technical Reference Manual Version 1.0 - September 2022  
[https://thegbi.org/wpcontent/uploads/2022/11/Green\\_Globes\\_NC\\_2021\\_ES\\_BEQ\\_Technical\\_Reference\\_Manual.pdf](https://thegbi.org/wpcontent/uploads/2022/11/Green_Globes_NC_2021_ES_BEQ_Technical_Reference_Manual.pdf) (acceso mayo 2025)
- [53] GS 2022. Green Star  
Green Star Design & As Built V1.2 – Technical Manual  
[https://s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/hdp.au.prod.app.nthbch.yoursay.files/1415/6214/8137/2018\\_701322\\_Green\\_Star\\_Design\\_and\\_As\\_Built\\_Submission\\_Guideline\\_v1.2\\_GBCA\\_1.PDF](https://s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/hdp.au.prod.app.nthbch.yoursay.files/1415/6214/8137/2018_701322_Green_Star_Design_and_As_Built_Submission_Guideline_v1.2_GBCA_1.PDF)  
<https://www.gbca.org.au/shop/green-star-rating-tools/#> (acceso mayo 2025)
- [54] IGBC 2019. Indian Green Building Council  
IGBC Green New Buildings Rating Systems V3.0 – Technical Manual  
<https://igbc.in/igbc-green-homes.php> (acceso mayo 2025)
- [55] LEED 2019. *Leadership in Energy and Environmental Design*  
LEED v4.1 Residential BD+C Multifamily Homes – Technical Manual  
[https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/homes\\_CLASIFICACION.pdf](https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/homes_CLASIFICACION.pdf)  
<http://www.spaingbc.org/web/leedv4-1-bd+c.php> (acceso mayo 2025)
- [56] SBTool 2022.  
SBtools for performance assessment 2022  
<https://www.iisbe.org/sbmethod> (acceso mayo 2025)

## 9 Mesa sobre Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles

- 9.1. Jose Manuel Vadillo Abascal. CENTRO TECNOLÓGICO CTC. ELECTROMET. *Sistema integrado de electrocatalisis directa de CO<sub>2</sub> a metano renovable*



**electr****met**

# Sistema integrado de electrocatálisis directa de CO<sub>2</sub> a metano renovable

---

Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles

Jose Manuel Vadillo Abascal

[jvadillo@centrotecnologicoctc.com](mailto:jvadillo@centrotecnologicoctc.com)

## QUIÉN ES CTC?

Convertimos la I+D+i en riqueza y desarrollo para nuestras empresas

01

Somos una **fundación 100% privada** y el único Centro Tecnológico de Cantabria

02

Aplicamos investigación y tecnología a las empresas. Les ayudamos a ser **más competitivas**

03

Llevamos más de **20 años** aportando valor al tejido productivo de la región

## MISIÓN Y VALORES

Somos el único centro tecnológico de Cantabria.

Nuestro principal objetivo es **mejorar competitividad de las empresas** a través de soluciones innovadoras de transferencia tecnológica.

En este sentido, la **descarbonización industrial y la economía circular** son clave dentro de nuestra estrategia de transferencia tecnológica al tejido industrial.

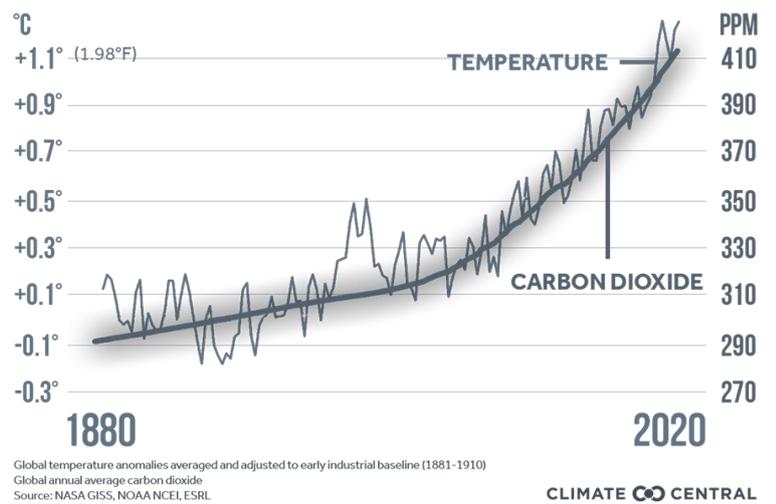
En CTC, estamos comprometidos en fomentar una igualdad de oportunidades real y efectiva. Del mismo modo, la **diversidad** en el entorno laboral es un elemento clave en nuestra estrategia de Responsabilidad Social Corporativa.

SCAN  
HERE!



# EL RETO

Temperatura global & Concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico





¿Cómo podemos mitigar el cambio climático?

97.000.000.000 €

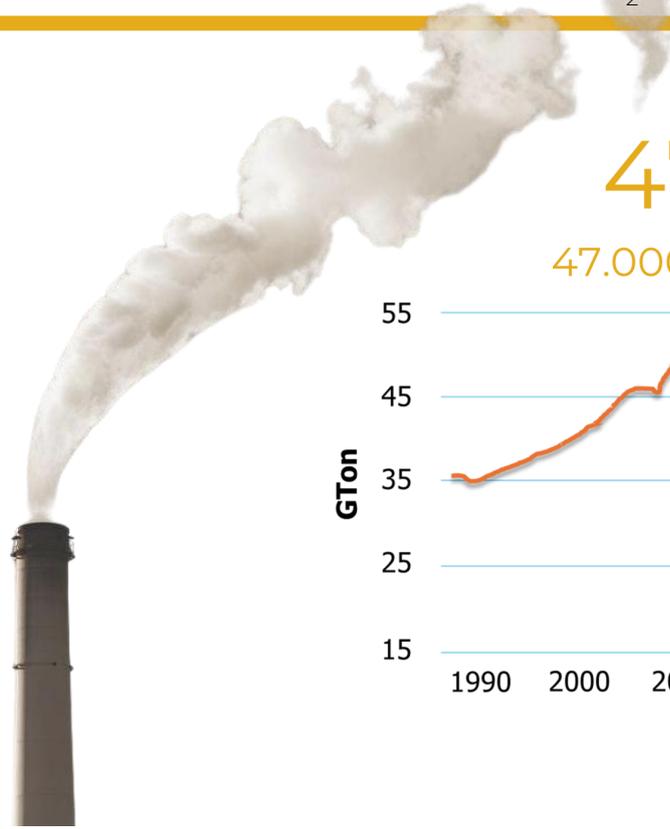
ipcc



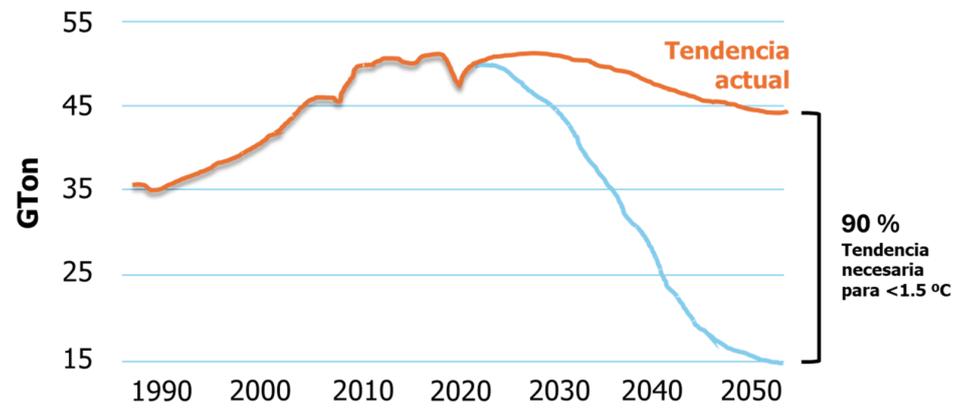
COP

Next slide >>>

El reto de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>



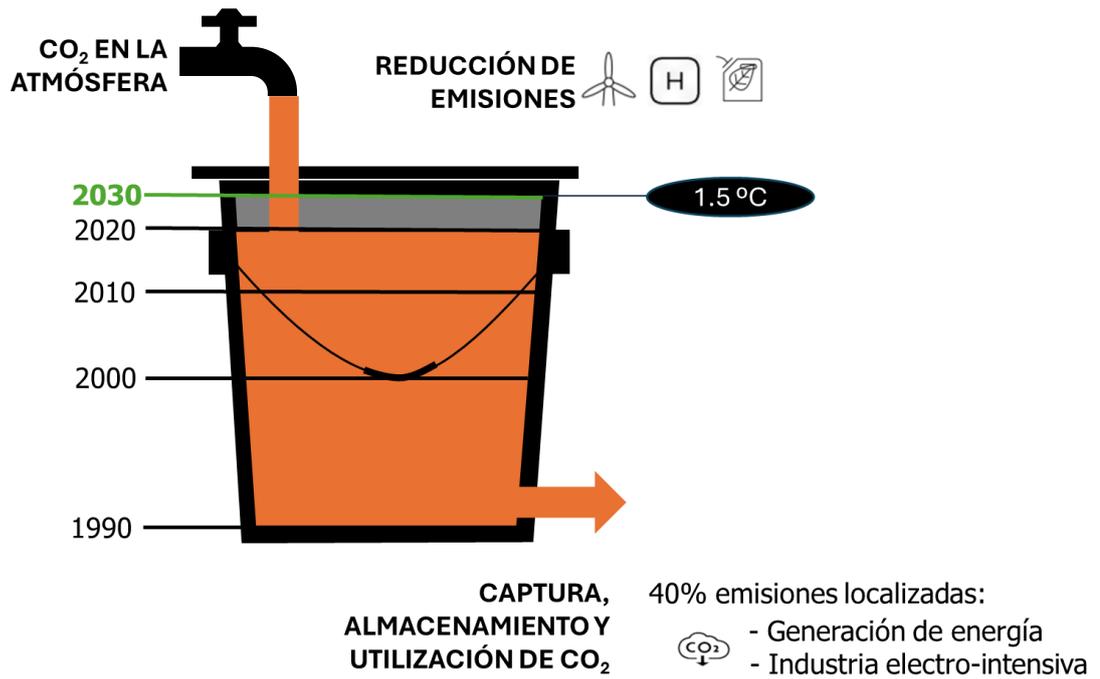
**47 GTon**   
47.000.000.000.000 Kg



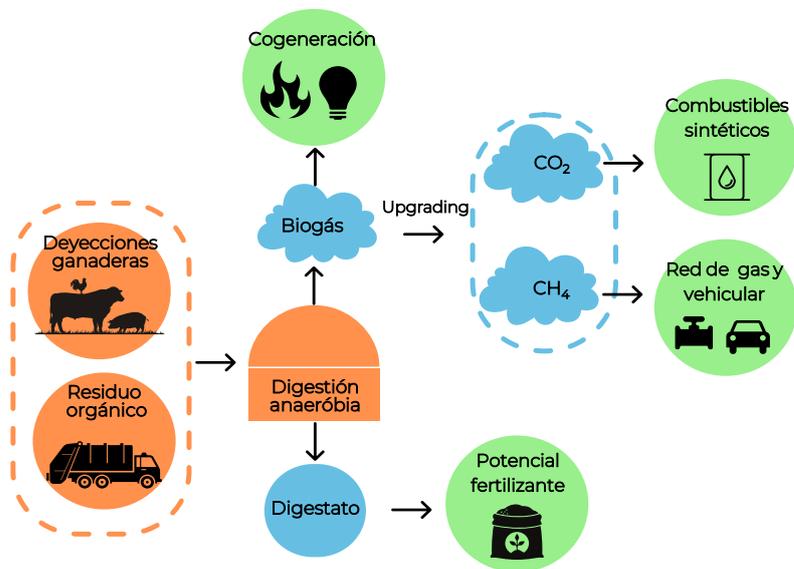
Source: McKinsey Energy Insights Global Energy Perspective 2021, December 2020



Estrategias para la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>



## ¿Por qué el sector del biometano?



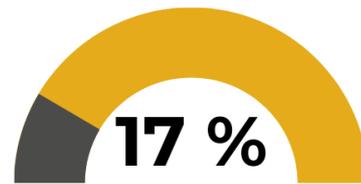
**Consumo EU 350 bcm Gas natural**



**Objetivo EU biogás y biometano 2030  
35 bcm**



**46 Mton CO<sub>2</sub> biogénico**



Emisiones en España



## VENTAJAS DE LA VALORIZACIÓN DEL CO<sub>2</sub> BIOGÉNICO

01

Alta concentración de CO<sub>2</sub> (>98%)

03

Seguridad de suministro

05

Sinergias in-situ

02

Muy bajas concentraciones de compuestos tóxicos (H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>)

04

Foco localizado





Sistema integrado de electrocatalisis directa de CO<sub>2</sub> a metano renovable



**PARTICIPANTES**

**STAKEHOLDERS**



Co-funded by the European Union

## 9 Mesa sobre Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles

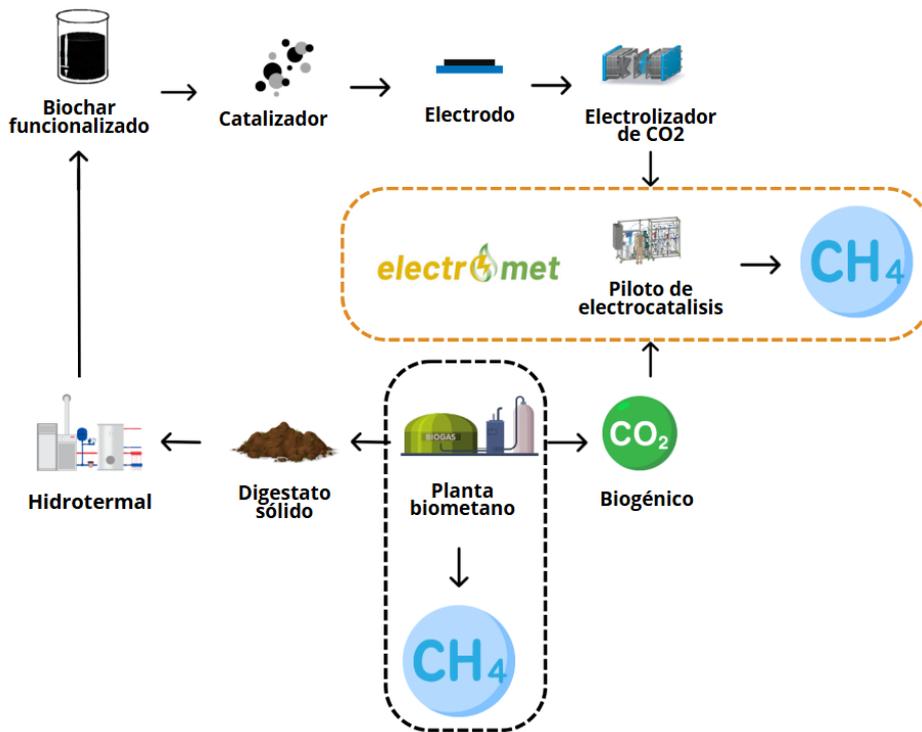
electromet

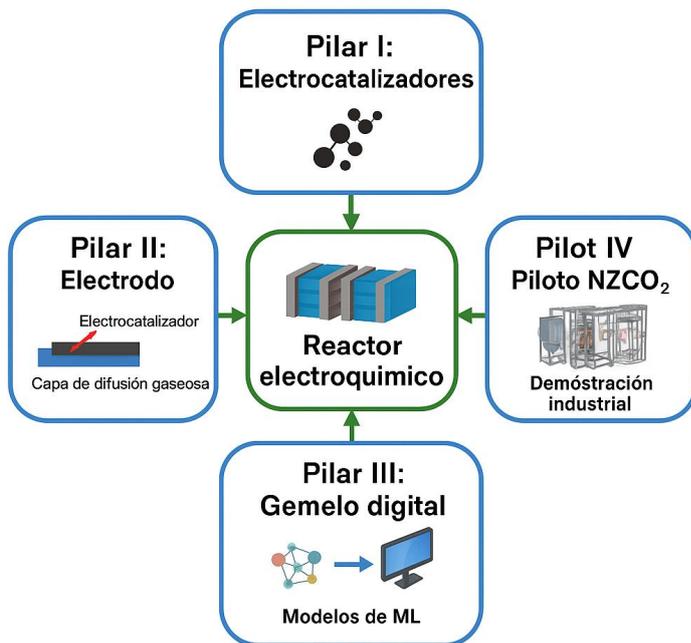
CENTRO TECNOLÓGICO CTC

Demostrar vías sostenibles, seguras y rentables para producir metano renovable (RCH<sub>4</sub>) a través de la valorización directa del CO<sub>2</sub> biogénico y su integración como combustible renovable en el mercado del gas.

