



Octubre 2020

## CONTROL INTELIGENTE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL

# EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD MODELOS ENERGÉTICOS



	Pag.
• Presentación ITCL	3
• Propuesta de valor	5
• Fases del proyecto	10
• Resumen de implantación	18
• Resultados obtenidos	19
• Casos de éxito	21
• Evolución	22

# Presentación ITCL

- ✓ ITCL (Instituto Tecnológico de Castilla y León) es un centro tecnológico oficialmente reconocido, de carácter privado, sin ánimo de lucro, proveedor de soluciones multi-tecnológicas para la resolución de diferentes problemas en la industria.



» 1

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD. MODELOS ENERGÉTICOS

» 2

ELECTRÓNICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

» 3

SIMULACIÓN, REALIDAD VIRTUAL Y AUMENTADA.

» 4

Innovación aplicada. SERVICIOS TECNOLÓGICOS AVANZADOS  
TICS, Industria 4.0, IoT, Lean Manufacturing, Movilidad y Transporte, Seguridad Industrial.  
Marcado CE, Estrategia Empresarial e Inteligencia de Negocio.

» 5

FORMACIÓN TECNOLÓGICA.

## ¿Por qué ITCL?

**EXPERTOS EN  
EFICIENCIA**

- Auditorías energéticas según UNE EN 16.247
- Implantación ISO 50.001 – Sistemas de gestión energética
- Propuestas de valor independientes y neutrales

**EXPERTOS EN  
PRODUCCIÓN**

- Captura de datos de plantas industriales
- Implantación de Lean Manufacturing y Sistemas de Gestión de la Producción

**DESARROLLO DE  
PROYECTOS DE I+D+i**

- Modelos energéticos para cuantificar la eficiencia de una instalación
- Gemelos digitales sobre los que simular escenarios hasta conseguir el punto óptimo de trabajo
- COOL SAVE – Supervisión y control frío industrial
- PROEFFI (en desarrollo) – Supervisión y control aire comprimido
- Mantenimiento predictivo con base en Inteligencia Artificial

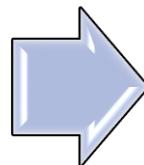
**PIONEROS EN  
CONTROL  
INTELIGENTE DE FRÍO  
INDUSTRIAL**

- Máximo nivel de eficiencia de la producción de frío. Implica:
  - 1º - Conocer consumos de frío de la instalación
  - 2º - Cuantificar el nivel actual de eficiencia de la instalación en tiempo real → IRS
  - 3º - Reducir el consumo energético de la planta de frío, optimizando en tiempo real los parámetros claves de la instalación → IRC
- 15 plantas industriales con control inteligente, con ahorros medios del 13% en la producción de frío
- Planta piloto física en ITCL para caracterización de compresores y simulación de algoritmos

## ¿Por qué IRS – IRC?

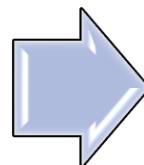
- ✓ Generar un valor añadido a las instalaciones de Refrigeración Industrial

Importante peso del consumo eléctrico para frío respecto al consumo total de planta



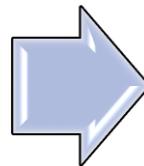
Conseguir un pequeño % de ahorro genera importantes ahorros económicos y un rápido retorno de la inversión

El frío industrial es un servicio crítico para garantizar la producción de la planta



Hay que seguir mejorando el mantenimiento preventivo y evolucionar hacia el mantenimiento predictivo

Las instalaciones de frío habitualmente trabajan fuera de su punto óptimo de trabajo

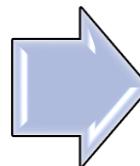


Conseguiremos la máxima eficiencia cuando las instalaciones busquen de manera inteligente y automática su punto óptimo de trabajo

## ¿Por qué IRS – IRC?

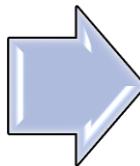
- ✓ Generar un valor añadido a la Planta Industrial

Evolución hacia la Industria 4.0.



