

# Jornadas Técnicas

## Industrial Track 4.0 2024

BURGOS, 24-25 DE SEPTIEMBRE 2024



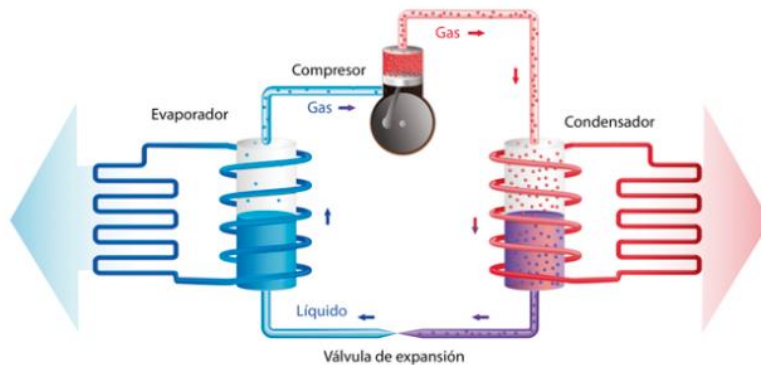
## INTELIGENCIA ENERGÉTICA PARA LA REFRIGERACIÓN 4.0

MANUEL LANZA RUIZ – CTO & CO-FOUNDER



## Ciclos de refrigeración

- ❖ Los compresores son el corazón de las instalaciones frigoríficas
- ❖ Consumo elevado de energía eléctrica (hasta un 50% de los costes)



## Inteligencia Artificial (IA)

- ❖ Omnipresente los últimos años
- ❖ Llevaba utilizándose durante mucho tiempo
- ❖ Gran uso de modelos numéricos, redes neuronales y clasificadores.
- ❖ Muchas líneas potenciales de investigación



## Refrigeración 4.0 y eficiencia energética

- ❖ Big data.
- ❖ Machine learning e IA
- ❖ Eficiencia energética.
- ❖ Gestión energética.
- ❖ Ahorros energéticos.
- ❖ Coste de la energía.
- ❖ Impacto medioambiental
- ❖ CAEs.



# Muchos datos... ¿y luego qué?



Una cantidad  
abrumadora de datos  
recopilados



Falta de formación en  
eficiencia energética



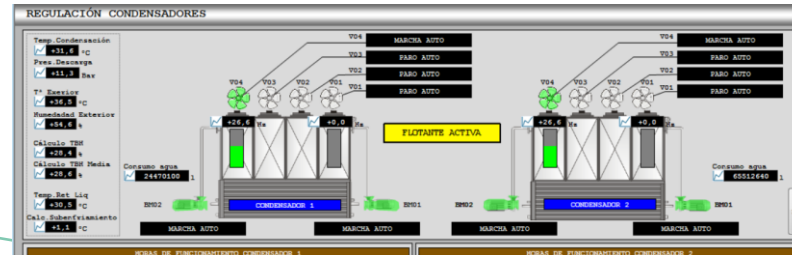
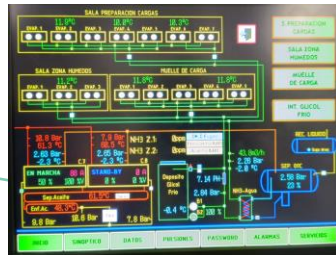
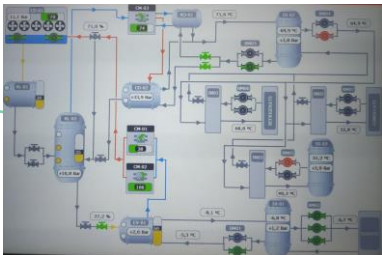
Inversión que no  
proporciona retornos  
inmediatos, pero sí a  
largo plazo