- Proyecto europeo (CETP 2023)
- Coordinado por CTC
- 9 socios, 5 países
- Presupuesto: 1,6 M€
- Duración: 2024–2027





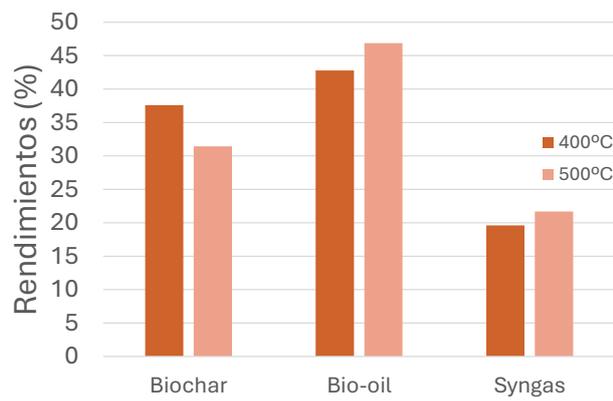
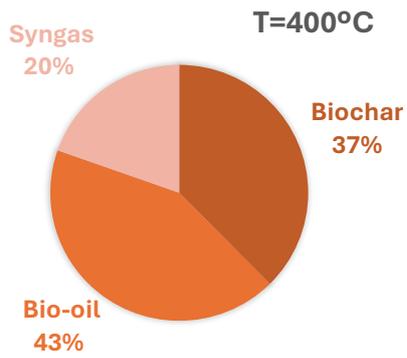
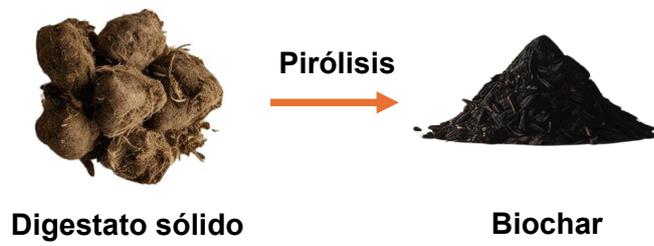


**Resultados**

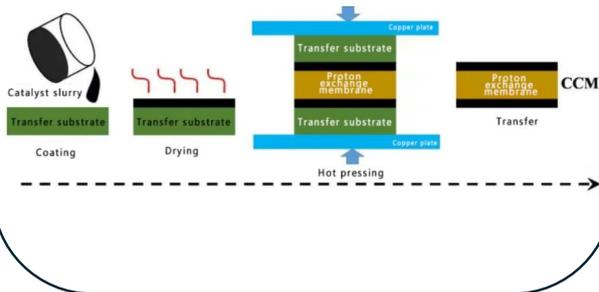
- Aumento de eficiencia en la digestión anaerobia (10-20%)
- Eliminación de emisiones GHG (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S)
- Upgrading via conversión de CO<sub>2</sub> a CH<sub>4</sub>



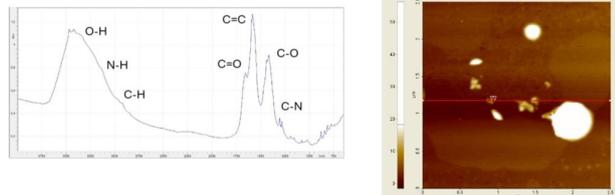
9 Mesa sobre Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles



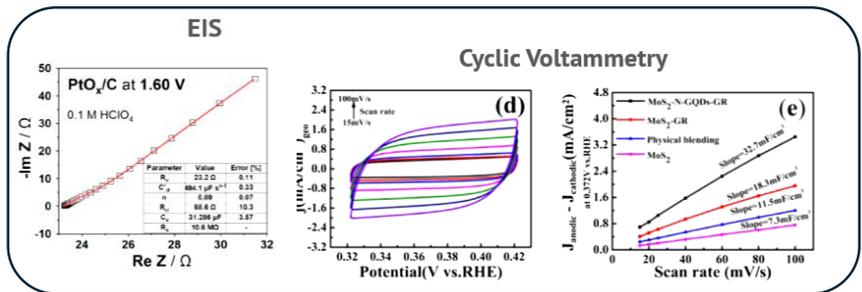
Biochar funcionalizado



Caracterización físico-química



Caracterización Electroquímica

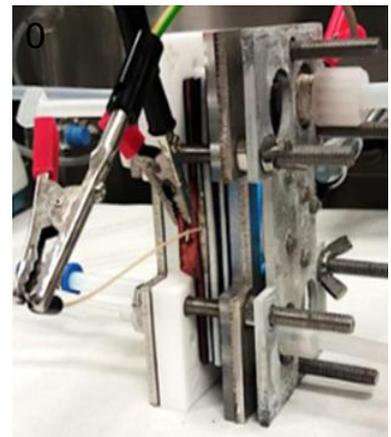


9 Mesa sobre Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles

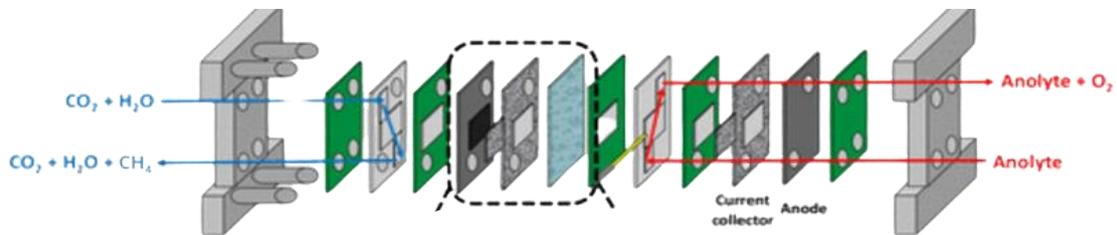
electromet



Piloto de valorización de CO2

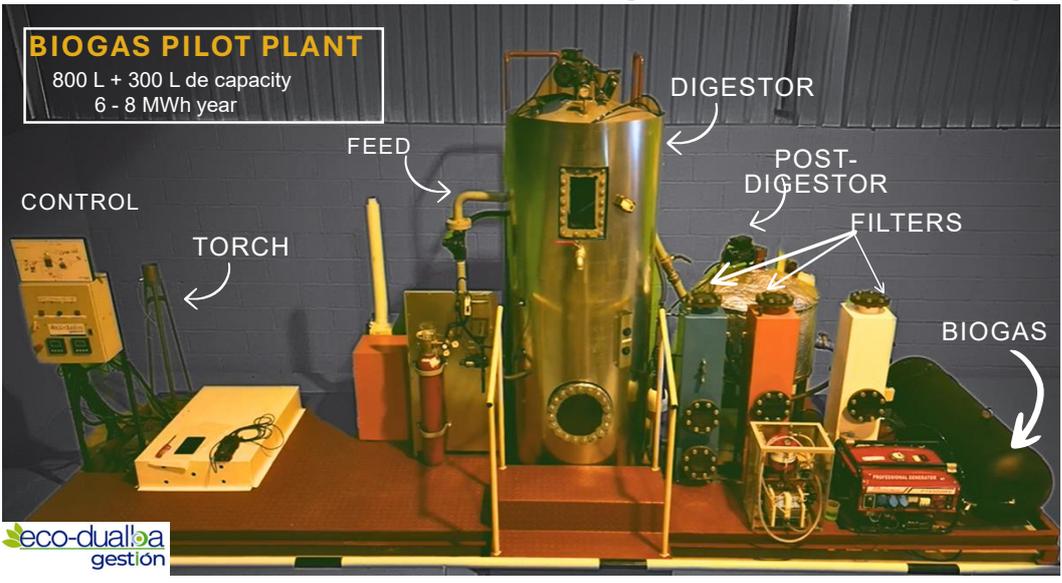


Co-electrolizador





Validación de tecnologías en planta piloto de biogás



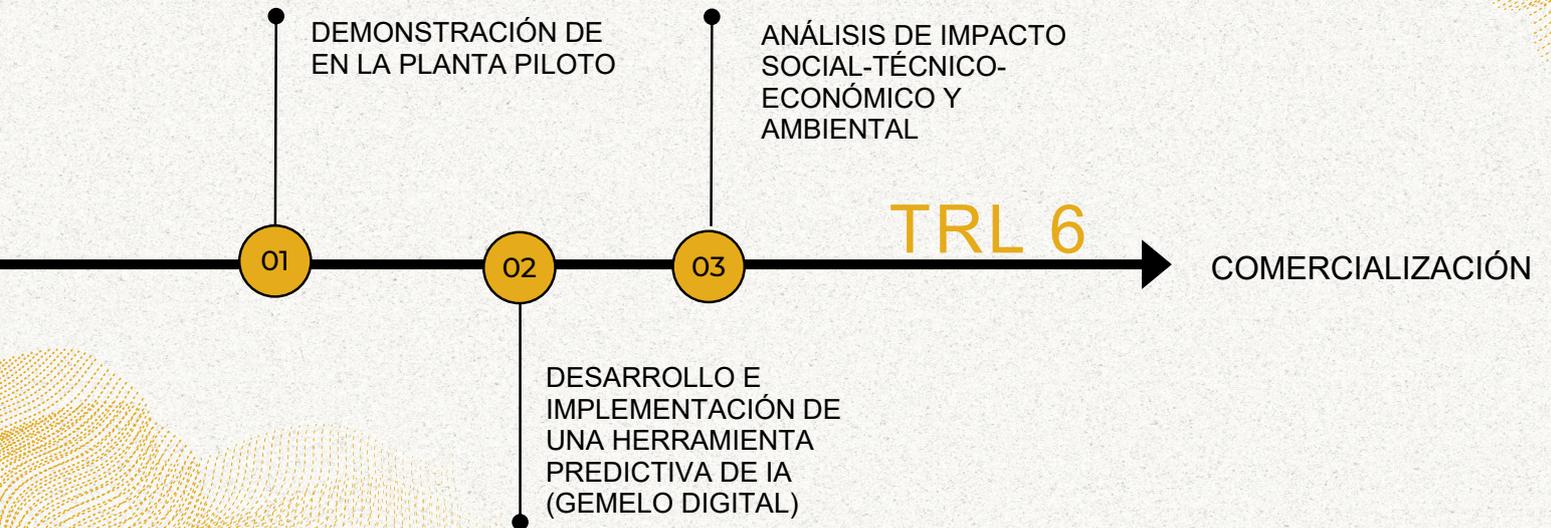
TRL 3 Validación de tecnologías en laboratorio

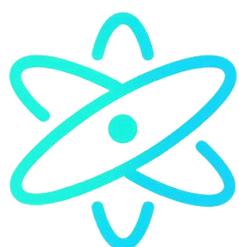


**COLABORACIÓN**  
Planta piloto de biogás

TRL 6 Demostración de tecnologías en entorno relevante

# PRÓXIMOS PASOS





**CCU CONNECT**  
CONECTANDO EL FUTURO INDUSTRIAL

**Jornada sobre tecnologías para la  
descarbonización industrial y la valorización  
del CO<sub>2</sub>**

**21 Octubre 2025  
Santander**

## CCU CONNECT: Jornada sobre tecnologías para la descarbonización industrial y la valorización del CO<sub>2</sub>

Transformación del tejido industrial mediante tecnologías de **Captura y Utilización de Carbono (CCU)**, promoviendo la **descarbonización industrial** y la **transición hacia una economía circular**.

Un **evento exclusivo** diseñado para conectar empresas, inversores y talento. Reunimos a 150 profesionales con **10 ponentes de referencia** en un **formato dinámico**.

Ofrecemos **visibilidad de marca** antes, durante y después del evento, conectando talento con potenciales socios comerciales.



## CCU CONNECT: Enfoque en el ecosistema





**electr****met**

# Sistema integrado de electrocatálisis directa de CO<sub>2</sub> a metano renovable

---

Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles

Jose Manuel Vadillo Abascal

[jvadillo@centrotecnologicoctc.com](mailto:jvadillo@centrotecnologicoctc.com)

---

9.2 Jose Herrera, Adriana Lagos, Dario Serrano-Florez, Marlon Bastidas-Barranco. Univerdad de La Guajira Simul

**9.2. Jose Herrera, Adriana Lagos, Dario Serrano-Florez,  
Marlon Bastidas-Barranco. Univerdad de La Guajira  
*Simulación del hidrotratamiento con hidrógeno verde  
para la generación del diésel renovable en el marco de  
la transición energética en Colombia***

# Simulación del hidrotreatmento con hidrógeno verde para la generación del diésel renovable en el marco de la transición energética en Colombia

---

Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles

Autores

Jose Herrera, Adriana Lagos, **Dario Serrano-Florez**, Marlon Bastidas-Barranco

Universidad de La Guajira

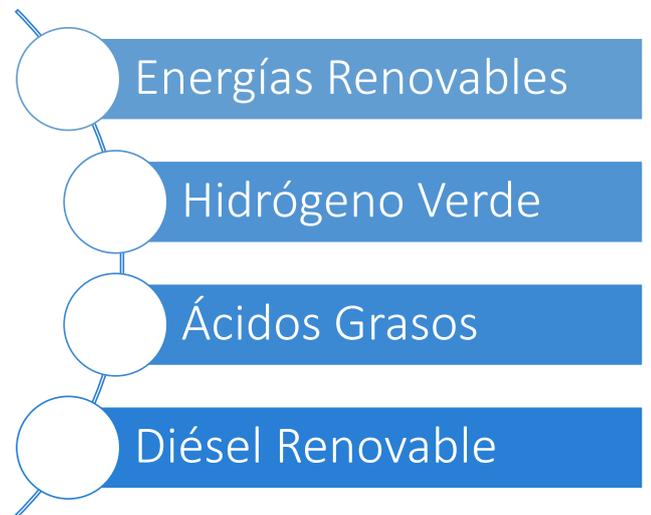
---



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	INTRODUCCIÓN	<b>2</b>	METODOLOGÍA
<b>3</b>	RESULTADOS	<b>4</b>	CONCLUSIONES
<b>5</b>	REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS		

## INTRODUCCIÓN



**Figura.** Integración microrred con hidrogeno verde y el diésel renovable



Combustion CH<sub>4</sub>

Electrólisis

Generación Eólica + FV

Combustión sin llama H<sub>2</sub>



## METODOLOGÍA



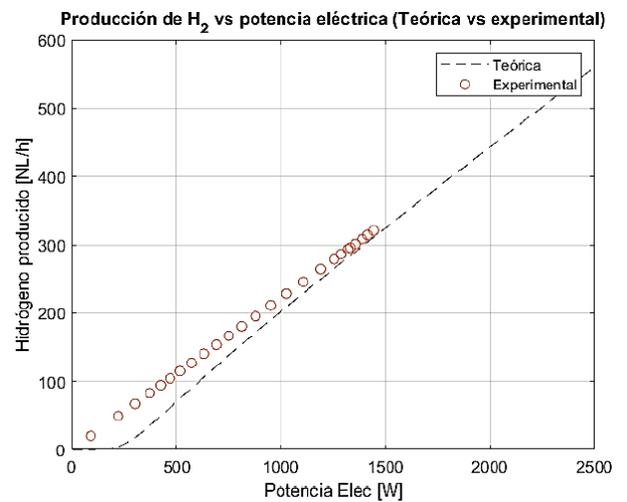


## MODELOS MATEMÁTICOS

Para la producción del hidrógeno

$$n_{H_2} = \frac{\eta_F * N_{elec} * I_{elec}}{2F} * 3600 \quad \eta_F = 96.5 e^{\left(\frac{0.09}{I_{elec}} - \frac{75.5}{I_{elec}^2}\right)}$$

$$\dot{n}_{H_2} = \frac{N_{elec} * P_{elec}}{2F * V_{elec} * N_{elec}} * \eta_F * 3600 = \frac{\eta_F * P_{elec}}{2F * V_{elec}} * 3600$$

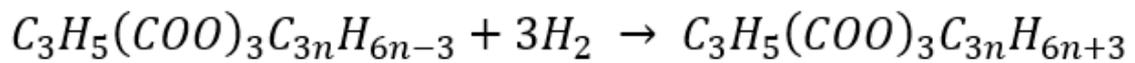


Fuente: Castañeda, M., Cano, A., Jurado, F., & Sánchez, L. M. (s.f.). Sizing optimization, dynamic modeling and energy management strategies of a stand-alone Pv/hydrogen/battery-based hybrid system.

