

# ACCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y MEJORA DE LA FIABILIDAD EN SU APLICACIÓN A INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS

*FRANCISCO JAVIER CÁRCEL CARRASCO*

Dr. Ingeniero Industrial

Dr. Ciencias Económicas y Empresariales

Colección: Ingeniería y Tecnología  
ISBN: 978-84-941394-6-8





# ACCIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y MEJORA DE LA FIABILIDAD EN SU APLICACIÓN A INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS

*FRANCISCO JAVIER CÁRCEL CARRASCO*  
*Dr. Ingeniero Industrial*  
*Dr. Ciencias Económicas y Empresariales*



**Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S.L**

Quedan todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida, distribuida, comunicada públicamente o utilizada, total o parcialmente, sin previa autorización.

ÁREA DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO, S.L.

C/Santa Rosa, 15 - 03802 - ALCOY (ALICANTE) [info@3ciencias.com](mailto:info@3ciencias.com)

Primera edición: Marzo 2014

ISBN: 978-84-941394-6-8

Nº DE DEPÓSITO LEGAL: A117-2014

Registro: 201414346

*A Fini y a mis hijos Javier y Carlos, por todo su cariño.  
Ellos son mi mayor patrimonio y orgullo.*



## ÍNDICE

<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
1.1 <i>METODOLOGÍA</i> .....	11
1.1.1 ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO .....	12
1.1.2 AMPLIACIONES O MODIFICACIONES DE PLANTA .....	12
1.1.3 DATOS PARA EL ESTUDIO .....	12
1.1.4 BENCHMARKING DE LA INDUSTRIA.....	13
<b>CAPITULO 2. INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO .....</b>	<b>15</b>
2.1 <i>INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</i> .....	16
2.1.1 CONTEXTO EMPRESARIAL Y EMPLAZAMIENTO .....	16
2.1.2 PROCESO PRODUCTIVO .....	17
2.1.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....	19
2.1.4 INSTALACIÓN TÉRMICA.....	21
2.1.4.1 <i>Instalación de Generación de Agua Caliente para diferentes usos</i> .....	21
2.1.4.2 <i>Instalación de Generación de Vapor para procesos</i> .....	23
2.2 <i>PERFIL DE CONSUMO Y COSTES ENERGÉTICOS</i> .....	25
2.2.1 ELECTRICIDAD.....	26
2.2.2 GAS NATURAL.....	29
2.2.3 SECTORIZACIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO .....	31
2.2.4 SECTORIZACIÓN DE CONSUMO TÉRMICO .....	31
2.3 <i>INDICADORES DE INTENSIDAD ENERGÉTICA</i> .....	34
2.4 <i>RESUMEN EJECUTIVO</i> .....	35
2.4.1 DIAGRAMA DE OPORTUNIDADES.....	35
2.5 <i>RESUMEN</i> .....	36
<b>CAPITULO 3. FICHAS DE ACCIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO .....</b>	<b>39</b>
3.1 <i>ACCIONES DE AHORRO POTENCIAL</i> .....	40
3.1.1 SUMINISTRO ELÉCTRICO .....	41
3.1.2 INSTALACIÓN DE FRÍO INDUSTRIAL.....	53
3.1.3 INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL.....	72
3.1.4 INSTALACIÓN DE VACÍO .....	80
<b>CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICIÓN .....</b>	<b>89</b>
4.1 <i>EQUIPOS UTILIZADOS EN LAS MEDIDAS REALIZADAS</i> .....	90
<b>CAPITULO 5. FIABILIDAD DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....</b>	<b>93</b>
5.1 <i>VALORACIONES TÉCNICAS</i> .....	94
5.1.1 ANÁLISIS DE LOS GASTOS POR CORTES DE TENSIÓN .....	94
5.1.2 SUCESOS IMPREVISTOS.....	94
5.1.3 VALORACIÓN TÉCNICA.....	95
5.1.3.1 <i>Aspectos sobre seguridad</i> .....	95
<i>Aspecto nº1</i> 95	
5.1.3.2 <i>Aspectos de selectividad</i> .....	95

<i>Aspecto nº 1: Estudio previo Selectividad protecciones</i> .....	95
5.1.3.3 <i>Otras investigaciones necesarias</i> .....	97
<i>Aspecto nº1: Obsolescencia equipos de BT</i> .....	97
5.1.3.4 <i>Acciones correctivas de seguridad eléctrica</i> .....	98
<i>Aspecto nº1</i>	98
<i>Aspecto nº2</i>	98
5.1.3.5 <i>Acciones correspondientes a la documentación Técnica</i> .....	99
5.1.4 VALORACIÓN DEL STRESS DEL EQUIPO .....	100
5.1.4.1 <i>Datos de la valoración del stress</i> .....	101
5.2 ESTUDIO DE FIABILIDAD .....	102
5.2.1 METODOLOGÍA.....	102
5.2.2 HIPÓTESIS.....	103
5.2.3 BUSES DE ALIMENTACIÓN .....	105
5.2.4 RESULTADOS .....	105
5.2.5 POLÍTICA DE SERVICIOS.....	109
5.2.5.1 <i>Acciones de servicio</i> .....	109
5.2.6 ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO .....	109
5.2.6.1 <i>Plan de recuperación frente a desastres</i> .....	110
5.2.6.2 <i>Repuestos y gestión de repuestos</i> .....	110
5.2.6.3 <i>Objetivos de gestión de mantenimiento</i> .....	110
5.2.7 NORMAS DE SEGURIDAD .....	111
5.2.7.1 <i>Certificación de competencias de personal y plan de formación</i> .....	111
5.2.7.2 <i>El proceso de mantenimiento y la formalización de procedimientos</i> ....	111
5.2.7.3 <i>Documentación</i> .....	112
5.3 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN.....	113
5.3.1 ESTRATEGIA DE INVERSIÓN .....	113
5.3.2 INVERSIÓN EN ACCIONES CORRECTIVAS .....	114
5.4 PLAN DE MANTENIMIENTO .....	115
5.4.1 OBJETIVOS .....	115
5.4.2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.....	115
5.4.3 PASOS SIGUIENTES .....	116
5.5 PLAN DE MODERNIZACIÓN.....	117
5.5.1 OBJETIVOS .....	117
5.5.2 ACTUALIZACIÓN DE LOS EQUIPOS.....	117
5.5.3 MODIFICACIONES DE ARQUITECTURA .....	117
5.5.4 ACCIONES CORRESPONDIENTES A LA ARQUITECTURA ELÉCTRICA.....	118
5.6 PROPUESTA DE MODIFICACIONES DE ARQUITECTURA .....	120
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>129</b>
BIBLIOGRAFÍA .....	131



# CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

Este libro trata de describir diversas acciones de eficiencia energética en una planta industrial del sector alimentario así como propuestas de acciones para la mejora de la fiabilidad de las instalaciones eléctricas enfocado hacia industrias agro-alimentarias. El documento detalla los resultados de acciones relativas a la mejora de la eficiencia energética así como ver las características de fiabilidad de la alimentación a sectores críticos de una industria del sector agroalimentario de primer nivel del sector en España, siendo todas las acciones indicadas estudiadas y realizadas en un entorno real de la factoría.

El documento está compuesto por dos apartados principales: Estudio de acciones de eficiencia Energética y Estudio de Fiabilidad.

El alcance del estudio energético engloba a los equipos e instalaciones eléctricas y térmicas y cubren los siguientes objetivos:

- Realización de diagnóstico energético con el objeto de:
  - fijar las bases sobre las que se ha realizado el estudio (condiciones de funcionamiento)
  - conocer el reparto de consumos de planta entre los diferentes equipos consumidores
  - establecer los ratios actuales de intensidad energética que permitan evaluar los niveles de eficiencia energética en el tiempo.
  - Analizar los estados de operación de determinados equipos desde el punto de vista del rendimiento energético de la instalación
- Presentar las oportunidades de ahorro energético y económico detectadas con el objeto de:
  - Evaluar el potencia de mejora de determinadas acciones con el fin de disponer de un orden de magnitud que permita conocer el impacto a nivel de ahorro económico asociado a dicha acción
  - Definir un sistema de medida que permita realizar un seguimiento sobre las acciones asociadas a consumos residuales y seguimiento de acciones de mejora realizadas
  - Definir acciones de ahorro energético en cuanto a volumen de ahorro e inversión, que permitan decidir sobre la ejecución del proyecto en cuestión.

El Estudio de Fiabilidad presenta las valoraciones, análisis y recomendaciones realizadas en relación con los equipos eléctricos, las redes eléctricas y la organización de la actividad de mantenimiento. El contenido del estudio de fiabilidad se basa en la información recopilada en planta durante las diversas visitas técnicas realizadas a la factoría y tiene por objeto evaluar el rendimiento básico de la instalación eléctrica y ofrecer mejoras para cubrir las necesidades de energía de la empresa.

## 1.1 METODOLOGÍA.

La metodología del estudio se basa en cuatro pasos:

### 1er paso: Especificación de las necesidades de energía eléctrica

Los requisitos de energía eléctrica de la empresa se especifican siguiendo un proceso de análisis. En reuniones con personal de la empresa, se crea un modelo del funcionamiento de la instalación con el fin de:

- Identificar los puntos de proceso fundamentales desde el punto de vista del suministro de energía eléctrica
- Caracterizar los sucesos no deseados que deben prevenirse: cortes, caídas de tensión, etc.
- Resaltar los dispositivos o barras de bus que pueden disparar estos sucesos de alto riesgo en el diagrama eléctrico de su instalación

El coste de los sucesos no deseados (paradas de producción, costes de arranque de máquinas, producción, problemas de calidad, etc.) es un aspecto que se debe solucionar conjuntamente. De esta forma, las personas implicadas podrán entender y compartir las ventajas económicas de las conclusiones y acciones recomendadas.

### 2º paso: Valoración del nivel de stress al que están sometidos los equipos eléctricos

El segundo paso consiste en identificar los dispositivos clave en relación con el rendimiento necesario. Para cada pieza de equipo, un indicador de stress cuantifica las características medioambientales (humedad, temperatura, salinidad, etc.) y las condiciones de funcionamiento (nivel de carga, número de operaciones de conmutación, etc.). Además de ello, se lleva a cabo una valoración cualitativa del estado del equipo.

### 3er paso: Análisis de fiabilidad de la red eléctrica

Un análisis de fiabilidad cuantifica el nivel de riesgo en relación con la arquitectura de red y sus modos de funcionamiento. El cálculo determina la forma en que cada componente del equipo contribuye a la probabilidad de que se produzcan incidentes. Al combinar el nivel de stress con los resultados del cálculo de fiabilidad es posible definir un índice de criticidad o nivel de riesgo para cada dispositivo y la política de servicio correspondiente.

### 4º paso: realización de planes

Se trazan los planes para garantizar un rendimiento duradero de la instalación (**Mantenimiento**) y mejorar éste (**Modernización y gestión**).

Dentro del plan de modernización, se proponen acciones de actualización para devolver la instalación a su rendimiento nominal cuando funcione en condiciones degradadas.

### **1.1.1 ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento se realiza mediante la correspondiente organización y personal especializado en las diferentes tareas, así mismo se coordinan las labores de mantenimiento también mediante subcontratación, tanto para ampliaciones y reformas como para las revisiones periódicas anuales, como la revisión de MT y el mantenimiento rutinario de turnos.

- 1.1.1.1. Existe unos planes de formación continuada para el diferente personal técnico, no obstante debe realizarse un seguimiento del mismo ligado con la responsabilidad de las tareas a realiza, tanto en el proceso eléctrico como en el proceso de seguridad, manteniendo un fichero personal con las habilidades del personal, al efecto de poder coordinar las diferentes tareas especializadas en caso de emergencias.
- 1.1.1.2. El mantenimiento preventivo se apoya en los listados de tareas del programa de mantenimiento, en este caso el programa GMAO es el ORMA. El capítulo de piezas de recambio también queda reflejado en el programa, falta confirmar que el capítulo de obsolescencia esté reflejado.

### **1.1.2 AMPLIACIONES O MODIFICACIONES DE PLANTA**

Se están estudiando ya modificaciones y ampliaciones de la planta, no obstante el interés actual del estudio se centra en la fiabilidad de la instalación y los posibles cambios de arquitectura de la red y distribución de los centros de transformación con vistas a incrementar la fiabilidad.

### **1.1.3 DATOS PARA EL ESTUDIO**

Para la realización del presente estudio, han sido necesarios datos de diferentes parámetros, que han sido obtenidos por diferentes cauces:

- Datos provenientes de diversas reuniones con los técnicos de la empresa, en los que en base a su conocimiento de las instalaciones y procesos se pueden estimar diversos regímenes de trabajo o funcionamiento.
- Datos de la facturación eléctrica, tomados telemáticamente por la compañía suministradora de electricidad (Iberdrola) en periodos cuarto-horarios en seis periodos.
- Datos del sistema informático Scada que tienen en factoría para el control de diversas variables.
- Medidas realizadas mediante analizador de redes sobre diversos equipos e

instalaciones.

- Medición mediante luxómetro de diversos valores medios de iluminación (lux), para establecer un nivel óptimo de eficiencia lumínica.
- Toma mediante cámara de termografía infrarroja de diversas instalaciones de transporte de fluidos y puentes térmicos en zonas atemperadas para estimación de diversas pérdidas por inadecuado aislamiento.

En anexo al final de documento se exponen las características de los aparatos de medida portátiles utilizados.

#### 1.1.4 BENCHMARKING DE LA INDUSTRIA

De la “Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector cárnico” se extrae que el consumo de energía eléctrica de un matadero en España está comprendido en el rango **55-193 kWh/t de canal (valor promedio de 155 kWh/t de canal)**. Estos valores de consumo son similares a los citados en el documento “BREF on BATs in the Slaughterhouses and Animal By-products Industries” para mataderos de vacuno y porcino en Reino Unido que están en el rango **36-154 kWh/t de canal**. Otro rango de valores del BREF para mataderos de porcino refiere un consumo energético total de **280-380 kWh/t de canal**, correspondiendo aproximadamente 1/3 a energía eléctrica y 2/3 a energía térmica.

En el documento de la UNEP (United Nations Environment Programme) y la EPA danesa también se dan valores de consumo de energía de diversas fuentes. Se presentan seguidamente los dos grupos de datos a título orientativo.

**Tabla Consumo de energía en mataderos (Fuente: “Cleaner Production Assessment in Meat Processing”, UNEP & Danish EPA (2000))**

		Energía eléctrica	Energía térmica
Canadá <sup>(1)</sup>	porcino	70-300 kWh/t canal	138-250 kWh/t canal
	vacuno	70-250 kWh/t canal	55,5-138 kWh/t canal

<sup>(1)</sup> Ontario Ministry of the Environment (1999).

El consumo de energía se incrementa notablemente cuando en el mismo establecimiento industrial se realizan operaciones de acondicionamiento de subproductos.

A continuación se expresan tabla con otras empresas del sector.

EMPRESA	PROCESO PRODUCTIVO	ENERGÍA ELÉCTRICA			COMENTARIOS
		ENA	IC TECNOLÓGICO	IC	
<b>PROCESADORA DE CARNE</b>					
<b>CAMAGUEY</b>	Refrigeración de Carne	42%	0,0486 kWh/Kg Carne	(0,075-0,1) kWh/Kg Carne	
<b>PRODUCCIÓN DE CÁRNICOS PROCESADOS</b>					
<b>CUNIT</b>	Producción de alimentos cárnicos	40%	0,0732 kWh/Kg Procesado	0,5 kWh/Kg procesado (0,35-0,6)	Si hay baja correlación, trabajar con producción equivalente.
<b>PROCESADORA DE CARNE</b>					
<b>COMBINADO CÁRNICO CUBA</b>	Procesadora de Carnes			157-177 kWh/ton Carne (0,157-0,177 kWh/Kg)	No se reporta caracterización
<b>FRIGOSINU</b>	Matadero. Procesadora de carne de res.	48%	17,5 kWh/reses Procesadas (0,02 kWh/Kg)	33 (28-39) kWh/res (0,04 kWh/Kg)	Peso promedio de res 800 Kg.

## CAPITULO 2. INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

## 2.1 INFORMACIÓN GENERAL Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

### 2.1.1 CONTEXTO EMPRESARIAL Y EMPLAZAMIENTO

La planta industrial se encuentra situada en un polígono industrial en la provincia de Valencia.

La fábrica es una planta industrial dedicada a la preparación y elaboración de carne fresca. La planta contaba en 2009 con un total de 1.137 empleados y produce sobre la base de 6 familias de productos: porcino, hamburguesas, elaborados, vacuno, ovino y arreglos. La planta industrial produce generalmente a dos turnos, 6 días a la semana.

La estructura de costes de la empresa es la que sigue:

- Materias primas: 75,65%
- Combustible y energía: 0,61%
- Mano de obra: 9,25%
- Otros: 14,49%

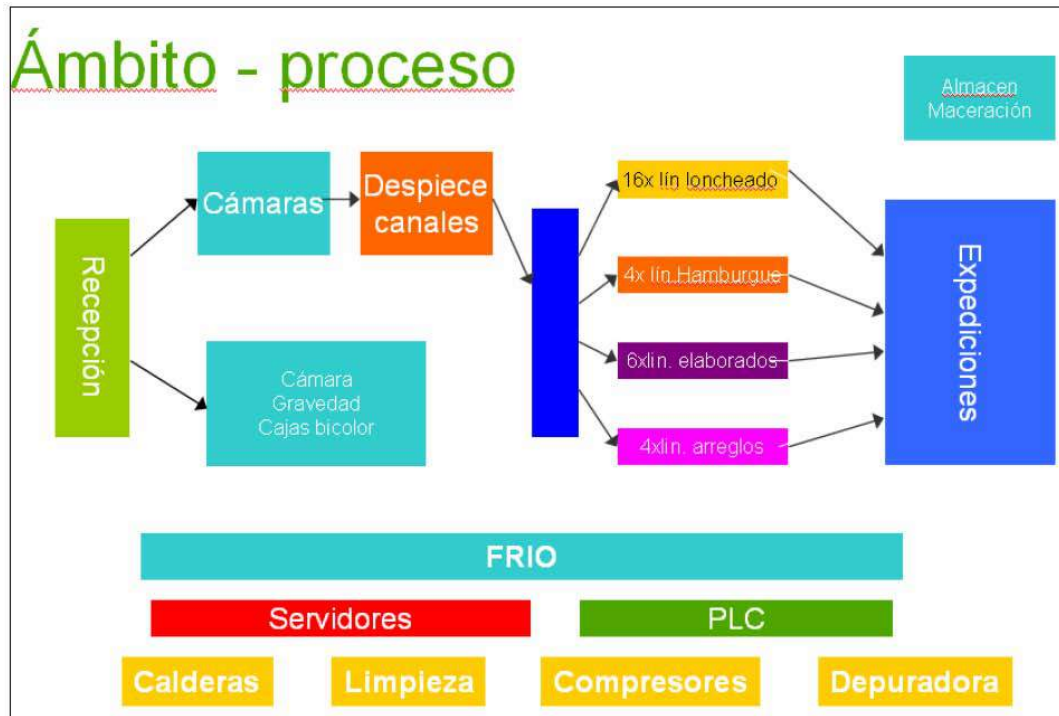
Con el fin de entender exactamente las necesidades de la planta en cuanto a la disponibilidad de la energía eléctrica, se ha recopilado información genérica, sobre el proceso industrial de la planta industrial.

El establecimiento industrial cuenta con dos plantas y sótano. En la planta baja se desarrolla la mayor parte del proceso productivo, una parte de este se desarrolla en el sótano donde también se encuentra el parking y los almacenes. En la planta alta se encuentran las oficinas y las salas técnicas.



### 2.1.2 PROCESO PRODUCTIVO

En la figura adjunta se muestra un esquema de proceso que permite visualizar de forma esquemática el proceso de preparación y elaboración de la carne:



(Esquema general básico del proceso productivo)

La planta trabaja a dos turnos de lunes a viernes de 6h a 14h y de 14h a 22h. El sábado se produce habitualmente de 6h a 13h, si bien existe actividad en la recepción de carne a partir de las 2 a.m., con la descarga de los camiones y posterior llenado de cámaras de conservación, y a las 5 a.m. momento en el que empieza el despiece del producto.

El proceso productivo se puede dividir en 5 procesos principales: recepción de materia prima y llenado de cámaras, despiece de canales, transporte y almacenamiento temporal del producto, elaboración de carne (loncheado, hamburguesas, elaborados, arreglos) y expediciones (encajonado y picking y expedición).

El proceso de recepción consiste en la descarga de la materia prima (carne despiezada y canales) de los camiones. Los canales van directamente a las cámaras de conservación para su posterior despiece. En el caso de la carne ya despiezada, ésta va directamente al pulmón (almacenaje automático) que por gravedad distribuye a las diferentes líneas de producción. Para ello, todo un sistema de cintas transportadoras totalmente automatizado se encarga de distribuir la carne a las diferentes líneas de producto según sea la demanda existente. Durante el proceso de recepción y almacenamiento temporal en cámaras de conservación o en el pulmón, el consumo energético asociado al proceso, principalmente, es el

relativo a la climatización e iluminación de las áreas de fabricación y la refrigeración de las cámaras de conservación y pulmón.

El proceso de despiece se realiza de forma manual y el único consumo energético asociado a dicho proceso es el relativo al transporte de la carne mediante las cintas transportadoras (KJ2) y el consumo de climatización e iluminación asociado a dicha área.

El proceso de transporte por gravedad y almacenaje temporal en pulmón incluye el consumo de las cintas transportadoras y el sistema de control y automatización del almacén automático, así mismo el consumo de refrigeración e iluminación de la cámara pulmón y el resto de cámaras de almacenamiento temporal de producto. El consumo térmico asociado al lavado de cajas también debe ser incluido en este proceso.

El proceso de elaboración de la carne tiene diferentes secciones o líneas de producción en función del tipo de producto a elaborar. Las líneas de loncheados (16 en total) cortan y envasan el producto en bandejas. Previamente pasan por un túnel de congelación que reduce rápidamente la temperatura de la carne a nivel superficial para mejorar el corte o fileteado. La sección de hamburguesas tiene tres procesos principales: amasado, triturado y envasado. Estos procesos se llevan a cabo por maquinaria específica del proceso. La sección de elaborados y de arreglos también cuentan con su maquinaria propia de elaboración y envasado, y sus cámaras de conservación a una temperatura de entre 0 y 2°C y enfriamiento a una temperatura de 0 a -10°C asociadas a dicho proceso.

Finalmente el proceso de expediciones consiste principalmente en el encajonado y paletización del producto. Dicha sección se encuentra contenida en una cámara de conservación que se encuentra entre 0 y 2°C.

Existe un proceso paralelo de limpieza de líneas que se produce durante el turno de noche. Dicho proceso consume agua caliente a 60°C y detergentes y tiene una duración de 4 a 6 horas aproximadamente.

Conviene aclarar que la mayor parte del consumo energético del proceso de fabricación está asociado a las instalaciones auxiliares que proveen dicha energía a la maquinaria que envasa, o las cámaras que conservan o congelan. La maquinaria que corta, amasa, paletiza o transporta está compuesta principalmente por motores eléctricos de tamaño relativamente pequeño y con un control integrado. Estos equipos consumidores, a pesar que de forma conjunta puedan representar un consumo energético elevado, no son principalmente objeto de mejora energética al menos desde un análisis externo limitado en el tiempo.

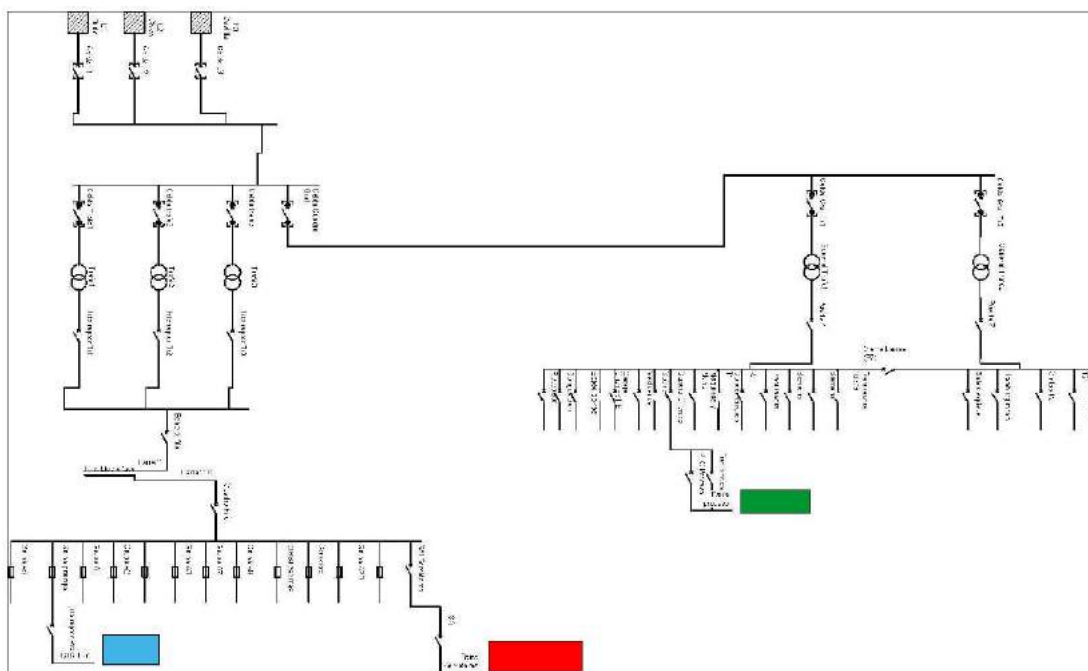
Por el contrario el consumo energético de estos equipos sobre aire comprimido, vapor, vacío u otros recursos generados por instalaciones auxiliares representa no sólo mayor consumo que el de los propios mecanismos sino un potencial mucho mayor mejorando el control y regulación de la demanda de dichos consumos.

Las principales recomendaciones realizadas a nivel de proceso han sido en relación a la reducción de consumo residual en aire comprimido y vacío de las máquinas de producción tanto en horario productivo como horario nocturno o de fin de semana. Si bien resulta recomendable la implementación de un sistema de mantenimiento proactivo de motores que permita reducir a medio-largo plazo de un 1 a un 5% el consumo eléctrico de planta.

### 2.1.3 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación cuenta con dos acometidas a 20 KV independientes de Iberdrola que alimentan el centro de transformación CT1 que cuenta con tres transformadores de 1.250kVA cada uno, estando los tres conectados en paralelo. Desde este prefabricado que se encuentra en el límite de la parcela, junto al vial de entrada, parte una LSMT a 20 KV hasta otro centro de transformación (CT2) en media tensión. Este centro de transformación cuenta con dos transformadores de 2.500kVA cada uno que se pueden encontrar conmutados.

En la siguiente figura se muestra el diagrama unifilar básico, de la red eléctrica de la planta. Los colores utilizados para resaltar las barras de distribución son los mismos que aparecen en la figura anterior cada recuadro tiene el mismo color que la parte de proceso a la que alimenta.



A continuación se muestra una relación de los cuadros eléctricos existentes en planta:

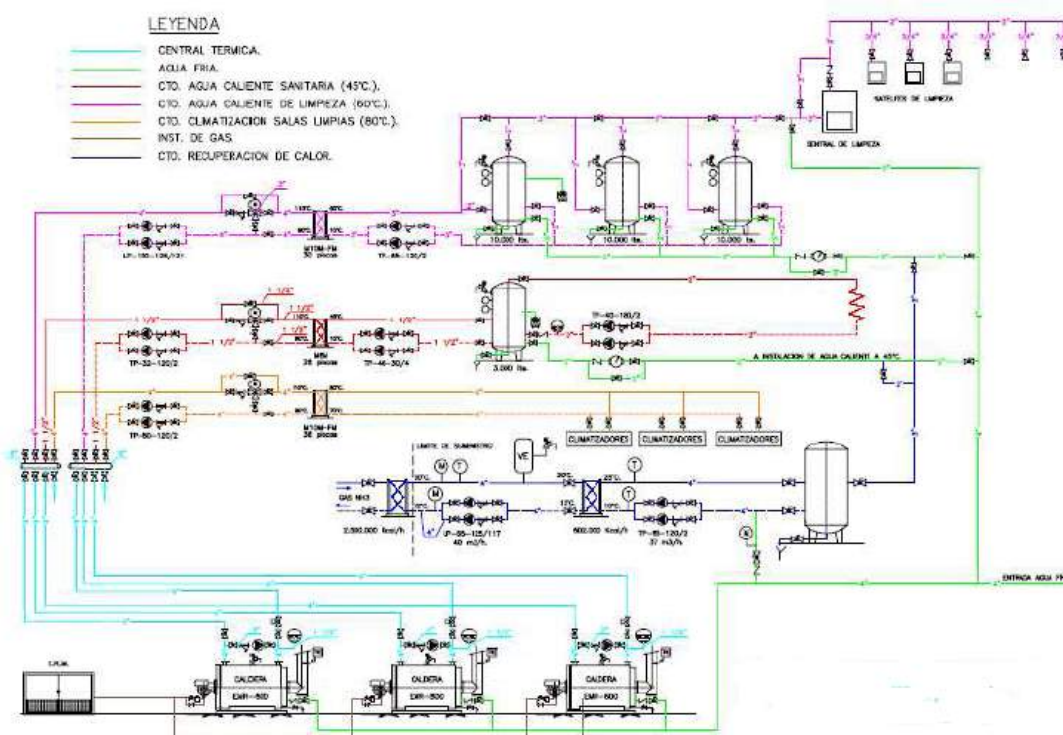
1. CGBT PLANTA
2. CUADRO SALA DESPIECE
3. CUADRO HAMBURGUESAS
4. CUADRO RECEPCIÓN
5. CUADRO CONGELACIÓN
6. CUADRO EXPEDICIÓN
7. CUADRO OFICINA PLANTA BAJA
8. CUADRO SÓTANO GARAJE
9. CUADRO VESTUARIOS
10. CUADRO COCINA
11. CUADRO OFICINA PLANTA ALTA
12. CUADRO SALA MÁQ. Y MANTENIMIENTO
13. CUADRO BOMBAS DE VACÍO
14. CUADRO COMPRESORES
15. CUADRO ENVEL
16. CUADRO SALAS FORMACIÓN
17. CUADRO CASETA CONTROL
18. CUADRO OFICINAS DE PROYECTOS
19. CUADRO OSMOSIS E INCENDIOS
20. CUADRO VESTUARIOS SÓTANOS
21. CGBT FRÍO
22. CUADRO DISTRI. FRÍO
23. CUADRO CALDERAS
24. CUADRO CCM CALDERAS
25. CUADRO BOMBAS DE VACÍO 2
26. CUADRO VENDING
27. KJ1 SALA CONGELACIÓN
28. CUADRO DEPURADORA
29. CUADRO DEPURADORA NUEVA
30. CUADRO PIKIN
31. CUADRO SIEMENS A70
32. CUADRO KJ SALA SÓTANO
33. CUADRO KJ2 CINTAS DESPIECE
34. CUADRO ENFRIADORA CUBIERTA
35. CUADRO NAVE ELABORADOS
36. CUADRO A10 SIEMENS
37. CUADRO TOMA DE FUERZA ZONA PORCINO
38. CUADRO STORK
39. CUADRO PORTECCIÓN
40. CUADRO TOLVAS HUESOS
41. CUADRO LAVADORA CAJAS EXTERIORES
42. CUADRO ASCENSOR OFICINAS
43. CUADRO MONTACARGAS VACUNO
44. CUADRO MONTACARGAS PORCINO
45. CUADRO TALLER CORTE Y SOLDADURA
46. CUADRO CUADRO EMO.

En el apartado de Fiabilidad eléctrica realiza un análisis más detallado de la instalación eléctrica.

## 2.1.4 INSTALACIÓN TÉRMICA

### 2.1.4.1 Instalación de Generación de Agua Caliente para diferentes usos

El esquema de principio de la instalación es el siguiente:

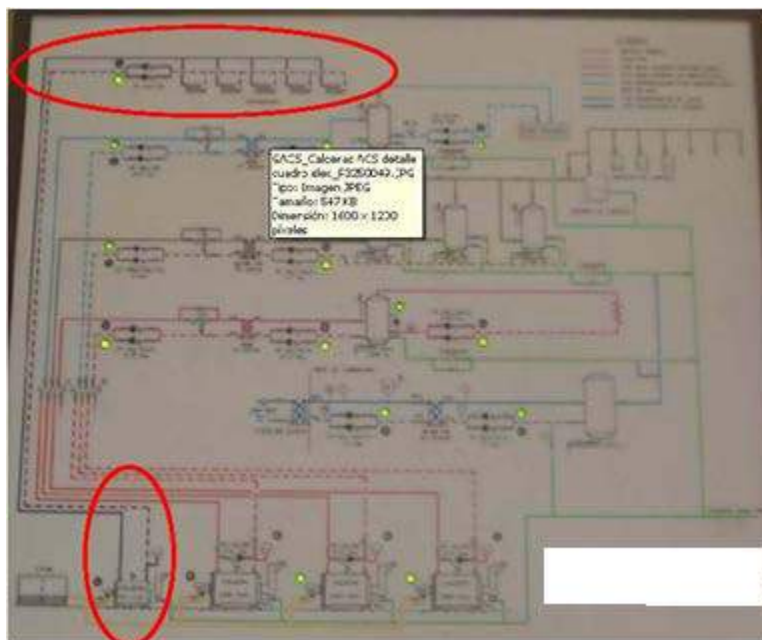


La instalación de generación de agua caliente cuenta con tres circuitos de alimentación para tres subsistemas consumidores: agua caliente sanitaria a 45°C para consumo de fábrica y edificio de oficinas, agua caliente de limpieza a 60°C cuyo principal consumo se realiza en el tercer turno en horario no productivo para la limpieza de las líneas de producción y agua caliente a 80°C para la climatización de las salas de fabricación. Adicionalmente la instalación cuenta con un sistema de recuperación de calor del circuito de amoníaco de la instalación de generación de frío. Dicho sistema permite recuperar una potencia útil nominal de 602.000 kcal/h.