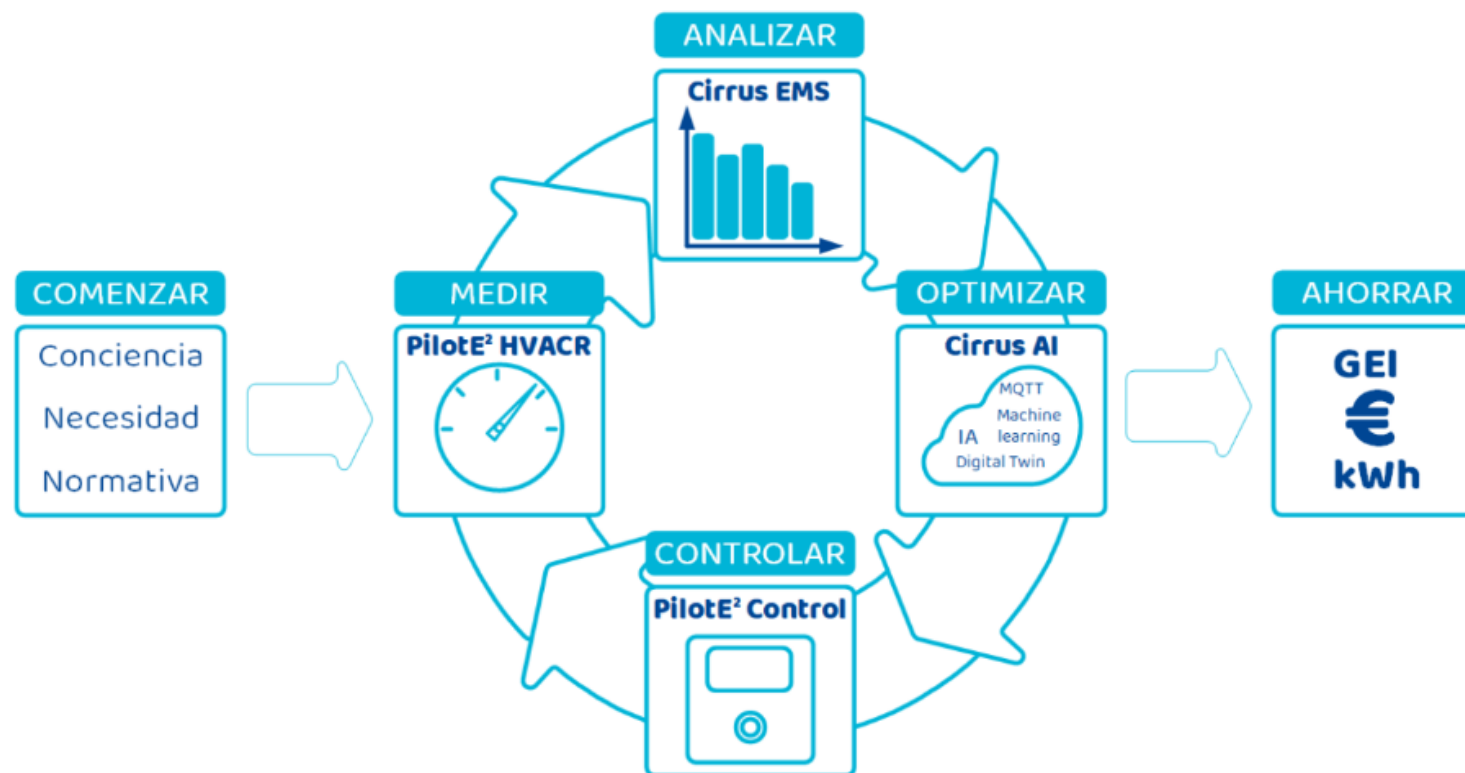
Falta de tiempo y de  
recursos



Desconocimiento de  
las instalaciones, y de  
los propios sistemas  
de medición



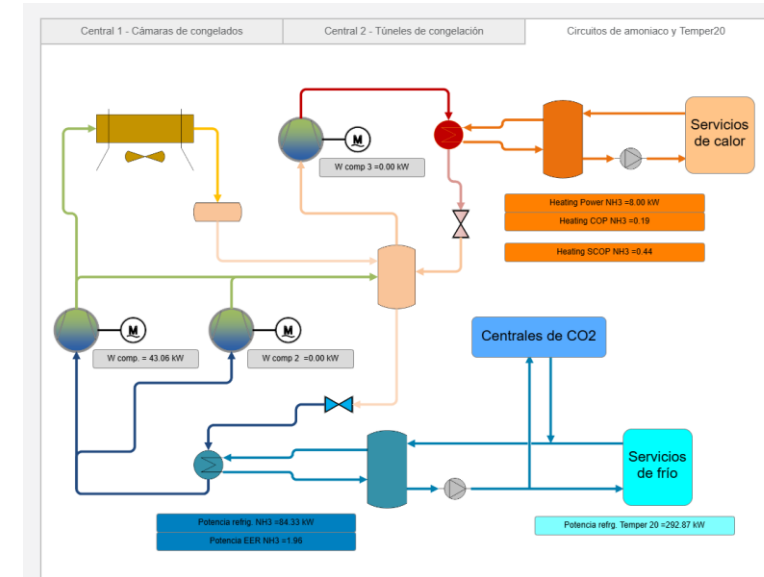
# Eficiencia Energética + Inteligencia Artificial + Refrigeración 4.0