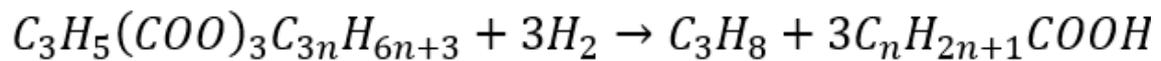


## Para la producción del Diésel Renovable

### 1. Saturación del triglicérido



### 2. Rotura del triglicérido



Tomado de Balan & Elizalde (2018)

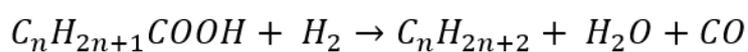


### 3. Formación n parafinas

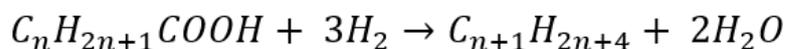
#### 3.1. Descarboxilación



#### 3.2. Descarboxilación



#### 3.3. Hidrodesoxigenación



n: número de ácidos grasos

#### Datos de balance de masa

Masa de Hidrógeno = 30.66 kg

Masa de Aceite = 476.93 kg

Masa de DR = 357.7 kg

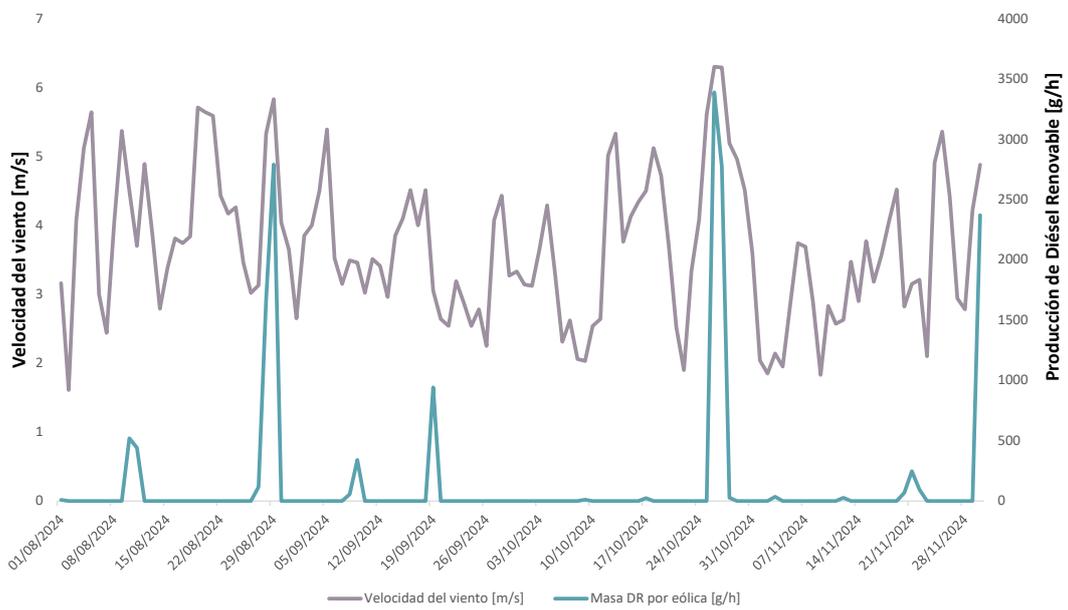
Masa de Propano = 149.89 kg

*Tomado de Balan & Elizalde (2018)*

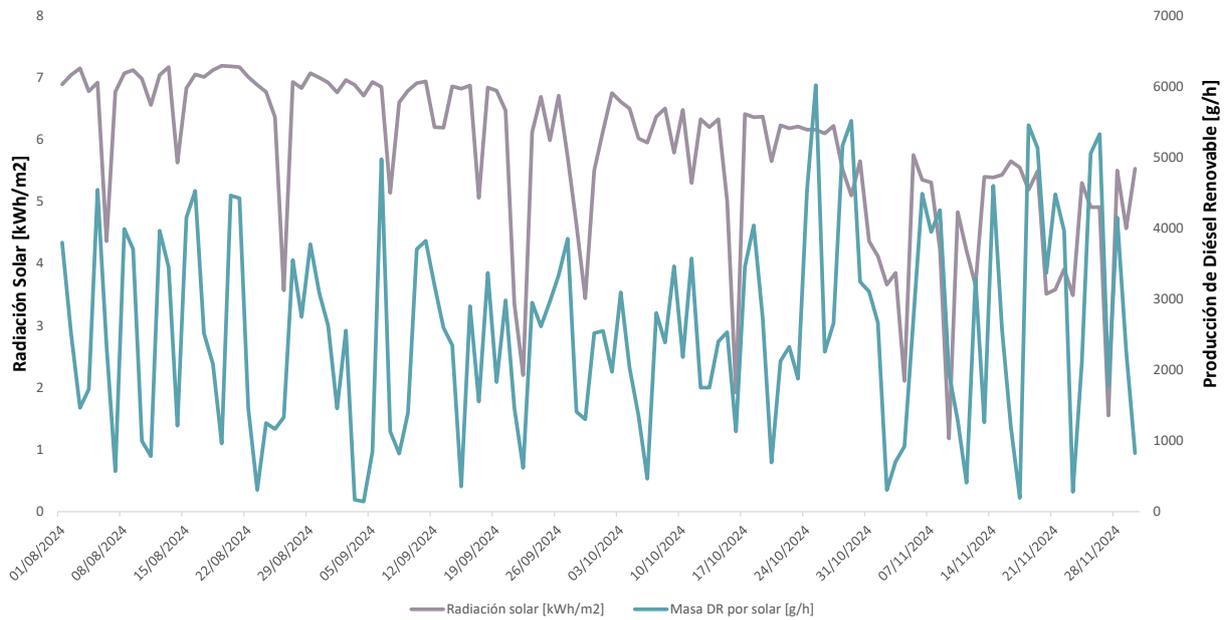
*9 Mesa sobre Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles*

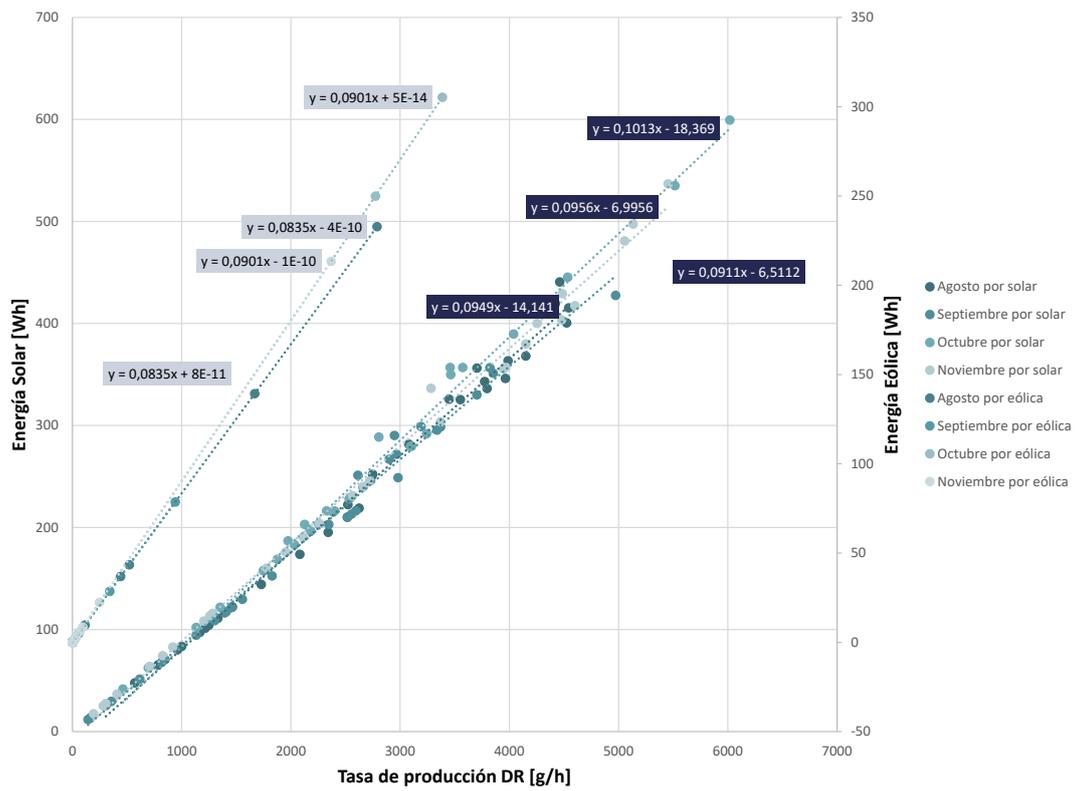
## RESULTADOS

## Velocidad del viento vs Diésel Renovable

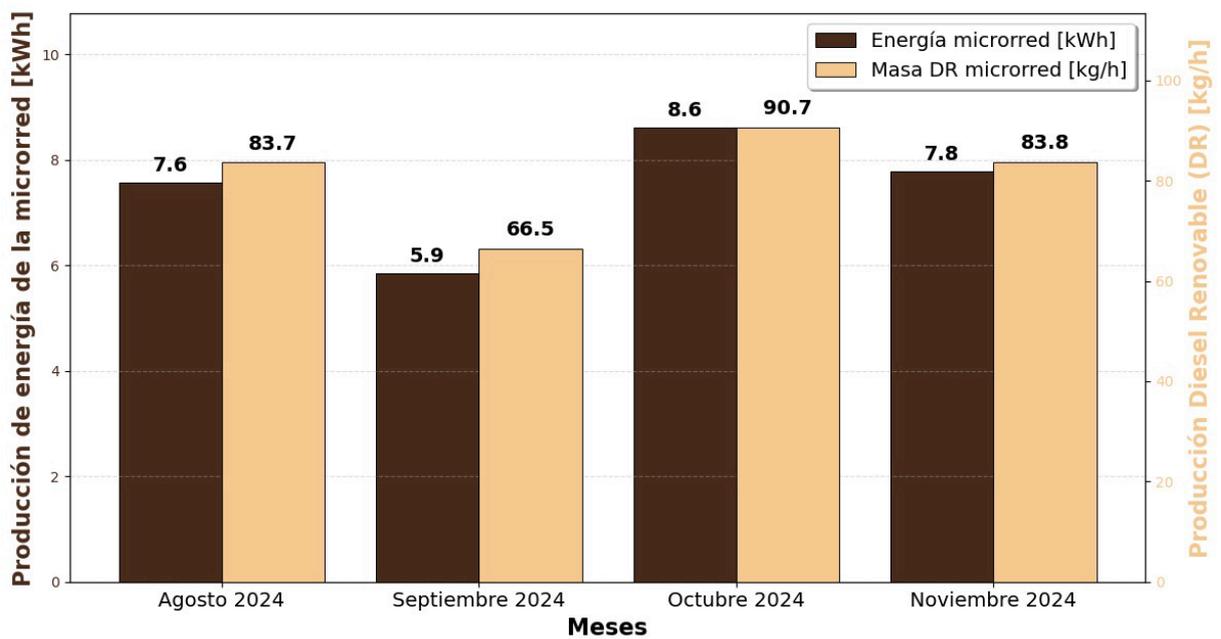


## Radiación Solar vs Diésel Renovable





## PRODUCCIÓN DE DIÉSEL RENOVABLE MENSUAL

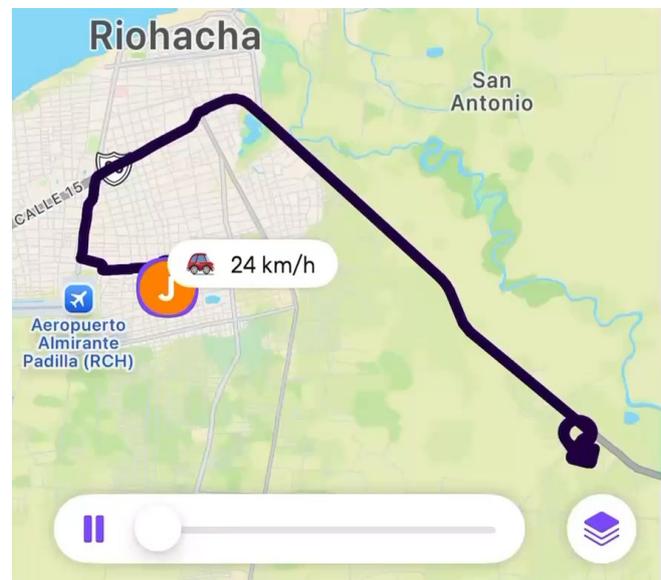


## APLICACIÓN PRÁCTICA



Producción de diésel renovable

$$90.7 \text{ kg}_{DR} \cong 30 \text{ gal}_{DR}$$





## CONCLUSIONES

- La producción de diésel renovable no está determinada únicamente por la radiación solar en los paneles ni por la velocidad del viento en los aerogeneradores.
- Bajo condiciones similares de producción, la energía solar fotovoltaica permite alcanzar niveles de generación de diésel renovable más elevados.
- La producción de diésel renovable está directamente ligada a la cantidad de energía generada por la microrred.

## REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS

Balan-Chan, R. M., & Elizalde-Martínez, I. (2018). Algunos aspectos de producción de diésel verde a partir de materias primas de segunda generación y la tecnología del hidrotratamiento. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, (31).

Castañeda, M., Cano, A., Jurado, F., & Sánchez, L. M. (s.f.). *Sizing optimization, dynamic modeling and energy management strategies of a stand-alone PV/hydrogen/battery-based hybrid system*.

Ropero, S. (2020, December 3). *Impacto ambiental de los combustibles fósiles - Conoce sus efectos*. Ecología Verde. <https://www.ecologiaverde.com/impacto-ambiental-de-los-combustibles-fosiles-3191.html>

Yıldız, İ. (2018). Fossil fuels. In I. Dincer (Ed.), *Comprehensive Energy Systems* (Vol. 1, pp. 521–567). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809597-3.00111-5>

Yu, L., & Yıldız, İ. (2018). Energy and water pollution. In I. Dincer (Ed.), *Comprehensive Energy Systems* (Vol. 1, pp. 950–979). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809597-3.00128-0>

- 9.3. Natalia Fonseca González (CEM<sup>®</sup>). Universidad Politécnica de Madrid. *Dos años con Biometano: Evaluación del estado del motor de un vehículo comercial ligero***

9.3 Natalia Fonseca González (CEM<sup>®</sup>). Universidad Politécnica de Madrid. Dos años con Biometano: Evaluación d



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE INGENIEROS  
DE MINAS Y ENERGÍA

## **Dos años con Biometano: Evaluación del estado del motor de un vehículo comercial ligero**

Mesa sobre Combustibles Verdes y  
Nuevos Combustibles

Natalia E. Fonseca González  
Profesora del Departamento de Energía y Combustibles  
E.T.S. Ingenieros de Minas y Energía – UPM  
Investigadora del Instituto de Investigación del Automóvil – INSIA -  
UPM

4 de julio de 2025



1. Introducción
2. Metodología de evaluación
3. Calidad del biometano usado
4. Resultados
  1. Inspección visual con endoscopio
  2. Emisiones contaminantes y consumo
  3. Análisis de aceite
  4. Inspección visual del motor desarmado y compresímetro
  5. Estudio de incrustaciones
5. Conclusiones
6. Recomendaciones

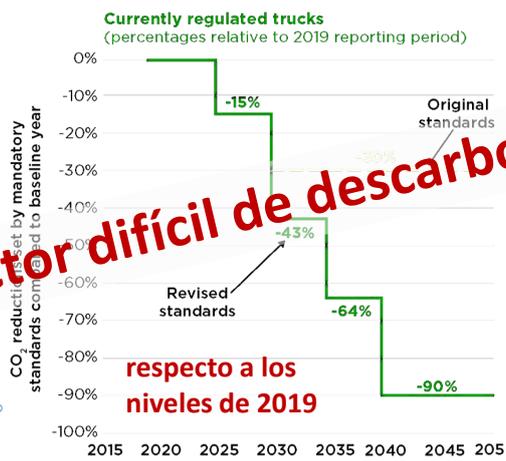


# 1. INTRODUCCIÓN



**Objetivo principal:**  
Reducción del 55% de las emisiones de GEI en 2030 respecto a 1990 para alcanzar la neutralidad climática en 2050