La instalación cuenta con tres calderas de agua caliente de las siguientes características:

ID	MARCA	MODELO	Nº SERIE	POTENCIA NOMINAL (kW)	MARCA QUEMADOR	MODELO QUEMADOR	Nº. SERIE QUEMADOR	POTENCIA QUEMADOR (kW)
CALDERA Nº1	IGNIS	EMR600	1493	659	BALTUR	BGN60P	4227908	1.1
CALDERA Nº2	IGNIS	EMR601	1494	659	BALTUR	BGN60P	4230050	1.1
CALDERA Nº3	IGNIS	EMR602	1485	659	BALTUR	BGN60P	4230049	1.1

Adicionalmente la instalación de agua caliente cuenta con una caldera adicional con un circuito independiente para la calefacción de vestuarios y oficinas, en la siguiente figura se muestra el circuito no incluido en el esquema de principio anterior:



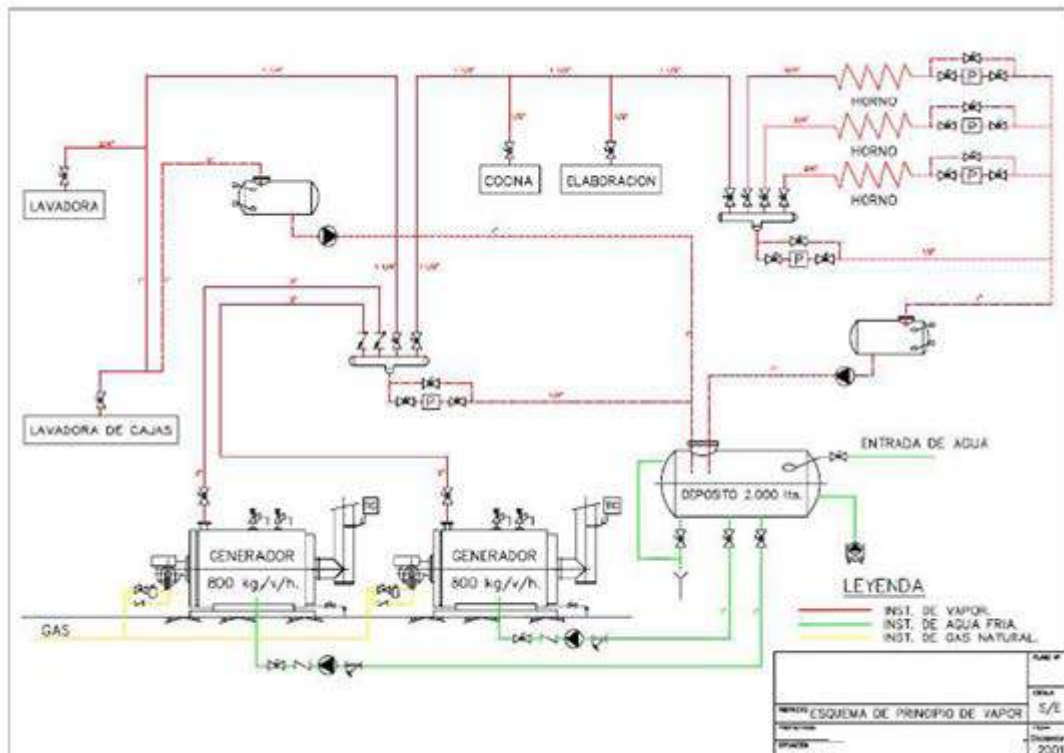
Las características técnicas de la caldera son las que figuran en la siguiente tabla:

ID	MARCA	MODELO	Nº SERIE	POTENCIA NOMINAL (kW)	MARCA QUEMADOR	MODELO QUEMADOR	Nº SERIE QUEMADOR	POTENCIA QUEMADOR (kW)
CALDERA CALEFACCIÓN	IGNIS	PU123	99Y55	139	BALTUR	20PW	4217840	0.5

Durante las mediciones se pudo comprobar que las calderas trabajan mediante una consigna de temperatura y un control de capacidad conjunta mediante controlador local. Desde planta se confirmó la realización de medidas de rendimiento de caldera periódicas según normativa y por tanto la regulación y ajuste de los parámetros para una óptima combustión se realiza también de forma periódica. Se descarta la opción de recuperación de calor de humos ya que el sistema de recuperación de calor del circuito de frío ya cumple con dicha función.

### 2.1.4.2 Instalación de Generación de Vapor para procesos

El esquema de principio de la instalación es el siguiente:



La instalación de vapor cuenta con 7 puntos de consumo: lavadora de cajas, lavadora, cocina, elaboración, y hornos de cocción (3). La práctica totalidad de consumo está destinado a los procesos térmicos de fabricación.

Durante la inspección se pudo comprobar que las calderas trabajan mediante diferentes consignas de presión. La presión máxima de servicio es de 8kg/cm<sup>2</sup>, y la temperatura máxima de servicio es de 174°C. Desde planta se confirmó la realización de medidas de rendimiento de caldera periódicas según normativa y por tanto la regulación y ajuste de los parámetros para una óptima combustión se realiza también de forma periódica. Se descarta la opción de recuperación de calor de humos ya que el sistema de recuperación de calor del circuito de frío ya cumple con dicha función.

Del lado consumo, el estudio de mejoras del proceso térmico implica un estudio de detalle de dichas tecnologías. Así mismo el acceso a las áreas de proceso ha sido restringido en el tiempo y por tanto no ha sido incluido en el alcance del estudio.

La instalación cuenta con dos calderas de agua caliente de 860 kg/h de vapor cada una de las siguientes características:

<i>ID</i>	<i>MARCA</i>	<i>MODELO</i>	<i>Nº SERIE</i>	<i>POTENCIA NOMINAL (kW)</i>	<i>MARCA QUEMADO R</i>	<i>MODELO QUEMADO R</i>	<i>Nº. SERIE QUEMADO R</i>	<i>POTENCIA QUEMADO R (kW)</i>
CALDERA Nº1	IGNIS	HDR80	1372	581	BALTUR	BGN60P	4227905	1.1
CALDERA Nº2	IGNIS	HDR80	1498	581	BALTUR	BGN60P	4230051	1.1

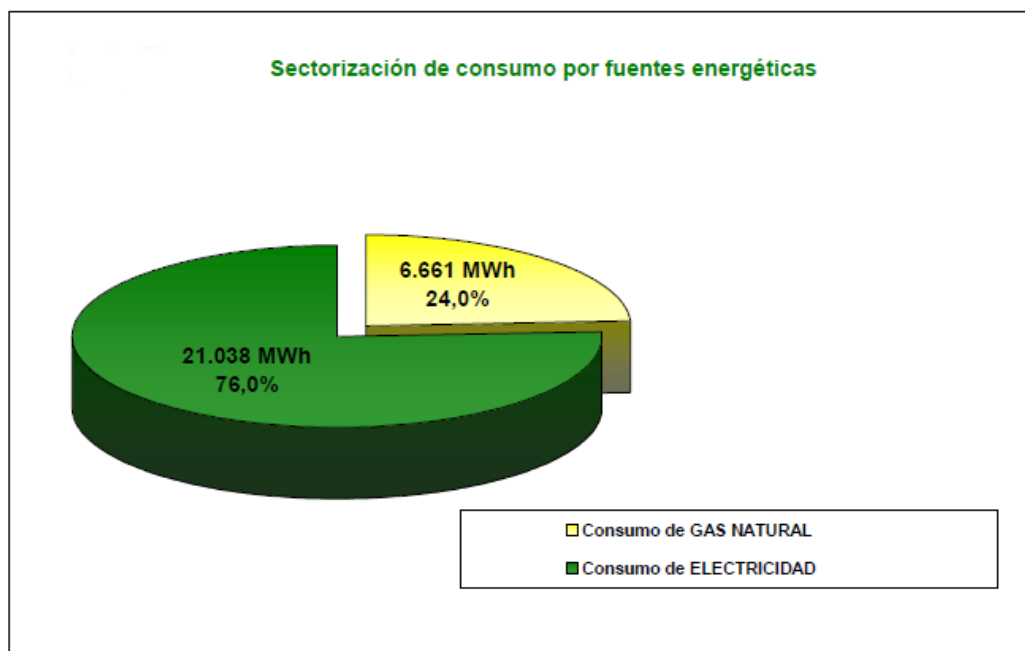


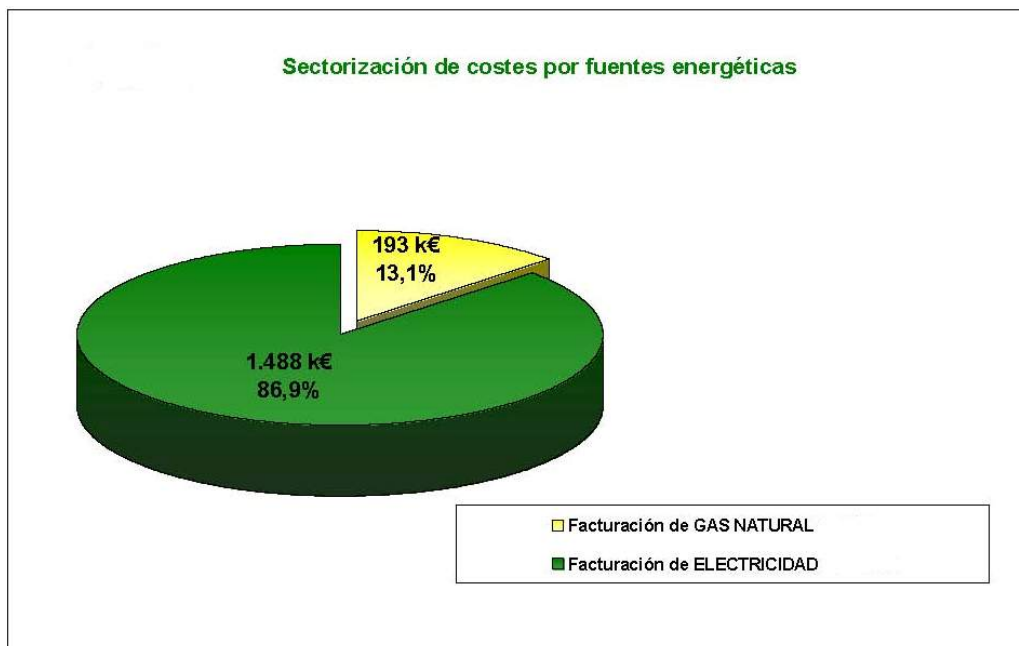
## 2.2 PERFIL DE CONSUMO Y COSTES ENERGÉTICOS

De acuerdo a los datos de suministro eléctrico y de gas natural aportados por fábrica, durante el año 2009 los principales datos de consumo y coste energético son los siguientes:

- El consumo energético ha resultado de 27.699.000 kWh, equivalente a 2.387,8 TEP.
- El coste energético ha resultado de 1.681.100 €.
- El precio medio del kWh energético es de 0,0607 €/kWh.

En la siguiente figura se puede apreciar el balance energético de las dos fuentes de energía primaria de las que se alimenta la fábrica. A pesar de que el consumo térmico representa casi una cuarta parte del consumo energético total de planta, éste sólo repercute en un 13% a nivel de costes debido a la diferencia en el precio medio del kWh, ya que el kWh eléctrico es 2,4 veces más caro que el kWh térmico.



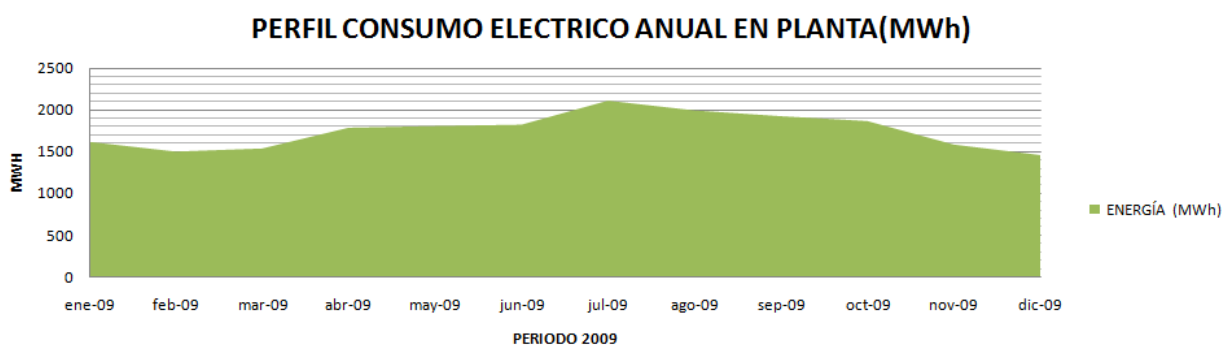


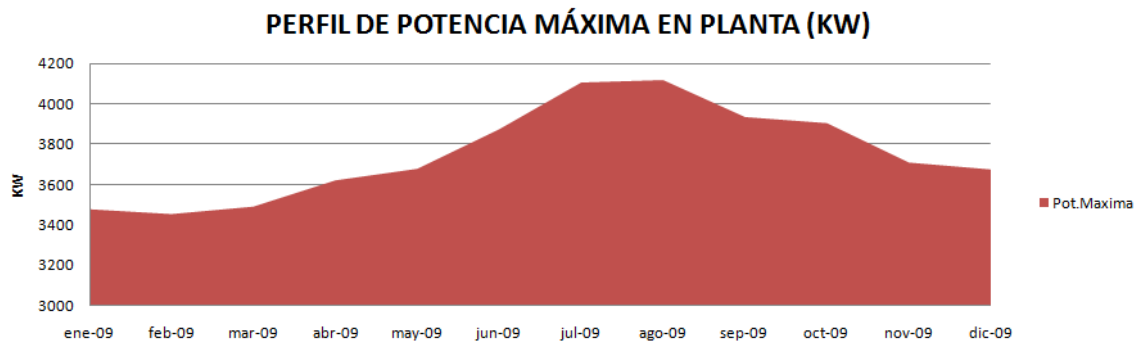
### 2.2.1 ELECTRICIDAD

De acuerdo a los datos de facturación eléctrica aportados por fábrica, durante el año 2009 los principales datos de consumo y coste eléctrico son los siguientes:

- El consumo eléctrico ha resultado de 21.038.400 kWh, equivalente a 1.813,6 TEP.
- El coste eléctrico ha resultado de 1.488.000 €.
- La potencia contratada es de 3.700 kW.
- El precio medio del kWh eléctrico es de 0,1043 €/kWh.

A partir de los datos de consumo eléctrico de la curva de carga cuarto-horaria de la comercializadora se ha elaborado el siguiente gráfico que muestra la evolución del consumo eléctrico durante el año 2009:





En el gráfico se puede observar una cierta estacionalidad en el consumo que coincide con los meses de mayor consumo eléctrico del año (periodo estival), debido principalmente al mayor consumo de la instalación de frío para la climatización de la fábrica durante este periodo. Otro dato a destacar es que la potencia media diaria durante los fines de semana no desciende de los 500kW, si bien el consumo residual durante los fines de semana no presenta grandes oportunidades de reducción de consumo, ya que gran parte de este corresponde a la instalación de frío para mantenimiento de las cámaras de conservación y otros sistemas, a pesar de ello con la ayuda de un sistema de supervisión energética podrían detectarse cargas residuales que podrían desconectarse durante estos periodos con el consiguiente ahorro energético.

En la siguiente tabla aparece un resumen de los datos de facturación eléctrica para el año 2009 a partir del cual resultan los gráficos anteriores:

Datos de consumo y facturación de ELECTRICIDAD año 2009														
Termino Energía	Termino Potencia	Precio (€/kWh)	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
			MWh	k€	MWh	k€	MWh	k€	MWh	k€	MWh	k€	MWh	k€
Periodo 1	3.700	0,141895	408	46,4	392,2	44,6	0	0	0	0	0	0	332,4	37,8
Periodo 2	3.700	0,119154	615,3	59,1	581	55,8	0	0	0	0	0	0	291,9	28
Periodo 3	3.700	0,110722	0	0	0	0	352,7	33,2	0	0	0	0	193,5	18,2
Periodo 4	3.700	0,09828	0	0	0	0	557,8	47,3	0	0	0	0	288,6	24,5
Periodo 5	3.700	0,090959	0	0	0	0	0	0	1.122,70	86,4	1.081,40	83,3	0	0
Periodo 6	3.700	0,06504	596,6	35,5	528,6	31,4	628,3	37,3	666	39,6	727,8	43,2	719,1	42,7
<b>TOTAL (k€)</b>		<b>0,10434167</b>	<b>1.619,90</b>	<b>131,5</b>	<b>1.501,80</b>	<b>121,2</b>	<b>1.538,80</b>	<b>109,6</b>	<b>1.788,70</b>	<b>116,6</b>	<b>1.809,20</b>	<b>117,3</b>	<b>1.825,60</b>	<b>143,7</b>

JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
MWh	k€	MWh	k€	MWh	k€	MWh	k€	MWh	k€	MWh	k€
704,8	80,2	0	0	0	0	0	0	0	0	349,6	39,8
618,5	59,4	0	0	0	0	0	0	0	0	510,7	49
0	0	0	0	488	46	0	0	369,4	34,8	0	0
0	0	0	0	722,3	61,2	0	0	595,6	50,5	0	0
0	0	0	0	0	0	1.164,90	89,7	0	0	0	0
791	47	1.997,10	118,7	717,8	42,7	704,5	41,9	621	36,9	599,2	35,6
<b>2.114,30</b>	<b>178,5</b>	<b>1.997,10</b>	<b>112</b>	<b>1.928,20</b>	<b>139,7</b>	<b>1.869,40</b>	<b>89,8</b>	<b>1.585,90</b>	<b>113</b>	<b>1.459,50</b>	<b>115,2</b>

## 2.2.2 GAS NATURAL

De acuerdo a los datos del suministro de gas natural aportados por fábrica, durante el año 2009 los principales datos de consumo y facturación de gas natural son los siguientes:

- El **consumo térmico ha resultado de 6.661.000 kWh**, equivalente a **574,2 TEP**.
- El **coste térmico ha resultado de 193.100 €**.
- El **consumo diario contratado es de 30.000 kWh**.
- El **precio medio del kWh térmico es de 0,0290 €/kWh**.

En las tablas adjuntas aparece un resumen de los datos de facturación de gas natural para el año 2009 y 2008:

Consumo de GAS NATURAL año 2009						
MESES	Lectura (m <sup>3</sup> )	Consumo periodo (m <sup>3</sup> )	Consumo periodo (MWh)	Importe facturado (k€)	Precio medio (€/kWh)	DIFERENCIA L RESPECTO 2008
ENERO	2.719.508	53.718	636	19,68	0,0309	8,6%
FEBRERO	2.771.258	52.006	619	14,43	0,0233	10,5%
MARZO	2.820.278	49.273	577	13,48	0,0234	-0,1%
ABRIL	2.869.904	49.890	586	16,20	0,0276	13,6%
MAYO	2.915.584	45.921	543	15,10	0,0278	4,2%
JUNIO	2.956.948	41.564	488	13,82	0,0283	-5,0%
JULIO	3.000.446	43.699	520	15,45	0,0297	1,6%
AGOSTO	3.043.852	43.593	507	15,09	0,0298	-4,6%
SEPTIEMBRE	3.085.181	41.538	491	14,66	0,0299	-7,4%
OCTUBRE	3.131.052	46.127	548	17,99	0,0328	-1,1%
NOVIEMBRE	3.140.785	46.271	550	17,94	0,0326	-7,3%
DICIEMBRE	3.400.054	50.090	596	19,25	0,0323	1,3%
<b>TOTAL PERIODO</b>		<b>563.691</b>	<b>6.661</b>	<b>193,10</b>	<b>0,0290</b>	<b>1,2%</b>

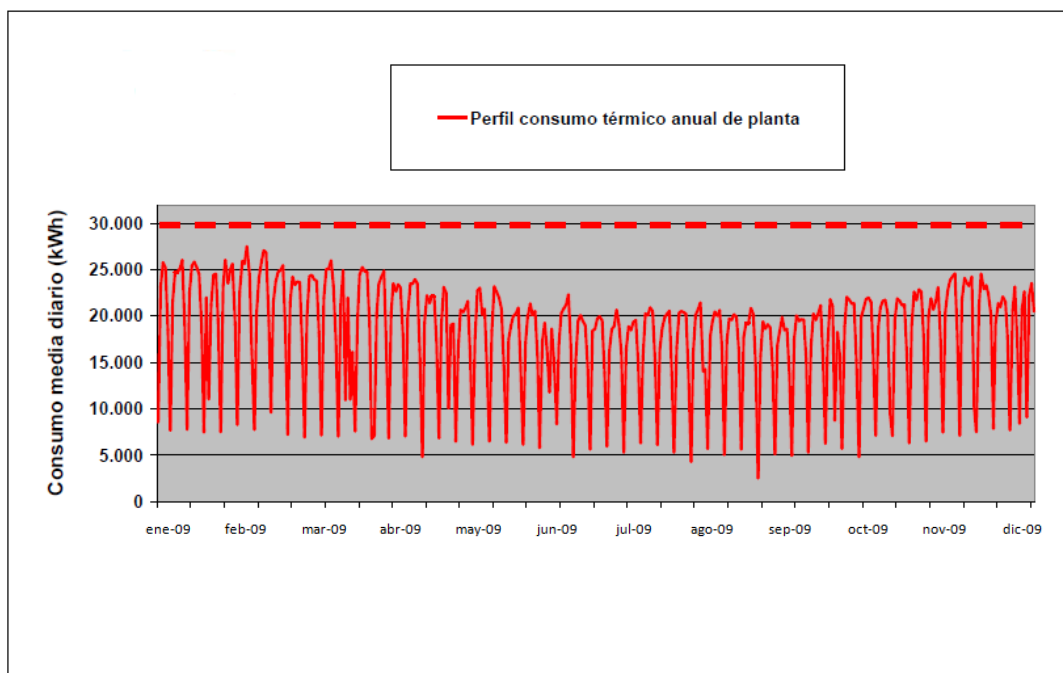
Consumo de GAS NATURAL año 2008					
MESES	Lectura (m <sup>3</sup> )	Consumo periodo (m <sup>3</sup> )	Consumo periodo (MWh)	Importe facturado (k€)	Precio medio (€/kWh)
ENERO	2.162.303	48.144	586	14,54	0,0248
FEBRERO	2.209.169	47.146	560	14,02	0,0250
MARZO	2.257.263	48.379	578	13,27	0,0230
ABRIL	2.300.165	43.153	516	12,94	0,0251
MAYO	2.344.033	44.092	521	12,16	0,0234
JUNIO	2.387.533	43.702	514	12,02	0,0234
JULIO	2.430.268	42.909	512	11,98	0,0234
AGOSTO	2.520.124	44.496	531	12,38	0,0233
SEPTIEMBRE	2.518.911	44.612	530	12,36	0,0233
OCTUBRE	2.565.954	47.241	555	12,87	0,0232
NOVIEMBRE	2.616.257	50.541	593	13,68	0,0230
DICIEMBRE	2.666.051	50.035	588	13,60	0,0231
<b>TOTAL PERIODO</b>		<b>554.449</b>	<b>6.583</b>	<b>155,81</b>	<b>0,0237</b>

De la comparativa con el consumo del año 2008 para el mismo periodo se aprecia

un ligero incremento del consumo en 2009 del 1,18%. Dicho aumento no apunta a ninguna tendencia en especial, ya que puede deberse a factores climatológicos.

A nivel de costes, el precio medio del kWh de gas natural se ha incrementado en un 22% respecto 2008, lo que unido al aumento del consumo térmico en un 1,18% ha repercutido en un incremento del 23,9% en la factura de gas natural.

La evolución del consumo energético diario puede apreciarse en el siguiente gráfico:

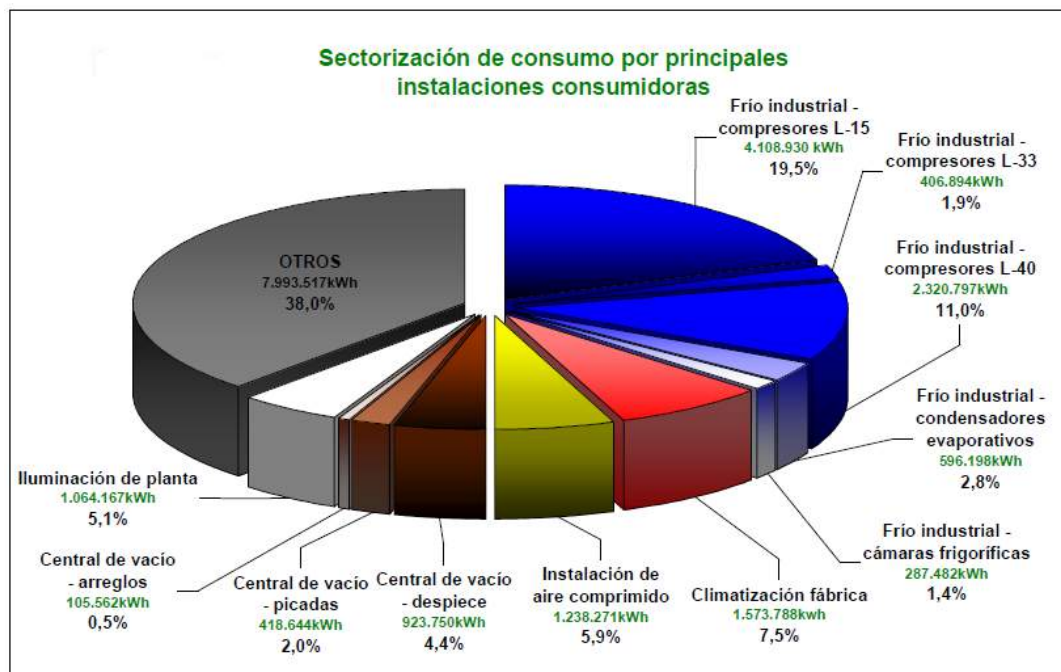


En el gráfico anterior se puede observar un aumento del consumo térmico en los periodos invernales, entorno al 25% respecto el resto del año, asociado al consumo térmico en climatización de planta.

Cabe apuntar que el consumo diario contratado excede en un 9,1% el consumo térmico diario máximo del año (06/02/2009) y en un 64,8% el consumo medio diario anual. Puede resultar conveniente revisar el contrato con la comercializadora de gas natural en función de las perspectivas de ampliación de planta y la viabilidad técnica en cuanto al ajuste del consumo diario contratado.

### 2.2.3 SECTORIZACIÓN DE CONSUMO ELÉCTRICO

La campaña de medidas realizada y los datos del scada de instalaciones obtenidos de fábrica permiten definir la siguiente sectorización de consumo eléctrico:



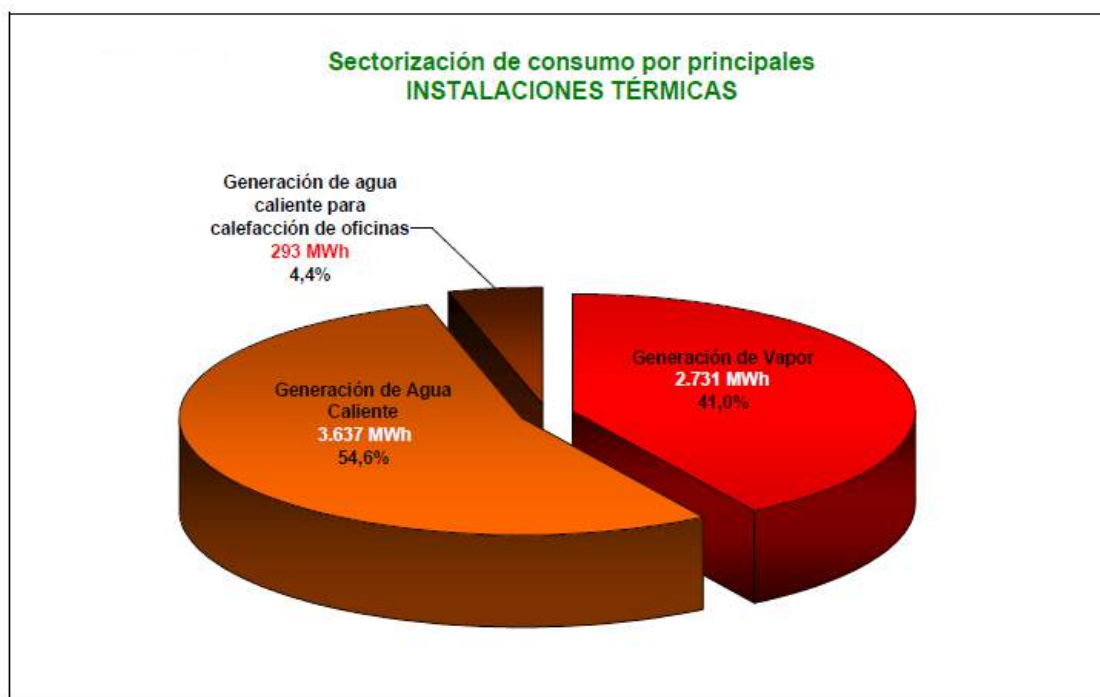
El apartado 'Otros' está compuesto por múltiples sistemas consumidores: estación depuradora, maquinaria de proceso (envasadoras, paletizadoras, encajonadoras, cintas transportadoras, cuadros de control de proceso...), grupos de bombeo de fluidos, equipos de extracción de aire, equipos ofimáticos de oficina, SAIs y servidores, cuadros de control, entre otros sistemas. Si bien el principal consumo lo forman los motores de bombas, cintas transportadoras y maquinaria general de fabricación.

No se ha podido definir una sectorización total debido a que ello sólo es posible mediante la implantación de un sistema de medida tal y como se propone en la ficha de acción nº2 del apartado

Así mismo, dicha sectorización sólo es recomendable realizarla por subsistemas y principales equipos consumidores ya que, realizarla a nivel de equipos o máquinas resulta inviable económicamente.

### 2.2.4 SECTORIZACIÓN DE CONSUMO TÉRMICO

A nivel térmico, la mayor parte del consumo, 6.661 MWh, corresponde a la instalación de generación de vapor para procesos y generación de agua caliente para diferentes usos según se refleja en el siguiente gráfico de sectorización:

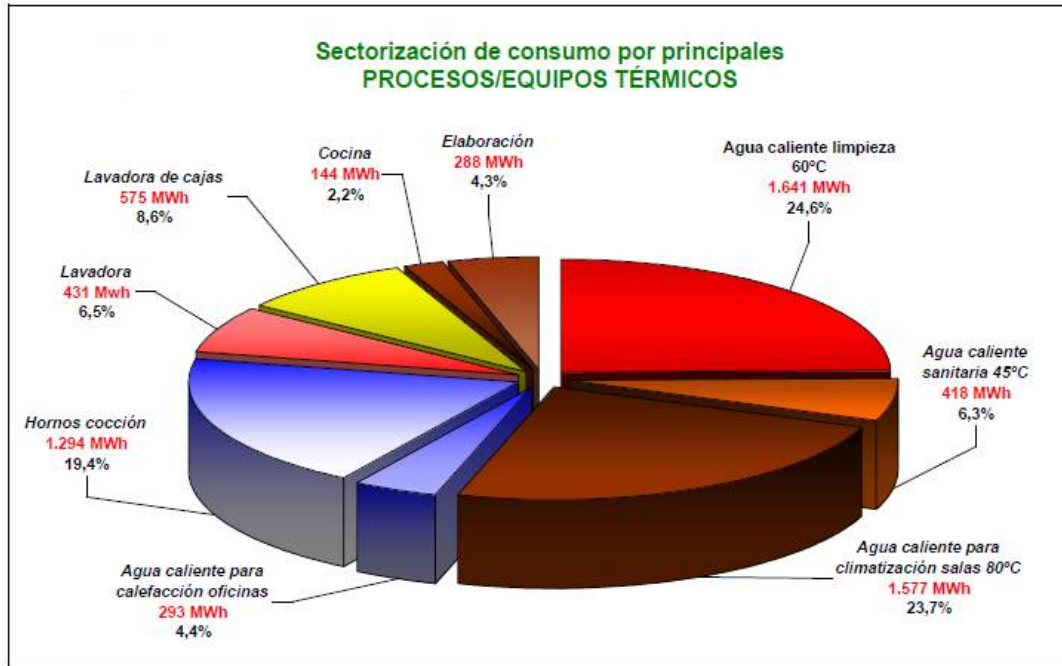


A partir de los datos obtenidos de los esquemas de principio e hipótesis de horas de trabajo y capacidad de los sistemas se ha realizado la siguiente estimación de reparto de consumos por subsistemas y procesos:

Sectorización de consumo térmico	CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL	
	Consumo energético anual (MWh)	%
Agua caliente limpieza 60°C	1.641	24,6%
Agua caliente sanitaria 45°C	418	6,3%
Agua caliente para climatización salas 80°C	1.577	23,7%
<b>AGUA CALIENTE GENERAL</b>	<b>3.636</b>	<b>54,6%</b>
<b>AGUA CALIENTE PARA CALEFACCIÓN DE OFICINAS</b>	<b>293</b>	<b>4,4%</b>
Hornos cocción	1.294	19,4%
Lavadora	431	6,5%
Lavadora de cajas	575	8,6%
Cocina	144	2,2%
Elaboración	288	4,3%
<b>INSTALACIÓN DE VAPOR PARA PROCESOS</b>	<b>2.732</b>	<b>41,0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6.661</b>	<b>100,0%</b>



De los datos de la tabla anterior resulta el siguiente gráfico de sectorización térmica:



Los principales sistemas consumidores de planta son los hornos de cocción, la climatización de fábrica y el agua caliente para los procesos de limpieza de las líneas que copan el 68% del consumo térmico de planta. El resto de consumos corresponden a los procesos de fabricación, agua caliente sanitaria, cocina y a la calefacción de vestuarios y oficinas.

### 2.3 INDICADORES DE INTENSIDAD ENERGÉTICA

A partir de los datos de producción aportados por fábrica y los valores de consumo de los distintos sistemas consumidores resultan los siguientes indicadores de intensidad energética:

LINEA/PROCESO	PRODUCTO	Consumo específico			
		Térmico ( kWh/t)		Eléctrico ( kWh/t)	
DESPIECE	Porcino	68,00	41,44	214,77	130,89
	Vacuno		26,36		83,25
	Ovino		0,20		0,64
HAMBURGUESAS/ELABORADOS	Hamburguesas	33,07	18,64	104,45	58,87
	Elaborados		14,43		45,58
ARREGLOS	Arreglos		12,26		38,73

INSTALACIÓN	LINEA	Consumo específico (kWh/Tn)
INSTALACIÓN DE FRÍO INDUSTRIAL	L-15°C	78,95
	L-33°C	7,82
	L-40°C	44,59
INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN	general	26,78
INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	general	21,07
INSTALACIÓN DE VACÍO	despiece	26,20
	hamburguesas	24,41
	arreglos	16,60
ILUMINACIÓN DE PLANTA	general	18,11

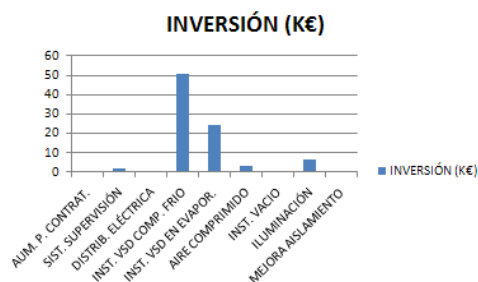
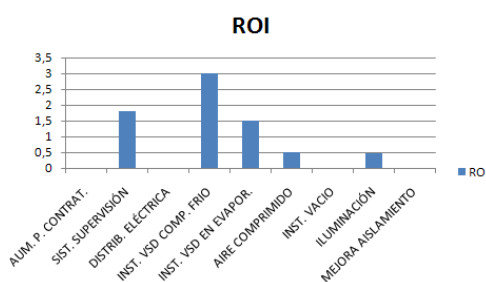
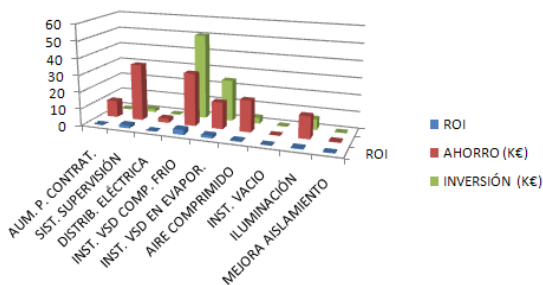
Es importante indicar que los valores aquí reflejados son una distribución general de los consumos energéticos auxiliares y de proceso entre las diferentes líneas de producto o instalaciones a partir de los datos generales de producción de carne en sus diferentes variedades. Es por tanto un valor estimativo.