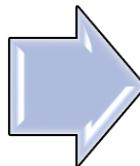
Sistemas de Gestión Energética con datos en tiempo real e históricos de consumos y rendimientos de la instalación de frío

Entorno competitivo con importante peso del factor precio



Mejora continua para reducir el impacto económico de la producción de frío en el producto final (disminuir €/l producto)

Responsabilidad ambiental



Colaborar con la sociedad en la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, reduciendo el consumo eléctrico

# Propuesta de Valor



*Industrial Refrigeration Supervision*

- Permite calcular el caudal de fluido refrigerante que está moviendo cada compresor, mediante modelos matemáticos (curvas de los compresores desplazadas a su punto real de trabajo en tiempo real) sin necesidad de caudalímetros.
- Equivalente a ubicar un caudalímetro a la salida de cada compresor.
- Conocido el caudal, se calcula el rendimiento real (COP) de cada compresor, de cada línea o del global de la instalación.



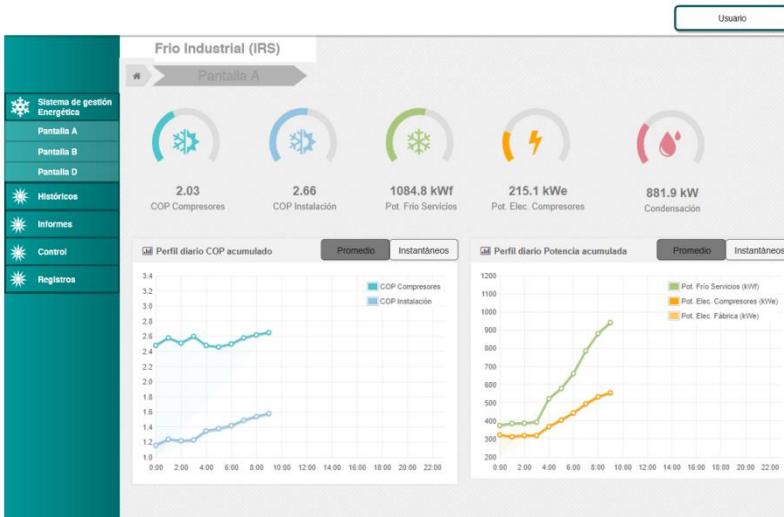
*Industrial Refrigeration Control*

- Permite optimizar energéticamente la instalación, (disminuyendo el consumo eléctrico para la producción de frío).
- Diferentes módulos de control experto (gemelo virtual) que ajustan en tiempo real los set-points de la instalación (simulación dinámica), buscando en todo momento el punto de trabajo que mejore el COP de la instalación.
- Ahorros medios del 13% en instalaciones en funcionamiento.

# Propuesta de Valor



## Industrial Refrigeration Supervision



- Conocer y caracterizar la eficiencia energética instantánea y promedio de su instalación de refrigeración industrial en el momento actual.
- Consultar históricos.
- Disponer de informes periódicos personalizados para el control de la eficiencia energética y de los costes de la instalación de frío industrial.
- Evaluar, de forma continua, el impacto en el consumo energético de acciones de mejora futuras que se puedan llevar a cabo.
- Generar avisos y alarmas de incidencias y/o estados de ineficiencia en la instalación.
- Cuantificación de las ineficiencias por compresor en base a desgastes / averías o funcionamiento en puntos fuera de rango óptimo.
- Evolucionar hacia un mejor mantenimiento preventivo, vinculándolo al funcionamiento real de cada equipo y recoger suficientes datos para desarrollar un mantenimiento predictivo en un futuro.
- Comparar indicadores (KPI's) y desempeños entre diferentes plantas del grupo.

# Propuesta de Valor



## Industrial Refrigeration Control

- Reducir el coste de producción de frío.
- Mantener la instalación en su punto óptimo de eficiencia de manera continua, reduciendo el consumo energético, a través de la modificación automática de parámetros clave de la instalación.
- Mejorar la eficiencia energética (COP) de la instalación de frío.
- Disminuir las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub>, al reducir el consumo eléctrico de la planta y, con ello, la huella de carbono de su producto.