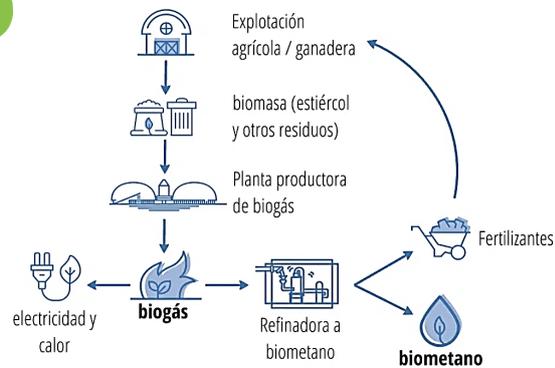
## Europe's new HEAVY-DUTY CO2 standards



**Sector difícil de descarbonizar**



## Biometano



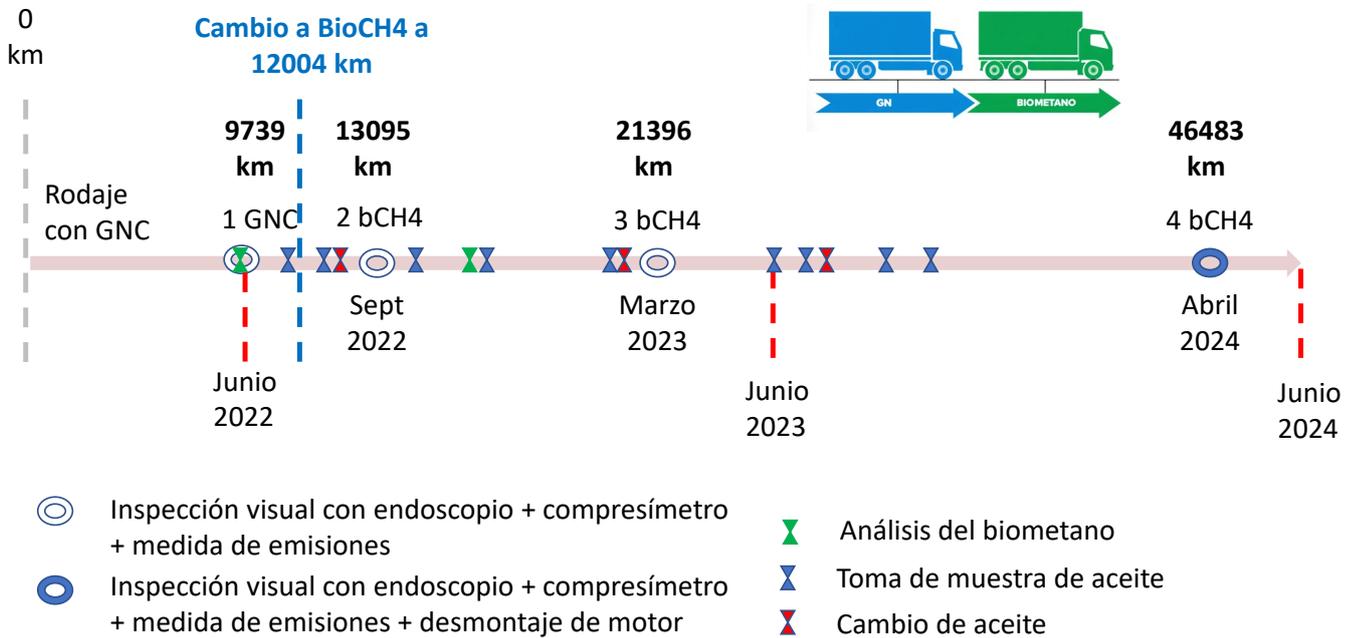
Usa los mismos motores que GNC y GNL



## 2. METODOLOGÍA



Furgoneta. Motor GNC de 88 kW 1368 cm<sup>3</sup>- 4L



### 3. CALIDAD DEL BIOMETANO USADO



Gases permanentes (Técnica: $\mu$ GC/TCD)	Valores límites según UNE-EN 16723-2:2018).	Muestra 22/06/22 %mol	Muestra 22/11/22 %mol
Methane (CH <sub>4</sub> )	----	95.980	95.003
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	----	0.060	0.189
Carbon monoxide (CO)	----	<LD	<LD
Oxygen (O <sub>2</sub> )	1	<LD	0.332
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	----	2.950	6.142
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	2	<LD	0.242

LD: Límite de detección.  
LD<0.01%

#### Contenido de Siloxanos

Siloxanos (Técnica: GC-MSD- SIM)	Valores límites según UNE-EN 16723-2:2018).	Muestra 22/06/22 mg/Nm <sup>3</sup>	Muestra 22/11/22 mg/Nm <sup>3</sup>
Tetramethylsilane (TMS)	----	<LD	<LD
Trimethylsilanol (MOH)	----	<LD	<LD
Hexamethyldisiloxane (L2)	----	<LD	<LD
Hexamethylcyclotrisiloxane (D3)	----	0.19	<LD
Octamethyltrisiloxane (L3)	----	<LD	<LD
Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	----	<LD	<LD
Decamethyltetrasiloxane (L4)	----	<LD	<LD
Decamethylcyclopentasiloxane (D5)	----	0.21	<LD
Dodecamethylpentasiloxane (L5)	----	<LD	<LD
Dodecamethylcyclohexasiloxane (D6)	----	<LD	<LD
<b>TOTAL Siloxanos</b>	0.5	0.40	0.00

#### Contenido de Silicio

Silicio (Técnica: GC-MSD-SIM)	Valores límites según UNE-EN 16723-2:2018).	Muestra 22/06/22 mgSi/Nm <sup>3</sup>	Muestra 22/11/22 mgSi/Nm <sup>3</sup>
Tetramethylsilane (TMS)	----	<LD	<LD
Trimethylsilanol (MOH)	----	<LD	<LD
Hexamethyldisiloxane (L2)	----	<LD	<LD
Hexamethylcyclotrisiloxane (D3)	----	0.07	<LD
Octamethyltrisiloxane (L3)	----	<LD	<LD
Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)	----	<LD	<LD
Decamethyltetrasiloxane (L4)	----	<LD	<LD
Decamethylcyclopentasiloxane (D5)	----	0.08	<LD
Dodecamethylpentasiloxane (L5)	----	<LD	<LD
Dodecamethylcyclohexasiloxane (D6)	----	<LD	<LD
<b>TOTAL Silicio</b>	0.3	0.15	0.00

LD: Límite de detección.  
LD<0.01 mg/Nm<sup>3</sup>

PISTÓN 1

Inspección 1ª a los 9739 km  
- GNC



Inspección 3ª a los 21396 km  
- Con Biometano 9392 km



Inspección 4ª a los 46483 km  
- Con Biometano 36744 km

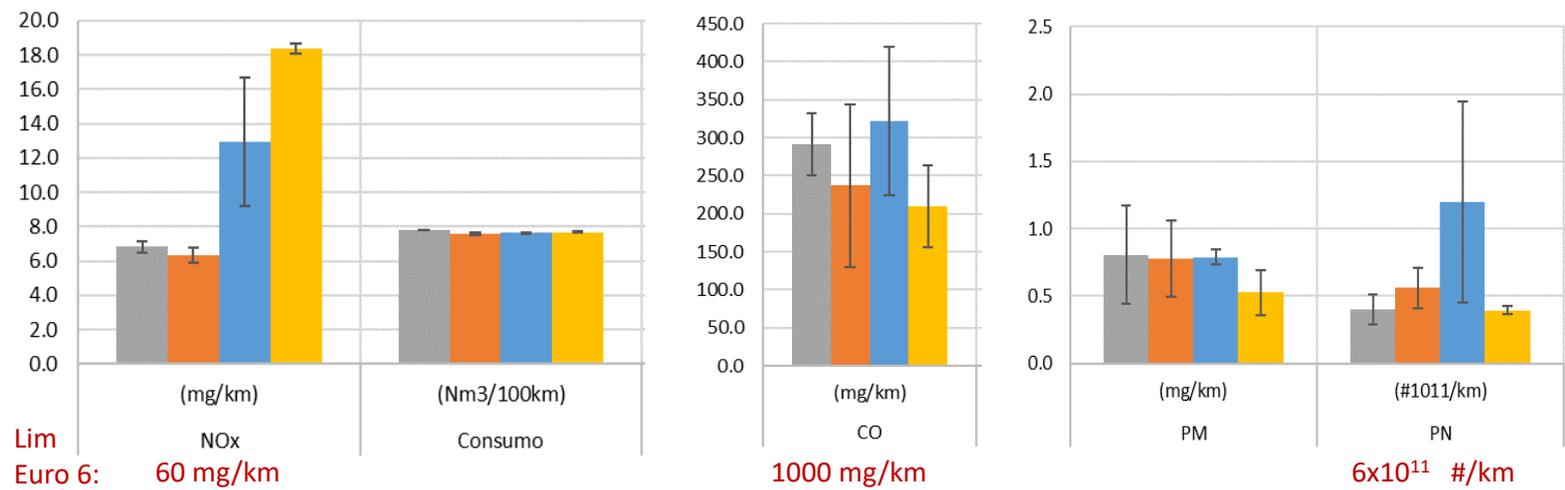


## 4.2 Resultado Emisiones Y Consumo



RESULTADOS INTA (valor promedio)

■ Analisis1\_GNC   ■ Analisis2\_CH4   ■ Analisis3\_CH4   ■ Análisis4\_CH4



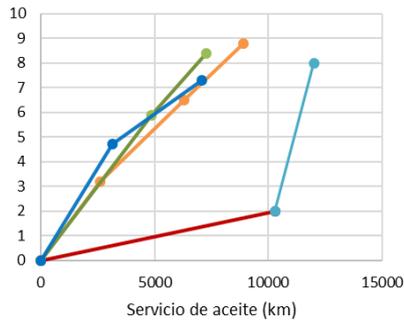
### 4.3 Resultado Análisis De Aceite



#### a) Estado del aceite

Nitración (A/cm)  
(Degradación del aceite)

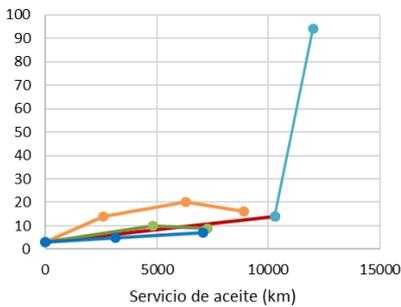
- Carga inicial GNC
- Carga inicial BioM
- 1er cambio BioM
- 2do cambio BioM
- 3er cambio BioM



#### b) Contaminación

Silicio [Si] (mg/kg)

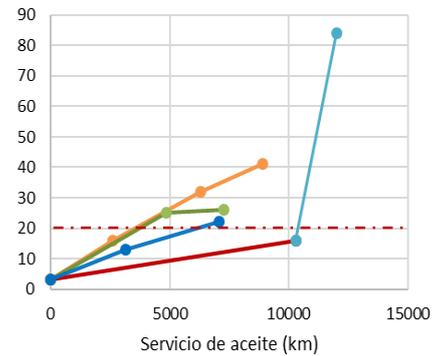
- Carga inicial GNC
- Carga inicial BioM
- 1er cambio BioM
- 2do cambio BioM
- 3er cambio BioM



#### c) Desgaste

Hierro [Fe]  
(mg/kg)

- Carga inicial GNC
- Carga inicial BioM
- 1er cambio BioM
- 2do cambio BioM
- 3er cambio BioM



## 4.4 Resultado Desmontaje Del Motor

### a) Culata



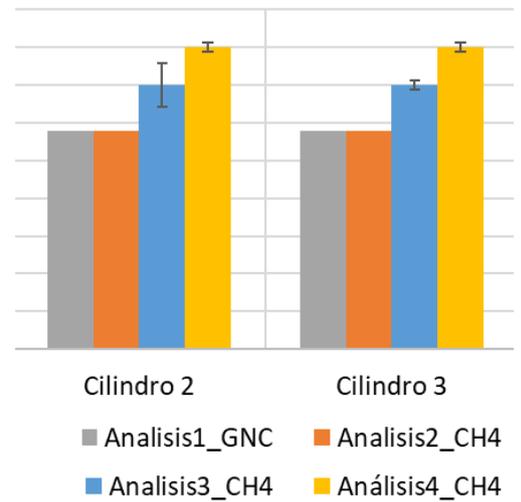
## 4.4 Resultado Desmontaje Del Motor



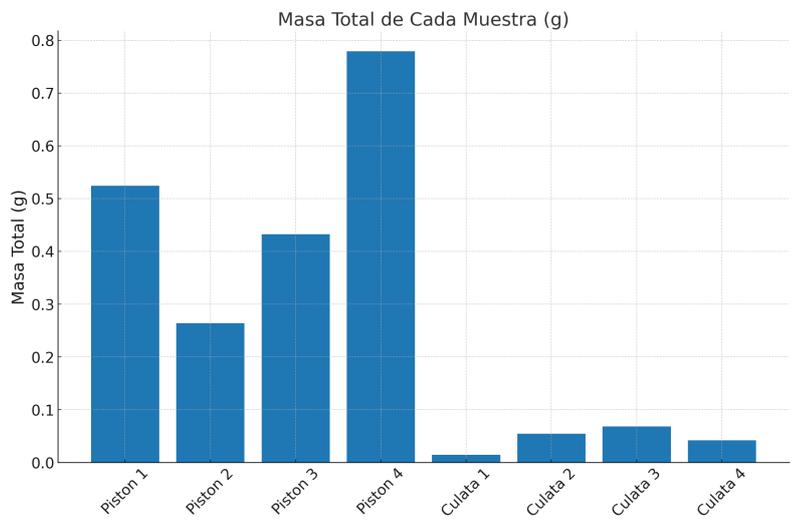
### b) Pistones



Medida de la compresión [bar]

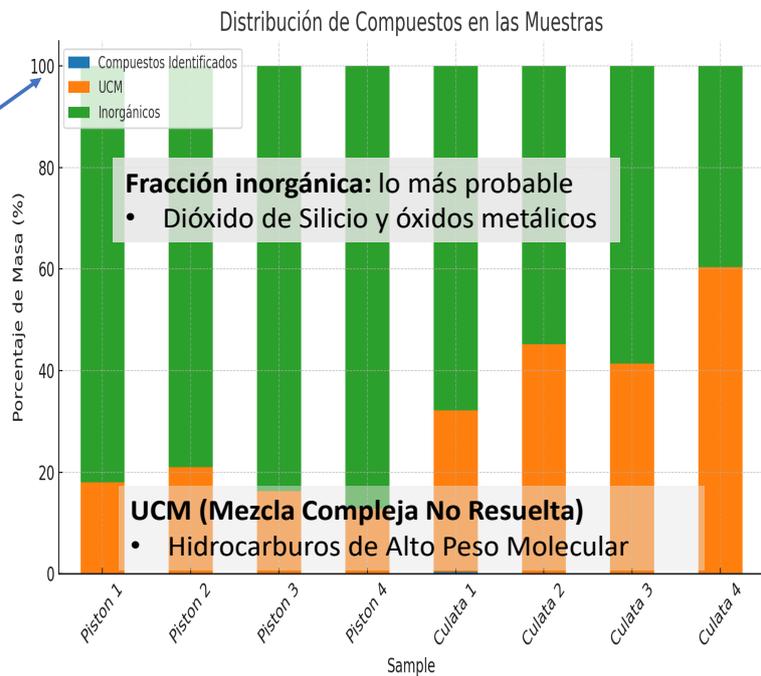
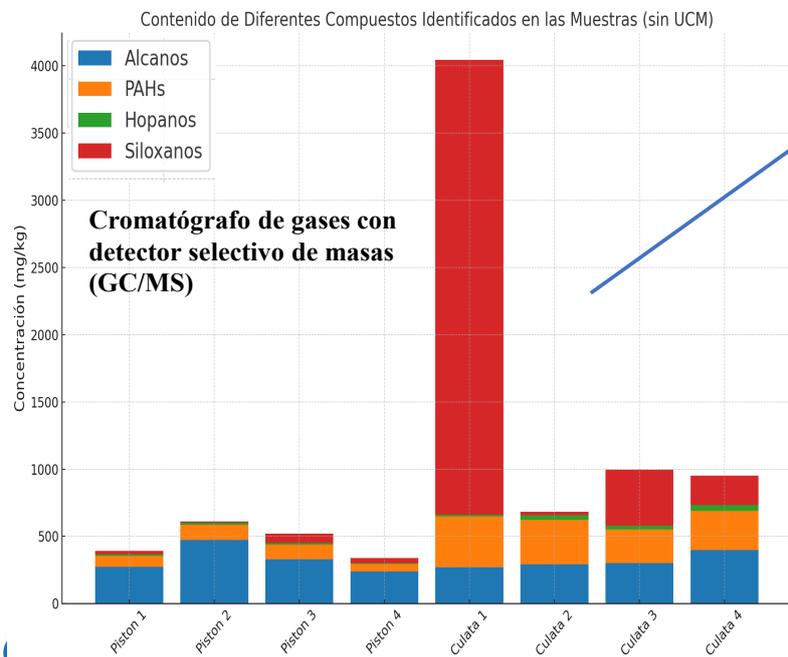


## 4.5 Análisis De Incrustaciones



**Laboratorio de Estratigrafía  
Biomolecular**

## 4.5 Análisis De Incrustaciones



## 5. CONCLUSIONES



- **Calidad del biometano:**
  - A pesar de que se cumpla con la UNE-EN 16723-2:2018 con biometano **se produce mayor desgaste del motor** y ensuciamiento interno que con GNC
- **Consumo de combustible:**
  - **Sin variaciones** respecto al GNC.
- **Emisiones contaminantes:**
  - CO, HC, CH<sub>4</sub>, SO<sub>2</sub>, PM y PN **similares al GNC**, por debajo de límites.
  - **NOx aumentó significativamente**, pero se mantuvo por debajo del límite Euro 6.
- **Degradación del aceite:**
  - **Mayor degradación** por biometano: estado del aceite (nitración, acidez, etc), contaminación (Si, etc) y partículas de desgaste (Fe, Al, Cu, etc).
- **Incrustaciones:**
  - **Aumentan la relación de compresión.**
  - Composición: principalmente **material inorgánico** (posiblemente Si) y trazas de siloxanos.