Con el objeto de disponer de datos reales sobre consumos térmicos y eléctricos asociados a procesos productivos dinámicos y variables según demanda se hace necesaria la implantación de un sistema de medida térmico y eléctrico que permita alimentarse de los datos del scada de producción (pedidos diarios) con el objeto de establecer los ratios de intensidad energética no sólo por producto sino por proceso productivo.

## 2.4 RESUMEN EJECUTIVO

### 2.4.1 DIAGRAMA DE OPORTUNIDADES

Nº ACCIÓN	DENOMINACIÓN	ROI	AHORRO (K€)	INVERSIÓN (K€)
1	AUM. P. CONTRAT.	0	10	0
2	SIST. SUPERVISIÓN	1,8	33,6	1,8
3	DISTRIB. ELÉCTRICA	0	2,5	0
4	INST. YSD COMP. FRIO	3	31,3	50,4
5	INST. YSD EN EVAPOR.	1,5	15,8	24,5
6	AIRE COMPRIMIDO	0,5	18,7	3,5
7	INST. VACIO	0	0	0
8	ILUMINACIÓN	0,49	13,2	6,4
9	MEJORA AISLAMIENTO	0	0,43	0

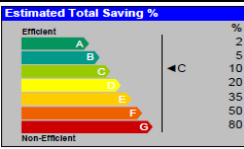
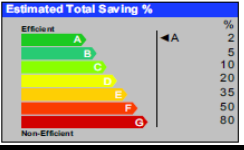
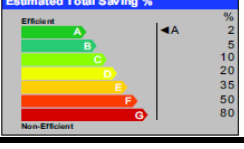


Los diagramas anteriores representan las distintas áreas de acción en las que se ha identificado potencial de mejora y ahorro energético. Aquellas recomendaciones en las que no ha sido posible o no se considera inversión asociada, no figuran en el diagrama. Cada una de las estimaciones de inversión se ha realizado en base a datos de referencia y esta cifra puede presentar variaciones en función de las modificaciones o peculiaridades que se puedan presentar al definir el proyecto definitivo.

Para la fábrica en estudio y como resultado del estudio energético el potencial de ahorro energético y económico detectado resulta de 1.222,4 MWh y 109,9 k€ respectivamente, equivalente a un 4,4% del consumo energético anual (27.699 MWh) y un 6,5% respecto al coste energético anual (1.681 k€). El valor medio del periodo de retorno simple de la inversión (ROI) resultante es de 1,8 años para la totalidad de las acciones.

## 2.5 RESUMEN

FICHA DE ACCIÓN Nº	Sector/ Aplicación	Ficha calificación energética actual	Ahorro estimado (KWH)	Reducción emisiones (TnCO2)	Ahorro estimado (K€/año)	Inversión estimada	ROI (años)
1	Suministro eléctrico - Aumento de potencia contratada		-	-	10,0	-	-
2	Instalación eléctrica de fábrica – Instalación de sistema de supervisión para el control y monitorización del consumo eléctrico de planta		409.411	151,4	33,6	60,6	1,8
3	Instalación eléctrica de fábrica – Mejora distribución eléctrica línea de CT1 a Cuadros de distribución de frío		29.986	11,1	2,5	-	-
4.1	Instalación de frío Industrial – Instalación de variación de velocidad en compresor de frío A6		201.707	74,6	16,5	50,4	3,0
4.2	Instalación de frío Industrial – Instalación de variación de velocidad en compresor de frío A9		184.522	68,3	14,8	58,6	4,0
5	Instalación de frío Industrial – Instalación de variadores de velocidad en condensadores evaporativos		192.897	71,4	15,8	24,5	1,5
6.1	Instalación de aire comprimido industrial - Instalación de centralita de control multicompresor		85.301	31,6	7,0	3,5	0,5
6.2	Instalación de aire comprimido industrial - Reducción de consumo residual		*incluido en acción nº2	*incluido en acción nº2	*incluido en acción nº2	*incluido en acción nº2	-
6.3	Instalación de aire comprimido industrial - Reducción de fugas		118.780	43,9	9,7	-	-

FICHA DE ACCIÓN Nº	Sector/ Aplicación	Ficha calificación energética actual	Ahorro estimado (KWH)	Reducción emisiones (TnCO2)	Ahorro estimado (K€/año)	Inversión estimada	ROI (años)
7	Instalación de vacío - Reducción de consumo residual		*incluido en acción nº2	*incluido en acción nº2	*incluido en acción nº2	*incluido en acción nº2	-
8	Instalación eléctrica de fábrica – Optimización sistema de alumbrado interior		126.900	48,8	13,2	6,4	0,49
9	Instalación distribución de fluidos – Mejora aislamiento tuberías distribución de fluidos		4.120	1,58	> 0,43	-	-
TOTAL			1.353.624	499,8	113,5	204	1,8



# CAPITULO 3. FICHAS DE ACCIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO

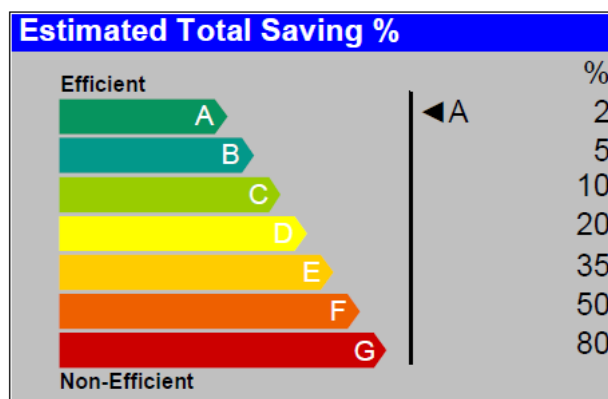
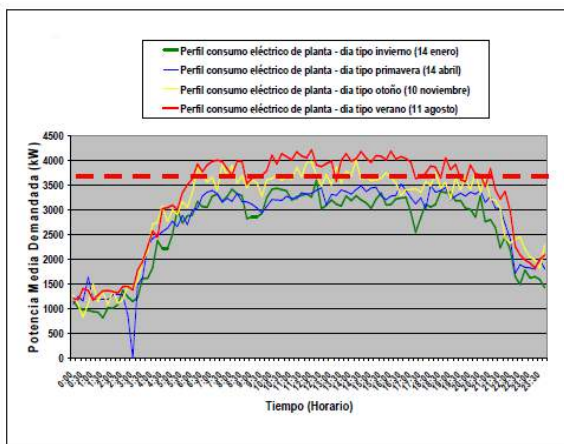
### 3.1 ACCIONES DE AHORRO POTENCIAL

<b>Ficha de Acción Nº. 1 :</b>		<b>Suministro eléctrico Aumento de potencia contratada a 4.100kW</b>	
<b>Oportunidad de Ahorro</b>	<b>Ahorros estimados (k€/año)</b>	<b>Inversión estimada (k€)</b>	<b>ROI (años)</b>
<b>Nº.1.1</b>	10,0	-	0,0
<b>Total</b>	<b>10,0</b>	<b>-</b>	<b>0,0</b>

**Descripción:**

- Actualmente la potencia contratada en la planta es de 3.700 Kw
- Las **penalizaciones por excesos de potencia ascienden a 23.551€** durante el año 2009
- Las penalizaciones se producen principalmente durante el periodo de máxima demanda de frío de junio a septiembre
- El contrato es con Iberdrola a mercado libre en 6 periodos
- El precio del kW contratado para los 6 periodos es de: P1: 0,141895€, P2: 0,119154€, P3: 0,110722€, P4: 0,09828€, P5: 0,090959€, P6: 0,06504€

**Calificación energética actual**



**Oportunidades de Ahorro**

**Acción Nº1 : Aumento de potencia contratada a 4.100kW**

**Descripción :**

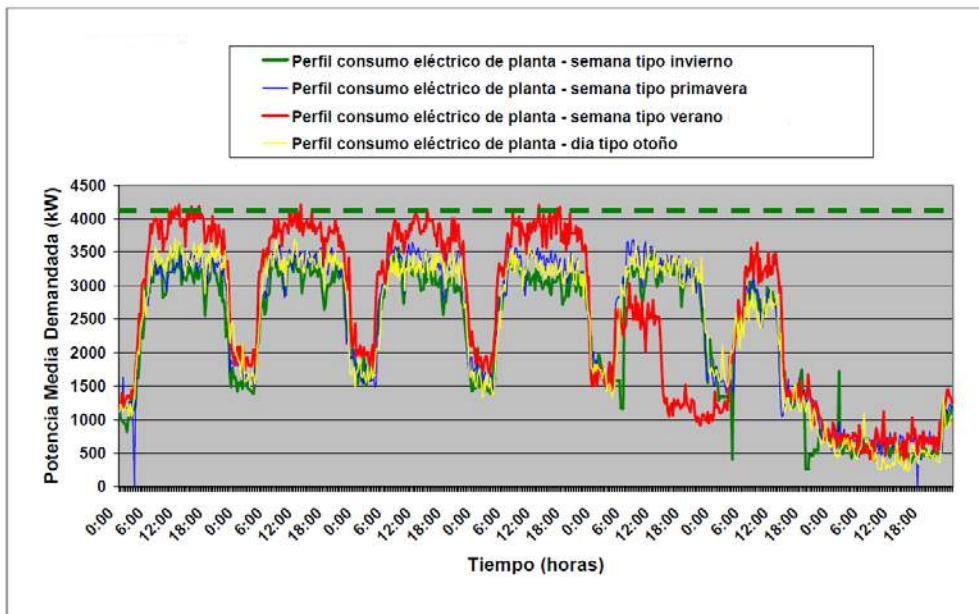
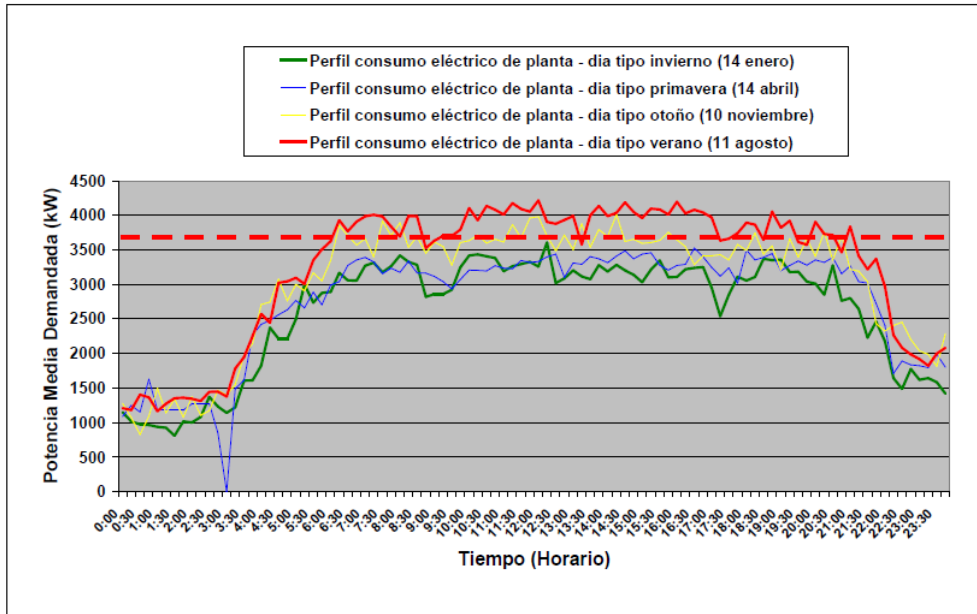
Según el perfil de consumo eléctrico de planta resulta necesario mantener una potencia contratada superior a la necesaria durante todo el año, excepto en los periodos estivales. Para evitar excesivos recargos en la tarifa eléctrica se contrata la misma potencia de P1 a P6 sólo para las necesidades de potencia de P6 durante el periodo estival, en este caso 3.700kW. A pesar de ello, para 2009 se registra un recargo por excesos de potencia de 23.551 € que puede ser optimizado aumentando la potencia contratada hasta los 4.100kW.



### 3.1.1 SUMINISTRO ELÉCTRICO

En los gráficos adjuntos, obtenidos de la curva cuarto-horaria de compañía, se puede observar un ejemplo de un día tipo y una semana tipo para las cuatro estaciones del año.

En la siguiente figura, es posible observar el gráfico entre potencia consumida y potencia contratada sobre todo para los periodos estivales.



En el caso que a corto plazo no fuera posible realizar el aumento de potencia contratada, ya sea por cuestiones de contrato con la comercializadora o por cuestiones técnicas. Es importante apuntar que dado que existe un proyecto de ampliación de la planta industrial en proyecto conviene tener muy en cuenta revisar la potencia contratada una vez ejecutado el proyecto de cara a minimizar los costes energéticos del suministro eléctrico.

**Resultados de ahorro:**

Para la determinación de los ahorros económicos se ha evaluado el ahorro según el R.D. 1164/2001 en su artículo 9. Según los datos cuarto-horarios de compañía la potencia cuarto-horaria ha excedido de 3.700kW un total de 843,25 horas. Para una potencia de 4.100kW, este valor se sitúa en 36,25 horas por lo que se puede considerar que en este nivel de potencia contratada se elimina la práctica totalidad de las penalizaciones por excesos de potencia.

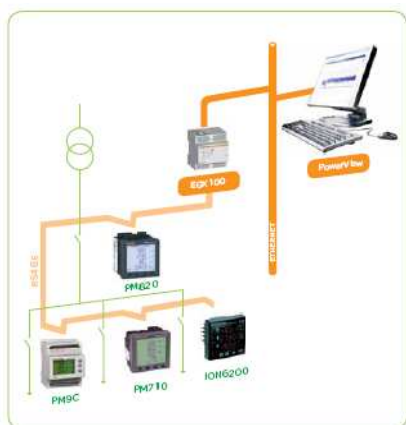
A pesar de ello únicamente se considera el ahorro derivado de las penalizaciones durante el periodo estival, un total de 21.967€ y el sobre coste económico de la nueva potencia contratada, 11.936,52€.

El **ahorro económico resultante es de 10.030 €.**

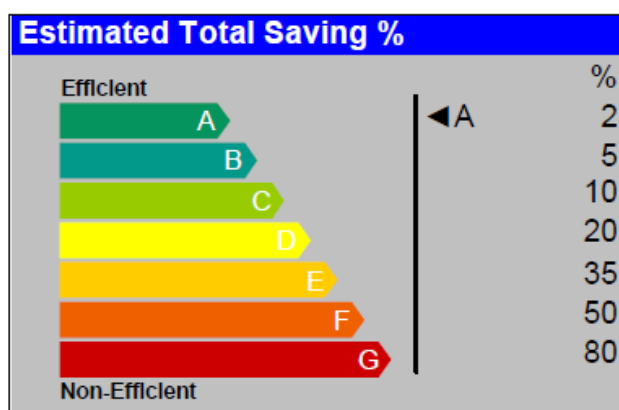
Ficha de Acción N <sup>o</sup> . 2 :		Instalación de sistema de supervisión energética para la monitorización y control del consumo eléctrico de fábrica	
Oportunidad de Ahorro	Ahorros estimados (k€/año)	Inversión estimada (k€)	ROI (años)
N <sup>o</sup> .2.1	36,6	60,6	1,8
<b>Total</b>	<b>36,6</b>	<b>60,6</b>	<b>1,8</b>

**Descripción:**

• A nivel de elementos de medida y control, la fábrica dispone de dos scadas de control: uno para la central de frío y otro para instalaciones de climatización de fábrica. Estos sistemas registran los datos de operación pero no los valores de consumo por periodos, así mismo para el resto de planta únicamente se dispone de 3 analizadores de red eléctrica que registran los valores de consumo pero no comunican con un ordenador central para poder monitorizar los valores.



**Calificación energética actual**



**Oportunidades de Ahorro**

**Acción N<sup>o</sup>1 : Implementación de sistema de supervisión energética**

**Descripción :**

La propuesta consiste en la instalación de un sistema de medida (supervisión energética) de 30 equipos, la finalidad es poder sectorizar de forma adecuada los consumos de las diferentes áreas productivas e instalaciones. Por un lado para poder asociar correctamente los costes de producción de las diferentes áreas al producto elaborado, y por otro lado, definir una serie de puntos de medida que permitirán cuantificar y monitorizar el consumo residual de planta, aquél que se puede reducir debido a que es un consumo eléctrico que se produce fuera de horario de servicio o de producción y no aporta trabajo útil. Así mismo, el sistema permite poder realizar un seguimiento de aquellas cargas asociadas a equipos en las que se ha llevado a cabo una acción de ahorro energético y por lo tanto ayudando a garantizar la consecución de dichos ahorros.

En la siguiente tabla se muestra la propuesta de sistema de medida para la planta:

Equipos	Descripción	Cantidad	Punto de medida
PM 710	Central de medida para medición de parámetros eléctricos y de consumo de energía	27	Compresor frío A1
			Compresor frío A2
			Compresor frío A3
			Compresor frío A4
			Compresor frío A5
			Compresor frío A6
			Compresor frío A7
			Compresor frío A8
			Compresor frío A9
			Cuadro FCO hamburguesas
			KJ2 sala despiece
			Compresor nº1 aire comprimido
			Compresor nº2 aire comprimido
			Compresor nº3 aire comprimido
			Compresor nº4 aire comprimido
			Central de vacío (despiece)
			Central de vacío (hamburguesas)
			Central de vacío (arreglos)
			Cuadro sala despiece
			Cuadro depuradora
			Cuadro oficinas planta baja
Cuadro Siemens zona Piking			
Cuadro congelación			
Siemens A-70			
Cuadro KJ-1			
Cuadro sala máquinas y mantenimiento			
Nave elaborados			
PM 820	Central de medida de consumo y calidad eléctrica	2	C.G.B.T. de Cuadros de frío
			C.G.B.T. de CT2
ION 7650	Central de medida de consumo y calidad eléctrica (CLASE A)	1	Acometida general
PM8ECC	Pasarelas de comunicación (módulo acoplable a PM820)	2	C.G.B.T. de Cuadros de frío
			C.G.B.T. de CT2
VISIONA	Sistema de monitorización remota	1	dirección web

Una vez implantado el sistema de supervisión de energía eléctrica con Power Meter y ION en la acometida principal mediante red de comunicación TCP/IP, a modo de poder analizar eficazmente toda información facilitada por los medidores instalados (sistema de monitorización), se debe implantar un sistema de gestión de energía.

**A continuación se expone un extracto de las mejoras que supone implantar un sistema de supervisión y análisis de energía eléctrica (sistema de gestión de la energía eléctrica):**

Con un sistema de supervisión y análisis implantado en una instalación, se estará preparado para iniciar el proceso de mejora. Se deberán enfocar los esfuerzos hacia tres objetivos principales: ahorro de energía, mejoras en la productividad y mejoras en la fiabilidad de la instalación.

### **a) Ahorro de energía**

Los ahorros de energía generalmente se centran en el control de la demanda. Con el nuevo sistema de análisis permanente, se pueden atacar los costes de energía desde un nuevo flanco. Por ejemplo:

- Permitirá asignar los costes energéticos a cada departamento, en base a su consumo de energía real y a su potencia demandada. De esta forma, por medio del “software”, se podrá crear un informe en una hoja de Excel o Lotus, donde se muestren los kW y kWh consumidos. Si se repite este informe cada mes, se podrá saber como evoluciona el consumo de cada departamento.
- Permitirá evaluar y controlar los recargos por maxímetro. Además se identificará a los principales culpables de estos recargos, a tiempo. Estos datos ayudarán en las inversiones en recortes de pico automáticos y en esquemas de descarga de consumos.
- Permitirá contrastar las facturas de la compañía con los datos obtenidos, ya que, en ocasiones, aparecen errores.
- Finalmente, se podrá situar en una buena posición a la hora de negociar las tarifas con la compañía.

### **b) Mejoras en la productividad**

Las mejoras en la productividad se centran en mejorar la eficiencia de los equipos y del mantenimiento, y en mejorar la calidad de la energía. A partir de la información del estudio realizado en el primer paso y, con el sistema de análisis y supervisión, se podrá:

- Mejorar la eficiencia de los equipos.
- Mejorar la eficiencia del mantenimiento.
- Mejorar la calidad de la energía. Con las capturas de onda de los sucesos problemáticos y las condiciones estables, se estará en posición de tomar decisiones sobre el presupuesto dedicado a la calidad de la energía.

### **c) Mejoras en la fiabilidad**

Las mejoras asociadas a la fiabilidad de las instalaciones se incluirán en el estudio de fiabilidad incluido en capítulo aparte en este documento.

**d) Análisis Interno:**

Este análisis puede ser realizado por las organizaciones que disponen de recursos a través de algún sistema informático que recoja y almacene los datos. A partir de los estos datos, identificar oportunidades de mejora y realizar planes de acción correctivos y/o preventivos.

**e) Análisis Externo:**

Apropiado para aquellas organizaciones que no disponen de (o no desean emplear) recursos e infraestructura necesaria para realizar el análisis de la información recogida, y desean que mediante un asesoramiento externo se ayude a detectar oportunidades de mejora, emitiendo informes periódicos (semanales, mensuales, anuales,...) en los que se presente el estado de la instalación y aquellas recomendaciones de mejora continua necesarias para el óptimo funcionamiento de la instalación. Este análisis puede servir también como complemento al interno. Mientras el análisis mediante el SMS en tiempo real lo realiza personal experto de la organización, el permite visualizar los datos más relevantes de consumos energéticos (no sólo eléctricos) y su relación con otros datos e indicadores de negocio de la empresa por parte de personal no especializado a través de cualquier navegador web y acceso a internet.

**Resultados de ahorro:**

Según el estudio realizado se aportan los siguientes resultados de ahorro estimados:

- El ahorro energético detectado es de 409.411 kWh (1) para el primer año, equivalente a 36.600 € de ahorro anual.
- El ahorro energético potencial puede llegar a 1.262 MWh (2) equivalente a 103.500€ una vez implantado un sistema de gestión energética que permita la reducción progresiva del consumo energético mediante la detección de nuevas oportunidades de mejora con el sistema de supervisión.
- La inversión del sistema tiene un valor estimado de 60.600€ para la propuesta recomendada.

<b>Optimización energética</b>	
Consumo actual estimado (MWhe)	21.038,4
Consumo futuro previsto (MWhe)	20.592,1
<b>Ahorro energético (MWhe)</b>	<b>409.411</b>
<b>Reducción emisiones (TnCO2)</b>	<b>165,1</b>

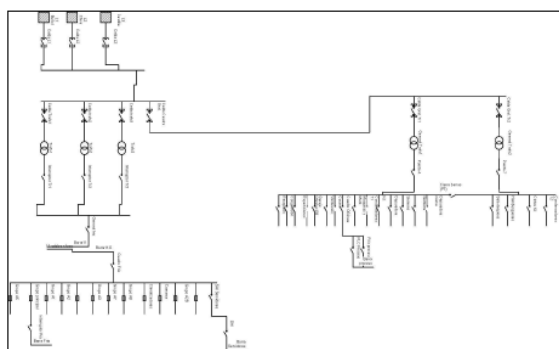
- (1) Valor resultante de la suma de los ahorros detectados mediante la campaña de medidas realizada durante la inspección de la auditoría energética (ver ficha de acción nº 6.2 y nº7 sobre reducción de consumo residual en instalación de aire comprimido y centrales de vacío). Dichas oportunidades requieren de la monitorización de un sistema de medida para mantener el control sobre las acciones que se lleven a cabo para reducir o suprimir dichos consumos residuales.
- (2) Valor estimado sobre la hipótesis de ahorro de un 2% sobre el consumo total, el primer año. El potencial de ahorro está directamente relacionado con la implicación del gestor energético o responsable del sistema en la detección de oportunidades de ahorro mediante dicho sistema de supervisión.

Ficha de Acción Nº. 3 :		Reducción de pérdidas por mejora en distribución eléctrica de CT1 a cuadros generales de frío	
Oportunidad de Ahorro	Ahorros estimados (k€/año)	Inversión estimada (k€)	ROI (años)
Nº.3	2,5	-	-
<b>Total</b>	<b>2,5</b>	-	-

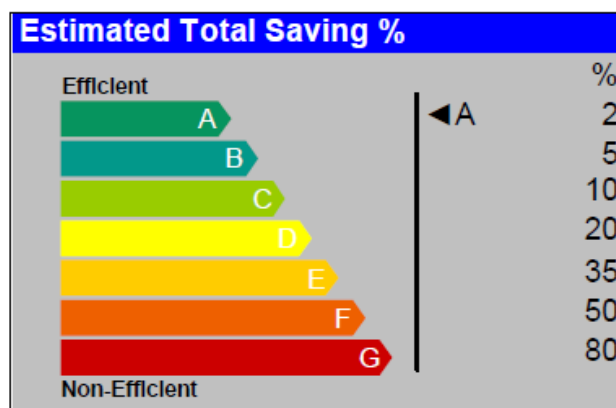
**Descripción:**

• La fábrica dispone en la actualidad de dos centros de transformación, C.T.1 y C.T.2. Dos acometidas principales independientes alimentan la fábrica desde C.T.1, desde este centro de transformación se alimenta a C.T.2 en media tensión y en baja tensión al C.G.B.T. de grupos de frío y a la 'Nave Elaborados'.

• C.T.1 se compone de 3 trafos de aceite de 1.250 kVA en paralelo y C.T.2 de 2 trafos de aceite de 2.500 kVA, estos últimos se encuentran conmutados.



**Calificación energética actual**



**Oportunidades de Ahorro**

**Acción Nº 1: Reducción de pérdidas por mejora en distribución eléctrica desde CT1 a futura CT1-Servicios**

**Descripción:**

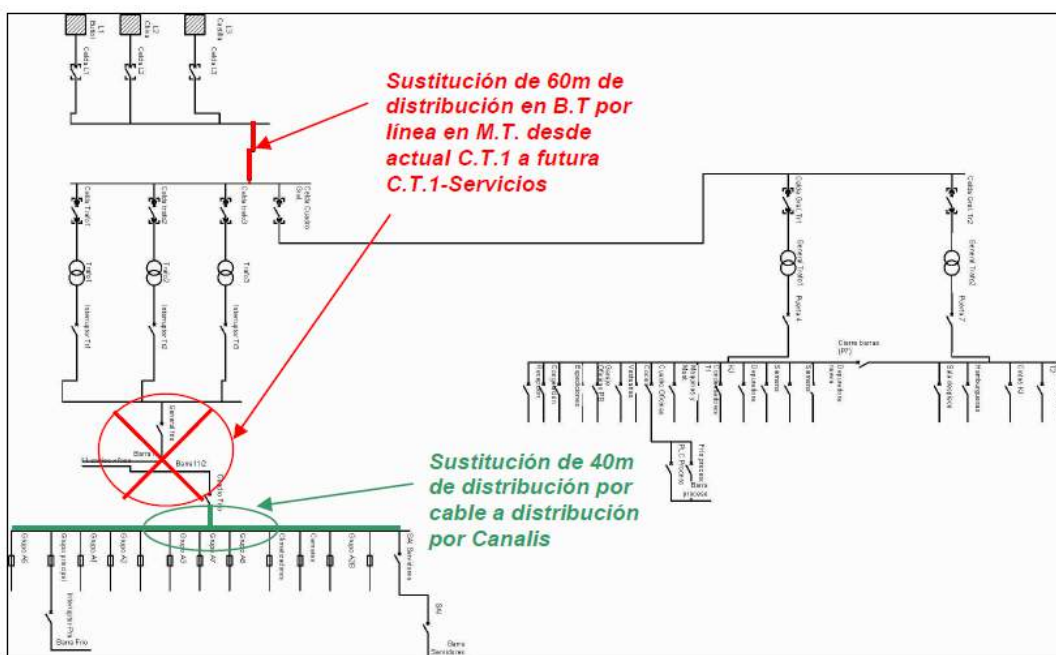
La propuesta consiste en la evaluación del impacto en cuanto a **pérdidas energéticas por efecto joule** derivadas del proyecto de modificación de instalación previsto. Dicho proyecto tiene por objeto mejorar la alimentación y distribución de las líneas eléctricas principales a fin y efecto de mejorar el rendimiento de la instalación tanto a nivel energético como por cuestiones de fiabilidad y garantía de suministro en previsión de una futura ampliación.

Se prevé sustituir los transformadores del actual centro de transformación (CT1) por otros que irían emplazados en dos centros de transformación, el primero, CT1 Servicios más próximo a los cuadros generales de los grupos de frío. El segundo, CT2-Producción, estaría situado en la zona de ampliación prevista en un futuro. CT1-Servicios y CT2-Producción estarían conectados por una línea de M.T, y estos a su vez estarían alimentados por dos acometidas procedentes del actual CT1.



Esta modificación lleva implícita la sustitución de 60m de línea en B.T. por M.T. a 20kV y cable unipolar de 400mm<sup>2</sup> de sección. Actualmente la línea en B.T. que conecta el CT1 con el C.G.B.T. de los grupos de frío está compuesta por 22 cables por fase. Estos cables son de aluminio de 240 mm<sup>2</sup>. Así mismo, se propone la opción de sustituir 40m de distribución por cable por Canalis, desde el futuro centro de transformación CT1-Servicios que iría situado en la planta baja, hasta los cuadros generales de los grupos de frío situados en la planta 1.

En el siguiente esquema puede apreciarse de forma gráfica la parte de la instalación eléctrica que esta prevista sustituir:





La siguiente figura es una fotografía de detalle del tipo de cable empleado actualmente en el tramo estudiado.



En la tabla adjunta aparecen las características del tipo de cable empleado en el tramo de distribución en B.T. :

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>							
<b>DIMENSIONES, PESOS Y RESISTENCIAS (aproximados)</b>							
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Espesor de aislamiento mm	Diámetro exterior mm	Peso total kg/km	Resistencia del conductor a 20 °C Ω/km	Intensidad admisible (1) A	Caída de tensión V/A km (2)	
						cos φ = 1	cos φ = 0,8
1 x 0.5	0,6	2.1	9	39	-	85,79	68,76
1 x 0.75	0.6	2.3	11	26.5	-	58,39	46,83
1 x 1	0,6	2.8	14	19.5	-	43,13	34,62
1 x 1.5	0.7	3.4	20	13.3	15	28,84	23,22
1 x 2.5	0.8	4.1	32	7.98	21	17,66	14,25
1 x 4	0.8	4.8	46	4.95	27	10,99	8,91
1 x 6	0.8	5.3	65	3.30	36	7,34	5,99
1 x 10	1.0	6.8	111	1.91	50	4,36	3,59
1 x 16	1.0	8.1	164	1.21	66	2,74	2,29
1 x 25	1.2	10.2	255	0.78	84	1,73	1,48
1 x 35	1.2	11.7	351	0.554	104	1,25	1,09
1 x 50	1.4	13.9	520	0.386	125	0,92	0,84
1 x 70	1.4	16	700	0.272	160	0,64	0,61
1 x 95	1.6	18.2	920	0.206	194	0,46	0,46
1 x 120	1.6	20.2	1130	0.161	225	0,36	0,38
1 x 150	1.8	22.5	1410	0.127	260	0,29	0,33
1 x 185	2.0	20.6	1770	0.106	297	0,26	0,28
1 x 240	2.2	28.4	2300	0.0801	350	0,18	0,24

Para el tramo de distribución en M.T. se indica en la tabla adjunta el cable seleccionado:

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 90 °C en Ω/km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	<b>0.403</b>	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	<b>0.262</b>	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	<b>0.161</b>	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	<b>0.102</b>	-	-
500	0.051	0.084	-	-

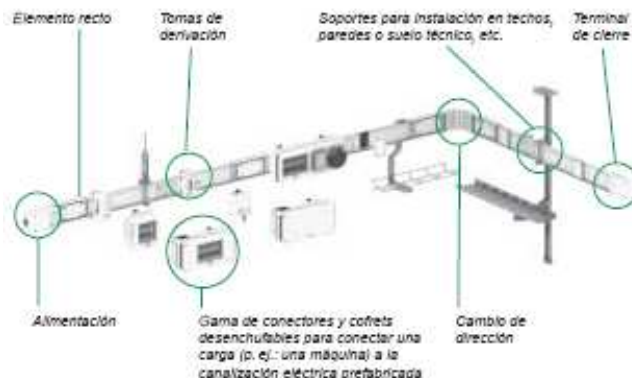
Para el cálculo de ahorro se han tomado los valores de intensidad cuarto-horarios de la curva de carga de compañía. El ahorro energético resulta de calcular la diferencia de potencia disipada en el cable por efecto Joule, entre la distribución en B.T. y en M.T. según la fórmula:

$$P = n \cdot R_E \cdot I^2$$

$R_E$  representa la resistencia óhmica del cable [ $\Omega/m$ ];  
 $R_T$  la resistencia térmica del ambiente que le rodea [ $^{\circ}C \cdot m/W$ ];  
 $n$  es el número de conductores activos con carga en la línea (3 en el caso de circuitos trifásicos y 2 en monofásico).

**El ahorro energético para el tramo de 60m en M.T. se estima en 23.613,5 kWh.**

En la misma línea se ha evaluado el ahorro en la sustitución de 40m de distribución en B.T. desde el futuro centro de transformación hasta la ubicación de los C.G.B.T. de los grupos de frío, en este caso por Canalis (canalización prefabricada).



La canalización prefabricada está concebida para la distribución de potencia (de 40 a 5.000 A) e iluminación.

Usado para el transporte y distribución de energía eléctrica, los sistemas de canalización prefabricada tienen todos los elementos necesarios para el ensamblaje: conectores, elementos rectos, cambios de dirección, fijaciones para instalación, etc. Las tomas de derivación se encuentran en intervalos regulares que hacen que la potencia esté disponible en todos los puntos de la instalación. Debido a su gran diversidad, puede distribuir alimentación eléctrica desde un transformador de media tensión/baja tensión directamente a las ubicaciones de carga individuales.

Para las aplicaciones desde el transformador al CGBT. la instalación de la canalización prefabricada se puede considerar permanente y es poco probable que se modifique. No existen puntos de acoplamiento. Se utiliza frecuentemente para recorridos cortos y casi siempre para intensidades superiores a 1.600/2.000 A, es decir, cuando el uso de cables paralelos imposibilita la instalación. Canalis también se utiliza entre el CGBT y los cuadros de distribución situados aguas abajo

admitiendo corrientes de funcionamiento comprendidas entre 1.000 y 5.000 A, y ofreciendo una resistencia a cortocircuitos de hasta 150 kA.

Para ello se considera una disminución en las pérdidas por distribución del 40% sobre la distribución actual. El ahorro resulta de la aplicación de este dato de ahorro específico sobre la potencia disipada de la distribución actual a partir de los datos de potencia cuarto-horaria de la curva de carga de compañía.