*Habitualmente las plantas de frío no trabajan siempre en su punto óptimo, ya que hay gran variabilidad en el consumo. De esta forma, se ajusta automáticamente la instalación para producir el frío demandado de la manera más óptima en cada momento.*

*Sólo se ajustan los setpoints de la producción de frío, garantizando en todo momento la demanda de frío de fábrica.*

# Fases del proyecto

---

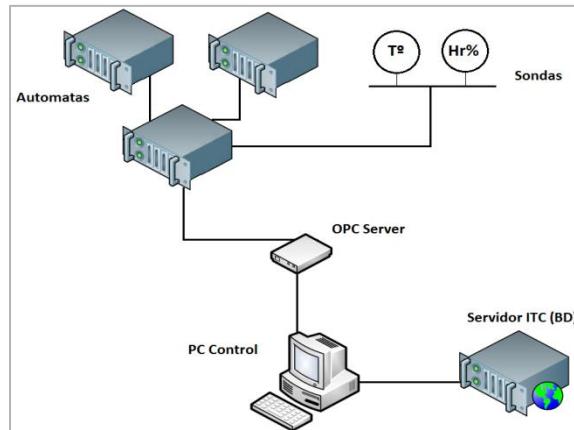


- 1.- Captura de datos de planta
- 2.- Obtención de variables calculadas
- 3.- Monitorización
- 4.- Caracterización de la instalación
- 5.- Implantación Sistema Control Inteligente
- 6.- Evolución de producto

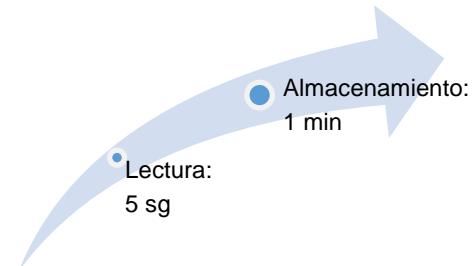
# Fases del proyecto

## 1.- Captura de datos de planta

- Comunicación con el autómata de control de la instalación, para poder leer y escribir las variables requeridas.
- En caso de ser necesario, habría que incluir nuevas sondas ( $T^a$  ambiente, Hr%, consumo por compresor,  $T^a$  o presión de aspiración e impulsión,...)



- ✓ Comunicación con autómatas
- ✓ Instalación de nuevos sensores
- ✓ OPC Server
- ✓ PC control (SCADA)
- ✓ Servidor ITCL (BD)

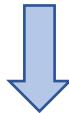


# Fases del proyecto

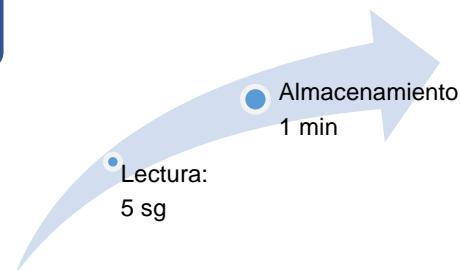
## 2.- Obtención de variables calculadas

- A partir de las variables directas, y aplicando los modelos desarrollados por ITCL, se calculan los parámetros energéticos de las instalación.
  - ✓ Caudales de amoniaco
  - ✓ Producciones frigoríficas
  - ✓ Coeficiente de rendimiento
    - COP
  - ✓ Proximidad al rendimiento de Carnot
    - SEI

Variables directas



Variables calculadas



# Fases del proyecto



## 3.- Monitorización



Aplicación escritorio

Aplicación Web

# Fases del proyecto

## 4.- Caracterización de la instalación

- Durante varios meses representativos, se recogen datos de la instalación, con objeto de estudiar las medidas de control experto más adecuadas, estimar el ahorro potencial y recoger suficientes datos para verificar los ahorros posteriores.