## 6. RECOMENDACIONES



- **Calidad del biometano:**
  - Se requiere una **calidad muy superior** a la indicada en el UNE\_EN 16723-2:2018 para evitar desgaste prematuro y daños en el motor.
  - **Contenido de siloxanos: 0 mg/Nm<sup>3</sup>**
- **Tener en cuenta en la operación:**
  - Hacer **cambios de aceite con mayor frecuencia** (ajustar frecuencia por análisis de aceite)
- **A tener en cuenta en el mantenimiento de los vehículos**
  - Convendría hacer un **mantenimiento preventivo** (desmontaje, limpieza de cilindros, cambio de bujías) **mínimo cada 50 mil km.**

9.3 Natalia Fonseca González (CEM<sup>®</sup>). Universidad Politécnica de Madrid. Dos años con Biometano: Evaluación d



Gracias!

Gracias por su atención

[natalia.fonseca@upm.es](mailto:natalia.fonseca@upm.es)

*9 Mesa sobre Combustibles Verdes y Nuevos Combustibles*

## 10 Mesa sobre Edificios Sostenibles

- 10.1. Luis de Garrido Talavera, Ignacio  
Paya-Laforteza. *Aportación del diseño bioclimático al  
nivel de sostenibilidad de los edificios*

## Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad de los edificios

Luis de Garrido Talavera <sup>(1)</sup>, Ignacio Paya-Laforteza <sup>(2)</sup>

<sup>1</sup> Doctor Ingeniero. Doctor Arquitecto. Director ANAS. [info@luisdegarrido.com](mailto:info@luisdegarrido.com)  
<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-0076-3115>

<sup>2</sup> Profesor. ICITECH, Universitat Politècnica de València, Spain [igpaza@cst.upv.es](mailto:igpaza@cst.upv.es)

**áreas:** edificios sostenibles, NZEB, proyectos, descarbonización, eficiencia energética

### Resumen

Este estudio analiza la aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad de un edificio, y al hacerlo, indirectamente se analiza la idoneidad de los actuales Sistemas de Evaluación de Edificios Sostenibles (*Green Building Rating Systems-GBRS*).

Para realizar el estudio se ha comparado la puntuación otorgada a una vivienda bioclimática (que no necesita calefacción ni aire acondicionado para proporcionar una temperatura interior de confort) con la otorgada a una versión de sí misma con un diseño convencional. En ambos casos, la puntuación se ha obtenido utilizando 11 de los GBRS más importantes a nivel internacional: ASGB, BEAM, BREEAM, CEDES, DNGB, GBI, GG, GS, IGBC, LEED y SBTools.

Todos los GBRS utilizados han detectado lo evidente, y es que la vivienda bioclimática es más sostenible, aunque sus puntuaciones varían significativamente. De hecho, tan solo cuatro sistemas (CEDES, GS, DNGB y BEAM) reconocieron claramente las ventajas del diseño bioclimático, mientras que otros le asignaron puntuaciones más bajas, y tres (ASGB, GBI, SBTools) le otorgan una puntuación mínima a pesar de que la vivienda bioclimática tiene un 76 % menor consumo de energía, y otros importantes beneficios ambientales adicionales.

La disparidad de las puntuaciones de los diferentes GBRS pone en duda su credibilidad a la hora de evaluar el nivel de sostenibilidad de un edificio. Por otro lado, el hecho de que algunas puntuaciones sean tan bajas, significa que muchos GBRS no valoran el diseño arquitectónico, y sobrevaloran la incorporación de aparatos en los edificios, por lo que están fomentando un falso modelo de sostenibilidad y de eficiencia energética.

### Keywords

Diseño bioclimático, Sistemas de evaluación de edificios sostenibles (GBRS), diseño pasivo, alta eficiencia energética, edificios sostenibles, NZEB

### 1. Introducción

El presente trabajo tiene dos objetivos. Por un lado, se pretende determinar la contribución del diseño bioclimático en el nivel sostenible de un edificio, utilizando los mejores sistemas de evaluación medioambiental (GBRS) actuales, y por otro lado se desea evaluar la capacidad de evaluación e idoneidad de dichos GBRS.

El diseño bioclimático se entiende como el proyecto de edificios capaces de autorregularse térmicamente sin necesidad de dispositivos que consuman energía [1, 5, 7]. Un edificio bioclimático tiene una orientación y un diseño muy especiales, lo que le permite mantener una temperatura interior confortable en todo momento. En invierno, se calienta gracias a su orientación, al efecto invernadero y a un conjunto variado de ingeniosas estrategias arquitectónicas. En verano, se refresca gracias a su orientación, a la protección solar y a la refrigeración nocturna mediante galerías subterráneas de diseño especial. Las ventajas del diseño bioclimático se han analizado en varios trabajos [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9], y entre ellas destacan la reducción del consumo energético, la reducción de emisiones y residuos, el aumento de la calidad de vida y la reducción de enfermedades en sus ocupantes. La mayoría de los trabajos se centran en una única variable comparativa, como el consumo energético [1, 3, 8, 10, 11, 12].

Sin embargo, pocos estudios han evaluado, de forma general, la contribución del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad general de un edificio.

Las herramientas multivariantes conocidas como GBRS (Green Building Rating Systems) se desarrollaron para evaluar y cuantificar la sostenibilidad [13, 14, 15, 16, 17] para y en la actualidad se están utilizando ampliamente.

Sin embargo, varios estudios han cuestionado la utilidad de estas herramientas [14]. Algunos estudios concluyeron que las GBRS no evalúan correctamente, ya que no consideran el diseño arquitectónico en su sistema de puntuación [18, 19, 20, 21, 22, 23]. Algunos trabajos van más allá y critican duramente todas las GBRS existentes, sugiriendo que se deberían unificar y completar, y para ello se debería consensuar el concepto de “sostenibilidad” y realizar un mayor número de críticas comparativas [24]. Otros trabajos [21, 25, 26, 27] concluyen que las GBRS actuales no son útiles, ya que al comparar edificios certificados por algunas de estas GBRS con edificios convencionales, no se observa un ahorro energético sustancial ni una optimización de recursos. Por lo tanto, indican que no merece la pena invertir tiempo y dinero en GBRS, ya que no garantizan un edificio sostenible y solo proporcionan un certificado que no implica ninguna mejora ambiental. Por si fuera poco, cada vez hay más trabajos que critican duramente la utilidad de algunos de los GBRS más conocidas, como LEED. Estos trabajos [12, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31] muestran que los edificios con certificación LEED consumen relativamente más electricidad que otros edificios y demuestran que no se produce ningún ahorro energético. Muchos profesionales sostienen que LEED no solo carece de utilidad, sino que también causa un perjuicio significativo al sector de la construcción y a sus profesionales, y algunos incluso emprenden acciones legales en su contra [32].

Por lo tanto, y como objetivo secundario, este estudio busca proporcionar una evaluación clara de si los *Sistemas de Evaluación de Edificios Sostenibles* (GBRS) actuales son realmente eficaces y útiles.

En este contexto, este trabajo pretende determinar si los GBRS seleccionados son válidos para evaluar el nivel de sostenibilidad de los edificios y, por otro, evaluar la contribución del diseño bioclimático a dicho nivel. Para hacerlo, se han evaluado dos versiones de una vivienda (una con diseño arquitectónico bioclimático y otra con diseño convencional) utilizando 11 GBRS ampliamente reconocidos. Los GBRS seleccionados fueron: ASGB [33], BEAM [34], BREEAM [35], CEDES [36], DNGB [37], GBI [38], GG [39], GS [40], IGBC [41], LEED [42] y SBTtools [43]. En todos los casos se ha utilizado su última versión.

La vivienda bioclimática elegida, *Ramat Eco-house* (Fig. 1), tiene un diseño muy especial ya que garantiza una temperatura interior confortable durante todo el año, sin necesidad de calefacción ni aire acondicionado. Tampoco requiere ventilación mecánica

y, durante el día, no requiere iluminación artificial. Considerando que esta vivienda presenta un ahorro energético del 76% en comparación con una casa convencional, y que además presenta otros beneficios adicionales: ambientales (ausencia de emisiones), económicos (reducción de costes económicos, reducción del mantenimiento, ausencia de averías) y para la salud humana (reducción de ruido, emisiones, vibraciones, olores, etc.), cabría esperar que los GBRS actuales valoraran adecuadamente estos factores, y que le otorguen una puntuación alta.

## 2. Descripción de las viviendas comparadas: *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

Para determinar con precisión la contribución del diseño arquitectónico bioclimático a la puntuación de sostenibilidad de un edificio, se comparó una vivienda bioclimática (*Ramat Eco-house*, denominada *Ramat-bio* en este trabajo) con su versión de diseño convencional (*Ramat-no-bio*). En ambos casos, la evaluación se realizó utilizando 11 de los mejores GBRS de renombre internacional. Para simplificar el estudio, en la comparación solo se muestran los indicadores relacionados con el bioclimatismo (aquellos cuyas puntuaciones varían en ambos casos), para obtener puntuaciones que dependen exclusivamente del diseño arquitectónico bioclimático.



**Figura 1.** Casa Ramat. Fachada norte. Valencia. España.  
*Los protectores solares verticales y horizontales generan aire fresco en la fachada norte de la casa. En verano, este aire pasa por galerías subterráneas, donde se enfría aún más y fluye por el interior de la casa.*

La vivienda analizada, *Ramat-bio* (Figs. 1, 2, 3), fue construida en 2005 y, gracias a su especial diseño bioclimático, es capaz de mantener una temperatura interior confortable sin necesidad de aparatos de calefacción, ni de ventilación ni de aire acondicionado, por lo que su consumo energético es un 76 % inferior al de una vivienda convencional de la misma superficie y características. La casa es autosuficiente en agua, energía y alimentos [44].

10.1 Luis de Garrido Talavera, Ignacio Paya-Laforteza. *Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad*



**Figura 2.** Casa Ecológica Ramat. Fachada sur. Valencia. España.  
*La foto muestra cómo los muros de carga se proyectan hacia el exterior de la casa, actuando como protección solar vertical, impidiendo que la radiación solar entre por las ventanas a primera hora de la mañana y a última hora de la tarde en verano. También se aprecia la protección solar horizontal, que permite que la máxima cantidad de radiación solar pase a través de las ventanas en invierno y no la penetra en verano.*



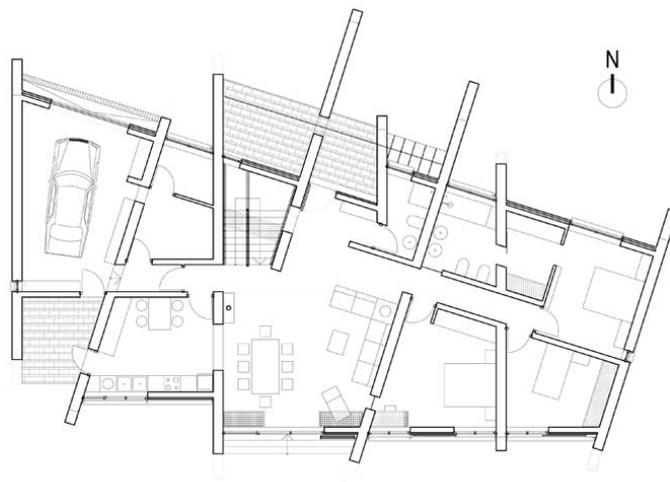
**Figura 3.** Casa ecológica Ramat. Zona sur. Valencia. España.  
*Se pueden apreciar las protecciones solares horizontales en la gran ventana central. Esta protección impide la entrada de la radiación solar al interior de la casa en verano y, en invierno, permite su entrada, calentándola por efecto invernadero. Los protectores solares deslizantes también controlan la radiación solar indirecta.*

2.1. Descripción de la vivienda con diseño bioclimático. *Ramat-bio*

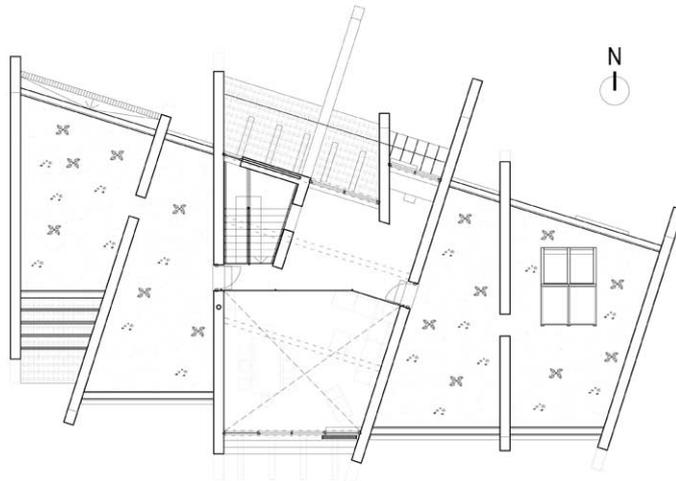
2.1.1. Descripción y ventajas

*Ramat-bio* se encuentra en Valencia (España) y cuenta con una superficie construida de 300'5 m<sup>2</sup> en dos plantas (Fig. 4). La planta baja cuenta con un salón central de doble

altura, tres dormitorios, dos baños, cocina, terraza cubierta, garaje y dos cuartos de servicio. La primera planta dispone de un estudio con acceso a las dos cubiertas ajardinadas laterales (Fig. 5).



**Figura 4.** Casa Ramat. Planta baja



**Figura 5.** Casa Ramat. Primera planta

#### 2.1.2. Descripción del diseño bioclimático

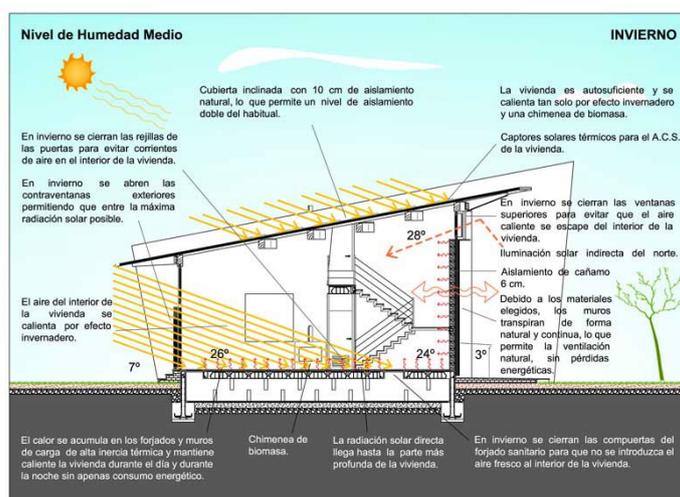
En este trabajo, el diseño arquitectónico bioclimático se describe como la capacidad de mantener en el interior de un edificio una temperatura confortable y estable (19°-26°) sin necesidad de calefacción ni aire acondicionado. Lograrlo requiere buenas habilidades profesionales, aunque en climas extremos puede ser necesario algún sistema

básico de calefacción ocasionalmente. El ahorro energético del diseño bioclimático se mide a menudo como el «nivel bioclimático». En este artículo, nos centramos en un enfoque 100% bioclimático, en el que *Ramat-bio* demuestra la capacidad de proporcionar temperaturas interiores confortables sin necesidad de dispositivos mecánicos.