**El ahorro energético para el tramo de 40m por Canalis se estima en 6.372,6 kWh.**

Los resultados de ahorro energético figuran en la tabla adjunta:

<b>Optimización energética</b>	
Consumo actual estimado (MWhe)	21.038,4
Consumo futuro previsto (MWhe)	21.008,4
<b>Ahorro energético (kWhe)</b>	<b>29.986</b>
<b>Reducción emisiones (TnCO2)</b>	<b>11,1</b>

El ahorro económico derivado de la mejora resulta de 2.458,9€.

### 3.1.2 INSTALACIÓN DE FRÍO INDUSTRIAL

Ficha de Acción Nº. 4 :		Optimización de la regulación de capacidad en compresores frigoríficos	
Oportunidad de Ahorro	Ahorros estimados (k€/año)	Inversión estimada (k€)	ROI (años)
Nº. 4.1	16,5	50,4	3,0
Nº. 4.2	14,8	58,6	4,0
<b>Total</b>	<b>31,3</b>	<b>109,0</b>	<b>3,5</b>

#### Descripción

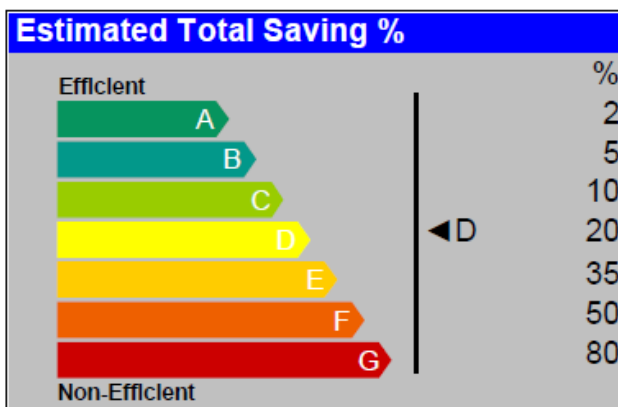
• La central frigorífica de la fábrica se compone de nueve compresores frigoríficos tipo tornillo que utilizan amoníaco (NH<sub>3</sub>) como refrigerante que se distribuye por tres líneas principales. La **Línea Nº1 a -40°C** de evaporación asociada a los túneles de congelación. **Línea Nº2 a -33°C** de evaporación para procesos de tratamiento de carnes y cámaras de congelación. Y **Línea Nº3 a -15°C** de evaporación para cámaras y áreas climatizadas de procesamiento de carnes.

Denominación (ID)	Marca	Modelo	Refrigerante	Presión evaporación (°c)	Presión condensación (°c)	Potencia nominal (Kw)	Caudal de descarga (m3/h)
A9/C9	MYCOM	250VLD	NH <sub>3</sub>	-40	35	400	2.400
A1/C1	MYCOM	250VSD	NH <sub>3</sub>	-40	35	250	1.600
A2/C2	MYCOM	250VSD	NH <sub>3</sub>	-40	35	250	1.600
A3/C3	MYCOM	160VMD	NH <sub>3</sub>	-33	35	90	527
A4/C4	MYCOM	160VMD	NH <sub>3</sub>	-33	35	90	527
A5/C5	MYCOM	250VMD	NH <sub>3</sub>	-15	35	400	2.010
A6/C6	MYCOM	250VMD	NH <sub>3</sub>	-15	35	400	2.010
A7/C7	MYCOM	250VMD	NH <sub>3</sub>	-15	35	400	2.010
A8/C8	MYCOM	250VMD	NH <sub>3</sub>	-15	35	400	2.010

• La **regulación automática de la capacidad** se realiza mediante una función integrada PID (proporcional, integral, derivada) que modifica la ubicación de la **corredera mecánica** integrada en el compresor a fin de adaptar la relación volumétrica de compresión (Vi) a las condiciones de trabajo existentes (carga térmica) que se determinan a partir de la variación de la presión de aspiración (succión) de los compresores.



#### Calificación energética actual

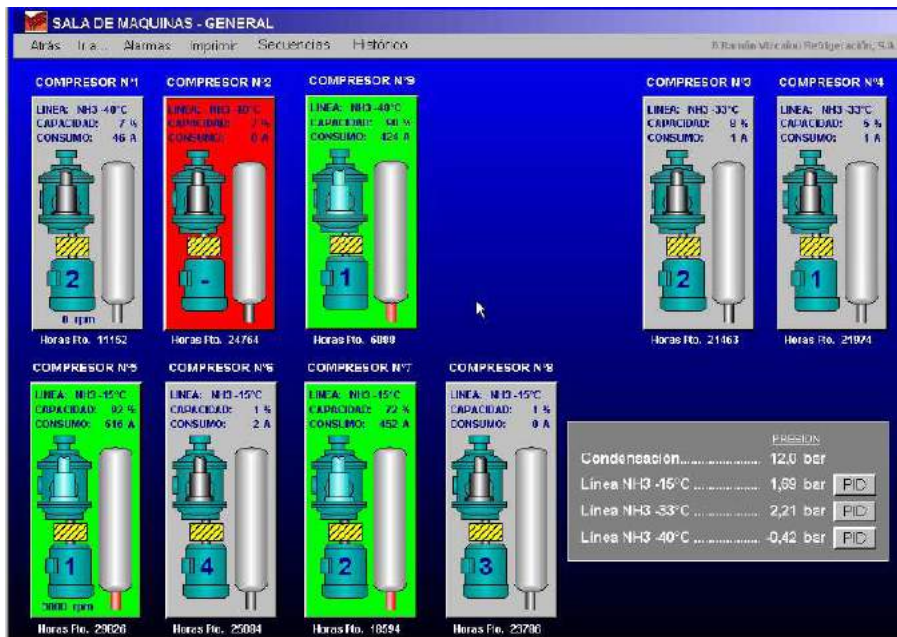


**Oportunidades de ahorro**

**Acción N°4: Optimización de la regulación de capacidad en compresores frigoríficos.**

**Descripción:**

Tal y como se mencionó anteriormente la regulación automática de la capacidad de los compresores frigoríficos se realiza mediante una función integrada PID (proporcional, integral, derivada) que modifica la ubicación de la corredera mecánica que posee cada uno de los compresores a fin de adaptar la relación volumétrica de compresión ( $V_i$ ) a las condiciones de trabajo existentes (carga térmica). La carga térmica se determina a partir de la variación de la presión de aspiración (presión de evaporación) de los compresores. La variación de la corredera incide directamente en la cantidad de gas refrigerante impulsado haciendo recircular parte del refrigerante aspirado antes de ser comprimido, con lo que se reduce notablemente el consumo energético asociado.



En la tabla adjunta se muestran las características técnicas de los equipos para los datos de operación específicos de los distintos circuitos de frío:

Denominación (ID)	Línea	Potencia frigorífica nominal (Kw)	Potencia absorbida nominal (Kw)	cos fi	V	Capacidad media anual (%)	Horas de funcionamiento anual (h)
A9/C9	NH <sub>3</sub> - 40°C	347,2	394,3	0,84	408	82,0	74,9
A1/C1		227,8	268,5	0,91	408		85,0
A2/C2		227,8	268,5	0,91	408		84,5
A3/C3	NH <sub>3</sub> - 33°C	110,4	88,6	0,77	408	75,9	77,5
A4/C4		110,4	88,6	0,77	408		74,0
A5/C5	NH <sub>3</sub> - 15°C	1.108,9	336,0	0,90	408	62,92	70,8
A6/C6		1.108,9	336,0	0,89	408		61,3
A7/C7		1.108,9	336,0	0,89	408		55,8
A8/C8		1.108,9	336,0	0,89	408		52,2

Los valores de tensión y factor de potencia han sido extraídos de las mediciones realizadas durante la fase de inspección. Los valores de potencia frigorífica se han obtenido a partir de la aplicación informática del fabricante Mycom para los siguientes valores medios de operación de los distintos circuitos de frío:

**Circuito amoniaco -40°C:**

Paspiración: 0,61 bar  
 Pcondensación: 12,40 bar

**Circuito amoniaco -33°C:**

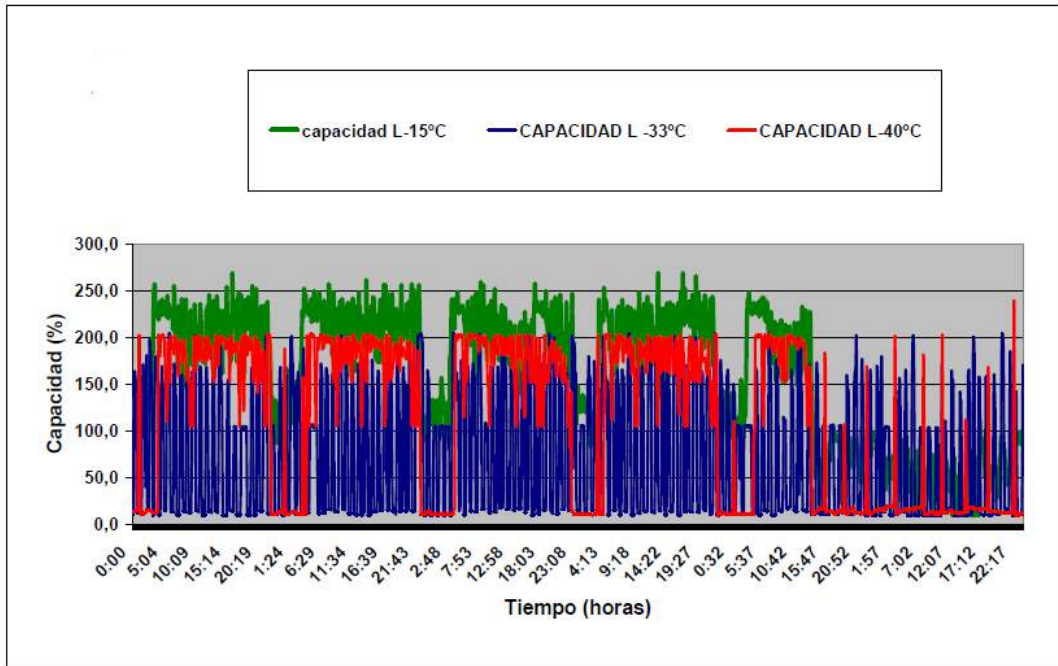
Paspiración: 1,20 bar  
 Pcondensación: 12,60 bar

**Circuito amoniaco -15°C:**

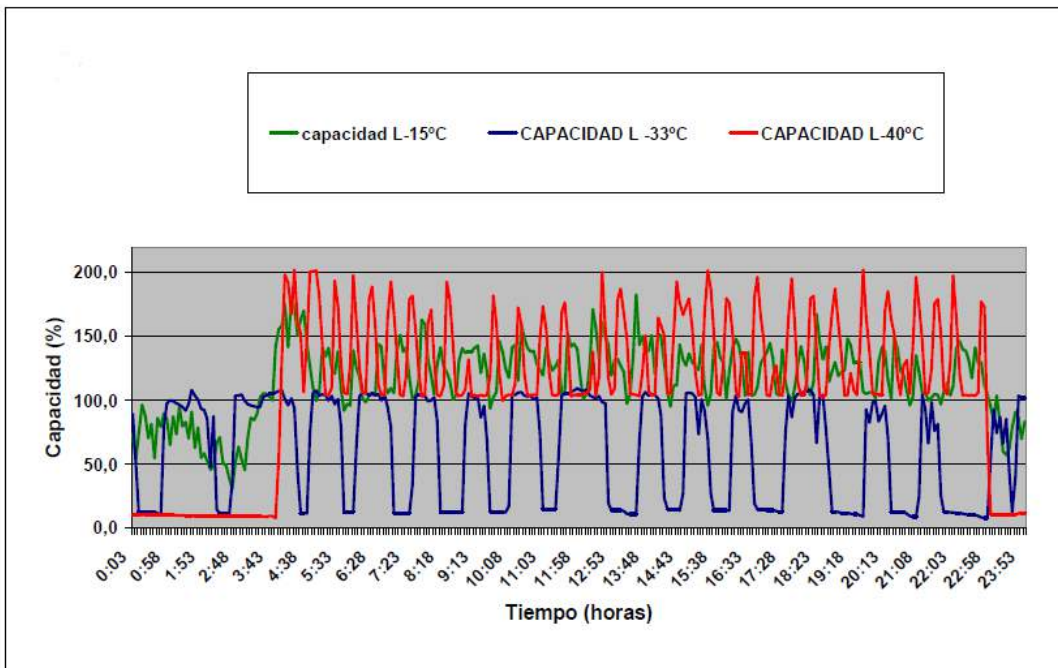
Paspiración: 2,35 bar  
 Pcondensación: 12,20 bar

En la anterior tabla se puede apreciar como el trabajo entre los distintos compresores de un mismo circuito se encuentra bastante repartido. Este hecho junto con el número de horas de trabajo anual que se encuentra limitado, ya que la instalación trabaja a dos turnos y no a tres, condiciona el retorno de inversión para una solución de variación de velocidad general.

En el siguiente gráfico se muestra de forma gráfica el perfil de operación de los diferentes grupos de compresores, durante unos días de la primera semana de julio (07-12/07/2009):

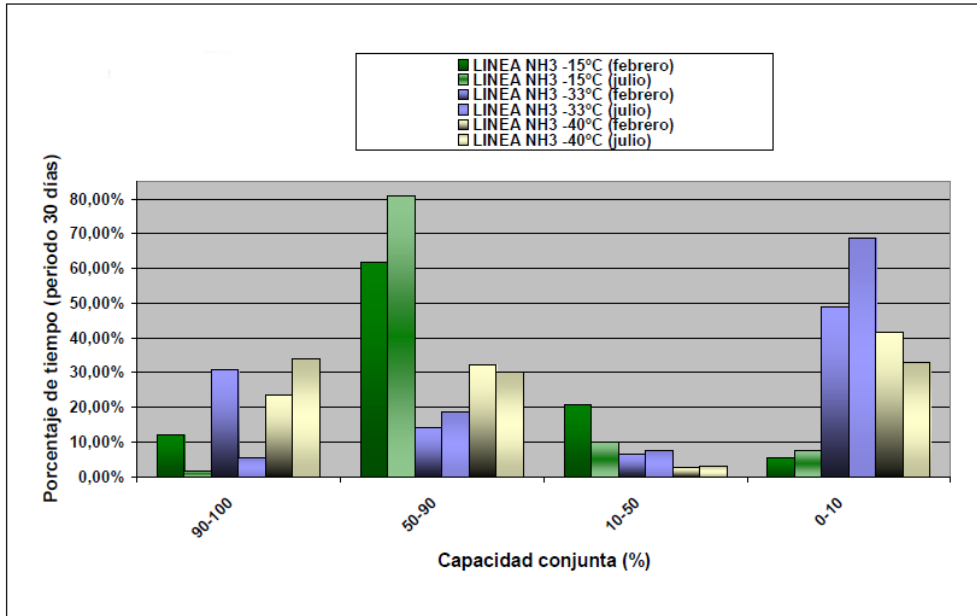


Seguidamente el mismo perfil de operación, con mayor detalle, para un día tipo de febrero (26/02/2009):

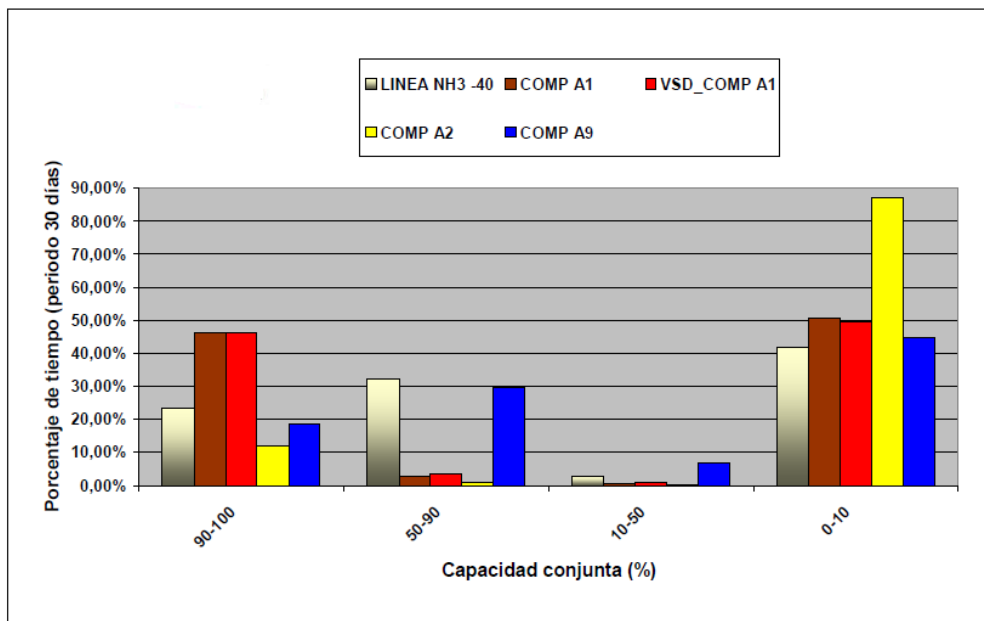




Estos gráficos obtenidos de los datos de operación del scada de instalaciones ayudan a visualizar el modo de operación y el nivel de capacidad medio de la instalación. Según el análisis de capacidad realizado los resultados para los distintos circuitos son los siguientes:



Para el circuito a -40°C el análisis de capacidad para los 3 compresores es el siguiente:

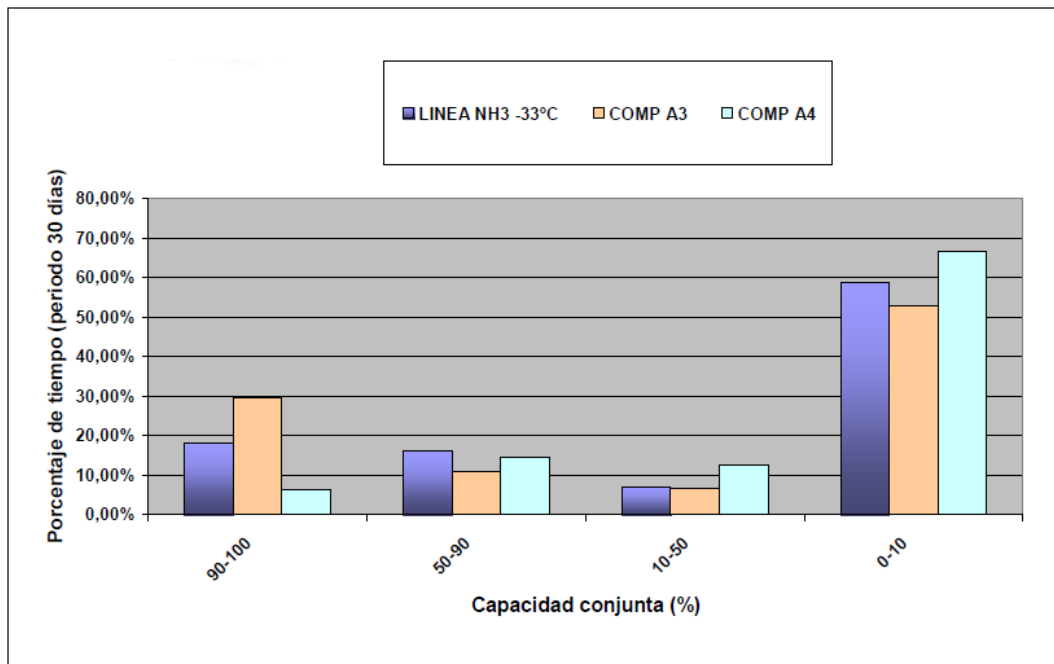


En el gráfico anterior, las columnas rojas, indican el porcentaje de tiempo al que esta a un determinado porcentaje (de capacidad) sobre las revoluciones nominales del compresor, a diferencia del resto de columnas que el eje de capacidad conjunta indica la posición media en la que se encuentra la corredera y por tanto el porcentaje de carga medio del compresor.

A tenor de los resultados resulta fácil apreciar como sólo **el compresor A9 presenta oportunidad en cuanto a regulación de capacidad mediante variación de velocidad (VSD)**, ya que el resto de compresores, incluido el compresor A1, que ya dispone de VSD, se encuentran la práctica totalidad del tiempo por encima del 90% o detenidos, por lo que limita en gran medida el retorno en la inversión de una solución de este tipo desde el punto de vista energético.

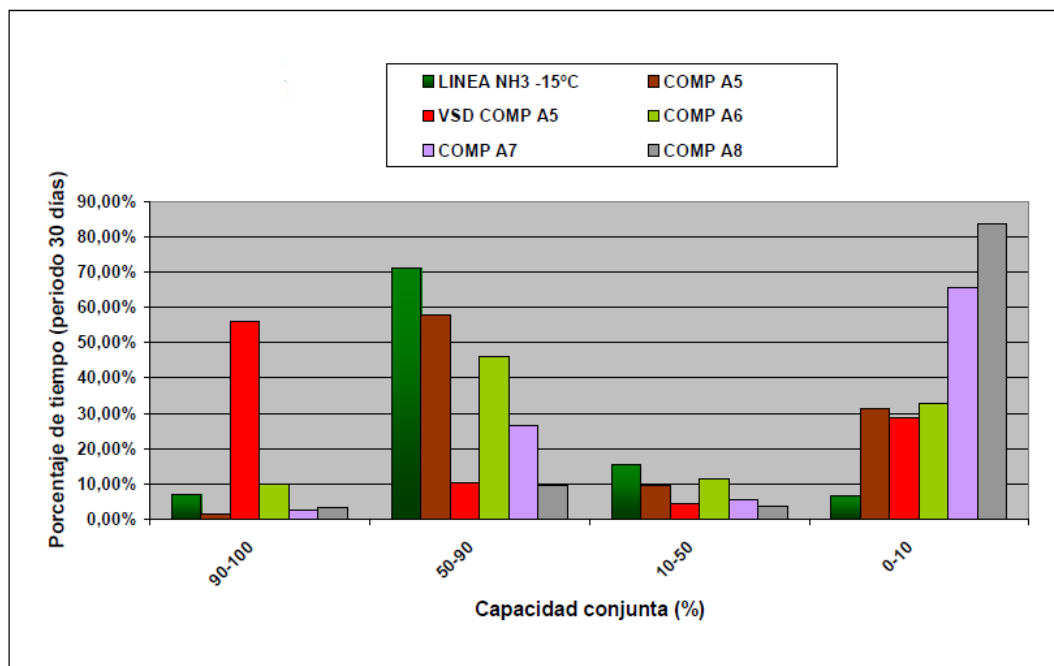
Conviene apuntar que durante el análisis se aprecia que la regulación de capacidad en el compresor A1 se realiza principalmente por corredera, tal y como puede apreciarse en el gráfico anterior, la regulación de capacidad por variación de velocidad (columna roja) se da de forma muy puntual y en breves periodos de tiempo, resultando que el 95% del tiempo el compresor se encuentra parado o por encima del 90% de las revoluciones nominales del compresor.

En el caso del circuito a -33°C el histograma de capacidad es el siguiente:



Si bien se puede apreciar que más del 20% del tiempo los compresores de este circuito se encuentran a carga parcial, lo cierto es que casi el 60% del tiempo se encuentran parados, por lo que no resulta viable económicamente la solución de regulación de capacidad por variación de velocidad desde el punto de vista estrictamente de ahorro energético, a pesar de ello pueden haber otras razones técnicas y de fiabilidad que sí lo justifiquen.

Para el circuito a -15°C, el análisis de capacidad para los 4 compresores arroja los siguientes resultados:



Como en el caso del compresor A1, el compresor A5 se encuentra durante más del 85% del tiempo detenido o funcionando por encima del 90% (columnas rojas) del régimen nominal del compresor (3.000 r.p.m.), a pesar de ello, en el mismo porcentaje de tiempo se encuentra entre el 50 y el 90% de capacidad (columnas marrones), hecho que indica que la regulación la realiza por corredera la práctica totalidad del tiempo, funcionando la variación de velocidad de forma puntual. Este último punto indica que probablemente los variadores de velocidad tanto en el caso de A1 como de A5 parecen estar programados principalmente para los arranques, y no para regular la capacidad según criterios de eficiencia energética.

El dato a destacar es que el conjunto de los compresores se encuentra a una media del 70% del tiempo entre el 50 y el 90% de capacidad, hecho que apunta a una clara oportunidad de ahorro energético para la solución de ahorro propuesta.

Los resultados de ahorro energético para el conjunto de las dos acciones, 4.1 y 4.2, figuran en la tabla adjunta:

<b>Optimización energética</b>	
Consumo actual estimado (MWhe)	2.764,1
Consumo futuro previsto (MWhe)	2.377,9
<b>Ahorro energético (kWhe)</b>	<b>386.229</b>
<b>Reducción emisiones (TnCO2)</b>	<b>142,9</b>

El ahorro económico derivado de la mejora resulta de 31.300 € anuales.

La inversión necesaria para llevar a cabo esta acción resulta de 109.000 €.

El periodo de retorno simple de la inversión se estima en 3,5 años.

## Ficha de Acción Nº 4.1 – Instalación de variador de velocidad en compresor A6 de central de frío

### Hipótesis de cálculo:

Para el cálculo de ahorro para la solución de variación de velocidad en el compresor nº 6, se considera el histograma anterior para determinar el nº de horas a la que funciona a un determinado grado de capacidad así como los valores de COP para los mismos porcentajes de capacidad obtenidos de los datos del fabricante, el resultado de los cuales es el siguiente:

COMP. A6		Pot. Abs. (kW)	Pot. frigoríf. (kW)	COP (sin VSD)	Pot. Abs. VSD (kW)	COP (VSD)	Ahorro específico	Ahorro estimado (kWh)
Capacidad (%)	Tiempo							
95-100	0,00%	313,20	1.230,8	3,93	322,60	3,82	2,00%	0
90-95	9,97%	299,70	1.144,4	3,82	299,52	3,79	0,69%	1.800
85-90	7,24%	290,40	1.083,7	3,73	283,25	3,77	-0,98%	-1.808
80-85	12,57%	281,30	1.023,5	3,64	267,00	3,74	-2,78%	-8.627
75-80	7,08%	272,20	963,2	3,54	250,70	3,71	-4,73%	-7.992
70-75	5,99%	263,30	902,5	3,43	234,40	3,68	-6,94%	-9.591
65-70	3,98%	254,30	840,9	3,31	218,15	3,65	-9,37%	-8.301
60-65	2,92%	245,20	777,9	3,17	201,88	3,61	-12,10%	-7.580
55-60	2,42%	222,90	684,6	3,07	185,60	3,57	-13,85%	-6.554
50-55	3,90%	215,00	638,6	2,97	169,40	3,51	-15,48%	-11.379
45-50	2,22%							
40-45	1,32%							
35-40	1,46%							
30-35	1,40%	149,50	343,9	2,30	118,00	2,51	-8,37%	-12.408
25-30	1,31%							
20-25	1,39%							
15-20	1,09%							
10-15	1,14%							
0-10	32,61%	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0

El resultado de ahorro energético para este compresor es de 72.438 kWh, para la estimación del ahorro total se cuenta con el ahorro obtenido mediante la suma de los ahorros del resto de compresores del circuito, ya que se parte de la hipótesis de que el compresor con variación de velocidad se mantendría en cola regulando la capacidad del circuito y el resto podría mantenerse en niveles de capacidad del 100% maximizando el COP de todos los compresores.

El análisis de ahorro realizado para el resto de compresores es el que sigue:

Compresor A5: 62.865 kWh

Compresor A6: 72.438 kWh

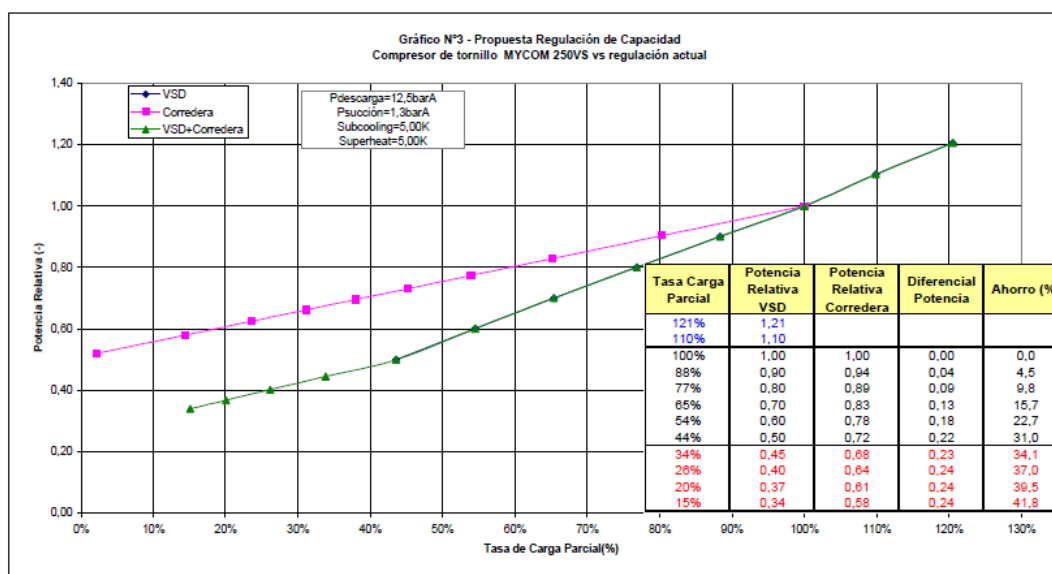
Compresor A7: 45.804 kWh

Compresor A8: 25.663 kWh

**El ahorro energético total para el compresor A6 regulando la capacidad del circuito de -15°C, es de 201.707 kWh. Un total de 16.540€ anuales.**

Si bien como se ha apuntado anteriormente el número de horas de funcionamiento es un factor limitante, es posible mantener a un compresor funcionando un número de horas que permita maximizar el ahorro energético.

A tenor del análisis de capacidad realizado se propone optimizar la gestión de capacidad del compresor A6 del circuito de amoniaco a  $-15^{\circ}\text{C}$ , integrando un variador de velocidad y gestionando la regulación de corredera en conjunto con la variación de velocidad en función de la presión de aspiración (evaporación) de forma de que el sistema pueda operar según el gráfico siguiente:



Como se puede observar tanto en la gráfica, y más claramente en la tabla, a lo largo del rango de regulación (100% a 44%), límites impuestos por las condiciones de trabajo del motor/compresor (lubricación y ventilación) establecidas por el fabricante respecto a la velocidad de giro (2950rpm a 1475rpm), se pueden alcanzar ahorros de hasta un 31%. Igual es de destacar que para el rango superior de regulación (100% a 80%) el control de capacidad por medio de la corredera actúa de forma similar a las condiciones de la variación de velocidad, con la consiguiente reducción en las oportunidades de ahorro energético.

Otro aspecto a destacar es que con la opción de variación de velocidad se puede ampliar el rango de trabajo hasta alcanzar la máxima velocidad de giro permitido por el fabricante (consideraciones mecánicas) de 3.540rpm, de esta forma los compresores podrían ampliar su capacidad frigorífica teórica hasta un 120% de la nominal. Esta posibilidad no se puede realizar por medio de la regulación mecánica por corredera.

Los variadores de velocidad serán los adecuados a la potencia del motor del compresor, marca Telemecanique, Modelo ALTIVAR 71 (ATV71HC) o similar. El proyecto implicará integrar señales entrada/salida para regular la electrónica de

los compresores, programación de PLC integrando la rampa de control que se muestra, así como nueva instalación eléctrica para integrar armarios con variadores de velocidad y nuevo cableado eléctrico con las condiciones técnicas requeridas para este tipo de instalaciones.

La inversión requerida para llevar a cabo la mejora se estima en:

40.069,85€ - Armario con variador de velocidad

10.332,47 – Línea de variador a receptor

**La inversión total se estima en 50.400€.**

**El ahorro energético derivado de la mejora se estima en 16.540€.**

**El periodo de retorno de la inversión se estima en 3 años.**



## Ficha de Acción Nº 4.2 – Instalación de variador de velocidad en compresor A9 de central de frío

### Hipótesis de cálculo:

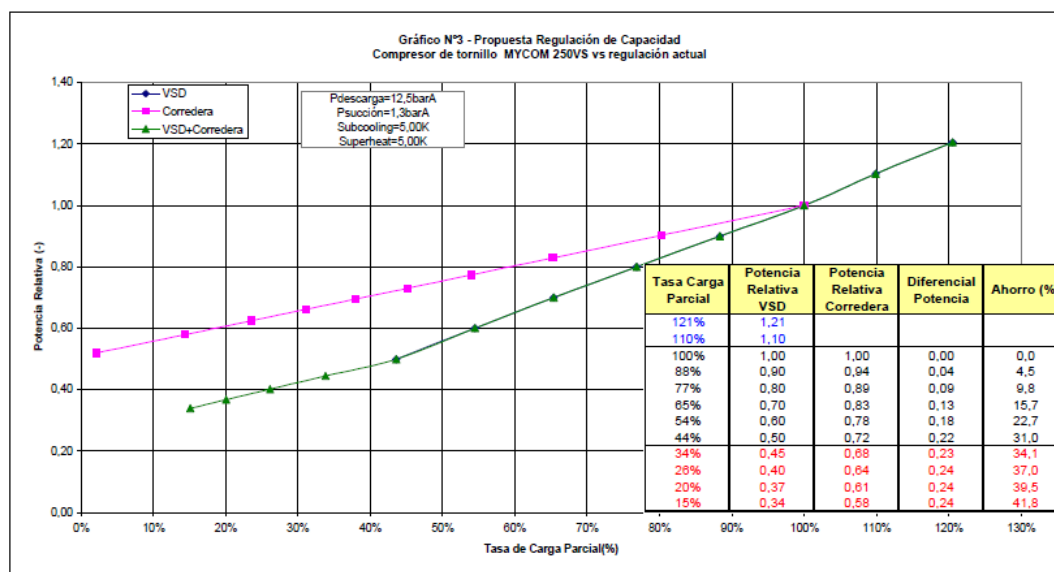
Para el cálculo de ahorro para la solución de variación de velocidad en el compresor nº 9, se considera el histograma anterior para determinar el nº de horas a la que funciona a un determinado grado de capacidad así como los valores de COP para los mismos porcentajes de capacidad obtenidos de la aplicación informática del fabricante, el resultado de los cuales es el siguiente:

COMP. A9		Pot Abs (kW)	Pot frigoríf (kW)	COP (sin VSD)	Pot Abs (kW)	COP (VSD)	Ahorro específico	Ahorro estimado (kWh)
Capacidad (%)	Tiempo							
95-100	13,53%	270,10	403,9	1,50	278,20	1,45	2,00%	6.404
90-95	4,98%	259,00	354,9	1,37	248,84	1,43	-3,92%	-4.429
85-90	4,31%	251,80	323,5	1,28	230,30	1,40	-8,54%	-8.125
80-85	3,89%	245,40	294,8	1,20	213,31	1,38	-13,08%	-10.929
75-80	3,40%	239,50	268,4	1,12	197,55	1,36	-17,52%	-12.513
70-75	2,86%	234,00	243,9	1,04	182,82	1,33	-21,87%	-12.809
65-70	2,44%	229,00	221,1	0,97	169,23	1,31	-26,10%	-12.765
60-65	2,84%	224,30	199,5	0,89	156,04	1,28	-30,43%	-16.979
55-60	2,84%	207,60	164,0	0,79	136,06	1,21	-34,46%	-17.787
50-55	7,07%	204,70	152,1	0,74	131,84	1,15	-35,59%	-45.119
45-50	0,71%							
40-45	0,75%							
35-40	0,74%							
30-35	0,86%							
25-30	0,86%	191,10	95,0	0,50	111,54	0,87	-42,86%	-49.471
20-25	0,87%							
15-20	0,84%							
10-15	1,27%							
0-10	44,95%	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0

**El resultado de ahorro energético para este compresor es de 184.522 kWh.**

A tenor del análisis de capacidad realizado se propone optimizar la gestión de capacidad del compresor A9 del circuito de amoníaco a -40°C, integrando un variador de velocidad y gestionando la regulación de corredera en conjunto con la variación de velocidad en función de la presión de aspiración (evaporación) de forma de que el sistema pueda operar según el gráfico siguiente:





Como se puede observar tanto en la gráfica, y más claramente en la tabla, a lo largo del rango de regulación (100% a 44%), límites impuestos por las condiciones de trabajo del motor/compresor (lubricación y ventilación) establecidas por el fabricante respecto a la velocidad de giro (2950rpm a 1475rpm), se pueden alcanzar ahorros de hasta un 31%. Igual es de destacar que para el rango superior de regulación (100% a 80%) el control de capacidad por medio de la corredera actúa de forma similar a las condiciones de la variación de velocidad, con la consiguiente reducción en las oportunidades de ahorro energético.