# Medir (Refrigeración 4.0)

- ❖ Monitorización continua y remota.
- ❖ Cálculo del rendimiento y KPIs.
- ❖ Apoyo a mantenimiento.
- ❖ No proporciona por sí solo ahorros.
- ❖ Necesidad de una monitorización previa.
- ❖ Inversión inicial en equipos de medida adicionales.

Estado del registro		Nombre	Valor	Unidad	Alarma	Limite inferior	Limite superior
1	(P)	PT1	12.25	barg		0	0
2	(P)	PT2	30.75	barg		0	0
3	(P)	PT3	9.90	barg		0	0
4	(P)	PT4	28.50	barg		0	0
5	(P)	TT1	-1.80	°C		0	0
6	(P)	TT2	-1.40	°C		0	0
7	(P)	TT3	-6.10	°C		0	0
8	(P)	TT4	47.4	°C		0	0
9	(P)	TT5	42.50	°C		0	0
10	(P)	TT6	-11.20	°C		0	0
11	(P)	TT7	-6.80	°C		0	0
12	(P)	TT8	-19.60	°C		0	0
13	(P)	TT9	-7.20	°C		0	0
14	(P)	TT10	-6.50	°C		0	0
15	(P)	TT11	68.40	°C		0	0
16	(P)	TT12	30.80	°C		0	0
17	(P)	TT13	28.20	°C		0	0
18	(P)	TT14	28.20	°C		0	0
19	(P)	TT15	28.40	°C		0	0
20	(P)	TT16	28.50	°C		0	0
21	(P)	TT17	51.10	°C		0	0
22	(P)	TT18	49.30	°C		0	0
23	(P)	TT19	-2.10	°C		0	0
24	(P)	TT20	23.40	°C		0	0
25	(P)	Act_Power_Comp_1_c1	0.00	kW		0	0
26	(P)	Act_Power_Comp_2_c1	-0.01	kW		0	0
27	(P)	Act_Power_Comp_1_c2	12.25	kW		0	0
28	(P)	Act_Power_Comp_2_c2	0.00	kW		0	0
29	(P)	Act_Power_Comp_3_c2	0.00	kW		0	0
30	(P)	Act_Power_Comp_4_c2	0.00	kW		0	0
31	(P)	Act_Power_Comp_5_c2	0.00	kW		0	0
32	(P)	Act_Power_Comp_6_c2	0.00	kW		0	0