### 2.1.2.1. Generación de calor debido al diseño bioclimático

La casa se calienta por sí misma en invierno gracias a varias características especiales de su diseño (Fig. 6), entre las que destacan:

- Orientación norte-sur
- Mayoría de las ventanas en la fachada sur
- Alta inercia térmica en el interior del cerramiento
- Aislamiento adecuado en el exterior del cerramiento
- Efecto invernadero adecuado que genera la energía térmica necesaria
- Las protecciones solares permiten la máxima entrada de radiación solar en invierno
- Habitaciones principales ubicadas al sur y habitaciones de servicio al norte



**Figura 6.** Diseño arquitectónico bioclimático especial para calentar el interior de la vivienda en invierno sin necesidad de equipos de calefacción.

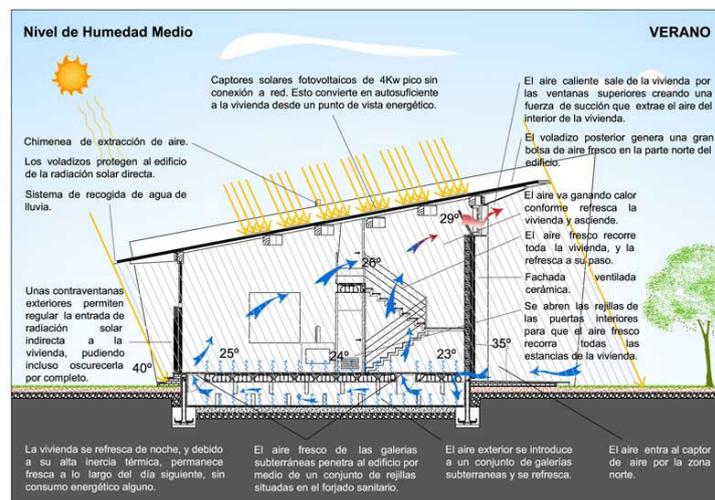
Las ventanas ubicadas al sur de la casa (con una superficie de unos 30 m<sup>2</sup>) generan una media de 9.000 W de calefacción en invierno (ya que pasan a través del cristal unos 300 W/m<sup>2</sup>). Los ocupantes de la casa y las pérdidas de energía del frigorífico y otros electrodomésticos proporcionan 1.000 W adicionales de calefacción. En otras palabras, la casa es capaz de generar unos 10.000 W de potencia térmica, suficiente para calentar sus estancias principales. *Ramat-bio* mantiene así una temperatura mínima interior superior a 19 °C en invierno y no necesita aparatos de calefacción. Dispone de una pequeña chimenea de biomasa para aportar un poco de calor en los días más fríos y nublados del año.

### 2.1.2.2. Generación de frío debido al diseño bioclimático

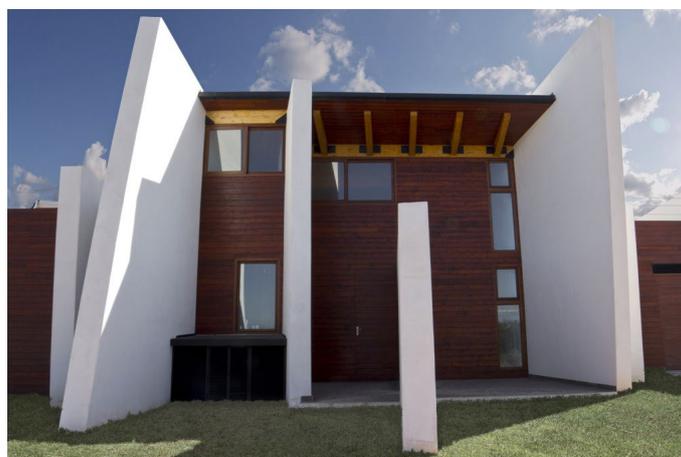
La casa se refresca por sí misma en verano gracias a varias características especiales de su diseño (Fig. 7), entre las que destacan:

## 10 Mesa sobre Edificios Sostenibles

- Orientación norte-sur
- Alta inercia térmica en el interior del cerramiento
- Aislamiento adecuado en el exterior del cerramiento
- Generación de frío en galerías subterráneas (Fig. 8)
- Generación de frío mediante ventilación nocturna interior optimizada
- Las protecciones solares minimizan la radiación solar en el edificio en verano
- Espacios servidos al sur y al norte



**Figura 7.** Diseño arquitectónico bioclimático especial para refrescar el interior de la vivienda en verano sin necesidad de aire acondicionado.



**Figura 8.** La protección solar horizontal y vertical, ubicada en el lado norte de la casa, genera un espacio sombreado y genera un volumen constante de aire fresco en el exterior. Este aire frío penetra a través de rejillas hacia las galerías subterráneas, donde se enfría aún más.

En primer lugar, la vivienda se refresca en verano, evitando el calentamiento diurno gracias a su orientación, la disposición de los cristales y las protecciones solares

especiales. En segundo lugar, la casa está diseñada para que el aire frío nocturno se refresque aún más en las galerías subterráneas, penetre en el interior y lo refresque durante la noche, mientras que la casa se mantiene fresca durante el día gracias a las protecciones solares, la alta inercia térmica interior y su aislamiento exterior. Se mantiene una temperatura interior máxima de unos 24 °C en verano durante el día y de unos 21 °C durante la noche.

### 2.1.3. Consumo energético de Ramat-bio

Gracias al diseño bioclimático, la vivienda no necesita calefacción, aire acondicionado ni ventilación mecánica, y como los propietarios están concienciados con la necesidad de reducir al máximo el consumo energético, la casa cuenta con muy pocos electrodomésticos, con una potencia total de 5.076 W (Tabla 1) y un consumo anual de 16'79 kWh/m<sup>2</sup> (Tabla 2).

Frigorífico	210 W (media)
Placa de inducción	900 W
Microondas	700 W
Lavadora	1.200 W
TV	150 W
PCs	100 W
Iluminación	196 W
Iluminación del jardín	55 W
Purificación de agua	1.565 W
Potencia total:	5.076 W

**Table 1.** Potencia total de los dispositivos en Ramat-bio.

	Potencia W (vatios)	tiempo de uso (horas)	energía por año (kwh/año)	energía por año/m2 (kwh/m <sup>2</sup> /año)
Frigo (potencia media)	210	24 h. * 365	1'75	5'83
Placa de inducción	900	2 h. * 365	657	2'18
Microondas	700	1 h. * 365	255'5	0'85
Lavadora	1.200	1 h. * 365	438	1'45
TV	150	8 h. * 365	438	1'45
PC's	100	8 h. * 365	292	0'97
Iluminación	196	8 h. * 365	572'3	1'90
Iluminación del jardín	55	4 h. * 365	80'3	0'26
Purificación de agua	1.565	1 h. * 365	571'2	1'90
Total energía consumida por m <sup>2</sup> : 16'79 kwh/m <sup>2</sup> /año				

**Table 2.** Consumo energético total por m2 de Ramat-bio.

### 2.1.4. Autosuficiencia energética de Ramat-bio

Para lograr la autosuficiencia energética a un coste asequible, se ha seguido una estrategia de tres fases:

1. Informar a los propietarios para que utilicen la menor cantidad posible de aparatos.
2. Realizar un diseño bioclimático óptimo.
3. Gestionar correctamente los aparatos incorporados a la vivienda.

Gracias a su diseño bioclimático especializado, la vivienda no necesita calefacción ni aire acondicionado. Se estima que la potencia total máxima de todos los aparatos que pueden activarse simultáneamente es de 2.000 W, con picos de demanda ocasionales de

## 10 Mesa sobre Edificios Sostenibles

hasta 2.500 W. Para cubrir estas necesidades, se ha instalado un sistema fotovoltaico con diez colectores solares fotovoltaicos (Fig. 5). Este sistema genera aproximadamente 3.500 vatios en su pico de potencia, de modo que las baterías pueden proporcionar una potencia de al menos 2.500 W (normalmente, las baterías no pueden suministrar toda su potencia, sino alrededor del 80%). El coste del sistema fotovoltaico necesario es de 6.750 euros (IVA incluido).



**Figura 9.** Paneles fotovoltaicos instalados en la casa *Ramat*

La casa cuenta con 10 colectores solares fotovoltaicos (con una potencia de 350 W cada uno) que proporcionan una potencia total de 3.500 W pico. Las baterías son capaces de suministrar al menos 2.500 W de potencia, justo lo que la casa necesita habitualmente (normalmente, las baterías no pueden suministrar toda su potencia, sino alrededor del 80%).

### 2.2. Descripción de la vivienda con diseño no bioclimático. *Ramat-no-bio*

#### 2.2.1. Descripción y desventajas

Una vivienda de diseño convencional habitualmente requiere aparatos de calefacción y aire acondicionado para mantener una temperatura interior confortable, así como iluminación artificial en algunas estancias, incluso durante el día. Como resultado, la vivienda tiene un coste económico adicional (precio de los equipos y precio del espacio para albergarlos), requiere más mantenimiento, genera emisiones nocivas y reduce el bienestar y la salud de sus ocupantes (ruido, olores, vibraciones).

#### 2.2.2. Consumo energético de *Ramat-no-bio*

La superficie construida total de *Ramat-no-bio* es de 300'5 m<sup>2</sup> y la superficie útil, de 245'65 m<sup>2</sup>. En Valencia, la potencia media de los sistemas de calefacción y aire acondicionado es de al menos 40 W/m<sup>2</sup>, aunque los sistemas suelen dimensionarse con una potencia media de 90 W/m<sup>2</sup> [45]. Por lo tanto, la vivienda *Ramat-no-bio* debería incorporar un sistema de calefacción y un sistema de aire acondicionado con una potencia mínima de 9.800 W (245'65 m<sup>2</sup> \* 40 W/m<sup>2</sup> = 9.826 W). De esta forma, la potencia total de los dispositivos electromecánicos de *Ramat-no-bio* sería de al menos 14.876 W (9.800 W + 5.076 W) (Tabla 1), y su consumo energético (por m<sup>2</sup>) sería de 69'62 kWh/m<sup>2</sup>/año (Tabla 3).

	Potencia W (vatios)	tiempo de uso (horas)	energía por año (kwh/año)	energía por año/m <sup>2</sup> (kwh/m <sup>2</sup> /año)
Frigorífico (potencia media)	210	24 h. * 365	1.752	5'83
Placa de inducción	900	2 h. * 365	657	2'18
Microondas	700	1 h. * 365	255'5	0'85
Lavadora	1.200	1 h. * 365	438	1'45
TV	150	8 h. * 365	438	1'45
PC's	100	8 h. * 365	292	0'97
Iluminación	196	8 h. * 365	572'3	1'90
Iluminación del Jardín	55	4 h. * 365	80'3	0'26
Purificación de agua	1.565	1 h. * 365	571'2	1'90
Calefacción	4.900	12 h. * 90	5.292	17'61
Aire Acondicionado	9.800	12 h. * 90	10.584	35'22
Total energía consumida por m <sup>2</sup> : 69'62 kwh/m <sup>2</sup> /año				

**Table 3.** Consumo energético total por m<sup>2</sup> de *Ramat-no-bio*.

*Ramat-bio* consume solo el 24 % del consumo de *Ramat-no-bio* (16'79 kWh/m<sup>2</sup>/año / 69'62 kWh/m<sup>2</sup>/año), por lo que un buen diseño arquitectónico bioclimático puede generar un ahorro energético mínimo del 76 %.

### 2.2.3. Autosuficiencia energética de *Ramat-no-bio*

La potencia total de los dispositivos de *Ramat-no-bio* es de 14.876 W. Aunque no es necesario conectar todos los dispositivos simultáneamente, la potencia mínima de los paneles fotovoltaicos que deberían instalarse para generar energía eléctrica en la vivienda rondaría los 12.000 W. Es decir, para que *Ramat-no-bio* sea autosuficiente energéticamente, se necesitarían instalar cuatro veces más paneles fotovoltaicos que para *Ramat-bio*, con un coste económico cuatro veces superior.

Por lo tanto, es fundamental realizar un diseño bioclimático óptimo para lograr la autosuficiencia energética a un coste asequible.

## 3. Evaluación sostenible comparativa de *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

La evaluación de *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio* se ha realizado utilizando una selección de los GBRS más importantes y representativos.

### 3.1. Elección de los GBRS más emblemáticos

Se ha elegido la versión más reciente de 11 de los GBRS más importantes y reconocidos a nivel mundial: ASGB [33], BEAM [34], BREEAM [35], CEDES [36], DNGB [37], GBI [38], GG [39], GS [40], IGBC [41], LEED [42] y SBTtools [43]. Los GBRS se han elegido por su representatividad geográfica, por el número de edificios evaluados, y por el número de referencias en google.

### 3.2. Metodología de evaluación comparativa de *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

Para evaluar la contribución del diseño bioclimático al nivel general de sostenibilidad, se realizó una evaluación de *Ramat-bio* con respecto a *Ramat-no-bio* utilizando el GBRS seleccionado. Al tratarse de una evaluación comparativa, solo se tuvieron en cuenta los indicadores cuya puntuación difiere en cada caso. Llamaremos "biogrupo" al conjunto de indicadores cuya puntuación varía al comparar un edificio bioclimático con otro que no pertenece al grupo.

## 10 Mesa sobre Edificios Sostenibles

Las tablas de evaluación muestran, en primer lugar, para ambos diseños:

- La puntuación otorgada a cada indicador
- La puntuación máxima posible para cada indicador
- El peso del indicador dentro de la categoría a la que pertenece.
- El peso de la categoría
- El factor de conversión de la escala de puntuación de cada método, a una escala de 0 a 100 (ya que algunos GBRS puntúan de 0 a 75, otros de 0 a 100, otros de 0 a 110, otros de 0 a 1000. Por lo tanto, los factores de conversión utilizados son: 100/75, 100/100, 100/110, 100/1000).

Al multiplicar la puntuación porcentual de un indicador (puntuación/puntuación máxima) por su peso dentro de la categoría, por el peso de la categoría y por el coeficiente de conversión, se obtiene un valor (de 0 a 100) que representa la contribución de cada indicador a la puntuación total. Al sumar la puntuación de todos los indicadores del "grupo bio" se obtiene la puntuación total de cada grupo, tanto para *Ramat-bio* como para *Ramat-no-bio*. Al restar ambas puntuaciones, se obtiene la contribución del diseño bioclimático a la puntuación final proporcionada por cada GBRS.

Cabe destacar que no todos los sistemas tienen una estructura similar, por lo que la estructura de las diferentes tablas varía. Sin embargo, esencialmente todas las tablas muestran lo mismo: la puntuación final de cada indicador en una escala de 0 a 100 y la puntuación total.

Para describir el proceso de evaluación y la contribución de cada indicador en la evaluación final del edificio, tomemos un ejemplo de ASGB (Tabla 4). El indicador ASGB "Diseño optimizado para ventilación natural (O.D.F.N.V.)" tiene una puntuación máxima de 8 puntos. Este indicador tiene una ponderación de 8/100 en la categoría "Salud y confort (H.C.)", que a su vez tiene una ponderación de 10 sobre 110 (el rango de evaluación total del ASGB va de 0 a 110).

- En el caso de *Ramat-bio*, se otorgó la puntuación máxima (8) al indicador O.D.F.N.V., por lo que la puntuación porcentual es  $((8/8) = 1)$ . Al multiplicar este valor (1) por la ponderación del indicador O.D.F.N.V en la categoría H.C., se obtiene un valor de  $((1) * (8/100))$ , es decir, 0,08. Al multiplicar este valor por la ponderación del H.C. La puntuación total de la categoría H.C. arroja un resultado de  $(0,08 * (10/100)) = 0,008$ , basado en una puntuación de (0-110). Al convertir este porcentaje a una base común de (0-100), la puntuación final es  $(0,008 * (100 / 110)) = 0,0073$ , es decir, 0,73 %.