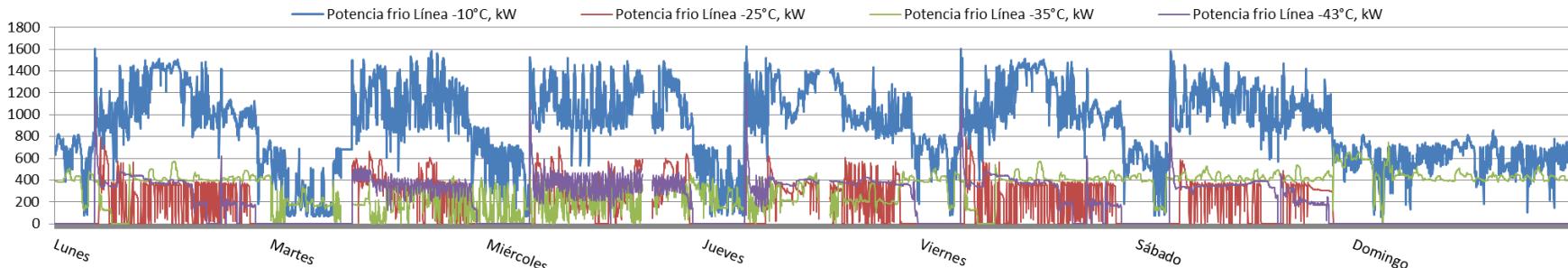
Por equipo



Por línea



Global



# Fases del proyecto

## 5.- Implantación del Sistema de Control Inteligente

- Finalmente, se implanta el gemelo virtual, el cual actúa automáticamente por encima del autómata de control general, modificando parámetros clave del mismo con el fin de aumentar el rendimiento global de la instalación.



- Se realiza una simulación dinámica cada 15 segundos, buscando el punto óptimo.
- La implementación de dichos parámetros óptimos se realiza para que el sistema se mueva con la inercia más adecuada para cada caso.



# Fases del proyecto

## 5.- Implantación del Sistema de Control Inteligente

- ITCL ha desarrollado algoritmos de decisión propios, basados en Inteligencia Artificial, que consiguen optimizar los siguientes aspectos:
  - ✓ Secuencia de arranque y parada de compresores.
  - ✓ Secuencia de arranque y parada de condensadores.
  - ✓ Control de presiones experto.
  - ✓ Control de presión de aspiración experto.
  - ✓ Control de parámetros (PID – histéresis – tiempos de arranque y parada)



# Fases del proyecto

---

## 6.- Evolución del producto

Oferta de Mantenimiento anual. Servicios. Actualizaciones.

- Actualizaciones del software IRS / informes
- Actualización IRS (supervisión) en caso de cambios en la instalación.
- Asistencia técnica ante incidencias con la herramienta.
- Actualizaciones y mejora de los algoritmos de control.
- Actualización de las herramientas de control en caso de modificaciones en la instalación de refrigeración, nuevos compresores, actualizaciones (variadores, ...).

El alcance depende del tipo de mantenimiento contratado

# Resumen de implantación

---

## 1.- Análisis de viabilidad

- Consumos eléctrico para frío > 1.500.000 kWh anuales
- Equipos de frío que se puedan controlar en remoto
- Variabilidad en los consumos de frío
- → PERÍODO DE RETORNO DE INVERSIÓN < 2 AÑOS

## 2.- Plazos

- Captura de datos + comunicación con los equipos → variable
- Implementación IRS → 1 mes
- Caracterización COP → 2 – 5 meses (en función de la estacionalidad del consumo)
- Implementación IRC → 1 mes
- Seguimiento mensual → 12/24 meses