Otro aspecto a destacar es que con la opción de variación de velocidad se puede ampliar el rango de trabajo hasta alcanzar la máxima velocidad de giro permitido por el fabricante (consideraciones mecánicas) de 3.540rpm, de esta forma los compresores podrían ampliar su capacidad frigorífica teórica hasta un 120% de la nominal. Esta posibilidad no se puede realizar por medio de la regulación mecánica por corredera.

Los variadores de velocidad serán los adecuados a la potencia del motor del compresor, marca Telemecanique, Modelo ALTIVAR 71 (ATV71HC) o similar. El proyecto implicará integrar señales entrada/salida para regular la electrónica de los compresores, programación de PLC integrando la rampa de control que se muestra, así como nueva instalación eléctrica para integrar armarios con variadores de velocidad y nuevo cableado eléctrico con las condiciones técnicas requeridas para este tipo de instalaciones.

La inversión requerida para llevar a cabo la mejora se estima en:

40.069,85€ - Armario con variador de velocidad

18.546,74 – Línea de variador a receptor

**La inversión total se estima en 58.617€.**

**El ahorro energético derivado de la mejora se estima en 14.761€.**

**El periodo de retorno de la inversión se estima en 4 años.**

Ficha de Acción Nº. 5 :		Instalación de variadores de velocidad en condensadores evaporativos	
Oportunidad de Ahorro	Ahorros estimados (k€/año)	Inversión estimada (k€)	ROI (años)
Nº.5	15,8	24,5	1,5
<b>Total</b>	<b>15,8</b>	<b>24,5</b>	<b>1,5</b>

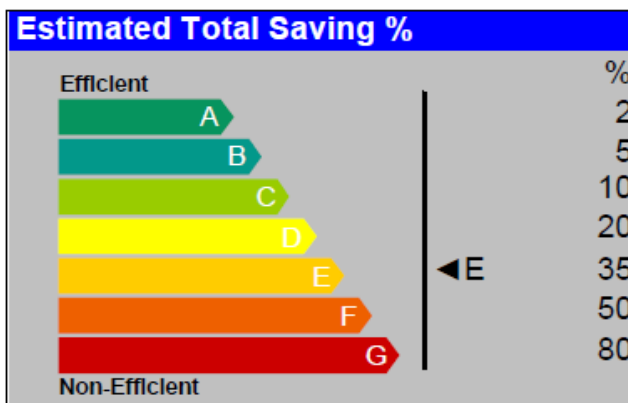
**Descripción**

- La fábrica dispone de 4 condensadores evaporativos marca Evapco, modelo LSCB660, estos condensadores cuentan con dos ventiladores centrífugos de 18,5kW cada uno.
- En la tabla adjunta se indica el modelo y el valor de potencia nominal que es capaz de disipar cada condensador:

LSCB - Centrifugal Fan Models									
Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base	Model No.	kW Base
LSCB-36	155	LSCB-210	904	LSCB-400	1722	LSCB-620	2669	LSCB-950	4090
41	177	225	969	410	1766	625	2691	960	4133
48	207	240	1033	430	1851	650	2798	980	4219
54	232	250	1076	431	1855	660	2841	1000	4305
65	280	280	1205	450	1937	690	2970	1020	4391
70	301	281	1206	460	1980	691	2972	1030	4434
75	323	295	1270	475	2045	720	3100	1060	4563
80	344	300	1292	480	2066	721	3102	1080	4649
90	387	310	1335	490	2109	755	3250	1100	4736
100	431	315	1356	500	2153	770	3315	1120	4822
110	474	330	1421	510	2196	800	3444	1180	5080
120	517	335	1442	515	2217	805	3466	1250	5381
135	581	345	1485	530	2282	820	3532	1310	5640
150	646	355	1528	540	2325	860	3702	1380	5941
155	667	360	1550	550	2368	861	3704	1440	6199
170	732	370	1593	560	2411	900	3875	1510	6501
185	796	385	1657	590	2540	920	3961	1610	6931
200	861	386	1662	591	2544				



**Calificación energética actual**



**Oportunidades de ahorro:**

**Descripción:**

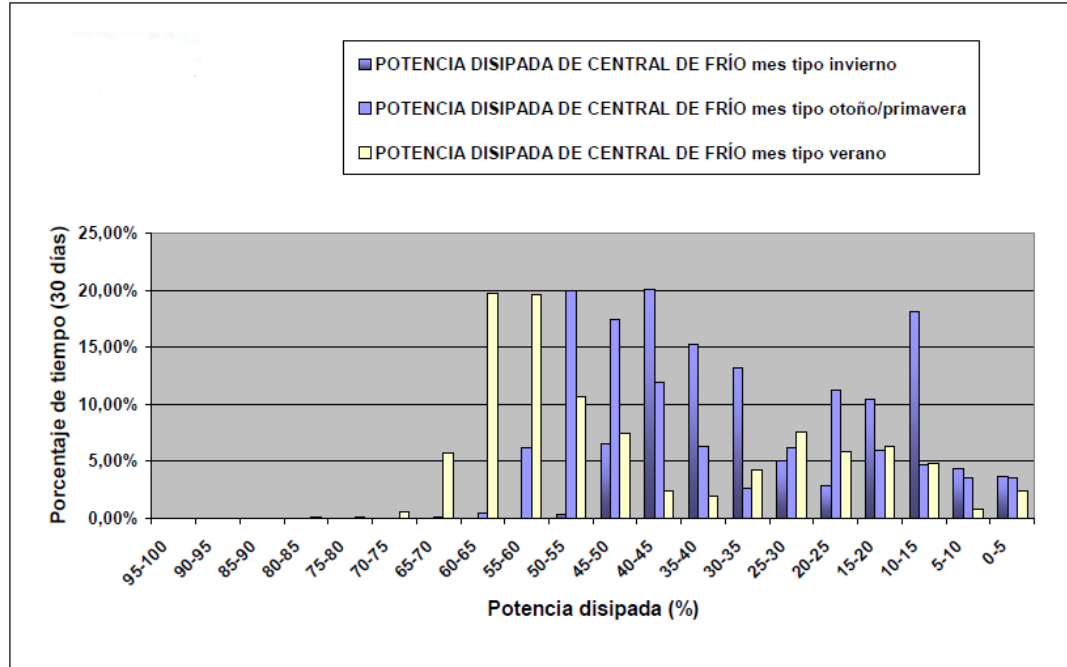
Los condensadores evaporativos instalados actualmente en fábrica no disponen de doble velocidad en los ventiladores y tampoco variación de velocidad, razón por la cual se propone modificar el modo de regulación actual de marcha/parado por regulación de capacidad mediante variación de velocidad mediante un control PID para optimizar el consumo eléctrico de la instalación.

**Hipótesis de cálculo:**

Para determinar la capacidad media de cada condensador evaporativo, para una temperatura media anual del bulbo húmedo de 13°C (Manises), y 35°C de temperatura de condensación. El factor de corrección a aplicar para la potencia base aportada por el fabricante de 2.841 kW para el modelo LSCB-660 es de 0,78. El valor de potencia nominal queda en 2.215 kW, a partir del cual se ha obtenido el siguiente histograma de capacidad conjunta. Un 100% de capacidad resulta de multiplicar 2215 por los 4 condensadores, la potencia máxima media anual estimada que puede disipar la instalación es de 8.830kW.

Condensing Pressure, (KPa)	Cond. Temp. °C	WET BULB TEMPERATURE, °C.																	
		10	12	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1063	30	0,95	1,03	1,12	1,23	1,31	1,40	1,51	1,63	1,79	1,99	2,24	2,56	3,00	—	—	—	—	—
1133	32	0,84	0,90	0,97	1,06	1,12	1,18	1,25	1,32	1,43	1,55	1,70	1,88	2,11	—	—	—	—	—
1206	34	0,76	0,81	0,86	0,93	0,98	1,02	1,07	1,12	1,19	1,28	1,38	1,48	1,61	1,80	2,06	—	—	—
1245	35	0,71	0,76	0,81	0,87	0,91	0,95	0,99	1,03	1,08	1,15	1,23	1,30	1,39	1,53	1,69	1,90	2,15	2,47
1284	36	0,69	0,73	0,77	0,82	0,86	0,89	0,92	0,96	1,01	1,07	1,13	1,20	1,28	1,39	1,53	1,70	1,91	2,17
1365	38	0,63	0,66	0,69	0,73	0,76	0,78	0,81	0,83	0,86	0,90	0,94	0,99	1,05	1,12	1,21	1,31	1,44	1,59
1451	40	0,58	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74	0,76	0,80	0,83	0,87	0,91	0,96	1,02	1,09	1,18	1,29
1539	42	0,53	0,55	0,57	0,60	0,61	0,63	0,64	0,66	0,68	0,71	0,74	0,76	0,80	0,84	0,88	0,93	0,99	1,06
1630	44	0,49	0,50	0,52	0,54	0,56	0,56	0,58	0,59	0,61	0,63	0,65	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79	0,83	0,86

En el siguiente gráfico se muestra un histograma de capacidad para el conjunto de los condensadores evaporativos, a partir del cual se puede apreciar que la central de frío no llega a funcionar un tiempo representativo con los cuatro condensadores evaporativos a la vez.



La potencia disipada se ha obtenido de la suma de los valores de potencia absorbida de los compresores de la central junto con la potencia frigorífica producida por cada uno de ellos. Los valores de potencia han sido obtenidos de los registros de operación del scada de instalaciones de fábrica. Los valores de potencia frigorífica se han extraído por extrapolación de estos mismos datos con el valor de COP promedio de cada uno de los equipos de frío. El análisis se ha realizado sobre valores cada 5 minutos durante un mes julio y un mes de marzo.

Seguidamente se muestra la tabla de resultados de ahorro considerando la potencia absorbida de los principales elementos de la instalación:

Capacidad media	Potencia media (kW)	nº ventiladores	Consumo medio actual (kWh)	Consumo medio c/ VSD (kWh)	Ahorro energético (kWh)
780%	176,3	8,0	0	0	0
740%	168,9	8,0	0	0	0
700%	157,5	7,0	0	0	0
660%	150,1	7,0	122	99	23
620%	142,7	7,0	232	193	39
580%	131,3	6,0	2.350	1.849	501
540%	123,9	6,0	20.835	17.643	3.192
500%	112,5	5,0	66.255	51.965	14.290
460%	105,1	5,0	79.070	55.688	23.383
420%	97,7	5,0	87.952	55.880	32.072
380%	86,3	4,0	79.271	55.669	23.602
340%	78,9	4,0	79.149	49.240	29.909
300%	67,5	3,0	46.157	32.289	13.869
260%	60,1	3,0	35.160	21.250	13.911
220%	52,7	3,0	28.986	18.639	10.347
180%	41,3	2,0	23.923	13.895	10.028
140%	33,9	2,0	22.515	13.742	8.773
100%	22,5	1,0	18.176	12.040	6.136
60%	15,1	1,0	3.876	2.052	1.823
20%	7,7	1,0	2.167	1.167	1.000

Capacidad 100%: ventilador 1 de 18,5kW + bomba 1 de 4kW

Capacidad 200%: ventilador 1 de 18,5kW + ventilador 2 de 18,5kW + bomba 1 de 4kW + bomba 2 de 4kW

Para cada grado de capacidad en el que se encuentren los ventiladores (columna 1) se compara el consumo en modo marcha/paro (proporcional al tiempo de funcionamiento) con el consumo mediante regulación de velocidad (ley de los ventiladores).

**El ahorro energético resultante es de 192.897kWh anuales.**

El modelo de regulación aplicado para el cálculo de ahorro contempla la instalación de 6 variadores de velocidad ATV21 ref. ATV21WD18N4C.



Los resultados de ahorro energético derivado de la propuesta de mejora figuran en la tabla adjunta:

Optimización energética	
Consumo actual estimado (MWhe)	596,2
Consumo futuro previsto (MWhe)	403,3
<b>Ahorro energético (MWhe)</b>	<b>192,9</b>
<b>Reducción emisiones (TnCO2)</b>	<b>71,4</b>

**El ahorro económico derivado de la mejora resulta de 15.818 € anuales.**

**La inversión necesaria para llevar a cabo esta acción resulta de 24.489 €.**

**El periodo de retorno simple de la inversión se estima en 1,5 años.**

### 3.1.3 INSTALACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO INDUSTRIAL

#### Ficha de Acción Nº. 6: Mejora de rendimiento de central de compresores de aire comprimido industrial

Oportunidad de Ahorro	Ahorros estimados (k€/año)	Inversión estimada (k€)	ROI (años)
Nº.6.1	7,0	3,5	0,5
Nº 6.2	22,2	-	-
Nº 6.3	11,6	-	-
<b>Total</b>	<b>40,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

#### Descripción

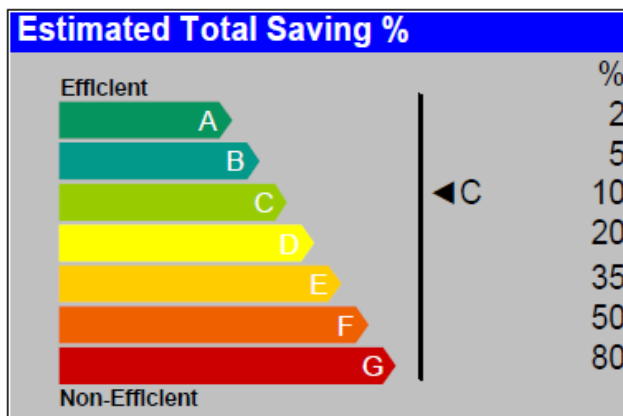
• La fábrica dispone de una central de aire comprimido compuesta por cuatro compresores trabajando de forma centralizada mediante control individual funcionando a diferentes bandas de presión, los compresores se comunican entre ellos en modo maestro-esclavo en función de la demanda existente. La central trabaja a una presión de 6 a 7 bares.

• En la siguiente tabla se indican los equipos que componen la central:

EQUIPO			CARAC. TÉCNICAS		DATOS DE OPERACION			
FABRICANTE	MODELO	COD. EQUIPO	POTENCIA NOMINAL (Kw)	CAUDAL NOMINAL (m <sup>3</sup> /h)	Horas totales	Horas en carga	% CARGA	Regulación
WORTHINGTON-CREYSSENSAC	Rollair 100 A	COMP Nº1	75	882	20.165	17.316	85,9%	maestro/esclavo
WORTHINGTON-CREYSSENSAC	Rollair 100 A	COMP Nº2	75	882	17.372	10.935	62,9%	maestro/esclavo
WORTHINGTON-CREYSSENSAC	Rollair 100 A	COMP Nº3	75	882	24.431	19.001	77,8%	maestro/esclavo
WORTHINGTON-CREYSSENSAC	Rollair 5	COMP Nº4	37	414	n.d.	n.d.	-	comp. reserva



#### Calificación energética actual

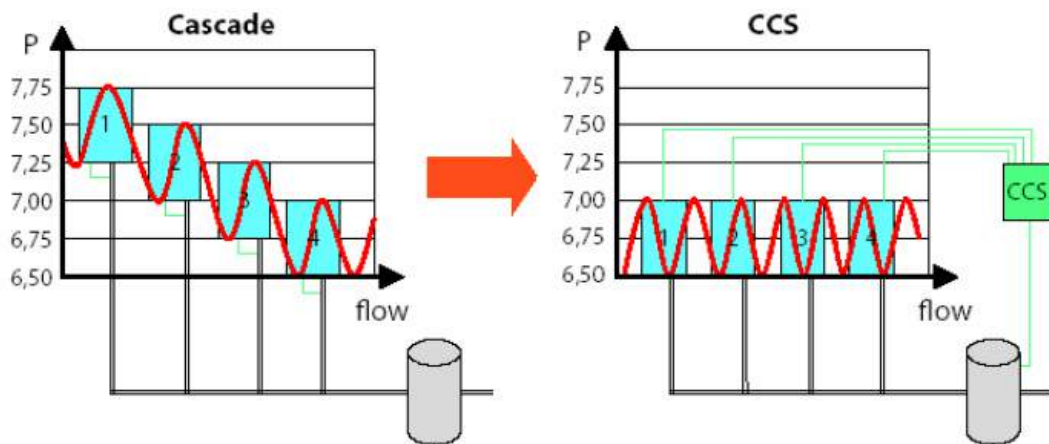




## Ficha de Acción Nº 6.1 – Instalación de sistema de control multicompresor.

### Descripción:

Se propone implantar un control centralizado de operación para todos los compresores que permita regular la capacidad de producción en función de la demanda, aumentando el nivel de carga actual de trabajo, tratando de alcanzar una operativa de trabajo en el rango del 90 al 100%.

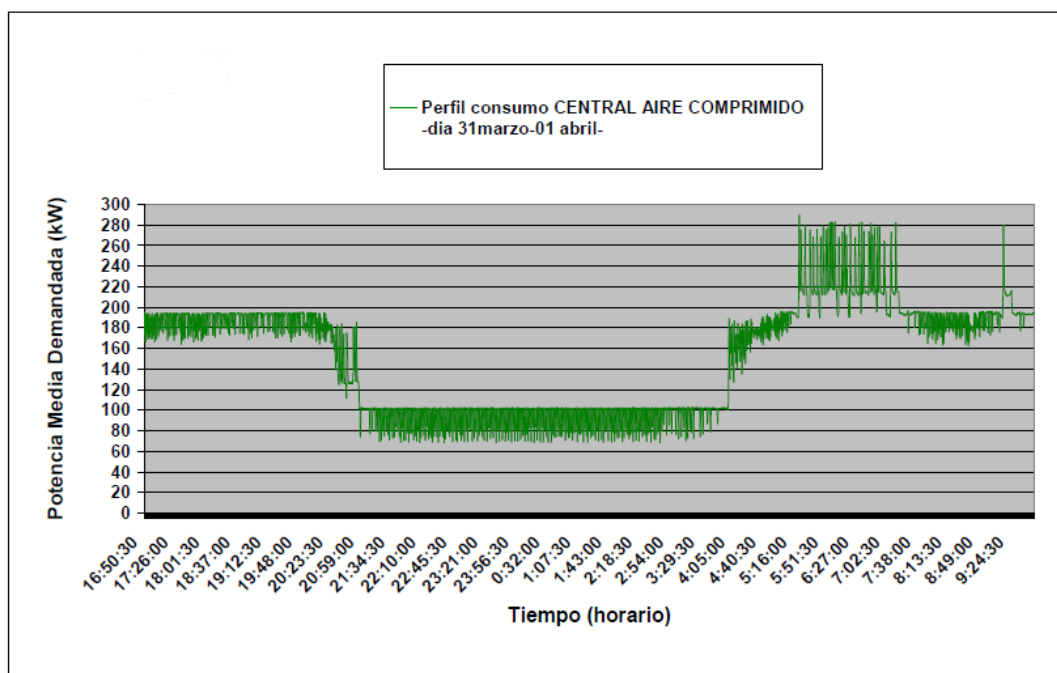


En la siguiente tabla se muestran los valores de operación tomados durante la fase de inspección. Indicar que durante dicho periodo el compresor nº3 se encontró parado por motivos técnicos, ya que normalmente trabajan los compresores 1, 2 y 3 y el compresor nº4 es el de reserva.

EQUIPO	DATOS DE OPERACIÓN												
	ID	Horas func.	Horas en carga	% CARGA	Horas func.	Horas en carga	% CARGA	Horas func.	Horas en carga	% CARGA	Horas func.	Horas en carga	% CARGA
		10/02/2010			12/02/2010			24/03/2010			31/03/2010		
COMP 1	20.165	17.316	85,9%	20.199	17.345	85,3%	20.699	17.734	78,3%	20.793	17.809	78,5%	
COMP 2	17.372	10.935	62,9%	17.418	10.979	95,7%	18.378	11.810	87,0%	18.550	11.958	86,8%	
COMP 3	24.431	19.001	77,8%	n.d.	n.d.	n.d.	24.471	19.010	-	24.483	19.011	-	
COMP 4 (RESERVA)	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	-	n.d.	n.d.	-	

En la siguiente figura se muestra el perfil de consumo de los 3 compresores en la

medida realizada del 31/03 al 01/04/2009 durante la fase de inspección: Horas



En el anterior gráfico se puede observar que:

- Las tasas de carga tomadas durante la fase de inspección son significativamente superiores, trabajando combinadamente los compresores RLR100 junto con el compresor de reserva RLR5, ya que como se puede ver en el gráfico, la demanda se encuentra aproximadamente sobre los 180 kW en horario productivo excepto puntas de demanda que pueden resultar puntuales sobre el perfil de consumo analizado .
- En periodos no productivos, la demanda de aire se estabiliza entorno a los 85-90 kW. Resulta por tanto, más eficiente mantener en este caso al compresor RLR5 en cola para optimizar las tasas de carga del otro compresor con el que trabaja durante este periodo.

Periodo	Tasa de carga actual	Compresor activo	Consumo actual estimado (kWh)	Tasa de carga optimizada	Compresor activo	Consumo optimizado (kWh)	Ahorro energético (kWh)
horario productivo	63%	RLR100	240.673	85%	RLR5 (COMP4)	129.384	-111.289
	90%	RLR100	275.756	100%	RLR100	288.750	12.994
	90%	RLR100	275.756	100%	RLR100	288.750	12.994
						TOTAL	-85.301
horario no productivo	30%	RLR100	92.304	38%	RLR5 (COMP4)	46.685	-45.619
	90%	RLR100	128.686	100%	RLR100	134.750	6.064
						TOTAL	-39.555

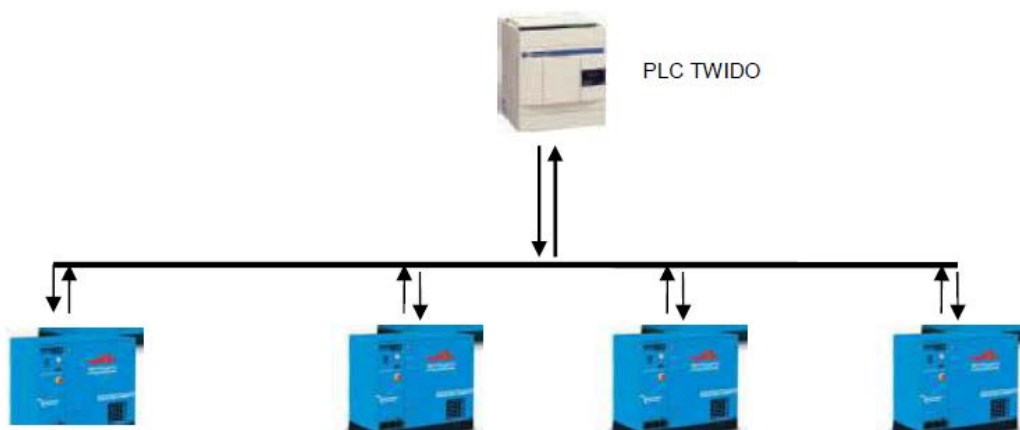
Si bien durante los periodos no productivos sería posible optimizar las tasas de carga, como queda reflejado en la tabla, para la evaluación de ahorro de esta

propuesta no se consideran debido a que este consumo es susceptible de ser eliminado o reducido, ya que este se debe, fundamentalmente, a las fugas de la red de aire comprimido, ya que durante estos periodos no existe demanda.

Por tanto, **el ahorro energético estimado para esta propuesta es de 85.301 kWh.**

Se propone instalar un PLC Twido o similar para los cuatro compresores para realizar por un lado la adquisición de las señales de campo y por otro para realizar una lógica que establezca un lazo de regulación para mantener una determinada presión, decidiendo en cada caso el compresor que tiene y el que no tiene que arrancar.

La arquitectura del sistema de control se presenta en la siguiente figura:



**El ahorro económico resultante es de 6.995€ anuales.**

**La inversión estimada es de 3.500€.**

**El retorno simple de la inversión se estima en 0,5 años.**

Optimización energética	
Consumo actual estimado (MWh)	1.238,2
Consumo futuro previsto (MWh)	1.152,9
<b>Ahorro energético (MWh)</b>	<b>85,3</b>
<b>Reducción emisiones (TnCO2)</b>	<b>31,5</b>

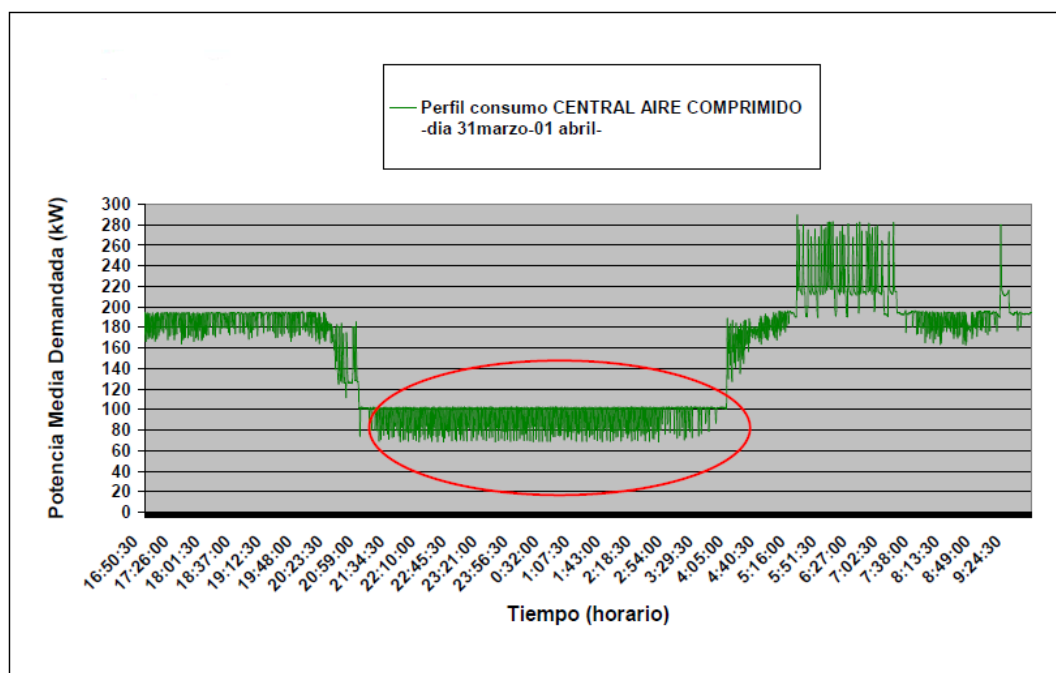
## Ficha de Acción Nº 6.2 – Reducción de consumo residual de instalación de aire comprimido

### Descripción:

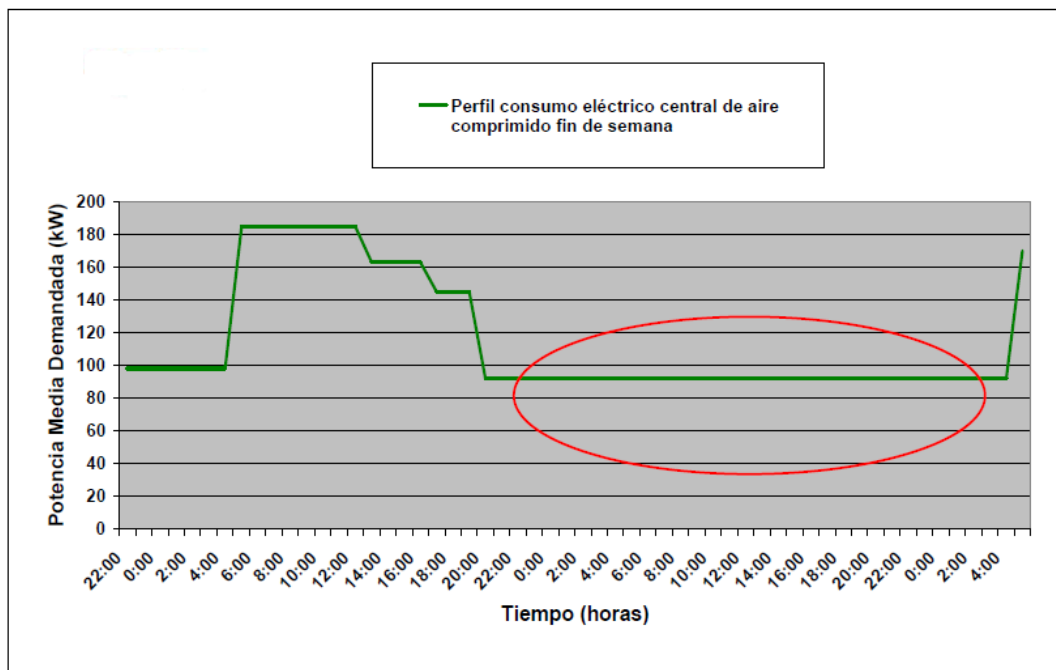
Durante los periodos no productivos, tanto nocturnos como de fin de semana que en principio la demanda de aire comprimido debería ser nula, se observa en las medidas realizadas durante la fase de inspección, un consumo base de 90 kW aproximadamente. Por tanto, este consumo se atribuye íntegramente a fugas no controladas de la red.

### Hipótesis de cálculo:

A continuación se muestra el gráfico en el que aparece representada la potencia eléctrica demandada por los dos compresores que permanecieron funcionando durante dicho periodo.



A partir de los datos obtenidos de mediciones de consumo realizadas desde equipos portátiles de fábrica se ha elaborado el siguiente gráfico:



El consumo diario asociado a los periodos no productivos es de 651,94kWh, se consideran 300 días de producción anuales, por lo que resulta un consumo de 195.583kWh (días laborables). En fines de semana, se estima un total de 1536 horas no productivas y la potencia media absorbida por los compresores en horario no productivo es de 93kW, por lo que resulta un consumo anual de 143.055kWh.

**El ahorro energético derivado de reducir el consumo de los compresores de aire comprimido en un 80% durante los periodos no productivos resulta de 270.911kWh de consumo anual, equivalente a 22.215€ de ahorro anual.**

Para esta acción de mejora no se contempla inicialmente inversiones asociadas, a excepción de la propuesta del sistema de supervisión para monitorizar y controlar estos consumos residuales y así poder garantizar su consecución y posterior mantenimiento. A pesar de ello, no debe descartarse la opción de que este consumo 'residual' durante los periodos nocturnos y de fin de semana se deban a mantener la presión en la red para poder mantener la alimentación de aire de algún sistema menor consumidor de aire comprimido. En este caso deberá plantearse seriamente la opción de colocar un compresor de aire comprimido sólo para la zona que demande aire durante estos periodos, el ahorro energético obtenido sería en este caso la diferencia de consumo entre el compresor empleado para esta aplicación y el ahorro energético ya calculado.

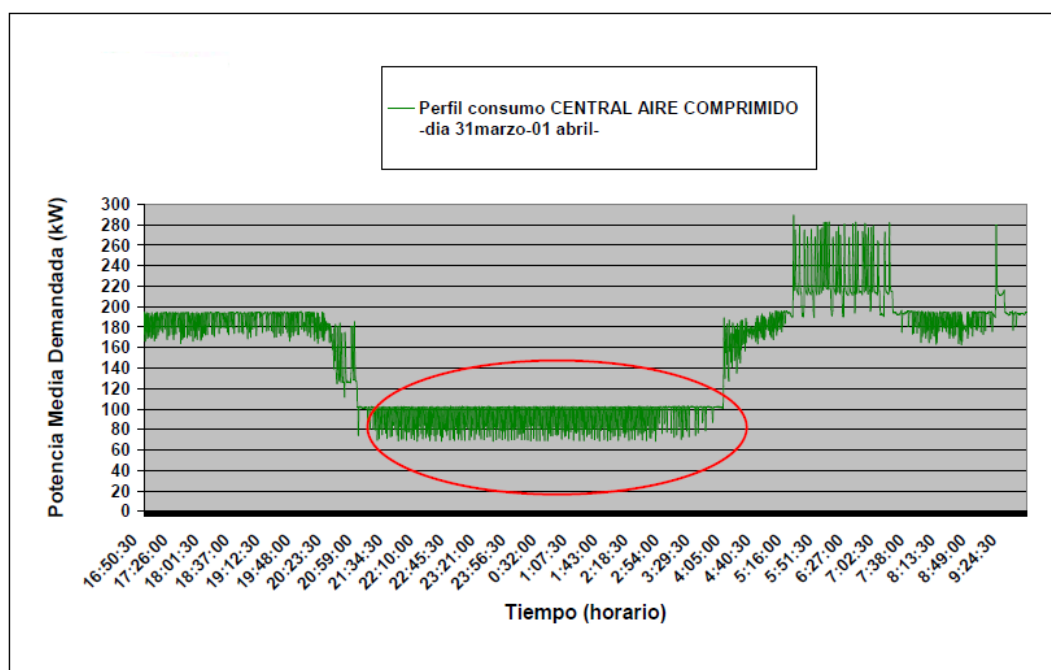
## Ficha de Acción N° 6.3 – Reducción de fugas en instalación de aire comprimido

### Descripción:

• En la ficha de acción 6.2 correspondiente a la reducción de ‘consumo residual’, se aplica esta denominación ya que este consumo se produce fuera de horario laboral y es susceptible de ser eliminado completamente, ya sea sectorizando la instalación o programando el encendido y apagado de los equipos para que no funcionen durante estos periodos. Esta opción no es posible en el caso del consumo asociado a fugas de aire en la instalación durante horario productivo, y por tanto esta acción se asocia a mejorar la eficiencia del lado del consumo (maquinaria).