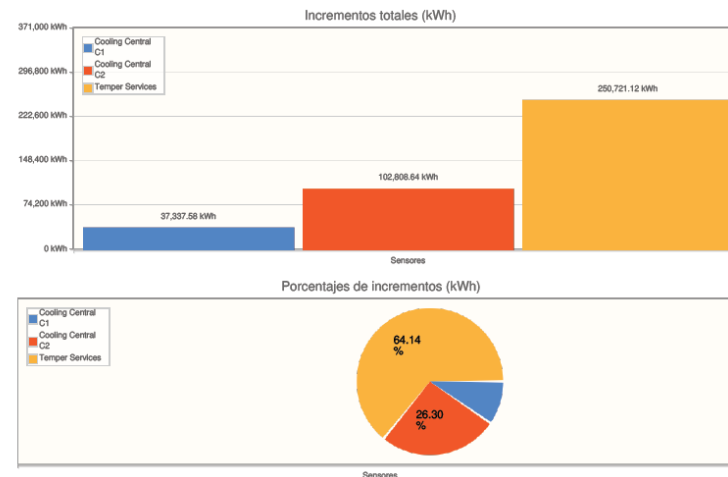


Id	Descripción	Valor	Unidad
PT1	Presión aspiración compresores Congelados	12.10	barg
PT2	Presión descarga compresores Congelados	30.90	barg
PT3	Presión aspiración compresores Túneles congelación	10.40	barg
PT4	Presión descarga compresores Túneles congelación	28.50	barg
TT1	Temperatura líquida entrada IRS Congelados	-1.70	°C
TT2	Temperatura líquida salida IRS Congelados	-1.30	°C
TT3	Temperatura aspiración compresores Congelados	-6.80	°C
TT4	Temperatura descarga compresor 1 Congelados	50.1	°C
TT5	Temperatura descarga compresor 2 Congelados	45.60	°C
TT6	Temperatura líquida entrada IRS Túneles cong.	-11.60	°C
TT7	Temperatura líquida salida IRS Túneles cong.	-6.90	°C
TT8	Temperatura vapor entrada IRS Túneles cong.	-18.50	°C

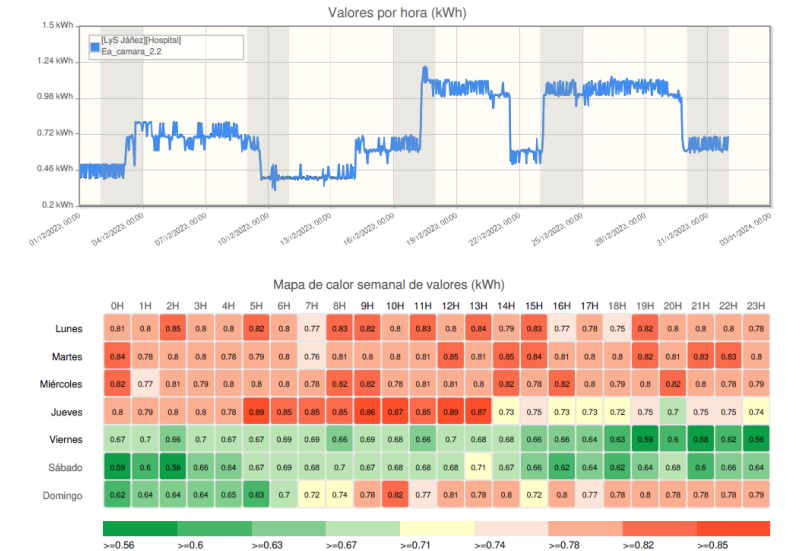


# Analizar (Gestión energética)

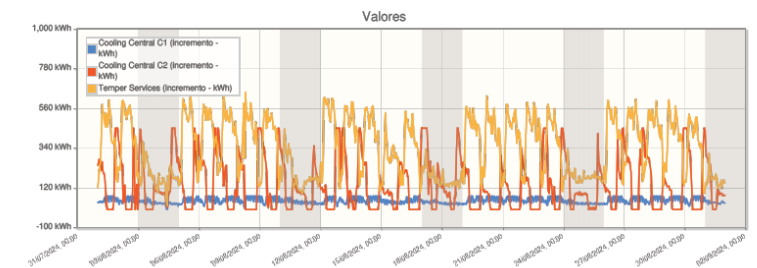
- ❖ Informes personalizados.
- ❖ Seguimiento de métricas, consumos y demanda.
- ❖ Línea base de consumos.
- ❖ Detección de fallos, anomalías, desviaciones.
- ❖ Comparación del benchmark.
- ❖ Necesidad de conocimiento experto
- ❖ Los resultados tienen que trasladarse a acciones.