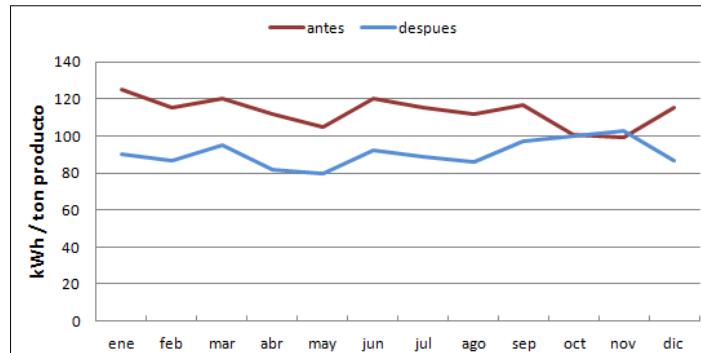
# Resultados obtenidos

Mejora de rendimientos = Ahorro económico

Misma demanda con menor consumo

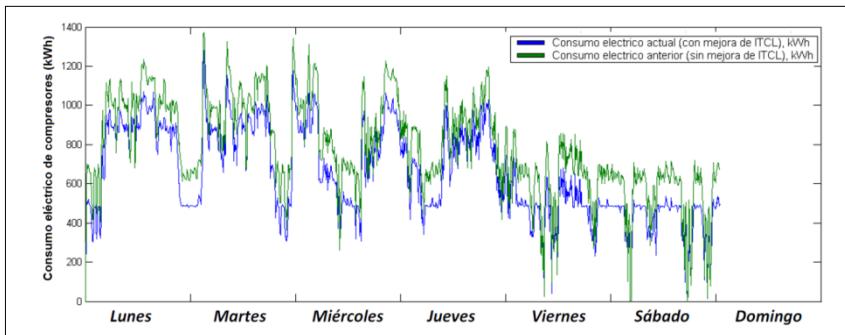
Ahorro medio del 13 %

Reducción del ratio de unidad eléctrica consumida por Tn/Hl de producto

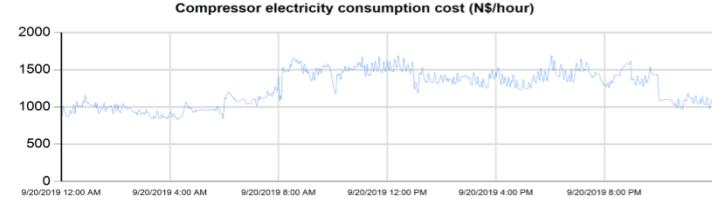
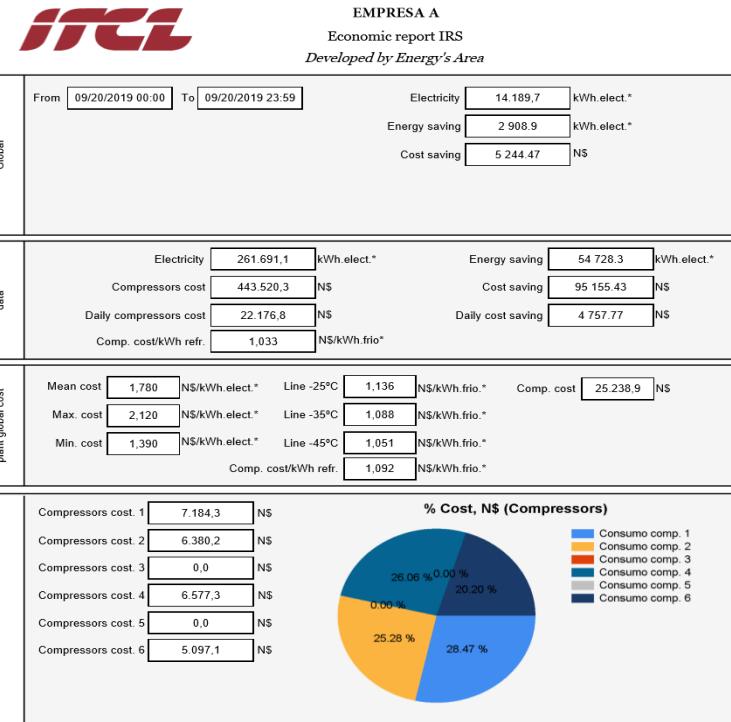


# Resultados obtenidos

## Informes de seguimiento



## Benchmarking



\*kWh.refr. = Cooling production  
\*kWh.elect = Electricity consumption

Results report IRS, EMPRESA A

09/21/2019 07:00

# Casos de éxito

---



GRUPO NUEVA  
PESCANOVA

- 7 plantas controladas (5 en España + 1 Nicaragua + 1 en Namibia)
- Ahorro medio del 13%
- Ahorro máximo (planta Arteixo) del 45%