### Hipótesis de cálculo:

A continuación se muestra el gráfico en el que aparece representada la potencia eléctrica demandada por los dos compresores que permanecieron funcionando durante dicho periodo.



El consumo registrado durante los periodos de paro de fábrica aporta un valor suficientemente fiable sobre el volumen de fugas de la red. En este caso se estiman en 1.234 m<sup>3</sup>/h aproximadamente. Si bien la potencia absorbida de los compresores es de un 48,8% sobre la potencia media absorbida en los periodos productivos. Dato que conduce a pensar en un porcentaje similar de fugas en la red.

El consumo diario de aire comprimido en los periodos de producción a tenor de las medidas de consumo realizadas se estima en 3.246kWh/día, 6 días a la semana, 50 semanas totalizan 973.820kWh. **Para una reducción del volumen de fugas del 30%, el ahorro energético estimado es de 142.497kWh, equivalente a 11.685€ de ahorro anual.**

**Esta acción se plantea dentro de un contexto de gestión energética donde, partiendo de un objetivo de ahorro anual, se puedan llevar a cabo acciones correctivas de fugas, instalación de elementos de corte a la entrada de la maquinaria neumática de fábrica y con la ayuda de un sistema de medida como el propuesto en la ficha de acción nº2 se pueda realizar un seguimiento sobre los objetivos fijados.**

### 3.1.4 INSTALACIÓN DE VACÍO

Ficha de Acción Nº. 7 :		Reducción de consumo residual en centrales de vacío de fábrica	
Oportunidad de Ahorro	Ahorros estimados (k€/año)	Inversión estimada (k€)	ROI (años)
Nº.7	11,3	-	-
<b>Total</b>	<b>11,3</b>	-	-

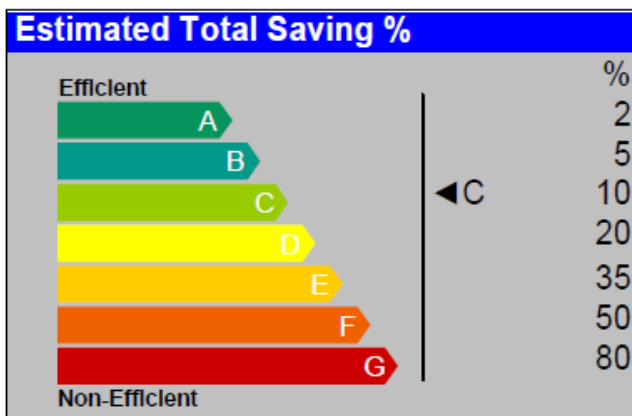
#### Descripción

• La fábrica cuenta con 3 centrales de vacío para la maquinaria de envasado de las secciones de loncheados, hamburguesas-elaborados y arreglos (sótano), los datos técnicos y de operación de los equipos son los que se muestran en la siguiente tabla:

EQUIPOS DE VACÍO										
DATOS TÉCNICOS					DATOS DE OPERACIÓN					
IDENTIF. EQUIPO	FABRICANTE	MODELO	UBICACIÓN	APLICACIÓN	POTENCIA NOMINAL (KW)	CAUDAL NOMINAL (m3/m)	Horas funcionamiento periodo	Horas totales periodo	% tiempo funcionamiento	Regulación
BOMBA 1	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	128,8	165,7	77,7%	regulación centralizada-funcionamiento en cascada
BOMBA 2	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	128,8	165,7	77,6%	
BOMBA 3	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	127,6	165,7	77,0%	
BOMBA 4	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	85,2	165,7	51,4%	
BOMBA 5	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	85,0	165,7	51,3%	
BOMBA 6	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	84,9	165,7	51,2%	
BOMBA 7	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	84,8	165,7	51,2%	
BOMBA 8	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	83,6	165,7	50,5%	
BOMBA 9	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	127,9	165,7	77,2%	
BOMBA 10	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	130,6	165,7	78,8%	
BOMBA 11	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	82,3	165,7	49,6%	
BOMBA 12	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	82,1	165,7	49,5%	
BOMBA 13	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	81,9	165,7	49,4%	
BOMBA 14	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	81,8	165,7	49,3%	
BOMBA 15	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	81,5	165,7	49,2%	
BOMBA 16	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	2 x 5,5	300,0	81,4	165,7	49,1%	
BOMBA 17	BUSCH	RA 0630 B	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO SECCIÓN LONCHEADOS (L1-L16)	1 x 15	630,0	81,4	165,7	49,1%	
BOMBA 1	BUSCH	RA 0630 B	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	15,0	630,0	0,0	165,7	0,0%	regulación centralizada-funcionamiento en cascada
BOMBA 2	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	2 x 5,5	300,0	93,2	165,7	56,2%	
BOMBA 3	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	2 x 5,5	300,0	95,5	165,7	57,7%	
BOMBA 4	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	2 x 5,5	300,0	98,6	165,7	59,5%	
BOMBA 5	BUSCH	RA 0630 B	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	15,0	630,0	0,0	165,7	0,0%	
BOMBA 6	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	2 x 5,5	300,0	94,8	165,7	57,2%	
BOMBA 7	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	2 x 5,5	300,0	95,8	165,7	57,7%	
BOMBA 8	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	2 x 5,5	300,0	97,5	165,7	58,8%	
BOMBA 9	BUSCH	RA 0302 D	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	2 x 5,5	300,0	98,0	165,7	59,2%	
BOMBA 10	BUSCH	RA 0630 B	SALA TÉCNICA PLANTA 1	ENVASADO S. HAMBURGUESAS/ELABORADOS (L17-L26)	15,0	630,0	0,0	165,7	0,0%	
BOMBA 1	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	0,0	165,5	0,0%	regulación centralizada-funcionamiento en cascada
BOMBA 2	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	0,0	165,5	0,0%	
BOMBA 3	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	0,0	165,5	0,0%	
BOMBA 4	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	0,0	165,5	0,0%	
BOMBA 5	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	72,3	165,5	43,7%	
BOMBA 6	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	73,8	165,5	44,6%	
BOMBA 7	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	71,5	165,5	43,2%	
BOMBA 8	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	73,8	165,5	44,6%	
BOMBA 9	BUSCH	RA 0302 D	SALA VACÍO SOTANO	ENVASADO S. ARREGLOS (L27-L30)	5,5	300,0	74,7	165,5	45,2%	



#### Calificación energética actual

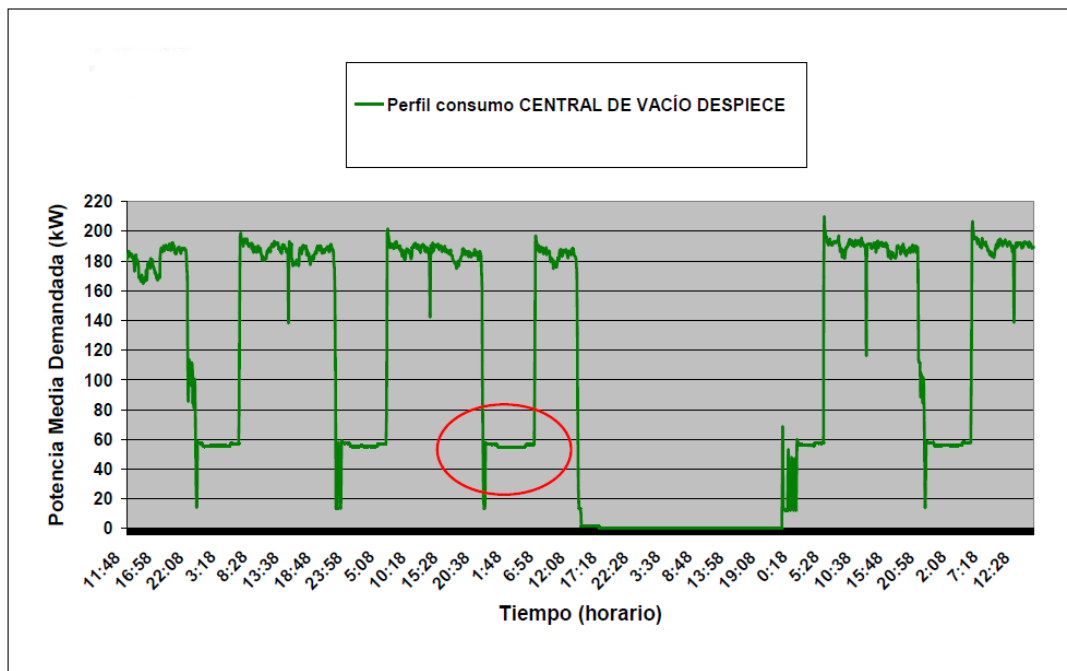




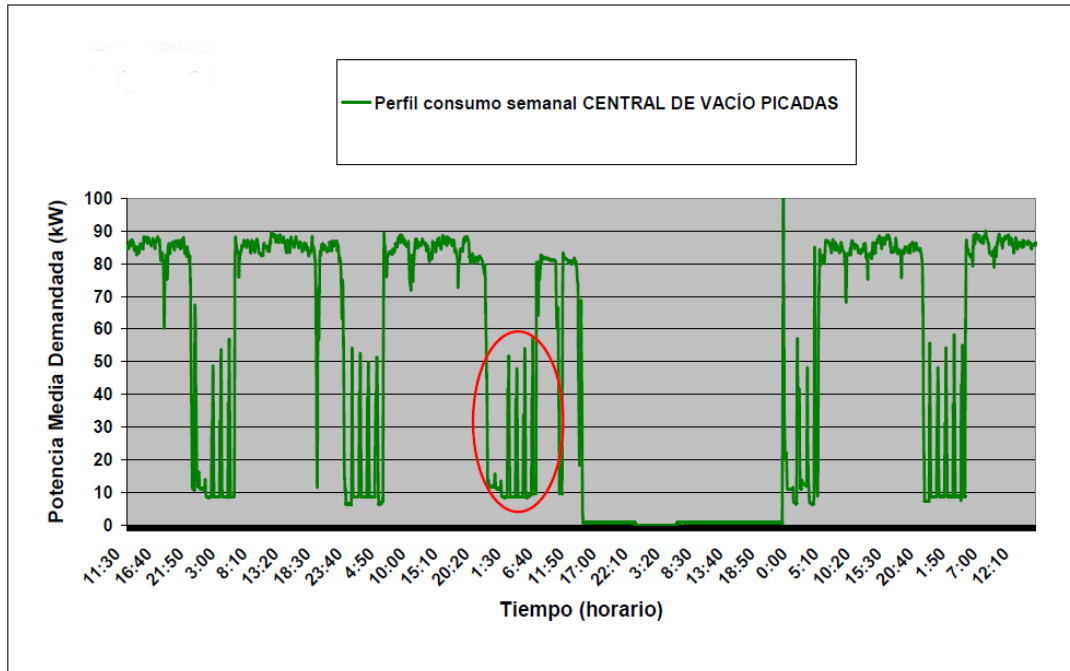
## Ficha de Acción Nº 7 – Reducción de consumo residual en centrales de vacío de fábrica

### Descripción:

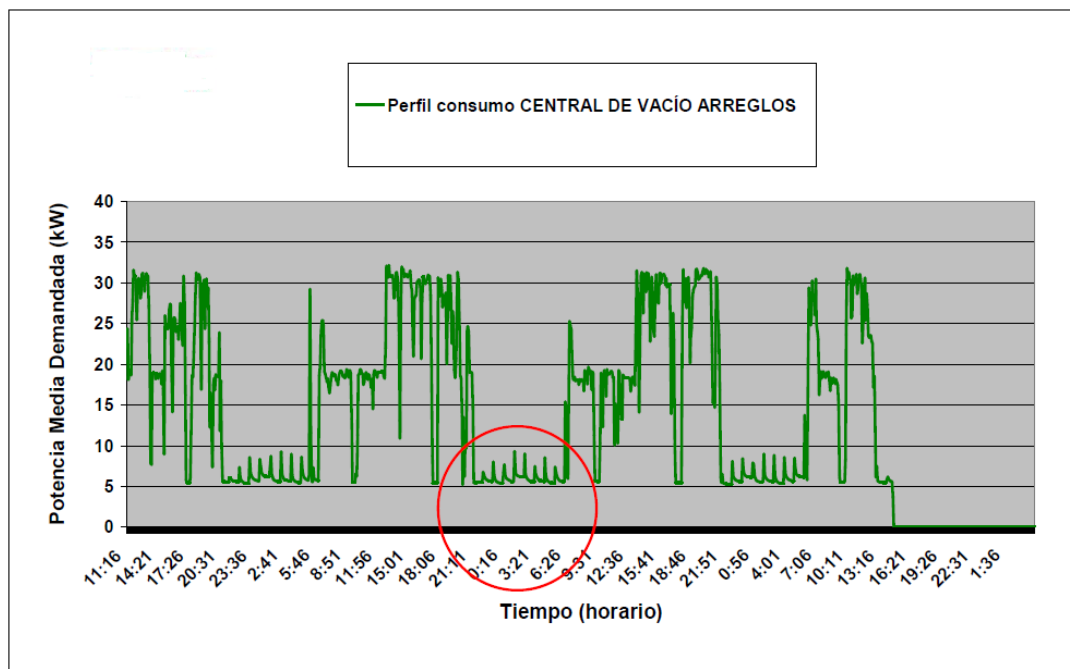
Durante la fase de inspección en la campaña de medidas se detectaron consumos energéticos fuera de horario productivo en las tres centrales de vacío. En el caso de la central de vacío de loncheados (o despiece) como se puede apreciar en la siguiente figura, la potencia media en periodo nocturno se encontraba en 55kW, se estima un total de 2.250 horas de funcionamiento en horario no productivo. Los fines de semana no se registra consumo. Datos medidos del 24 al 30/03/2010.



La central de vacío de hamburguesas y elaborados funciona igualmente durante los periodos nocturnos donde no existe producción, el valor de potencia media consumida por los equipos es de 10kW y se estima un funcionamiento de 1.500 horas anuales en estas condiciones. Los fines de semana no se registra consumo.



Finalmente para la central de vacío de arreglos, ubicada en el sótano, se registra un consumo promedio de 6kWh en los periodos nocturnos, para esta sección se considera un total de 2.000 horas anuales.



El ahorro estimado para las diferentes secciones es el que sigue:

- Central de vacío de loncheados: 110.000kWh
- Central de vacío de hamburguesas-elaborados: 15.000kWh
- Central de vacío de arreglos: 13.500kWh

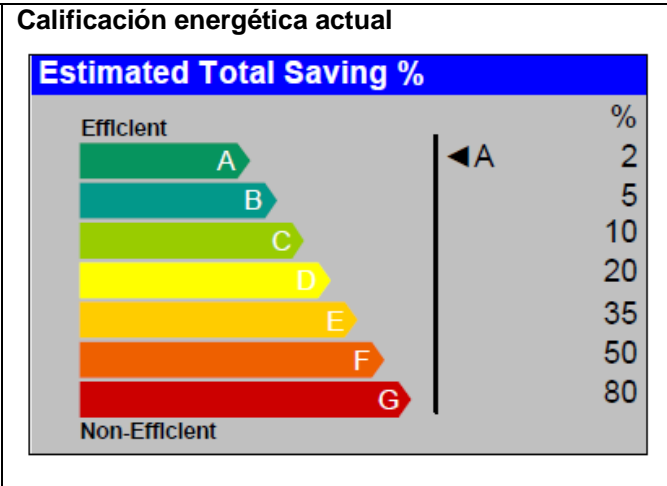
***El ahorro energético para el conjunto de los equipos de vacío es de 138.500 kWh, equivalente a 11.357€ de ahorro anual.***

<b>Optimización energética</b>	
Consumo actual estimado (MWhe)	1.447,9
Consumo futuro previsto (MWhe)	1.309,4
<b>Ahorro energético (MWhe)</b>	<b>138,5</b>
<b>Reducción emisiones (TnCO2)</b>	<b>51,2</b>

<b>Ficha de Acción Nº. 8 :</b>		Sustitución de lámparas fluorescentes por otras de mayor eficiencia energética.	
Oportunidad de Ahorro	Ahorros estimados (k€/año)	Inversión estimada (k€)	ROI (años)
Nº.8	13,2	-	0,5
<b>Total</b>	<b>13,2</b>	<b>-</b>	<b>0,5</b>

**Descripción:**

- El sistema de alumbrado interior de la factoría está compuesto en su inmensa mayoría por luminarias de lámparas fluorescentes, con tubos de baja eficacia energética con balastro electrónico. Prácticamente no existe alumbrado natural, salvo en escasos despachos de dirección, y el resto de alumbrado de oficinas y en las zonas de producción y cuartos técnicos se carece de alumbrado exterior.
- Las líneas que alimentan el alumbrado interior, parten de diferentes cuadros eléctricos, siendo muy difícil actualmente, el control y la sectorización del alumbrado.



**Oportunidades de Ahorro**

**Acción Nº 1: Sustitución de lámparas fluorescentes por otras de mayor eficiencia energética.**

**Descripción:**  
*Se han realizado un testeo de medidas de iluminación en zonas de oficinas y de producción mediante luxómetro mavolux 5032 C, viéndose que los parámetros oscilan entre los siguientes valores:*  
**Zona de oficinas: entre 400 a 530 Lux.**  
**Zona de producción: entre 280 a 400 Lux.**  
**Dichos valores según conversación con los técnicos de producción son conformes a los parámetros requeridos, no estimándose ninguna reducción o ampliación del flujo lumínico.**

La propuesta consiste en la sustitución progresiva de las lámparas actuales, tipo T8, por lámparas más eficientes tipo TLD-ECO.

Como acción transversal, se propone en un futuro reacondicionamiento de la instalación eléctrica, el centralizar las líneas de alumbrado partiendo de únicos cuadros con el fin de hacer de manera más ágil el control y sectorización de todo el alumbrado

## Ficha de Acción Nº 8 – Sustitución de lámparas fluorescentes por otras de mayor eficiencia energética.

El sistema de distribución de la iluminación en toda la factoría, está realizada fundamentalmente por dos tipos de luminarias, diferenciando lo que es alumbrado de oficinas y zonas de gestión, y por otro lado luminarias en zona de producción y cuartos técnicos.

En zonas de distribución el sistema esta formado por luminarias modulares integradas en módulos de falso techo desmontable, formada por 4 lamparas fluorescentes de 18 W cada una. Los balastos son de tipo electrónico.

En zonas de producción y cuartos técnicos el sistema esta formado por luminarias tipo estancas en montaje superficial, formada por 2 lamparas fluorescentes de 36 W cada una. Los balastos son de tipo electrónico.

Se propone el cambio paulatino en el sistema de iluminación, para no reflejar los costes de cambio de la sustitución total, con lo cual se comenzarán a cambiar según periodos de mantenimiento de zonas.

Así mismo se ve que optimizando el sistema de distribución eléctrica centralizando, controlando y midiendo el sistema de iluminación se podría aumentar el ahorro energético. Dicha medida conlleva un rediseño de la arquitectura de distribución eléctrica.

TIPO	Nº LUMINARIAS	Nº LAMPARAS	TIPO INSTALADO	P. LAMP. (W)	P.INST. (W)	TIPO PROPUESTO	P. LAMP. (W)	P.INST. (W)	DISMINUCIÓN (W)
A	342	1368	T8-18 W	18	24624	TLD-16 W	16	21888	2736
B	1367	2734	T8-58 W	58	158572	TLD-51 W	51	139434	19138

TIPO	Nº HORAS AÑO	PRECIO MEDIO KWH	AHORRO KWH/AÑO	AHORRO €/AÑO	DIF PRECIO LAMP €	TOTAL CAMBIO €	ROI
A	2610	0,1043	7140,96	744,80	0,51	697,68	0,94
B	6260	0,1043	119803,88	12495,54	2,1	5741,4	0,46
<b>TOTAL</b>			<b>126944,84</b>	<b>13240,35</b>	<b>2,61</b>	<b>6439,08</b>	<b>0,49</b>

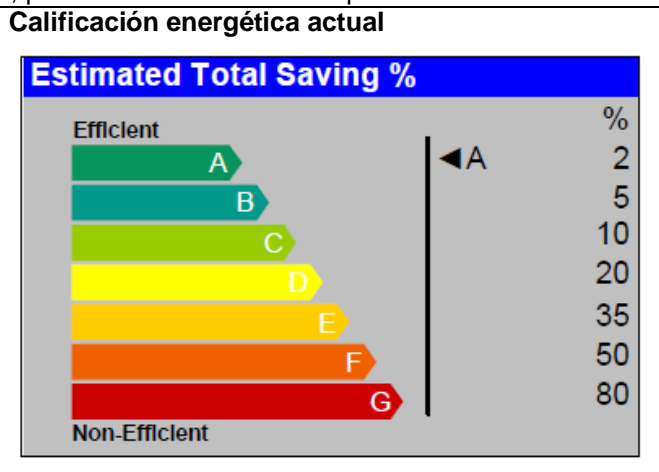
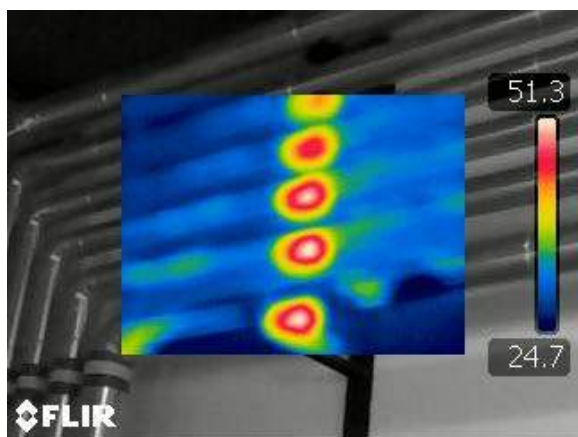
Optimización energética	
Consumo actual estimado (MWhe)	1.056,9
Consumo futuro previsto (MWhe)	929,9
<b>Ahorro energético (MWhe)</b>	<b>126,9</b>
<b>Reducción emisiones (TnCO2)</b>	<b>48,8</b>

**El ahorro energético para esta medida es de 126.940 kWh, equivalente a 13.240 € de ahorro anual.**

<b>Ficha de Acción N°. 9 :</b>		Reducción de pérdidas térmicas, por mejoras en aislamiento de tuberías de fluidos térmicos y puentes térmicos en zonas de frío.	
Oportunidad de Ahorro	Ahorros estimados (k€/año)	Inversión estimada (k€)	ROI (años)
N°.9	> 0,5	-	-
<b>Total</b>	<b>&gt; 0,5</b>	-	-

**Descripción:**

- Dado el sistema de distribución térmico, existe una gran red de distribución de fluidos térmicos, tanto a alta como a muy baja temperatura, para todas las acciones de producción que se realizan en la factoría..
- En la zona de producción de la factoría (loncheado y procesado), está atemperada a una temperatura ambiente de 7°C durante todo el año, teniendo numerosos puntos de entrada de satélites de diversas instalaciones para los diversos procesos y limpieza, produciéndose numerosos puentes térmicos.



**Oportunidades de Ahorro**

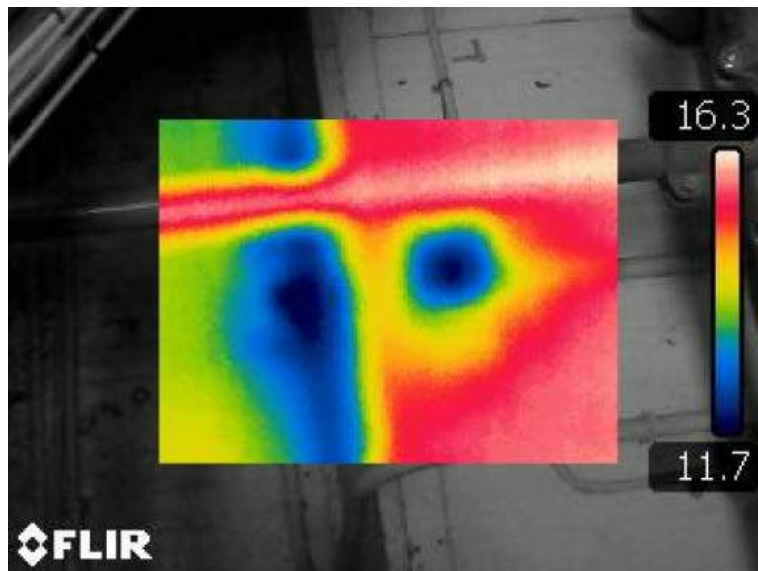
**Acción N° 1:** Reducción de pérdidas térmicas, por mejoras en aislamiento de tuberías de fluidos térmicos y puentes térmicos en zonas de frío.

**Descripción :**  
 Se propone el realizar un seguimiento de mejora de los puntos revisados mediante inspección con cámara infrarroja, valorándose a continuación de una manera aproximada las pérdidas ocasionadas por estos fallos de aislamiento. Esta valoración aproximada servirá para la concienciación del personal de mantenimiento del valor de la energía no utilizada al año, y reforzar su plan de mantenimiento en cuanto a dichas instalaciones estáticas.

## Ficha de Acción Nº 9 – Reducción de pérdidas térmicas, por mejoras en aislamiento de tuberías de fluidos térmicos y puentes térmicos en zonas de frío.

Esta Acción de ahorro se indica con el fin de concienciación al personal de mantenimiento de diversas pérdidas que se producen en el aislamiento de las instalaciones térmicas y las zonas de trabajo a baja temperatura como consecuencia de los puentes térmicos que se producen por la entrada de diversos satélites de instalaciones.

Se analiza en concreto las pérdidas producidas por los puentes térmicos en las zonas de trabajo, como consecuencia de la observación de las termografías realizadas por todas las zonas:



Nº de satélites: 86

Temperatura ambiente en patinillos térmicos: T= 20º

Temperatura ambiente en zonas de trabajo: T= 8º

Coeficiente transmisión techos aislamiento: K= 0,23 W/m2 ºK h.

Coeficiente transmisión puentes térmicos (estimados linealmente, en referencia a los aislamientos de techo y las temperaturas medidas en el puente térmico: K'= 0,92 W/m2 ºK h.

Superficie media del puente: 0.5 m2.

La ganancia de energía hacia las zonas frías debidas a los puentes térmicos (por unidad) es:

$$Q= K'*S*INC T= 0.92* 0.5 * 12= 5.52 W/h$$

La energía total estimada perdida anualmente sólo en los puentes térmicos:

$$Q_{\text{total}} = 86 * 5.52 * 8760 = 4158 \text{ KWH/año}$$

Luego el valor anual de dichas pérdidas se estima en:

$$4158 * 0,1043 = \mathbf{433 \text{ €/año}}$$

Valor este, que aunque parezca pequeño sirve para concienciar al personal de mantenimiento en la realización de mejoras programadas y medidas regulares de las pérdidas térmicas. Así mismo esta cuantía monetaria sería mayor si se tuvieran todas las fugas existentes en la red de tuberías de fluidos térmicos, tal y como se pueden ver en las termografías tomadas y que están en el anexo del presente trabajo.

Optimización energética	
Ahorro energético (MWh)	>4,12
Reducción emisiones (TnCO2)	>1,58



## CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICIÓN

## 4.1 EQUIPOS UTILIZADOS EN LAS MEDIDAS REALIZADAS

### \*Analizador de redes Fluke 1735:

Permite realizar estudios de la energía eléctrica y registros de datos básicos de la calidad eléctrica. El modelo 1735 es fácil de configurar gracias a su pantalla en color y a sus cuatro sondas de corriente flexibles. Además, es capaz de registrar la inmensa mayoría de los parámetros de energía eléctrica y armónicos, y de capturar eventos de tensión. Se puede visualizar los datos en pantalla, o bien ver gráficos y generar informes gracias al software PowerLog de Fluke.

- Registro de la energía eléctrica y de los parámetros correspondientes de hasta 45 días.
- Supervisión de la demanda máxima de potencia a lo largo de períodos medios definidos por el usuario.
- Comprobaciones de consumo de energía para evidenciar las ventajas aportadas por las mejoras realizadas.
- Medida de la distorsión de armónicos producidos por cargas electrónicas.
- Mejore la fiabilidad gracias a la captura de fluctuaciones de tensión debidas a la conexión y desconexión de una gran carga.
- Fácil confirmación de la configuración del instrumento mediante la visualización en color de las formas de onda y tendencias.



Fluke 1735



**\*Cámara termográfica FLIR T-335:**

- **Rango de temperaturas** -20 °C a +650 °C , Extensible opcionalmente, hasta +1200 °C
- **Detector:** microbolómetro no refrigerado de 320 x 240 píxeles
- **Sensibilidad térmica (a 30 °C)** 0,05°C
- **Precisión (de medida)**  $\pm 2$  °C o  $\pm 2\%$
- **Lente:** Germanio montada sobre cuerpo abatible 120º
- **Campo de visión** 25° x 19° (Lentes opcionales de 6º, 15º, 45º y 90º)
- **Enfoque** Manual / autofocus
- **Distancia mínima focal** 0.3 m
- **Cámara Digital a Color** de 1,3 mega-píxeles con lámpara LED de alta luminosidad
- **Fusión PIP Escalable**, imagen infrarroja dentro de imagen real, con posibilidad de modificar el tamaño de la imagen infrarroja
- **Pantalla Táctil**, LCD táctil integrada (3,5") de alta resolución
- **Puntero Láser:** Clase 2/Semiconductor AlGaInP Diode Laser: 1mW/635nm (rojo)
- **Almacenamiento de imagen:** Imagen infrarroja en formato JPEG radiométrico conteniendo la información IR en todo el rango dinámico en 14 bits. Almacenamiento de la imagen visual en formato JPEG en color mediante cámara digital incorporada de 1,3 Mpíxeles. La imagen visual se asocia automáticamente con la imagen infrarroja correspondiente.
- **Comentario de Voz**, hasta 60 segundo con cada imagen
- **Almacenamiento de imágenes** Tarjeta SD extraíble
- **Herramientas de análisis:**
  - 5 Punteros de medida múltiple
  - 5 Áreas cuadradas, situables en cualquier parte de la imagen
  - Valor máximo, mínimo o medio múltiple, con indicadores HOT SPOT/ COLD SPOT
  - Isoterma: superior, inferior e intervalo, definible por el usuario
  - Alarma de color
  - Tabla de emisividades
  - Corrección de Temperatura reflejada



**\*Luxómetro Mavolux 5032 C:**

- Precisión de acuerdo a norma DIN 5032-7: Clase C
- Sensor de luz: Célula de Silicio con filtro V
- Funciones: Auto rango, mantenimiento de rangos, rango manual, lecturas en Luxes (lx) / footcandle (fc), función de guardar y función para lecturas máximas.
- Gama de mediciones: 0.1 a 199900 lx en cuatro gamas 0.01 a 19990 fc.
- Resolución:
  - Gama I: 0.1 lx / 0.01 fc/li>
  - Gama II: 1 lx / 0.1 fc
  - 10 lx / 1 fc
  - 100 lx / 10 fc
- Ratio de mediciones: aprox. 2.5 operaciones por segundo.
- Pantalla: LCD
- Cable de conexión entre luxómetro y sonda: Espiral, longitud aprox. 1,5 m.
- Batería: 1.5 V, Alcalina-manganeso M (IEC LR 6).
- Vida de Batería: Cerca de 75 horas (2500 mediciones).
- Data Logger: Capacidad para registrar hasta 100 datos.



# CAPITULO 5. FIABILIDAD DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

## 5.1 VALORACIONES TÉCNICAS

### 5.1.1 ANÁLISIS DE LOS GASTOS POR CORTES DE TENSIÓN

En la tabla siguiente se muestran los detalles del cálculo del coste por cortes estimados en conversación con producción.

Nombre de la carga	Impacto del proceso	Tiempo de recuperación mínimo	Coste directo por hora (*)	Coste total por hora (**)
Paro	Detención del proceso	1 h	48 K€	144 K€

(\*) : sólo se tiene en cuenta para el coste directo las pérdidas de producción de esta planta durante el período de corte siendo un estimado promedio.

(\*\*) : si se produce un fallo, se pueden generar gastos adicionales, por ejemplo: daños en las máquinas, pérdidas de ventas, sanciones...

### 5.1.2 SUCESOS IMPREVISTOS

El primer paso de un estudio de fiabilidad es la colocación de los **sucesos imprevistos**.

*“Suceso imprevisto” (Unexpected Event, UE) es una expresión típica que se utiliza en el campo de la fiabilidad para identificar los fallos críticos que pueden conllevar daños catastróficos (personales, financieros, ecológicos...). En la aplicación del ámbito de las redes eléctricas, un UE siempre se refiere a una barra de distribución: el UE representa la interrupción de la alimentación a dicha barra.*

Por consiguiente, sólo definimos UE en aquellas barras de distribución que son realmente vitales para la planta. Para la red de la planta, los UE se definieron de acuerdo con los requisitos del proceso de planta, a través de una reunión con los técnicos de la planta:

- La parte más importante de la planta, en cuanto a la avería de la alimentación eléctrica, es: La alimentación de REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL, al ser uno de los elementos esenciales de la misma.
- Otra parte importante en cuanto a parada prácticamente total, es la alimentación para los PLC de proceso, el grado de automatización tan importante de la planta hace inviable un proceso sustitutivo manual.
- El tercer punto importante de alimentación, es el correspondiente a los servidores de gestión de la planta, lo cual en caso de interrupción paralizaría el proceso.

Adoptar esta hipótesis supone que, para la planta, el suceso primero que se debe

evitar absolutamente es la detención de la subestación CT1 así como los equipos de BT y tendido de cables de alimentación al Cuadro General de Frío, seguido de los equipos de Alimentación a oficinas para los Servidores y también la CT2 con su alimentación correspondiente a los PLC de proceso.

### 5.1.3 VALORACIÓN TÉCNICA

La instalación eléctrica de la planta funciona con algunas condiciones degradadas principalmente debido a la obsolescencia de los equipos instalados y arquitectura de la ET1. Se ofrecen algunas acciones de actualización para diferentes aspectos detectados y que la instalación recupere su rendimiento nominal y nivel real de disponibilidad.

#### 5.1.3.1 Aspectos sobre seguridad

##### Aspecto nº1



**Riesgo:** *En caso de incendio, las aberturas disminuirán significativamente la acción del Gas contra incendios.*

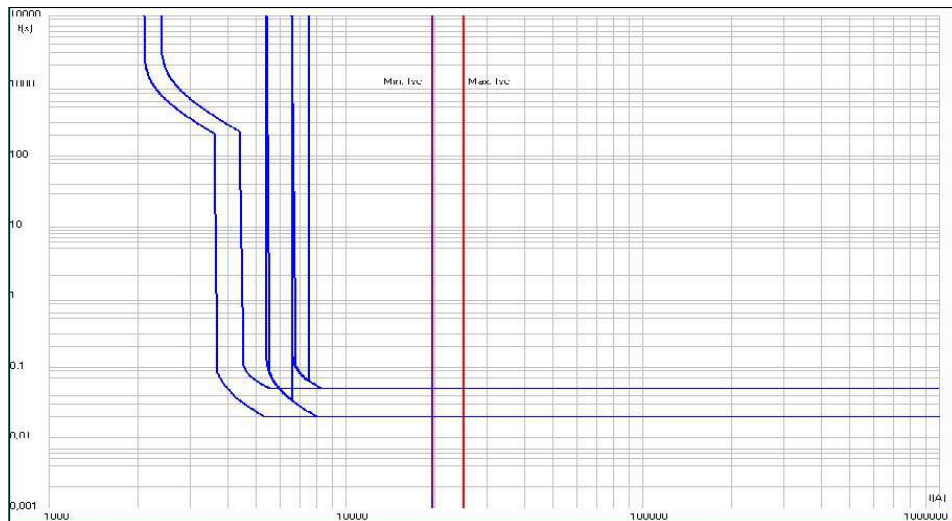
**Medidas a tomar:** *Colocación en las aberturas de ventilación de trampillas que aseguren su cierre en el caso de la activación contra incendios.*

#### 5.1.3.2 Aspectos de selectividad

##### Aspecto nº 1: Estudio previo Selectividad protecciones

Existe un solape entre el disyuntor principal de la barra de FRIO y los diferentes disyuntores de cada transformador en la estación CT1.