Consumo Eléctrico Cámara 2.2

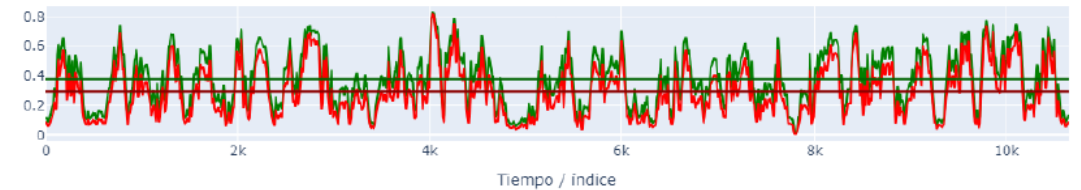
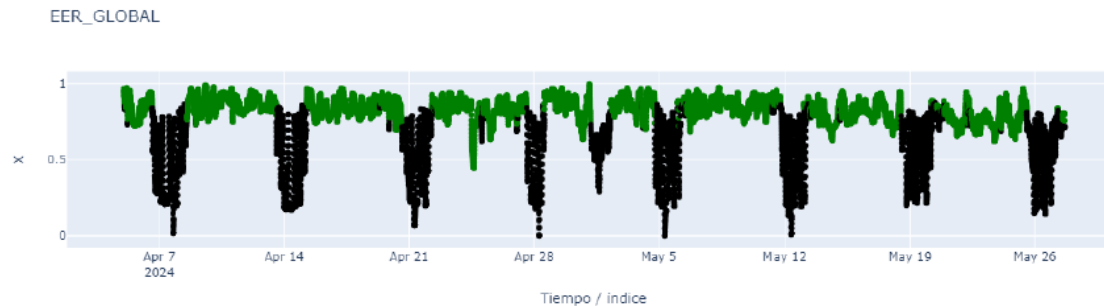
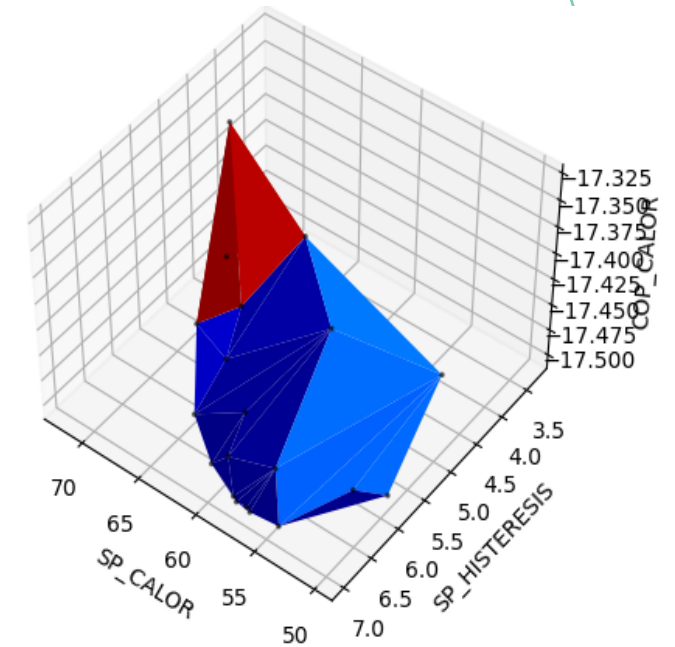


Servicios totales de frío y calor



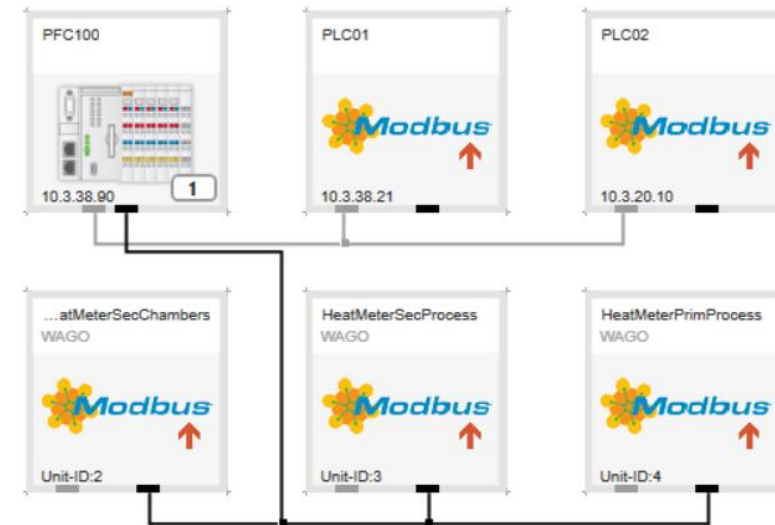
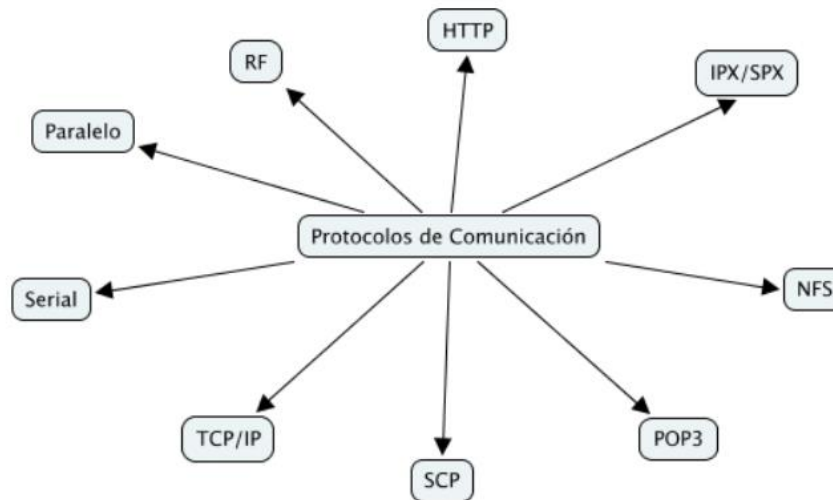
# Optimizar (Inteligencia Artificial)