FANDICOSTA  
EST. 1989



CLAVO FOOD  
FACTORY

m MAHOU  
SAN MIGUEL

SCHWEPPES  
SUNTORY  
ESPAÑA

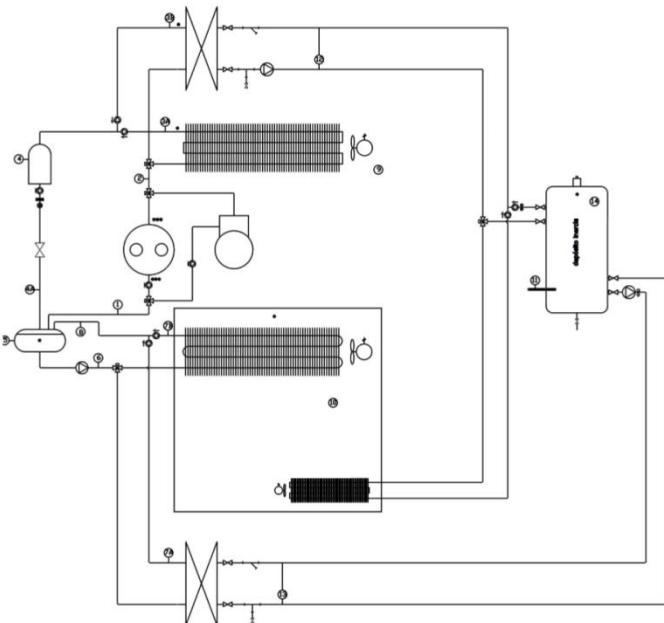


Grup  
Alimentari  
Guissona



# Evolución de la herramienta IRS-IRC. Nuevos desarrollos

## NUEVOS DESARROLLOS



## PLANTA PILOTO FÍSICA EN ITCL

- Modelizar nuevos compresores
- Comprobar el comportamiento de nuevos módulos de control inteligente
- Chequear algoritmos de IA
- Forzar situaciones anómalas y comprobar la respuesta del control
- ...

- Compresor de tornillo
- Compresor de pistones
- Condensador de aire
- Evaporador
- Intercambiadores y bombas de circulación

	Cantidad
Titulo de vapor	1
Transmisor de Temperatura	16
Transductor de Presión	11
Caudalímetro	4
Consumo eléctrico, A	3
Transformador	3
Sonda de Humedad relativa	2
Sonda de Nivel	2

# Evolución de la herramienta IRS-IRC. Mantenimiento

---

## MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO

Desarrollo de un puesto único de control, desde el cual gestionar el mantenimiento correctivo + preventivo de todas las instalaciones



GMAO

Realidad aumentada para la gestión del mantenimiento

Otros proyectos I+D+i

# Evolución de la herramienta IRS-IRC. Mantenimiento

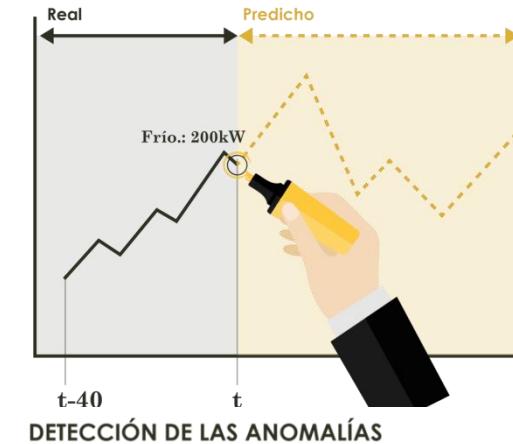
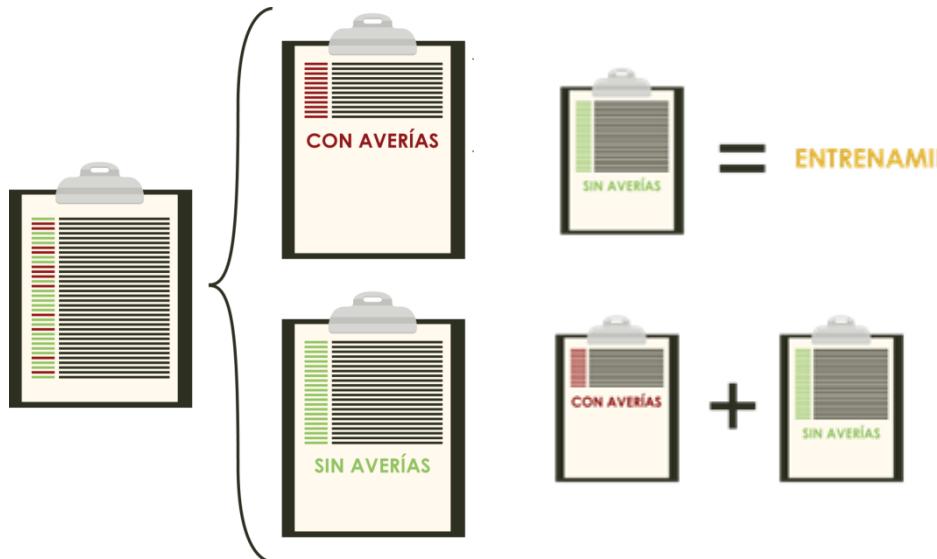
## MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Algoritmos de predicción:

- SAX
- Multidimensional gaussiano
- Árboles de decisión

Evolución hacia:

- Machine Learning
- Deep Learning
- Redes neuronales

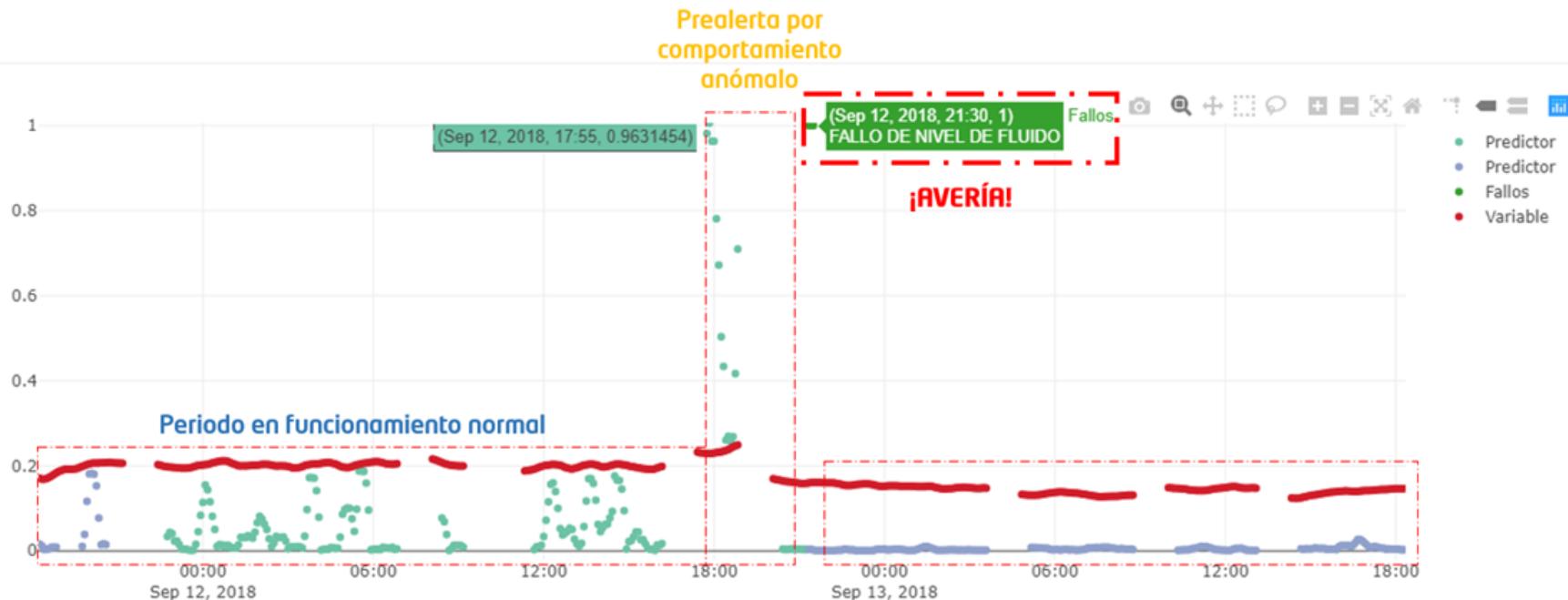


Real - Predicho > 0,01 → Fallo/Anomalía



# Evolución de la herramienta IRS-IRC. Mantenimiento

## MANTENIMIENTO PREDICTIVO





## ¿por qué **ITCL** ?

Por experiencia en diferentes sectores, por conocimiento (el de nuestros tecnólogos e investigadores y el de las redes y alianzas en las que estamos), por nuestra capacidad para dar soluciones a problemas en la industria, por compromiso, por nuestra capacidad para buscar financiación para los proyectos, porque hablamos el lenguaje de las empresas y porque nos esforzamos cada día en ser el mejor compañero de viaje para usted y para su empresa.

## ¿remamos juntos?

Diego Martínez García – Ingeniero de Desarrollo de Negocio ITCL – [diego.martinez@itcl.es](mailto:diego.martinez@itcl.es)



619.42.70.20



[info@itcl.es](mailto:info@itcl.es)  
[www.itcl.es](http://www.itcl.es)



947 298 471  
947 298 008



C/Lopez Bravo 70  
P.I. Villalonquejar, 09001 Burgos