- En el caso de *Ramat-no-bio*, se le asignó una puntuación de 1 sobre un máximo de 8, por lo que la puntuación porcentual es  $((1/8) = 0,125)$ . Al multiplicar este valor (0,125) por la ponderación del indicador O.D.F.N.V en la categoría H.C., se obtiene un valor de  $(0,125 * (8/100))$ , es decir, 0,01. Al multiplicar este valor por la ponderación del H.C. La puntuación total de cada categoría da  $(0,01 * (10/100)) = 0,001$ , un porcentaje basado en una puntuación de (0-110). Al convertir este porcentaje a una base común de (0-100), la puntuación final es  $(0,001 * (100 / 110)) = 0,0009$ , es decir, 0,09 %.

Repetiendo el proceso para los 5 indicadores del «diseño bioclimático» de un edificio en ASGB (Tabla 4), *Ramat-bio* obtiene una puntuación del 5,74 %, en comparación con el 3,72 % de *Ramat-no-bio*. Es decir, según ASGB, una vivienda bioclimática como *Ramat-no-bio* tiene un nivel de sostenibilidad un 2 % superior (5,74 – 3,72) a un edificio convencional (Tabla 4).

10.1 Luis de Garrido Talavera, Ignacio Paya-Laforteza. Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad

3.2.1. Evaluación con ASGB

Involved Indicators		Ramat-Bio						Ramat-No-Bio						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight <sup>(*)</sup>	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
O.D.F.N.V. <sup>(*)1</sup>	H.C. <sup>(*)6</sup>	8	8	8/100	10%	0.80	0.73	1	8	8/100	10%	0.10	0.09	
U.O.D.T.R.S. <sup>(*)2</sup>	H.C. <sup>(*)6</sup>	9	9	9/100	10%	0.90	0.82	1	9	9/100	10%	0.90	0.82	
T.E.P.O. <sup>(*)3</sup>	R.C. <sup>(*)7</sup>	15	15	15/200	20%	1.50	1.36	12	15	15/200	20%	1.20	1.09	
M.R.B.E.C. <sup>(*)4</sup>	R.C. <sup>(*)7</sup>	10	10	10/200	20%	1.00	0.91	6	10	10/200	20%	0.60	0.55	
M.F.R.H.S.C. <sup>(*)5</sup>	I.I. <sup>(*)8</sup>	40	40	40/190	10%	2.11	1.92	25	40	40/190	10%	1.32	1.20	
Partial Score							5.74%							3.74%
Difference														2.00%

Notas: Este sistema no asigna un peso al indicador, sino que se determina por la puntuación máxima del indicador dividida por la puntuación máxima de la categoría. \*1 optimized design for natural ventilation, \*2 use of devices to regulate shade inside, \*3 thermal envelope performance optimization, \*4 measures to reduce building energy consumption, \*5 measures to further reduce heating system consumption; \*6 Health and comfort, \*7 Resource conservation; \*8 Improvement and innovation

Tabla 4. Indicadores de ASGB involucrados en el diseño bioclimático. Diferencias de puntuación entre Ramat-bio y Ramat-no-bio

3.2.2. Evaluación con BEAM

Involved Indicators		Ramat-Bio						Ramat-No-Bio						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight <sup>(*)10</sup>	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
D.C.C.A. <sup>(*)1</sup>	S.S. <sup>(*)7</sup>	2	2	2/39	15%	0.77	0.70	1	2	2/39	15%	0.38	0.35	
L.C.P.D. <sup>(*)2</sup>	E.U. <sup>(*)8</sup>	6	6	6/44	29%	3.94	3.59	2	6	6/44	29%	1.31	1.20	
R.CO <sup>2</sup> .E. <sup>(*)3</sup>	E.U. <sup>(*)8</sup>	15	15	15/44	29%	9.89	8.99	7	15	15/44	29%	4.61	4.20	
P.E.D. <sup>(*)4</sup>	E.U. <sup>(*)8</sup>	3	3	3/44	29%	1.91	1.79	1	3	3/44	29%	0.66	0.60	
E.V. <sup>(*)5</sup>	H.W. <sup>(*)9</sup>	4	4	4/29	22%	3.04	2.76	0	4	4/29	22%	0.00	0.00	
I.V. <sup>(*)6</sup>	H.W. <sup>(*)9</sup>	1	1	1/29	22%	0.75	0.68	0	1	1/29	22%	0.00	0.00	
Partial Score							18.50%							6.34%
Difference														12.17%

Notas: Este sistema no asigna un peso al indicador sino que se determina por la puntuación máxima del indicador dividida por la puntuación máxima de la categoría. \*1 Design for climate change adaptation, \*2 Low carbon passive design, \*3reduction of CO<sup>2</sup> emissions, \*4 Peak electricity demand, \*5 Enhanced ventilation, \*6 indoor vibration; \*7 Sustainable Site, \*8 Energy use, \*9 Health and wellbeing, \*10

Tabla 5. Indicadores de BEAM involucrados en el diseño bioclimático. Diferencias de puntuación entre Ramat-bio y Ramat-no-bio

3.2.3. Evaluación con BREEAM

Involved Indicators		Ramat-Bio						Ramat-No-Bio						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110) <sup>(*)5</sup>	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
ENE01 <sup>(*)1</sup>	ENE	13	31	41.93%	16%	6.71	6.10	0	31	0%	16%	0	0	
ENE 04 <sup>(*)2</sup>	ENE	3	31	9.68%	16%	1.55	1.41	1	31	3.23%	16%	0.52	0.47	
ENE 05 <sup>(*)3</sup>	ENE	2	31	6.45%	16%	1.03	0.94	1	31	3.23%	16%	0.52	0.47	
INN <sup>(*)4</sup>	INN	5	10	50%	10%	5	4.55	2	10	0.20%	10%	2.00	1.82	
Partial Score							13.00%							2.76%
Difference														10.24%

Tabla 6. Indicadores de BREEAM involucrados en el diseño bioclimático. Diferencias de puntuación entre Ramat-bio y Ramat-no-bio

## 10 Mesa sobre Edificios Sostenibles

### 3.2.4. Evaluación con CEDES

Involved Indicators		Ramat-Bio						Ramat-No-Bio					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)
2.6	BD <sup>(*)</sup>	5	5	45.8%	36%	0.1648	16.48	1	5	45.8%	36%	0.0329	3.29
3.1	SE <sup>(*)</sup>	5	5	60%	13%	0.078	7.8	2	5	60%	13%	0.0156	1.56
4.5	WEM <sup>(*)</sup>	5	5	20%	12%	0.0192	1.92	2	5	20%	12%	0.0048	0.48
5	HE <sup>(*)</sup>	5	5	100%	8%	0.064	6.4	2	5	100%	8%	0.032	3.2
Partial Score								32.6%					
Difference								24.07%					

Notas: \*1 BD: Bioclimatic Architectural design, \*2 SE: Solar Energy, \*3 WEM: Waste and emissions generated in building maintenance, \*4 HE: Increased health and quality of life of building residents.

**Tabla 7.** Indicadores de CEDES involucrados en el diseño bioclimático.  
Diferencias de puntuación entre *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

### 3.2.5. Evaluación con DNGB

Involved Indicators		Ramat-Bio						Ramat-No-Bio					
Indicators	Category <sup>(*)</sup>	Score	Max. Score	Indicator weight <sup>(*)</sup>	Category weight	Result	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)
ENV 1.1	ENV	122.5	130	10/24	25%	-	9.82	60	130	10/24	25%	-	4.81
ENV 1.2	ENV	110	135	5/24	25%	-	4.24	65	135	5/24	25%	-	2.51
ECO 1.1	ECO	110	130	4/10	25%	-	8.46	47.50	130	4/10	25%	-	3.65
ECO 2.6	ECO	100	110	2/10	25%	-	4.55	70	110	2/10	25%	-	3.18
SOC 1.1	SOC	85	105	2/10	25%	-	4.05	45	105	2/10	25%	-	2.14
SOC 1.2	SOC	105	110	2/10	25%	-	4.77	75	110	2/10	25%	-	3.41
SOC 1.4	SOC	100	100	2/10	25%	-	5.00	70	100	2/10	25%	-	3.50
Partial Score								40.89%					
Difference								17.69%					

Notas: Este sistema no asigna un peso al indicador, sino que se determina por la puntuación máxima del indicador dividida por la puntuación máxima de la categoría. \*1 Category is named as Topic on Criteria set of DNGB

**Tabla 8.** Indicadores de DNGB involucrados en el diseño bioclimático.  
Diferencias de puntuación entre *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

### 3.2.6. Evaluación con GBI

Involved Indicators		Ramat-Bio						Ramat-No-Bio					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)
EE3	EE <sup>(*)</sup>	5	5	-	-	-	5	3	5	-	-	-	3
EQ1	IEQ <sup>(*)</sup>	2	2	-	-	-	2	1	2	-	-	-	1
IN1 <sup>(*)</sup>	INN <sup>(*)</sup>	1	1	-	-	-	1	0	1	-	-	-	0
Partial Score								8%					
Difference								4%					

Notas: \*1 Energy efficiency, \*2 Indoor environment quality, \*3 Innovation, \*4 External shading devices.

**Tabla 9.** Indicadores de GBI involucrados en el diseño bioclimático.  
Diferencias de puntuación entre *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

### 3.2.7. Evaluación con GG

Involved Indicators		Ramat-Bio						Ramat-No-Bio					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-1000)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-1000)	Result (0-100)
3.1 EP <sup>(*)</sup>	ENERGY	180	180	-	-	180	18	90	260	-	-	90	9
3.4 RSE <sup>(*)</sup>	ENERGY	30	30	-	-	30	3	15	260	-	-	15	1.5
Partial Score								21%					
Difference								10.5%					

Notas: \*1 Energy Performance, \*2 Renewable Sources of Energy.

**Tabla 10.** Indicadores de GG involucrados en el diseño bioclimático.  
Diferencias de puntuación entre *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

10.1 Luis de Garrido Talavera, Ignacio Paya-Laforteza. Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad

3.2.8. Evaluación con GS

Involved Indicators		Ramats-Bio						Ramats-No-Bio						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
5	MGM( <sup>r1</sup> )	2	2	-	-	2	1.82	1	2	-	-	1	0.91	
9	IEQ ( <sup>r2</sup> )	4	4	-	-	4	3.64	2	4	-	-	2	1.82	
10	IEQ	3	3	-	-	3	2.73	1	3	-	-	1	0.91	
13	IEQ	2	2	-	-	2	1.82	1	2	-	-	1	0.91	
14	IEQ	2	2	-	-	2	1.82	1	2	-	-	1	0.91	
15	ENE ( <sup>r3</sup> )	20	20	-	-	20	18.18	10	20	-	-	10	9.09	
16	ENE	2	2	-	-	2	1.82	1	2	-	-	1	0.91	
25	LU ( <sup>r4</sup> )	1	1	-	-	1	0.91	0	1	-	-	0	0.00	
28	EMI ( <sup>r5</sup> )	1	1	-	-	1	0.91	0	1	-	-	0	0.00	
29	EMI	1	1	-	-	1	0.91	0	1	-	-	0	0.00	
Partial Score							34.55%							15.45%
Difference														19.09%

Notas: Green Star suma hasta 100 puntos y suma 10 por innovación. \*1 Management, \*2 Indoor environment quality, \*3 Energy, \*4 Land use, \*5 Emissions

**Tabla 11.** Indicadores de GS involucrados en el diseño bioclimático. Diferencias de puntuación entre *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

3.2.9. Evaluación con IGBC

Involved Indicators		Ramats-Bio						Ramats-No-Bio						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
EE C1	EE	7	10	-	-	7	9.33	6	10	-	-	6	8	
IEQ C6	IEQ	4	4	-	-	4	5.33	2	4	-	-	2	2.67	
Partial Score							20%							10.67%
Difference														9.33%

**Table 12.** Indicadores de IGBC involucrados en el diseño bioclimático. Diferencias de puntuación entre *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

3.2.10. Evaluación con LEED

Involved Indicators		Ramats-Bio						Ramats-No-Bio						
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result (0-110)	Result (0-100)	
AEU( <sup>r1</sup> )	EA( <sup>r2</sup> )	36	36	-	-	36	32.72	27	36	-	-	27	24.54	
Partial Score							32.72%							24.54%
Difference														8.18%

Notas: Indicadores del manual para vivienda unifamiliar. \*1 EAc Annual Energy Use, \*2 Energy and Atmosphere

**Table 13.** Indicadores de LEED involucrados en el diseño bioclimático. Diferencias de puntuación entre *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

## 10 Mesa sobre Edificios Sostenibles

### 3.2.11. Evaluación con SBTools

Involved Indicators		Ramat-Bio						Ramat-No-Bio					
Indicators	Category	Score	Max. Score	Indicator weight(%)	Category weight	Result	Result (0-100)	Score	Max. Score	Indicator weight	Category weight	Result	Result (0-100)
A 2.3	USIS (1)	5	5	1.62%	-	-	1.62	0	5	1.62%	-	-	0
A 2.5	USIS	5	5	0.81%	-	-	0.81	0	5	0.81%	-	-	0
A 2.6	USIS	5	5	0.20%	-	-	0.20	0	5	0.20%	-	-	0
B 2	ERC (2)	5	5	1.60%	-	-	1.60	0	5	1.60%	-	-	0
D 1.6	IEQ(3)	5	5	0.20%	-	-	0.20	0	5	0.20%	-	-	0
D 1.7	IEQ	5	5	0.20%	-	-	0.20	0	5	0.20%	-	-	0
D 1.8	IEQ	5	5	0.10%	-	-	0.10	0	5	0.10%	-	-	0
D 1.9	IEQ	0	5	0.10%	-	-	0	3	5	0.10%	-	-	0.06
D 1.10	IEQ	0	5	0.10%	-	-	0	3	5	0.10%	-	-	0.06
D 2.1	IEQ	0	5	0.05%	-	-	0	5	5	0.05%	-	-	0.05
D 2.2	IEQ	5	5	0.05%	-	-	0.05	3	5	0.05%	-	-	0.03
D 3.1	IEQ	5	5	0.10%	-	-	0.10	3	5	0.10%	-	-	0.06
D 3.2	IEQ	5	5	0.05%	-	-	0.05	0	5	0.05%	-	-	0
D 3.3	IEQ	5	5	0.05%	-	-	0.05	5	5	0.05%	-	-	0.05
D 4.1	IEQ	5	5	0.10%	-	-	0.10	3	5	0.10%	-	-	0.06
D 4.2	IEQ	5	5	0.10%	-	-	0.10	3	5	0.10%	-	-	0.06
D 4.3	IEQ	5	5	0.10%	-	-	0.10	3	5	0.10%	-	-	0.06
D 4.4	IEQ	5	5	0.10%	-	-	0.10	3	5	0.10%	-	-	0.06
Partial Score							5.38%						
Difference								4.83%					

Notas: La puntuación del sistema implica multiplicar la puntuación del proyecto por el peso del indicador dividido por la puntuación máxima. \*1 Urban, site and infrastructure systems, \*2 Energy and Resource Consumption, \*3 Indoor Environmental Quality

**Table 14.** Indicadores de SBTools involucrados en el diseño bioclimático. Diferencias de puntuación entre *Ramat-bio* y *Ramat-no-bio*

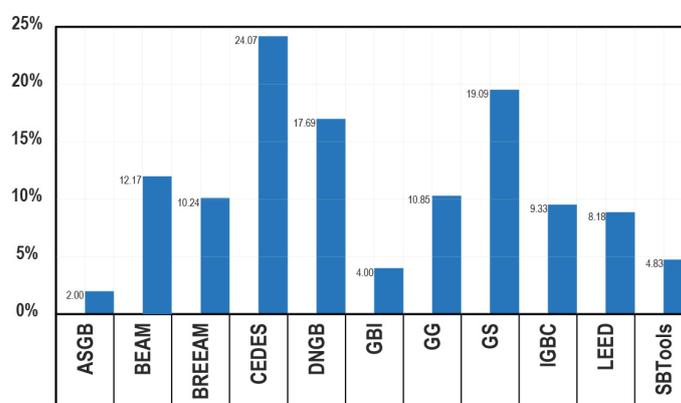
## 4. Resultados y Discusión

La contribución del diseño bioclimático de la casa Ramat, según los once GBRS utilizados, es la siguiente: ASGB (2%), BEAM (12,17%), BREEAM (12,89%), CEDES (24,07%), DNGB (18,56%), GBI (4%), GG (10,5%), GS (19,09%), IGBC (9,33%), LEED (1,82%) y SBTools (4,83%) (Tabla 15).