Los ajustes estan en el mismo nivel lo que en caso de cortocircuito en alguno de los cables de alimentación al cuadro general de frío, se produciría el disparo no sólo de la protección principal sino de los disyuntores de los transformadores, dejando la CT1 sin alimentación.



La figura nos indica el problema en el solape de curvas lo que nos provocaría en caso de cortocircuito el disparo de los disyuntores sin escalonamiento.

***Medidas a tomar: Estudio pormenorizado de selectividad en protecciones.***



### 5.1.3.3 Otras investigaciones necesarias

Aspecto nº1: Obsolescencia equipos de BT.



**Riesgo:** *Largos tiempos de parada en caso de avería a la espera de recambios*

Medidas a tomar: Plan de modernización de los equipos, inclusión de equipos de cabecera enchufables para en caso de fallo minimizar los tiempos de actuación.

### 5.1.3.4 Acciones correctivas de seguridad eléctrica

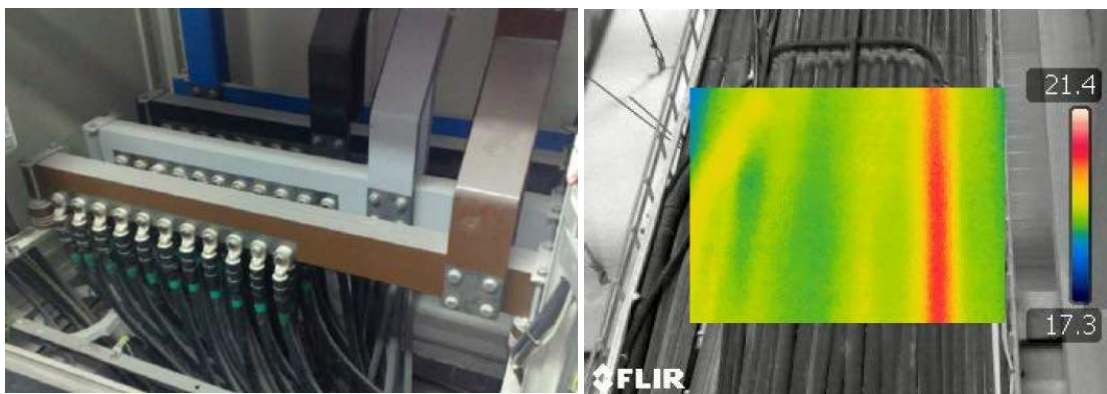
#### Aspecto nº1



#### **Riesgo: Falta de protecciones diferenciales en BT**

Medidas a tomar: Estudio e instalación de protecciones diferenciales en las líneas de alimentación.

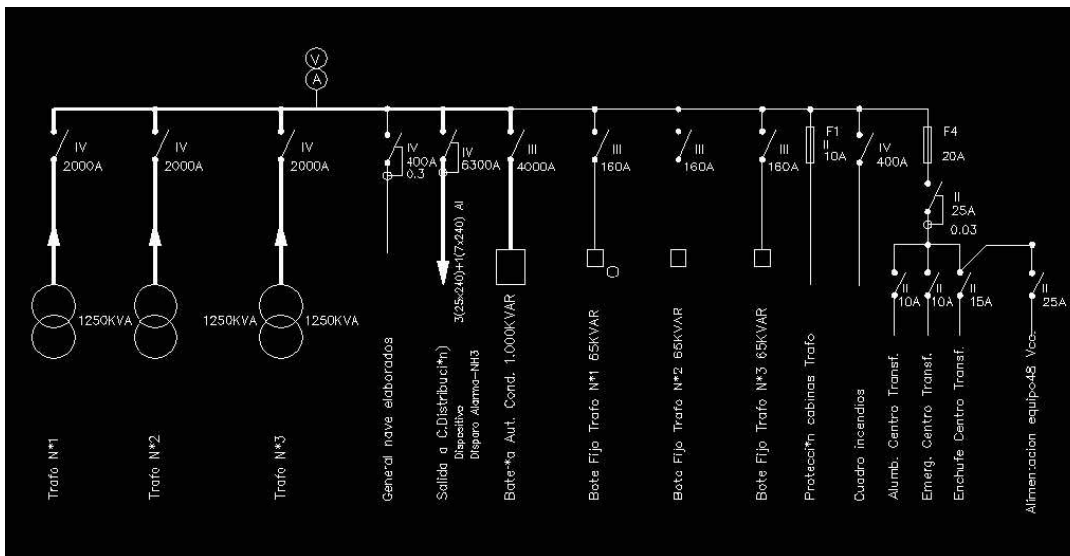
#### Aspecto nº2



#### **Riesgo: mal reparto de cargas por exceso de cables en paralelo**

Medidas a tomar: Estudio y reubicación en proximidad de los cuadros, posibilidad de conexionado vía embarrado protegido (Canalis)

**5.1.3.5 Acciones correspondientes a la documentación Técnica**



**Riesgo:** Las denominaciones de los equipos en algunos casos no coinciden con las que figuran en los esquemas falta de esquema de principio en CT2

**Medidas a tomar:** Realización de una actualización de las documentaciones

#### 5.1.4 VALORACIÓN DEL STRESS DEL EQUIPO

Para cada componente del equipo eléctrico, la valoración de su nivel de stress se resume mediante un índice (**SL – Stress Level, nivel de stres**). Los valores posibles de dicho índice son los siguientes:

- SL 1 – Dispositivo con stress crítico Los dispositivos con SL1 están resaltados en color verde oscuro en las imágenes siguientes
- SL 2 – Dispositivo con stress Los dispositivos con SL2 están resaltados en color verde claro en las imágenes siguientes
- SL 3 – Dispositivo sin stress

Para cada dispositivo, el valor del *índice SL* se calcula según:

El **nivel de stress de funcionamiento (SL.O)** – Este índice resume las condiciones de funcionamiento del dispositivo, teniendo en cuenta: la relación de carga, el número de operaciones,...

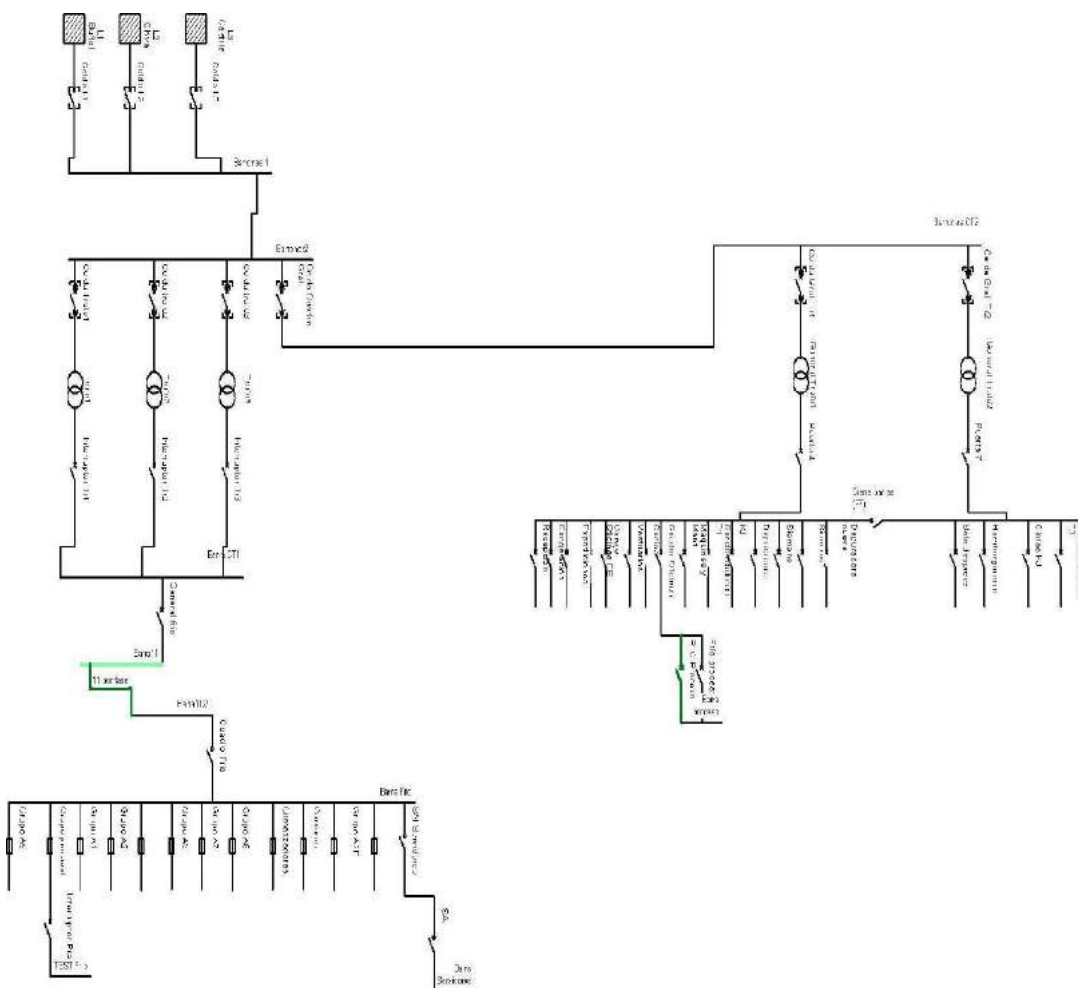
El **nivel de stress del entorno (SL.E)** – Este índice resume las condiciones medioambientales del dispositivo, teniendo en cuenta: la temperatura, la presencia de polvo, la humedad del aire...

Los valores posibles de *SL.O* y *SL.E* son los siguientes:

- SL.O 1 / SL.E 1: crítico
- SL.O 2 / SL.E 2: normal
- SL.O 3 / SL.E 3: bajo

Los valores de estos índices se calculan, para cada dispositivo, en función de la valoración del equipo que se estima en conversación con los técnicos de planta.

En el siguiente diagrama unifilar se resume el resultado de la valoración del stress de la planta :



[Esquema unifilar de STRESS]

### 5.1.4.1 Datos de la valoración del stress

En esta instalación, se ha detectado que el emplazamiento entre la CT1 y el cuadro principal de Frío incrementa el nivel de posibles fallos tanto en el conexionado, mal reparto de cargas en los cables, como por las soluciones mediante fusibles y no tener ningún elemento principal extraíble que facilite una rápida sustitución, esto da como resultado un nivel de stress tipo 2 a pesar de realizar un mantenimiento correcto. Otro punto detectado que incrementa el nivel de no fiabilidad son los equipos a nivel de obsolescencia debido al nivel de dificultad en la adquisición de recambios.

## 5.2 ESTUDIO DE FIABILIDAD

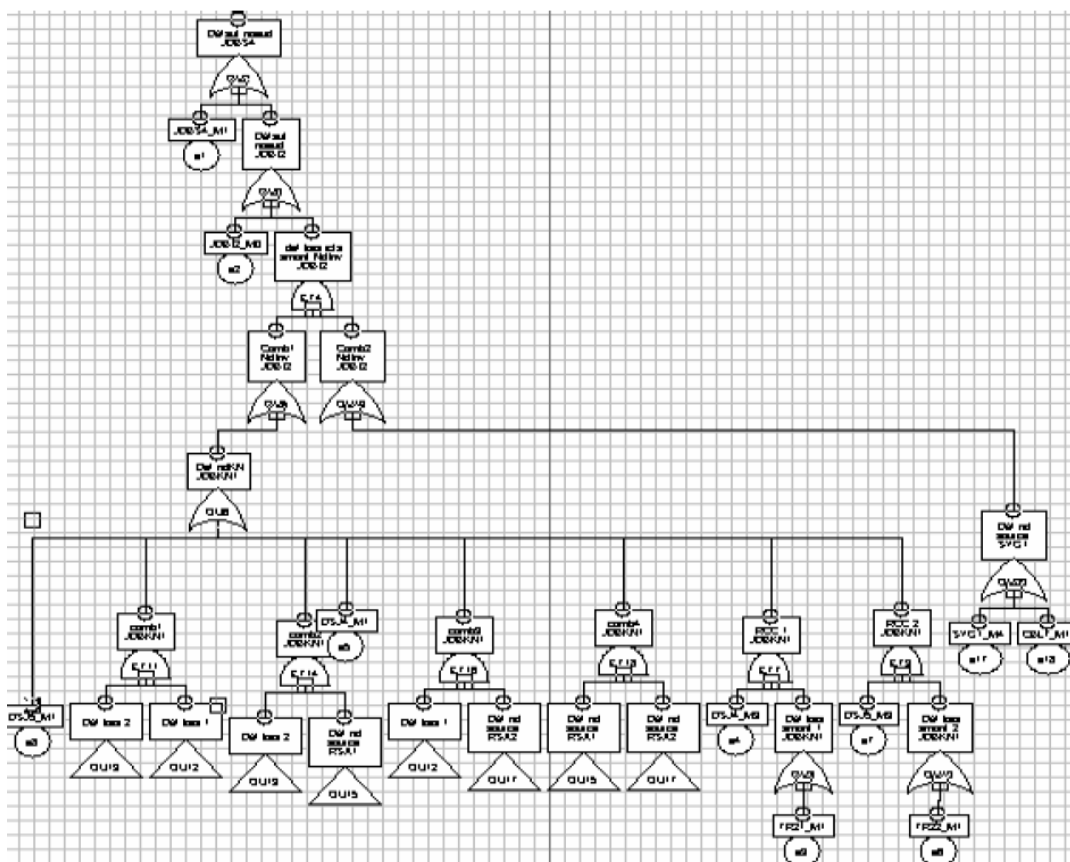
### 5.2.1 METODOLOGÍA

El primer paso de un estudio de fiabilidad es la colocación de los **sucesos imprevistos**.

*“Suceso imprevisto” (Unexpected Event, UE) es una expresión típica que se utiliza en el campo de la fiabilidad para identificar los fallos críticos que pueden conllevar daños catastróficos (personales, financieros, ecológicos...). En la aplicación del ámbito de las redes eléctricas, un UE siempre se refiere a una regleta de distribución: el UE representa la interrupción de la alimentación a dicha regleta.*

Para la red de la planta, los UE se definieron de acuerdo con los requisitos del proceso de planta, a través de un debate común con los expertos de la planta industrial.

El análisis de fiabilidad se basa en el método del árbol de fallo. A continuación se muestra un ejemplo.



Para diseñar los árboles predeterminados es necesario conocer, para cada UE, todos los **camino de la alimentación** posibles, teniendo en cuenta la arquitectura de red eléctrica y todos los posibles modos de funcionamiento, incluidas las reconfiguraciones de red.

Para cada UE, la **falta de disponibilidad** de la fuente de alimentación se calcula combinando los **índices de fallo** y la **duración de la reparación** de los distintos dispositivos de la red, de acuerdo con la estructura del árbol predeterminado.

*Cada tipo de dispositivo eléctrico especial tiene diferentes modos de fallo. Representan los diferentes tipos de fallos que pueden afectar a este tipo de dispositivos y producir su corte.*

*Cada modo de fallo tiene una probabilidad específica de producirse (índice de fallo) y necesita un tiempo específico para repararse (duración de reparación).*

### 5.2.2 HIPÓTESIS

Para realizar el estudio de fiabilidad, necesitamos realizar algunas hipótesis en relación con los índices de fallo y la duración de las reparaciones de cada dispositivo eléctrico.

En relación con los índices de fallo establecemos la hipótesis de usar los datos ofrecidos por fabricantes y por mediciones realizadas en la propia factoría por los históricos de fallo producidos.

La duración de las reparaciones se fija de acuerdo con la política de mantenimiento y la gestión de repuestos actualmente aplicadas en la planta industrial.

INDICES DE FALLO DE ELEMENTOS EN ESTADO ACTUAL			
ELEMENTO	TASA DE FALLO ( $\lambda$ ) (Horas/año)	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (Horas)	OBSERVACIONES
Red Exterior 20 KV	2.85x10 <sup>-5</sup>	1	Depende de la compañía distribuidora
Interruptor 20 KV	2.4x10 <sup>-5</sup>	24	
Transformador 20/0.4 KV aceite	1.9x10 <sup>-5</sup>	24	3 en paralelo
Interruptor General BT (4000 A) (Fijo)	6x10 <sup>-5</sup>	72	Toda la salida de potencia
Red MT 20 KV Interior	1.1x10 <sup>-5</sup>	1	
Embarrado BT	4.2x10 <sup>-5</sup>	24	Embarrado atípico con exceso calentamiento

Red BT (22x240 mm <sup>2</sup> por fase)	1.5x10 <sup>-4</sup>	80	Red desequilibrada y de gran longitud
Cuadro eléctrico (No extraíble)	1.7x10 <sup>-5</sup>	4	
Int. Automático BT Potencia (Fijo)	6x10 <sup>-5</sup>	24	
Fusibles BT	2.28x10 <sup>-4</sup>	0.25	Alimentación a partes críticas (Compresores frío)

**INDICES DE FALLO DE ELEMENTOS PARA PROPUESTA DE MEJORA DE LA FIABILIDAD**

ELEMENTO	TASA DE FALLO ( $\lambda$ ) (Horas/año)	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN (Horas)	OBSERVACIONES
Red Exterior 20 KV	2.85x10 <sup>-5</sup>	1	Depende de la compañía distribuidora
Interruptor 20 KV	2.4x10 <sup>-5</sup>	0.2	
Transformador 20/0.4 KV seco (REDUNDANTE)	1.2x10 <sup>-6</sup>	0.1	Sistema radial y redundante
Interruptor General BT (4000 A) (Fijo)	6x10 <sup>-5</sup>	72	No se utilizan
Red MT 20 KV Interior (REDUNDANTE)	1.1x10 <sup>-5</sup>	0.1	Sistema redundante
Embarrado BT	4.2x10 <sup>-5</sup>	24	Embarrado atípico con exceso calentamiento
Red BT (Canalis)	1.5x10 <sup>-4</sup>	0.2	Sistema redundante
Cuadro eléctrico (Extraíble)	1.7x10 <sup>-5</sup>	4	
Int. Automático BT Potencia (Extraíble)	6x10 <sup>-5</sup>	1	
Fusibles BT	2.28x10 <sup>-4</sup>	0.25	No se utilizan



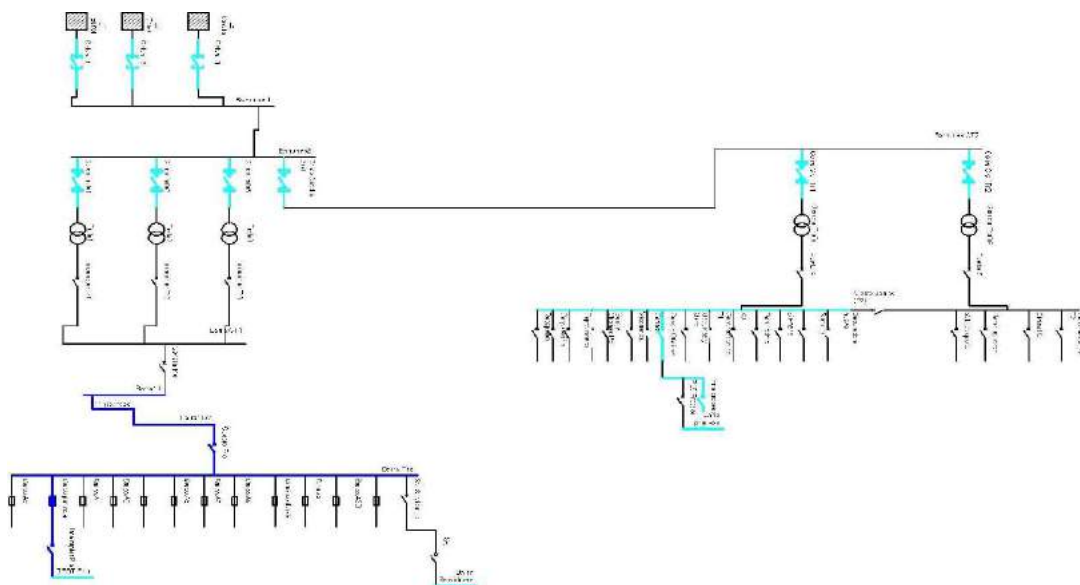
### 5.2.3 BUSES DE ALIMENTACIÓN

Para cada Bus de distribución definido con UE, las cifras siguientes resumen el funcionamiento de la red.

- Los símbolos del rayo que aparecen en los diagramas unifilares muestran los diferentes caminos de la alimentación.

### 5.2.4 RESULTADOS

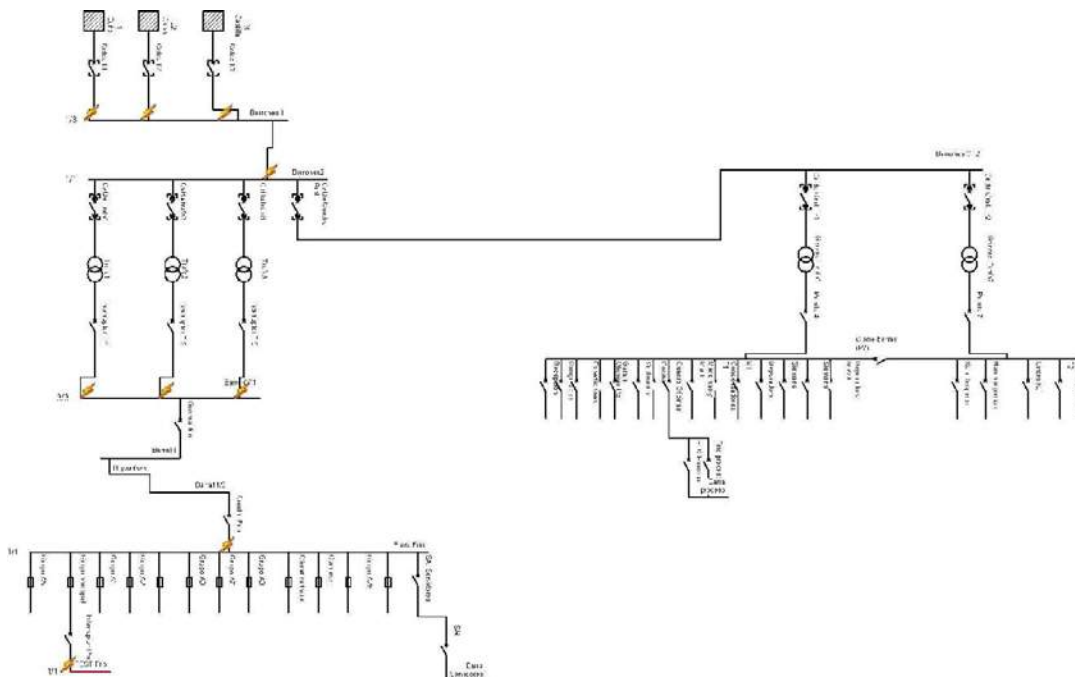
Se ha estudiado la fiabilidad de la rama que alimenta a la zona de refrigeración, comparándose con la nueva arquitectura propuesta que se ve a continuación:



[Esquema unifilar de FIABILIDAD]

En los esquemas siguientes se muestra el resultado del análisis de fiabilidad para los buses de distribución críticos, en cuanto a promedio estadístico de falta de disponibilidad (tiempo de inactividad medio estadístico al año).

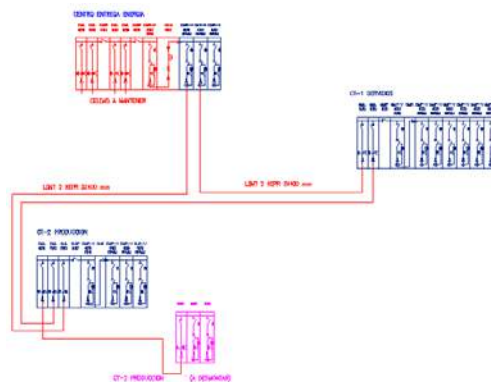
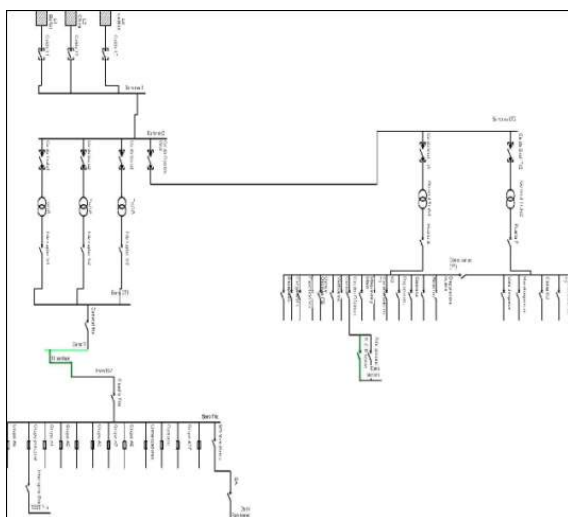
**UE FRIO**



Se consigue eliminar la probabilidad de fallo del interruptor general de BT así como la red de baja tensión y su embarrado.

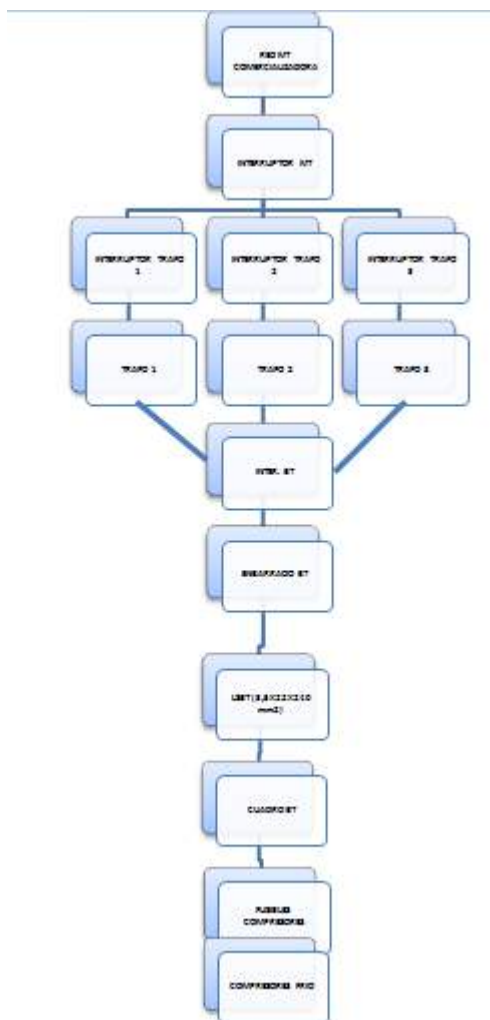
**EXISTENTE**

**PROPUESTO**



Introduciendo el árbol de fiabilidad, y teniendo en cuenta los parámetros de las tasas de fallo y reposición:

Con la disposición actual:



Luego el tiempo esperado de fallo anual (8760 horas) es de: 5,52 horas.

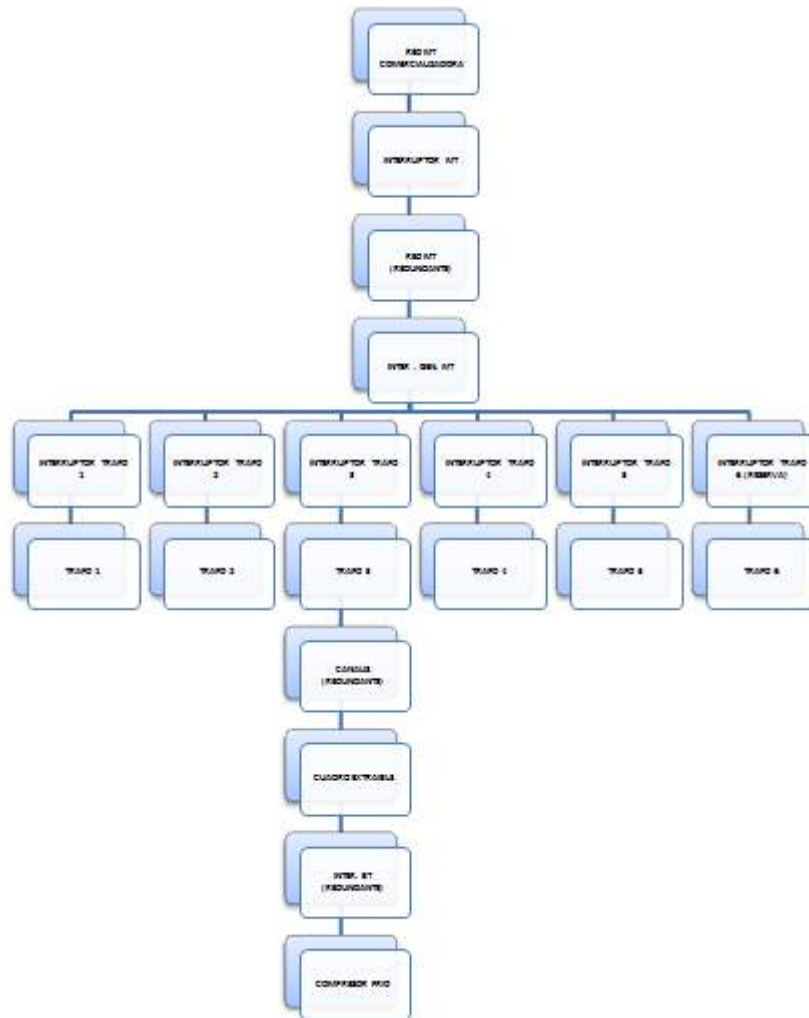
La fiabilidad del sistema actual anual (probabilidad de que el sistema no falle en un año) es de: 0,40%

Valor esperado sin fallo: 1586 horas.

Hay que tener en cuenta además, que en caso de paradas por averías, los tiempos de reparación pueden llegar a ser considerables.

Con la nueva disposición, mediante la reconfiguración de las redes, transformadores en forma radial, sistema redundante en media y en baja tensión

(como se indica al final del anexo A), cuyo árbol de fiabilidad es el propuesto a continuación:



Luego el tiempo esperado de fallo anual (8760 horas) es de: 0,17 horas.

La fiabilidad del sistema reformado anual (probabilidad de que el sistema no falle en un año) es de: 97,5%

Valor esperado sin fallo: 144516 horas.






Se ve claramente el gran aumento de la fiabilidad, así como en caso de acciones, no habrá prácticamente tiempos de parada por reparaciones o mantenimiento dado el carácter redúndate del sistema.

### 5.2.5 POLÍTICA DE SERVICIOS

Se debe aplicar una política de servicios basada en la clasificación de los distintos dispositivos eléctricos de acuerdo con su nivel de riesgo. El cálculo de la criticidad o nivel de riesgo se basa en la valoración de la fiabilidad y el stress. En el siguiente apartado se indican más detalles.

#### 5.2.5.1 Acciones de servicio

En la tabla siguiente se resumen todas las acciones de servicio que se pueden adoptar para el equipo eléctrico de la planta. En los planes de mantenimiento y modernización, estas acciones se asignarán a los diferentes componentes del equipo en función de la política de servicios que se aplique, de acuerdo con su índice de criticidad. Por lo tanto, se utilizarán los mismos símbolos para rellenar el anexo.

Símbolo	Nombre	Definición	Herramienta y experiencia de Schneider
	Mantenimiento del fabricante o especialista	Mantenimiento en profundidad realizado por expertos del fabricante, con herramientas dedicadas.	En Barras termografía
	Mantenimiento del usuario final (Um)	Mantenimiento rutinario realizado por técnicos locales autorizados, de conformidad con las instrucciones del fabricante.	
	Análisis de las capacidades del equipo.	Diagnóstico en profundidad realizado por especialistas con el fin de analizar la cinemática del equipo de corte.	Interruptores automáticos de MT →Prodiag  Contactores de MT →Prodiag  Fusibles de MT →Profusion  Interruptores automáticos de BT →Prodiag  →Proselect
	Actualización planificada recomendada		
	Investigación de descarga parcial recomendada		Kit de herramientas de análisis de descarga parcial
	...		

### 5.2.6 ORGANIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO

En el siguiente apartado se ofrecen algunas recomendaciones relativas a las

posibles formas de mejorar la organización de la actividad de mantenimiento.

#### **5.2.6.1 Plan de recuperación frente a desastres**

Definir un plan de recuperación frente a desastres (DRP) es un paso fundamental para aplicar una política de gestión de riesgos. El DRP reducirá los tiempos de inactividad de la planta en caso de apagado total, por ello es muy conveniente la realización de un plan frente a desastres no controlados, previendo las actuaciones posibles y sus diferentes niveles de ejecución para poder hacer efectiva esa reducción del tiempo de inactividad de la planta.

#### **5.2.6.2 Repuestos y gestión de repuestos**

La disponibilidad de la alimentación también depende del tiempo de reparación de los distintos dispositivos eléctricos.

*“Tiempo de reparación” es una expresión típica que se utiliza en el ámbito de la fiabilidad para identificar el tiempo necesario para reparar un dispositivo, en caso de fallo.*

Por consiguiente, contar con una política de repuestos y con una gestión de inventarios eficaz puede reducir considerablemente la duración de la reparación de algunos dispositivos y por lo tanto la falta de disponibilidad de la alimentación eléctrica. Existen diferentes políticas para los repuestos desde la subcontratación de los mismos en diferentes términos pasando por un leasing y por último la compra del stock mínimo.

#### **5.2.6.3 Objetivos de gestión de mantenimiento**

Objetivo: mantener las instalaciones en pleno rendimiento con la máxima seguridad y al mínimo coste.

En la subcontratación de la actividad de mantenimiento debemos tener en consideración el Plan de Mantenimiento en cuanto a los elementos críticos, pensando para ellos en un mantenimiento específico, incluso a distancia y ó por el fabricante, en los elementos indicados, así como realizar la formación necesaria en los mismos a los equipos internos de mantenimiento.

Una utilización del programa “ORMA”, introduciendo los datos específicos en cuanto a obsolescencias y criticidades, para realizar el seguimiento correspondiente. Ej. Fecha de obsolescencia de los equipos para optimizar recambios.

Preparar el plan de modernización de los equipos satisfaciendo las necesidades y

marcando las prioridades a esos elementos críticos.