- ❖ Procesado de Big Data.
- ❖ Modelado de la planta y su funcionamiento.
- ❖ Gemelo digital para simular cambios y diferentes rangos de funcionamiento.
- ❖ Encontrar el punto óptimo de la instalación que optimice el rendimiento y disminuya el consume.
- ❖ Alta complejidad y un alto conocimiento experto del proceso y de los modelos de IA.
- ❖ Mayores posibilidades, gestion excedentes, mantenimiento predictivo, etc.



# Controlar (Integración con el control)

- ❖ Integración con el control de la planta.
- ❖ Colaboración estrecha con el cliente y la empresa instaladora/mantenedora.
- ❖ Definición de límites de funcionamiento y de seguridad.
- ❖ Los ahorros significativos llegan después de finalizar esta fase.





# Verificación de ahorros

Parte fundamental

Protocolo de medición  
IPMVP

Mejora del  
rendimiento/reducción  
del consumo

Iteración de un ciclo  
de mejora continua



# Casos reales

## Optimización planta refrigeración industrial

- ❖ Cambio de set points fijos a dinámicos.
- ❖ Consignas de temperaturas, presiones e histéresis.
- ❖ Optimización en tiempo real.
- ❖ Responder a cambios de funcionamiento de la instalación.



## Varias enfriadoras en paralelo (chillers)

- ❖ Detección de fallos tempranos, desequilibrado de compresores, excesivos arranques y paradas, rendimiento menor del esperado.
- ❖ Menores consumos, pero menor inversión.
- ❖ Secuencia de arranque de chillers y de compresores, pero siempre manteniendo el equilibrio.



## Control de temperatura en cámaras

- ❖ Optimización del coste en función del precio horario.
- ❖ No son ahorros energéticos, pero sí económicos.
- ❖ El ahorro depende de precios y peajes en cada periodo tarifario.
- ❖ Preferiblemente en centrales de frío independientes para cada cámara.



# Posibilidades con IA

## Gestión de la demanda frigorífica

- ❖ Centrales de NH<sub>3</sub>.
- ❖ Minimizar los arranques y paradas entre compresores.
- ❖ Mantener carga nominal de los compresores.
- ❖ Balancear la carga de la demanda frigorífica, manteniendo los límites de seguridad del producto. Por ejemplo, balancear la carga frigorífica entre varias cámaras de conservación.

## Mantenimiento predictivo

- ❖ Fallos en elementos de la instalación.
- ❖ Desviaciones de rendimiento o un incorrecto funcionamiento.
- ❖ Ahorro de costes de mantenimiento.





# Posibilidades con IA

## Informes autoexplicativos

- ❖ Cierta nivel de escalabilidad pero necesidad de un conocimiento experto y una serie de reglas.
- ❖ Aportación de un gran valor.
- ❖ Detección temprana de fallos o anomalías.

## Optimización fotovoltaica

- ❖ Predicción de la producción fotovoltaica.
- ❖ Optimización del precio de la energía incluyendo la fotovoltaica (precio 0).
- ❖ Disminución de excedentes.
- ❖ Desplazamiento de la curva de carga hacia las horas de mayor demanda.



# Eficiencia y medioambiente

- ❖ Objetivos medioambientales.
- ❖ Reducción de kWh y de emisiones (GEI).
- ❖ Desafío climático.
- ❖ Menor dependencia energética.
- ❖ Mayor competitividad.
- ❖ Reducir el consumo, pero la misma calidad.
- ❖ Mejora continua.
- ❖ La energía más barata y más limpia es la que no se consume.





# Gracias

Manuel Lanza Ruiz  
manuel.lanza@articae.com