Estos resultados conducen a las siguientes observaciones:

- Reconocimiento del Diseño Bioclimático: Los GBRS utilizados han reconocido la obviedad de que el diseño bioclimático de la vivienda Ramat contribuyó a un mayor nivel de sostenibilidad en comparación con el diseño no bioclimático.
- Variación en las Puntuaciones entre los diferentes GBRS: Las puntuaciones otorgadas por los distintos GBRS a un mismo edificio presentan una variación significativamente amplia. Resulta preocupante que un mismo edificio pueda recibir puntuaciones tan diferentes de sostenibilidad según el GBRS utilizado, lo que indica que algunos sistemas podrían no ser adecuados para medir el nivel de sostenibilidad de los edificios.
- Disparidades en la evaluación: Existe una variación considerable en la forma en que los diferentes GBRS evalúan un mismo edificio. Si bien algunos sistemas valoran adecuadamente el diseño bioclimático (como CEDES con un 24,07 %, GS con un 19,09 %, DNGB con un 18,56 % y BREEAM con un 12,89 %), otros ofrecen un reconocimiento mínimo, y tres apenas reconocen las características bioclimáticas (LEED con un 1,82 %, ASGB con un 2 % y GBI con un 4 %). Dados los importantes beneficios ambientales del diseño de *Ramat-bio* —como un ahorro energético del 76

% en comparación con el diseño no bio, cero emisiones, ahorro económico, menor mantenimiento y mejoras en la salud—, cabría esperar que los distintos GBRS reflejaran estas ventajas con puntuaciones más altas. Los resultados sugieren que muchos GBRS actuales podrían no valorar adecuadamente la importancia del diseño bioclimático en el nivel de sostenibilidad de los edificios.



**Table 15.** Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad de una vivienda (Ramat) utilizando 11 GBRS

## 5. Conclusiones

Este estudio ha cuantificado la aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad de un edificio, utilizando 11 de los más conocidos *Sistemas de evaluación de Edificios Sostenibles (Green Building Rating Systems - GBRS)*.

Complementariamente este estudio ha evaluado las limitaciones de 11 GBRS para medir la aportación de la arquitectura bioclimática al nivel de sostenibilidad de los edificios. Para ello, se ha cuantificado la sostenibilidad de una vivienda bioclimática utilizando 11 GBRS, y se ha comparado con la de una versión de la misma vivienda con diseño convencional.

Los hallazgos revelan discrepancias notables entre los GBRS a la hora de evaluar la aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad de la vivienda. Algunos GBRS reconocen eficazmente esta aportación, mientras que otros la reconocen mínimamente. Esta inconsistencia indica que muchos GBRS podrían no tener en cuenta de forma adecuada las ventajas ecológicas sostenibles de la arquitectura bioclimática. Por lo tanto, existe una clara necesidad de un marco internacional unificado con criterios claramente definidos, equilibrados y transparentes que permitan medir con precisión la sostenibilidad en diferentes contextos.

Las investigaciones futuras deberían ampliar estos hallazgos mediante la evaluación comparativa de diferentes edificios bioclimáticos, con el objetivo de perfeccionar el proceso de evaluación y alcanzar un consenso sobre un enfoque más estandarizado para evaluar la aportación al nivel sostenible de los edificios del diseño bioclimático.

## Agradecimientos

Agradecemos profundamente su colaboración en el presente trabajo a Carlos Bermúdez Velasco, Fidel Ernesto González Rojas, Mario José Guerrero Villareal, Camila Navas Gago y Nicolás Ezequiel Picco

### Referencias

- [1] Borrallo-Jiménez, M., Lopez De Asiain, M., Esquivias, P. M. & Delgado-Trujillo, D. (2022). Comparative study between the passive house standard in warm climates and nearly zero energy buildings under spanish technical building code in a dwelling design in Seville, Spain. *Energy and Buildings*, 254, 111570.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111570>
- [2] Carter, C. & Zhao, J. (2018). *Passivhaus lived experience: More than a spreadsheet*. PLEA 2018, Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2018, December 10-12, Hong Kong, China.  
<http://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/35349/>
- [3] Colclough, S., O'Leary, T., Hewitt, N. & Griffiths, P. (2017). The near Zero Energy Building standard and the Passivhaus standard – a case study. In *Design to Thrive: Proceedings Volume 1, PLEA 2017 conference* (1) 385-392.  
<https://pure.ulster.ac.uk/en/publications/the-near-zero-energy-building-standard-and-the-passivhaus-standar-2>
- [4] Costanzo, V., Fabbri, K. & Piraccini, S. (2018). Stressing the passive behavior of a Passivhaus: An evidence-based scenario analysis for a Mediterranean case study. *Building and Environment*, 142, 265-277.  
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.035>
- [5] De Garrido, L. (2012 b). *Self-Sufficient Green Architecture*. Monsa. 96 pages. ISBN 978-84-15223-76-4
- [6] De Garrido, L. (2014). *Zero Energy Architecture*. Editorial Monsa. 112 pages. ISBN. 978-84-15829-54-6
- [7] De Garrido, L. (2014 b). *Extreme Bioclimatic Architecture*. Monsa. 112 pages. ISBN. 978-84-15829-55-3
- [8] Lavaf Pour, Y. (2017). Self-Shading Facade Geometries to Control Summer Overheating in UK Passivhaus Dwellings for Current and Future Climate Scenarios [Doctoral dissertation]. University of Liverpool  
DOI: 10.17638/03009183
- [9] Zhao, J. & Carter, K. (2016). Barriers and opportunities in the design and delivery of social housing Passivhaus for adaptive comfort. Proceedings of 9th Windsor Conference: Making Comfort Relevant. Cumberland Lodge, 2016, April 7-10, Windsor, United Kingdom.  
[https://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/32463/1/WC16\\_Zhao.pdf](https://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/32463/1/WC16_Zhao.pdf)
- [10] Liu, C., Mohammadpourkarbasi, H. & Sharples, S. (2020, September 1-3). *Analysing energy savings and overheating risks of retrofitting Chinese rural dwellings to the Passivhaus EnerPHit standard*. PLEA 2020, 35th International Conference on Passive and Low Energy Architecture, A Coruña, Spain  
<https://livrepository.liverpool.ac.uk/id/eprint/3097751>
- [11] Mitchell, R., & Natarajan, S. (2020). UK Passivhaus and the energy performance gap. *Energy and Buildings*, 224, 110240  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110240>
- [12] Saldanha, C. M. & O'Brien, S. M. (2016). A study of energy use in New York City and LEED-certified buildings (ASHRAE and IBPSA-USA SimBuild 2016), Building Performance Modeling Conference, Salt Lake City, UT, August 8-12, 2016
- [13] Altan, H. & Binh K. N. (2011). Comparative Review of Five Sustainable Rating Systems. *Procedia Engineering*, 21, 376-386  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2029>

## 10.1 Luis de Garrido Talavera, Ignacio Paya-Laforteza. Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad

- [14] Andújar, J. M., Gómez, S. & Sánchez, A. (2020). Green building rating systems and the new framework level(s): A Critical Review of Sustainability Certification within Europe. *Energies* 13(1), 66  
<https://doi.org/10.3390/en13010066>
- [15] Bernardi, E., Carlucci, S., Cornaro, C. & Bohne, R.A. (2017). An Analysis of the Most Adopted Rating Systems for Assessing the Environmental Impact of Buildings. *Sustainability*, 9(7), 1226.  
<https://doi.org/10.3390/su9071226>
- [16] Tang, K. H. D., Foo, C. Y. H. & Tan, I. S. (2020). A review of the green building rating systems. IOP Conference Series. *Materials Science and Engineering*, Bristol, 943(1)  
DOI:10.1088/1757-899X/943/1/012060
- [17] Varma, C. R. S. & Palaniappan, S. (2019). Comparison of green building rating schemes used in North America, Europe and Asia. *Habitat International* 89, 101989  
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.05.008>
- [18] De Garrido, L. (2008). *Analysis of Sustainable Architecture Projects. "Artificial Natures 2001-2008"*. McGraw-Hill. 485 pages. ISBN 978-84-481-6802-5
- [19] De Garrido, L. (2012). *A New Paradigm in Architecture*. Monsa. 528 pages. ISBN 978-84-152-2375-7
- [20] De Garrido, L. (2017). *Manual of Advanced Ecological Architecture*. Editorial Nobuko Design. 354 pages. ISBN. 978-98-74160126
- [21] Chen, X., Yang, H. & Lu, L. (2015). A comprehensive review on passive design approaches in green building rating tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 50(C), 1425-1436  
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.003>
- [22] Katiyar, M., Sahu, A.K., Agarwal, S.K. & Tiwari, P.K. (2021). Role of Spatial Design in Green Buildings-A Critical Review of Green Building Rating Systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1116, 1, 12-166  
<https://doi.org/10.1088/1757-899x/1116/1/012166>
- [23] Lee, W (2013). A comprehensive review of metrics of building environmental assessment schemes. *Energy and Buildings* 62, 403-413  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.014>
- [24] Montes, G. M., Bayo, J. A., Escobar, B.M., Mattinzioli, T. & Pinazo, M. A. (2021). Sustainability building rating systems. A critical review Time for change?. In Ayuso Muñoz, J. L., Yagüe Blanco, J. L., Capuz-Rizo, S. F. (eds). *Project Management and Engineering Research*, 391-404  
[https://doi.org/10.1007/978-3-030-54410-2\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54410-2_28)
- [25] Scofield, J. H. (2009). "Do LEED-certified buildings save energy? Not really...". *Energy and Buildings* 41, 1386-90  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.08.006>
- [26] Scofield, J. H. & Cornell, J. (2019). A critical look at "Energy savings, emissions reductions, and health co-benefits of the green building movement". *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 29, 584-593.  
<https://www.nature.com/articles/s41370-018-0078-1.pdf>
- [27] Conniff, R. (2017). Why Don't Green Buildings Live Up to Hype on Energy Efficiency? *Yale Environment* 360: New Haven, CT.  
<https://e360.yale.edu/features/why-dont-green-buildings-live-up-to-hype-on-energy-efficiency>
- [28] Ali, A., Juudit, O. & Jaana, S. (2019). Are buildings with LEED certifications energy efficient in practice?. *Sustainability* 11(6), 1672.

<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/6/1672>

[29] Amiri, A., Ottelin, J. & Sorvari, J. (2019). ¿Are LEED-Certified Buildings Energy-Efficient in Practice? *Sustainability*, 11(6), 1672

<https://doi.org/10.3390/su11061672>

[30] Scofield, J. H. & Doane, J. (2018). Energy performance of LEED-certified buildings from 2015 Chicago benchmarking data, *Energy and Buildings*, Volume 174, Pages 402-413.

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.06.019>

[31] Imam, S., Coley, D. & Walker, I. (2017). The building performance gap: Are modellers literate? *Building Services Engineering Research and Technology* 38(3), 351-375.

<https://doi.org/10.1177/0143624416684641>

[32] LEED litigations 2011

<https://www.greenbuildinglawupdate.com/2015/07/articles/leed/the-first-green-building-litigation-the-rest-of-the-story/>

<https://www.hahnlaw.com/news/contractors-and-owners-beware-lawsuit-follows-green-construction>

[33] ASGB 2019. Assessment Standard for Green building

<https://www.eia543.com/documents/14%E5%BB%BA%E7%AD%91%E8%AE%BE%E8%AE%A1%26%E5%AE%A4%E5%86%85%E7%A9%BA%E6%B0%94%E6%B1%A1%E6%9F%93%E7%A0%94%E7%A9%B6%0%E7%BB%BF%E8%89%B2%E5%B%B%BA%E7%AD%91%E8%AF%84%E4%BB%B7%E6%A0%87%E5%87%86%EF%BC%88GB%20T%2050378-2019%EF%BC%89.pdf>

[34] BEAM 2024. Building Environmental Assessment Method

HK-BEAM Plus. 4/04 New Buildings – Technical Manual

<https://www.ibeam.hk/public/knowledgeDatabase/?tab=downloadArea>

[https://www.beamsociety.org.hk/files/4-](https://www.beamsociety.org.hk/files/4-04%20New%20Buildings%20(Full%20Version).pdf)

[04%20New%20Buildings%20\(Full%20Version\).pdf](https://www.beamsociety.org.hk/files/4-04%20New%20Buildings%20(Full%20Version).pdf)

[35] BREEAM 2020. Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology

BREEAM UK New Construction 2018 3.0 – Technical Manual

<https://breeam.es/manuales-tecnicos>

Building Research Establishment Group. BREEAM Worldwide. 2019. Available online: <https://www.breeam.com/worldwide>

[36] CEDES 2024

CEDES Technical Manual

GBRS designed by National Association for Sustainable Architecture in Spain

<https://www.anas-sostenible.com/>

[37] DGNB 2023. Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen

DGNB system 2023 – Technical Manual

<https://www.dgnb.de/en/certification/buildings/new-construction/version-2023>

[38] GBI 2014. Green Building Index

2014 V. 3.1– Technical Manual

<https://www.greenbuildingindex.org/gbi-tools/>

[https://www.greenbuildingindex.org/Files/Resources/GBI%20Tools/RNC%20Referenc](https://www.greenbuildingindex.org/Files/Resources/GBI%20Tools/RNC%20Reference%20Guide%20V3.1.pdf)

[e%20Guide%20V3.1.pdf](https://www.greenbuildingindex.org/Files/Resources/GBI%20Tools/RNC%20Reference%20Guide%20Amendment%20Notes%203.1.pdf) (residential buildings)

[https://www.greenbuildingindex.org/Files/Resources/GBI%20Tools/RNC%20Referenc](https://www.greenbuildingindex.org/Files/Resources/GBI%20Tools/RNC%20Reference%20Guide%20Amendment%20Notes%203.1.pdf)

[39] GG 2022. Green Globes

10.1 Luis de Garrido Talavera, Ignacio Paya-Laforteza. *Aportación del diseño bioclimático al nivel de sostenibilidad*

Green Globes New Construction 2021 - Technical Reference Manual Version 1.0 - September 2022

[https://thegbi.org/wpcontent/uploads/2022/11/Green\\_Globes\\_NC\\_2021\\_ES\\_BEQ\\_Technical\\_Reference\\_Manual.pdf](https://thegbi.org/wpcontent/uploads/2022/11/Green_Globes_NC_2021_ES_BEQ_Technical_Reference_Manual.pdf)

[40] GS 2022. Green Star

Green Star Design & As Built V1.2 – Technical Manual

[https://s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/hdp.au.prod.app.nthbch.yoursay.files/1415/6214/8137/2018\\_701322\\_Green\\_Star\\_Design\\_and\\_As\\_Built\\_Submission\\_Guideline\\_v1.2\\_GBCA\\_1.PDF](https://s3.ap-southeast-2.amazonaws.com/hdp.au.prod.app.nthbch.yoursay.files/1415/6214/8137/2018_701322_Green_Star_Design_and_As_Built_Submission_Guideline_v1.2_GBCA_1.PDF)

<https://www.gbca.org.au/shop/green-star-rating-tools/#>

[41] IGBC 2019. Indian Green Building Council

IGBC Green New Buildings Rating Systems V3.0 – Technical Manual

<https://igbc.in/igbc-green-homes.php>

[42] LEED 2019. *Leadership in Energy and Environmental Design*

LEED v4.1 Residential BD+C Multifamily Homes – Technical Manual

[https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/homes\\_CLASIFICACION.pdf](https://www.usgbc.org/tools/leed-certification/homes_CLASIFICACION.pdf)

<http://www.spaingbc.org/web/leedv4-1-bd+c.php>

[43] SBTool 2022.

SBtools for performance assessment 2022

<https://www.iisbe.org/sbmethod>

[44] Ramat 2024

<https://luisdegarrido.com/es/ramat-eco-house-vivienda-ecologica-luis-de-garrido-cero-emisiones-cero-impacto-ambiental/>

[45] Universalblu 2024

<https://universalblue.es/blog/watts-w-necessary-in-heating-per-square-meter/>

- 10.2. **Marta Gudiol i de Castellarnau. ICAEN (Institut Català d'Energia). *Plan de Ahorro Energético y Eficiencia Energética en los Edificios de la Generalitat de Catalunya (GENERCAT)***
- 10.3. **José García Torres (CEM<sup>®</sup>). DAIKIN. *Análisis Energéticos y Certificados CAE como palanca en proyectos de rehabilitación energética***