### **5.2.7 NORMAS DE SEGURIDAD**

La seguridad del personal (interno o externo), encargado del funcionamiento y del mantenimiento del equipo eléctrico debe asegurarse mediante los siguientes aspectos, en cumplimiento de lo que la Prevención de Riesgos Laborales establece la Ley 31/1.995 de 8 de Noviembre y en su artículo 24 “Coordinación de Actividades Empresariales”:

- Formaciones teóricas generales sobre los riesgos eléctricos
- Formaciones prácticas específicas sobre el equipo que debe utilizarse y mantenerse
- Certificación o validación formal regular de las competencias del personal de acuerdo con la responsabilidad de cada uno y el trabajo del que se encarga
- Descripción detallada de la intervención que se va a realizar
- Protecciones y herramientas adecuadas para realizar las intervenciones
- Proceso de ejecución seguro y bien definido

#### ***5.2.7.1 Certificación de competencias de personal y plan de formación***

Realización de un plan de formación continuado referente a los aspectos de seguridad eléctrica, proveyendo de certificado de aptitud para realizar las funciones y ó tareas, este certificado deberá ser firmado por su responsable y por el responsable de Seguridad. Estas certificaciones de cada persona, será conveniente su archivo centralizado y de fácil consulta para poder asignar las diferentes tareas según las cualificaciones de dicho personal, incluyendo en los procedimientos el nivel necesario para realizarlos.

#### ***5.2.7.2 El proceso de mantenimiento y la formalización de procedimientos***

Deben realizarse procedimientos completos de las actuaciones con el consiguiente estudio de evaluación de riesgos para cada operación, asegurando que las personas que intervengan en la operación sean de M.T. ó B.T. estén completamente formadas en todas las acciones y procedimientos tanto para realizar las operaciones en los equipos como en los casos de emergencia que pudieren suceder. Dichos procedimientos e instrucciones realizadas deben estar perfectamente firmadas por el responsable de las tareas, asegurando la calificación de los operarios para la realización de la intervención sea por personal

interno ó externo y archivadas convenientemente para en su seguimiento, confirmar que todas las operaciones se realizan cumpliendo con todos los procesos de seguridad y no permitiendo el comienzo de las tareas si no se llevan a cabo todos los procesos preparatorios, con especial atención, que todas las personas que intervengan en las tareas utilicen todos los EPI's asignados en la misma, así como los procedimientos de comunicación entre los grupos de trabajo y el coordinador.

### **5.2.7.3 Documentación**

Para la documentación de las instalaciones de la planta, debe implementarse un procedimiento de actualización de la misma, realizando los controles inherentes a conseguir la garantía de que los datos en la documentación, coincidan con los equipos instalados y en funcionamiento, realizando un marcado de éstos en relación con los esquemas.

Esta actualización de la documentación debe además corresponderse con los procedimientos, revisando los mismos y su mención a las diferentes numeraciones de los equipos, sin posibilidad de errores en las actuaciones.



## 5.3 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN

### 5.3.1 ESTRATEGIA DE INVERSIÓN

Las estrategias para mejorar la eficiencia energética y aumentar la fiabilidad, según los datos que se han observado, debería contemplar tres fases, que se comentan a continuación:

#### **1ª fase: recuperar el rendimiento nominal de la instalación.**

Tal como se ha visto en la instalación eléctrica de la planta, funciona en condiciones que pueden verse degradadas y, por lo tanto, se proponen acciones de reparación/sustitución para devolver el rendimiento nominal a la instalación. El primer paso que se recomienda realizar es ejecutar estas acciones.

#### **2ª fase: mantener el nivel de rendimiento y racionalizarlo (*preparación para la modernización*)**

Para mantener el nivel adecuado de disponibilidad y evitar dirigirse hacia un alto valor de falta de disponibilidad de la alimentación eléctrica, el segundo paso que se debe tomar es llevar a la acción la planificación de actualización. Se pretende crear un plan de mantenimiento centrado en la fiabilidad y la eficiencia energética que se ajuste al mantenimiento que debe llevarse a cabo con el índice de criticidad del dispositivo, mientras que la planificación de actualización pretende optimizar la fiabilidad de los dispositivos críticos. El plan de mantenimiento personalizado garantiza que el gasto en mantenimiento sea óptimo y que los dispositivos más críticos reciban el mantenimiento más adecuado para mantener su correcto funcionamiento, y un mayor ahorro energético.

#### **3ª fase: mejorar el nivel de rendimiento**

Para mejorar el nivel de rendimiento del sistema de alimentación eléctrica, será necesario modificar la arquitectura de la red eléctrica y reducir la duración de reparación de los dispositivos eléctricos a través de la política de repuestos adaptada a las necesidades de energía de la planta. La modernización y los planes de gestión muestran algunas oportunidades de mejora y la magnitud de su efecto en la disponibilidad de la fuente de alimentación.

### 5.3.2 INVERSIÓN EN ACCIONES CORRECTIVAS

**Objetivo:** Las valoraciones técnicas muestran que la instalación eléctrica de la planta funciona con algún punto que en caso de fallo puede producir largos tiempos de parada.

En la siguiente tabla se resumen las valoraciones técnicas y las acciones correctivas necesarias presentadas y se asocian a una valoración presupuestaria para la solución propuesta.

Item	Anomalia	Planes Observaciones	Riesgo	Coste del Riesgo	Recomendación	Coste aprox. de la recomendación
1	Rejillas ventilación en las puertas.	Seguridad y operativa	Estancia con sistema contra incendios no hermética	>>>	Rejillas automáticas en las puertas	3k€
2	Falta de coordinación en las protecciones	Mantenimiento	Posibilidad de disparos inesperados aguas arriba	>>>	Estudio de selectividad detallado	12k€
3	Disparidad en la documentación.	Seguridad y operativa	Perdida de eficiencia en las intervenciones	> 50k€	Actualizar documentación	6k€
4	Unidades Vigilancia aislamiento	Mantenimiento	Cortocircuito	>50k€	Verificación de la red	2k€
5	Verificación de unidades de control de BT	Mantenimiento	Disparos no deseados	>50k€	Realizar verificación de las protecciones de los equipos.	30k€
6	Obsolescencia interruptores BT	Modernización	Largo tiempos de reposición en caso de fallo	>>>	Retrofit o sustitución de interruptores obsoletos.	Plan Modernización
7	Elementos principales fijos	Modernización	Largo tiempo de normalización en avería	>>>	Equipos extraíbles en cabeceras	Plan modernización
8	Arquitectura de la red	Modernización	Incremento de la fiabilidad de la RED	>>>	Estudio de la arquitectura de la red y emplazamientos de los cuadros	Plan de Modernización

Ç

## 5.4 PLAN DE MANTENIMIENTO

### 5.4.1 OBJETIVOS

Se debe crear un plan de mantenimiento que se ajuste al mantenimiento que debe llevarse a cabo con el índice de criticidad del dispositivo: el contenido y la frecuencia de las recomendaciones generales se ajustan en consecuencia. Este plan personalizado garantizaría que:

- el gasto en mantenimiento sea óptimo,
- el mantenimiento en el equipo adecuado se realiza en el momento adecuado,
- el tiempo de inactividad se mantiene al mínimo,
- las operaciones que necesitan un especialista se separan de aquellas que necesitan un generalista.
- El estudio energético de cada equipo e instalación.

### 5.4.2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

Para cada nivel del índice de criticidad se asigna una política de mantenimiento de la siguiente forma.

Índice de criticidad	Objetivo de mantenimiento	Política de mantenimiento
<b>Alto</b>	Evitar fallos	Mantenimiento predictivo ⇒ <b>Mantenimiento del fabricante</b>
<b>Medio</b>	Ampliar la duración de vida útil	Mantenimiento preventivo ⇒ <b>Mantenimiento del usuario final</b>
<b>Bajo</b>	Reducir el coste de mantenimiento	<b>Inspección</b>

#### **Inspección:**

Comprobación del funcionamiento e inspección visual del dispositivo

#### **Mantenimiento del usuario final:**

Operaciones leves de mantenimiento preventivo, como engrasado o control de trabajo, que se pueden lograr con un técnico local autorizado.

#### **Mantenimiento del fabricante:**

Mantenimiento en el lugar, que debe llevarse a cabo por un técnico especializado del fabricante. Se utilizan herramientas específicas para el diagnóstico del equipo, lo que puede conllevar una inspección interna del producto. Se realizará un informe de tarea de mantenimiento en el que se especifican los resultados de diagnóstico y las operaciones de mantenimiento realizadas.

La tabla del apartado contiene el plan de mantenimiento detallado para cada componente del equipo eléctrico de la planta industrial, para los próximos 10 años.

### **5.4.3 PASOS SIGUIENTES**

#### **Definir un plan de mantenimiento detallado**

La tabla del ANEXO es una directriz para definir un plan de mantenimiento operativo centrado en la fiabilidad. El plan de mantenimiento operativo debe tener en cuenta los problemas de proceso en cuanto a continuidad de servicio, planificación de mantenimiento de proceso, medios necesarios para las operaciones de mantenimiento, tareas y responsabilidades para todos los implicados, etc.

#### **Ejecución de las operaciones de mantenimiento**

Una vez definido el plan, la ejecución también se debe gestionar correctamente por parte de los técnicos locales autorizados o los técnicos especializados del fabricante

## 5.5 PLAN DE MODERNIZACIÓN

### 5.5.1 OBJETIVOS

El plan de modernización pretende:

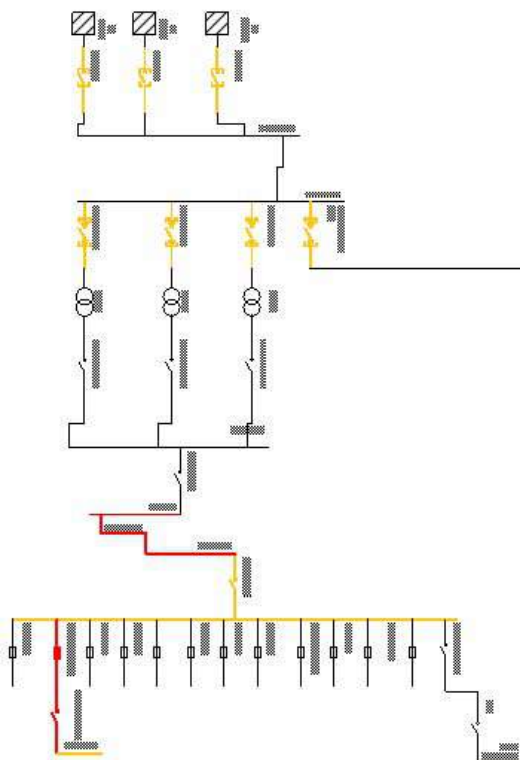
- gestionar el desgaste y el final de vida útil del equipo
- mejorar el rendimiento y fiabilidad de la instalación

### 5.5.2 ACTUALIZACIÓN DE LOS EQUIPOS

Puede realizarse una actuación previa en los equipos de potencia de la ET1 con equipos extraíbles y módulo de protecciones conectable en red, no obstante el camino principal en aras de una mejora de la fiabilidad viene dado por las Modificaciones de arquitectura de la red.

### 5.5.3 MODIFICACIONES DE ARQUITECTURA

El estudio de fiabilidad resalta que el punto débil de la red eléctrica de la planta industrial es la criticidad entre la estación ET1 y el centro de Frío.

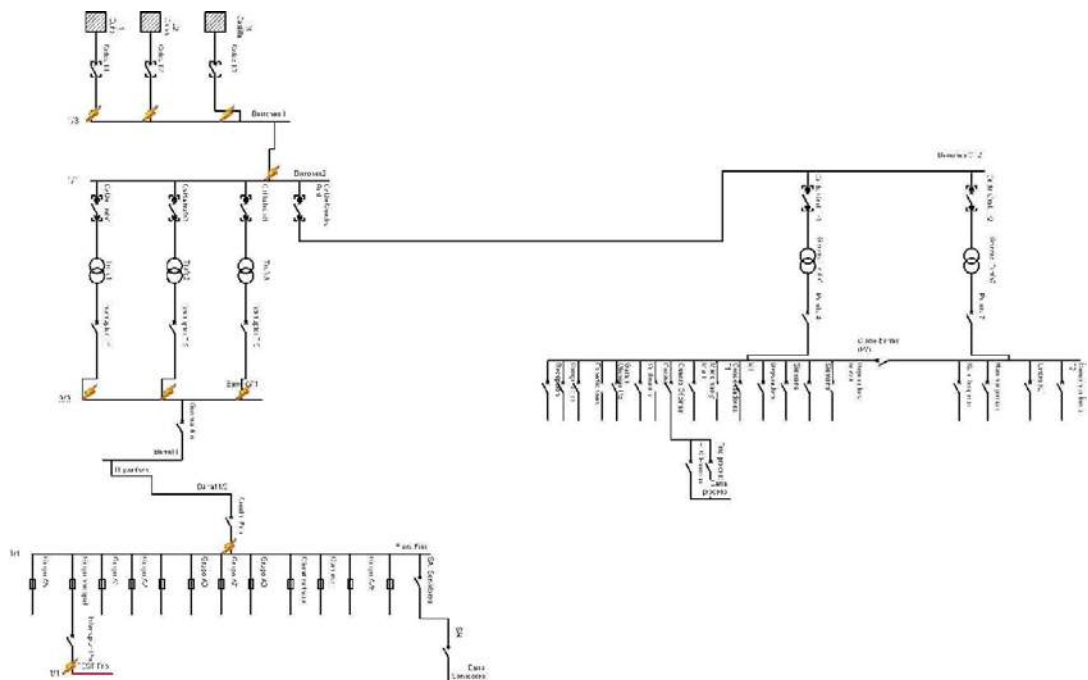


A modo de aproximación, si la ET1 quedase próxima a la sala de frío y la alimentación entre la barra de salida de BT y la acometida de BT del cuadro de frío, mediante embarrado protegido y con una distribución mediante interruptores automáticos, la mejora de fiabilidad se aumenta considerablemente, tal y como se ha visto en los puntos anteriores.

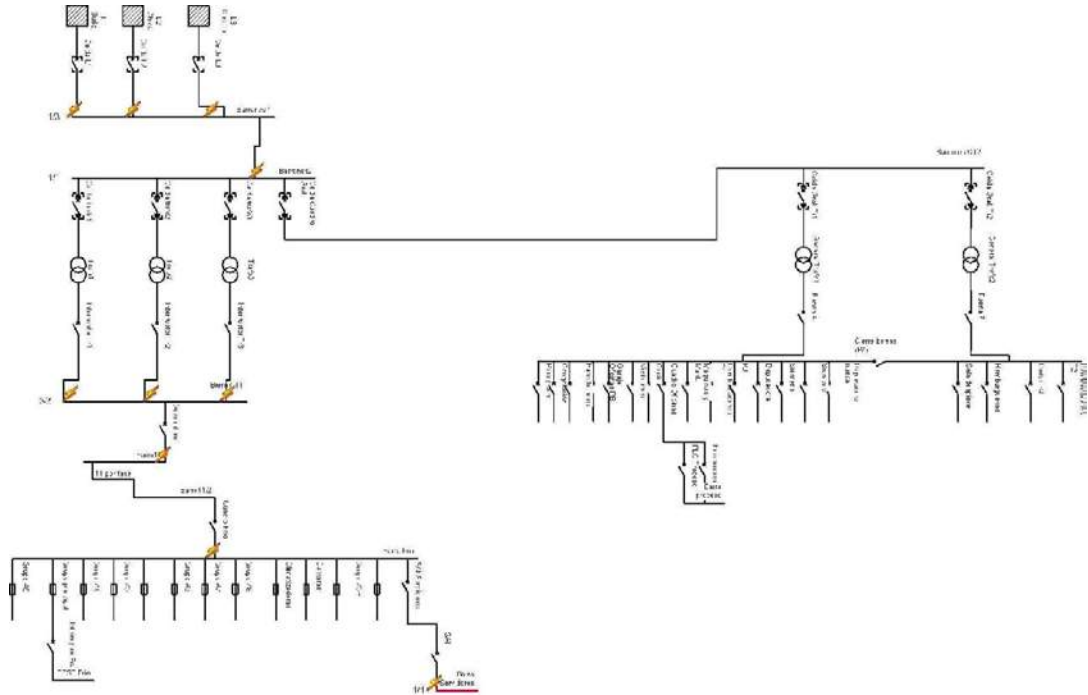
#### 5.5.4 ACCIONES CORRESPONDIENTES A LA ARQUITECTURA ELÉCTRICA.

En los siguientes diagramas unifilares se observan los puntos críticos en la distribución hasta los tres puntos considerados como fundamentales según los técnicos de explotación de planta (Frio industrial, PLCs de procesos y servidores de gestión de planta), donde se resume la arquitectura actual de la instalación eléctrica, en la que se puede observar que precisamente todos los elementos críticos observados anteriormente se encuentran enseriados, con la consiguiente reducción de la fiabilidad del sistema. Se encuentra el sistema de frío industrial, alimentado por tres transformadores en paralelo, con un embarrado crítico en baja tensión, así como la imposibilidad de hacer mantenimiento o sustituciones de transformadores sin que quede mermado los sistemas fundamentales que se han comentado.

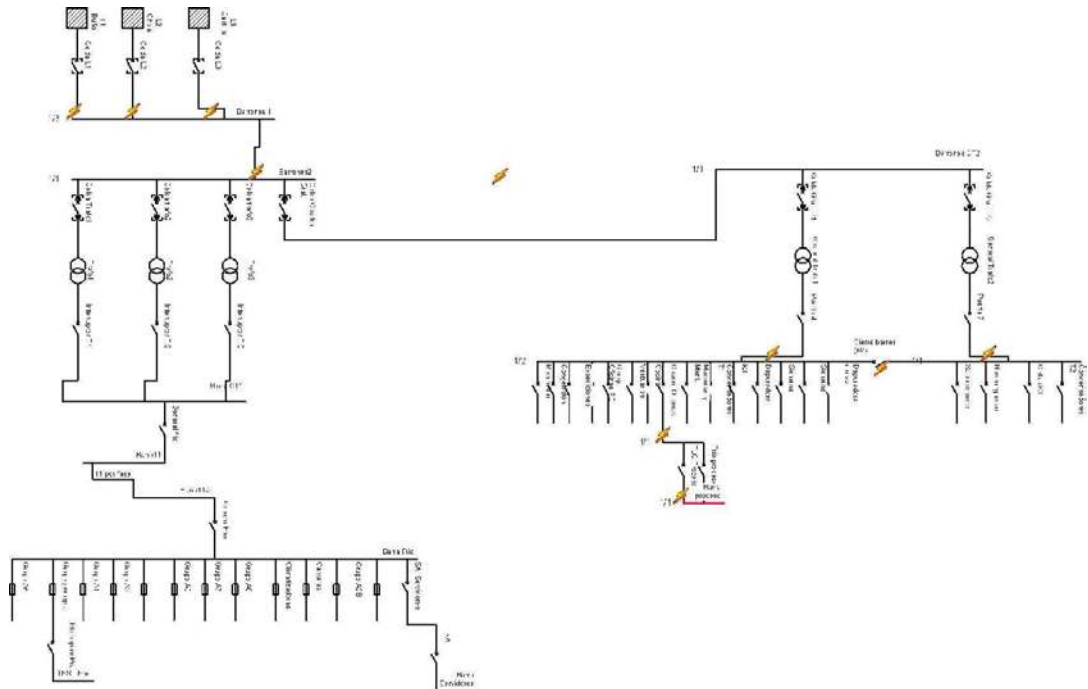
#### ESQUEMA CRÍTICO HASTA FRIO INDUSTRIAL:



**ESQUEMA CRÍTICO HASTA SERVIDORES DE GESTIÓN DE PLANTA:**



**ESQUEMA CRÍTICO HASTA PLCs PROCESO:**



## 5.6 PROPUESTA DE MODIFICACIONES DE ARQUITECTURA

En esta instalación, se ha detectado que el emplazamiento entre la CT1 y el cuadro principal de Frío incrementa el nivel de posibles fallos tanto en el conexionado, mal reparto de cargas en los cables, como por las soluciones mediante fusibles y no tener ningún elemento principal extraíble que facilite una rápida sustitución, esto da como resultado un nivel de stress elevado a pesar de realizar un mantenimiento correcto. Otro punto detectado que incrementa el nivel de no fiabilidad son los equipos a nivel de obsolescencia debido al nivel de dificultad en la adquisición de recambios.

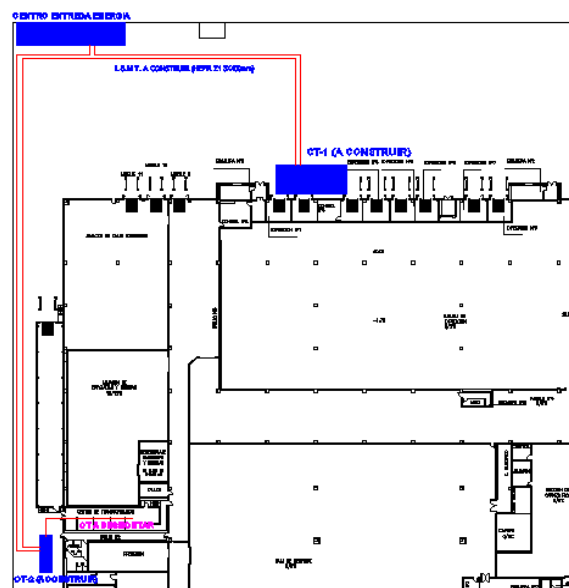
Se resalta que el punto débil de la red eléctrica de la planta es la criticidad entre la estación ET1 y el centro de Frío . Por este motivo, se deberá efectuar el estudio de detalle correspondiente para llevar a efecto una mejora de fiabilidad.

A modo de aproximación, si la ET1 quedase próxima a la sala de frío y la alimentación entre la barra de salida de BT y la acometida de BT del cuadro de frío, mediante embarrado protegido y con una distribución mediante interruptores automáticos, se produciría una mejora cuantitativa importante en la fiabilidad de la instalación.

A continuación se muestran los esquemas de la arquitectura propuesta para tener mayor fiabilidad a nivel energético y de explotación de la planta industrial.

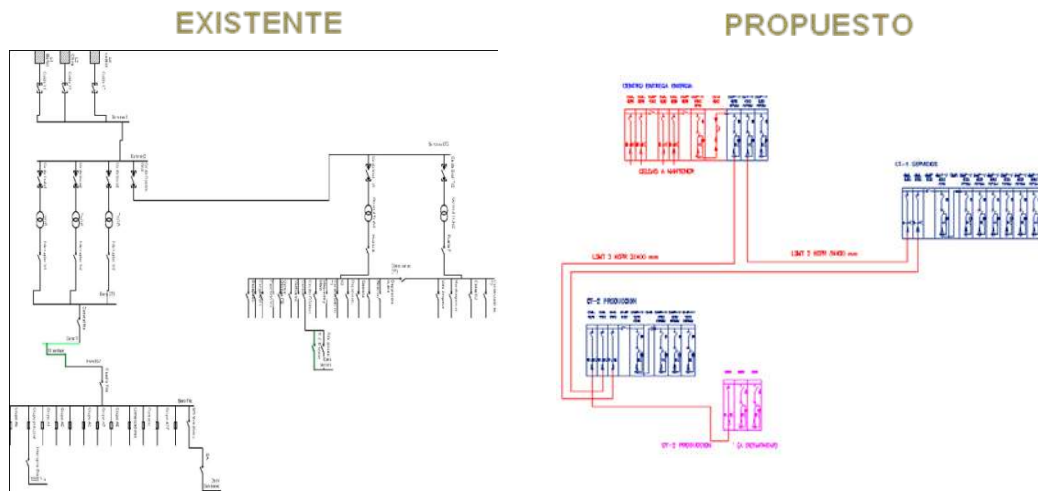
### DISTRIBUCIÓN DE M.T:

Sistema redundante en M.T. a 20 KV, aproximando los transformadores de potencia a la alimentación de frío industria.

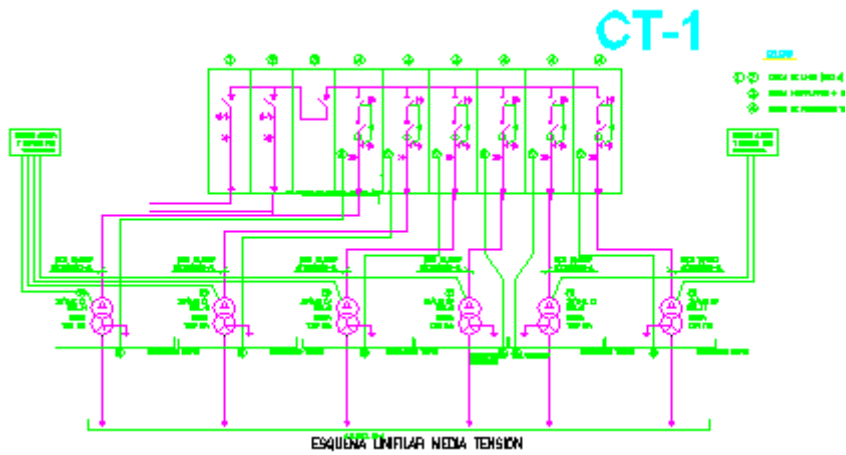


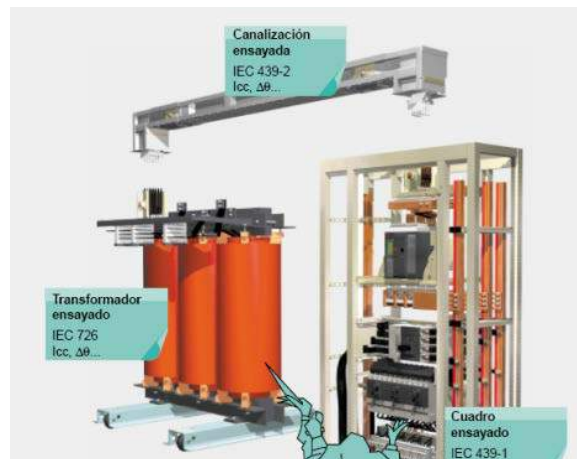
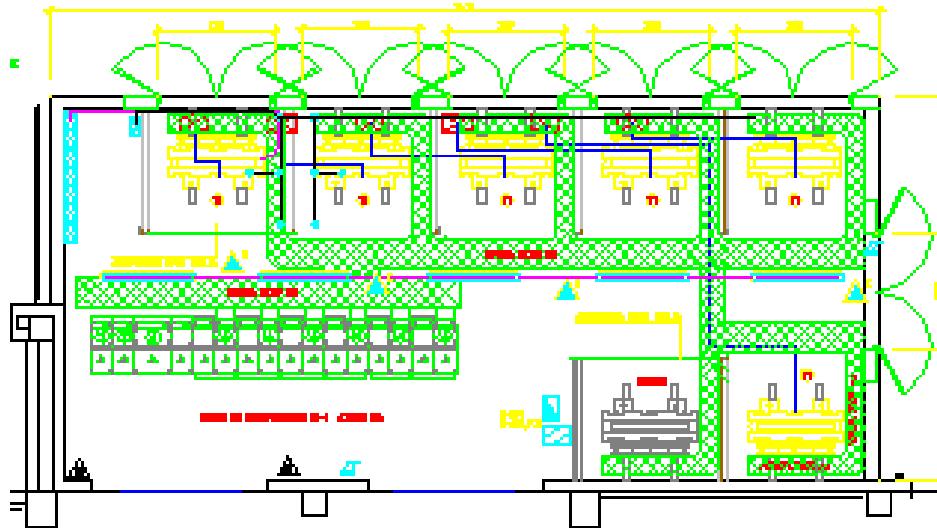


Se consigue eliminar la probabilidad de fallo del interruptor general de BT así como la red de baja tensión y su embarrado.



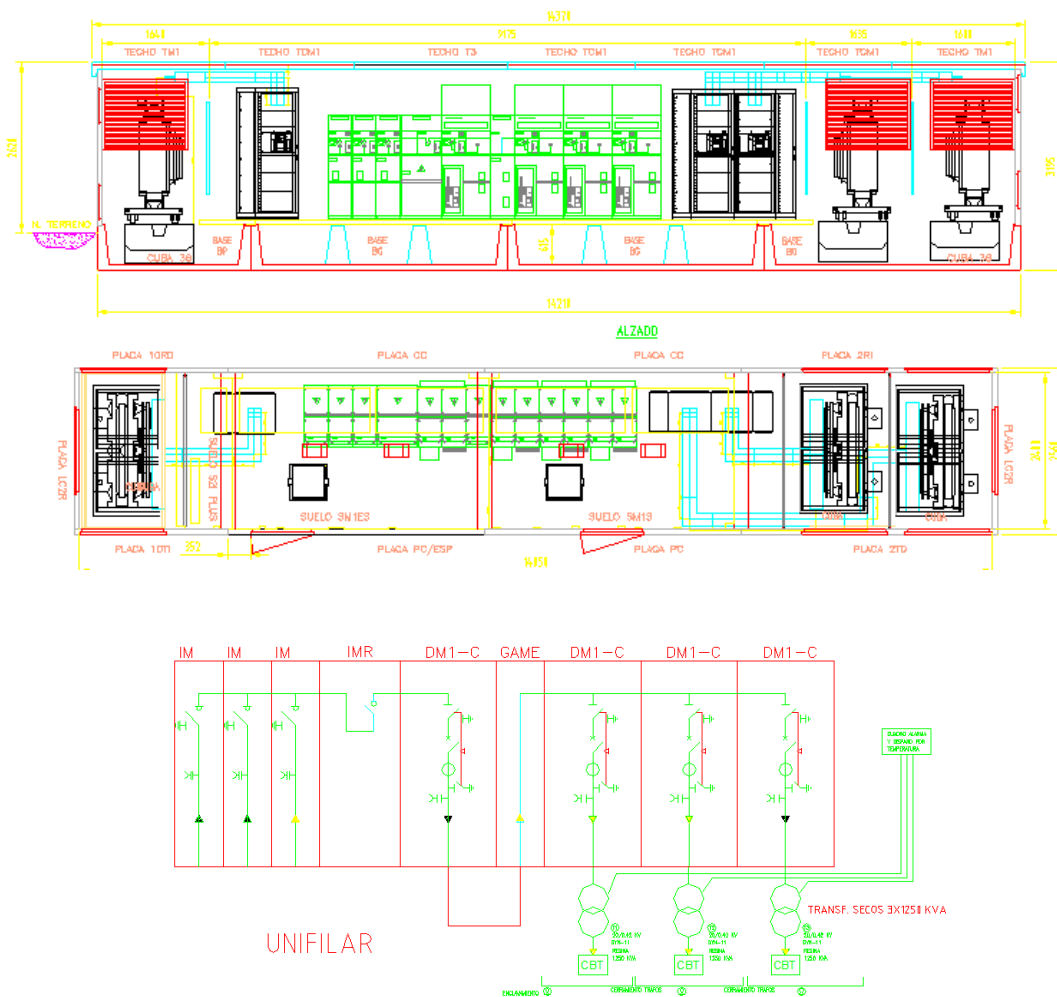
**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN FRIO (CT-1):**





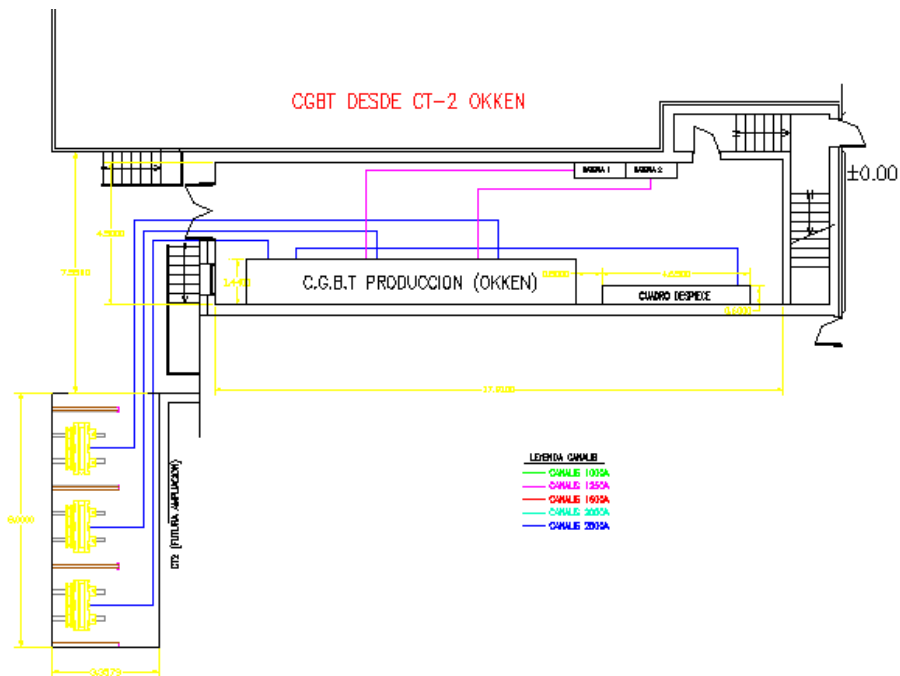
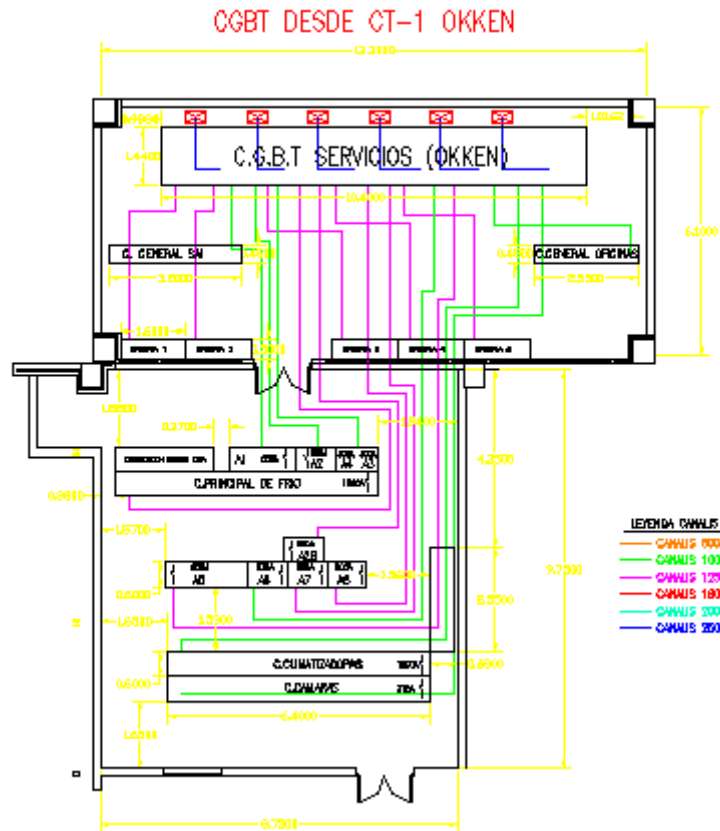
Se propone centros de transformación con transformadores secos de 1250 KVAs en distribución radial y sistema redundante, facilitando el mantenimiento, la fiabilidad y las condiciones de explotación.

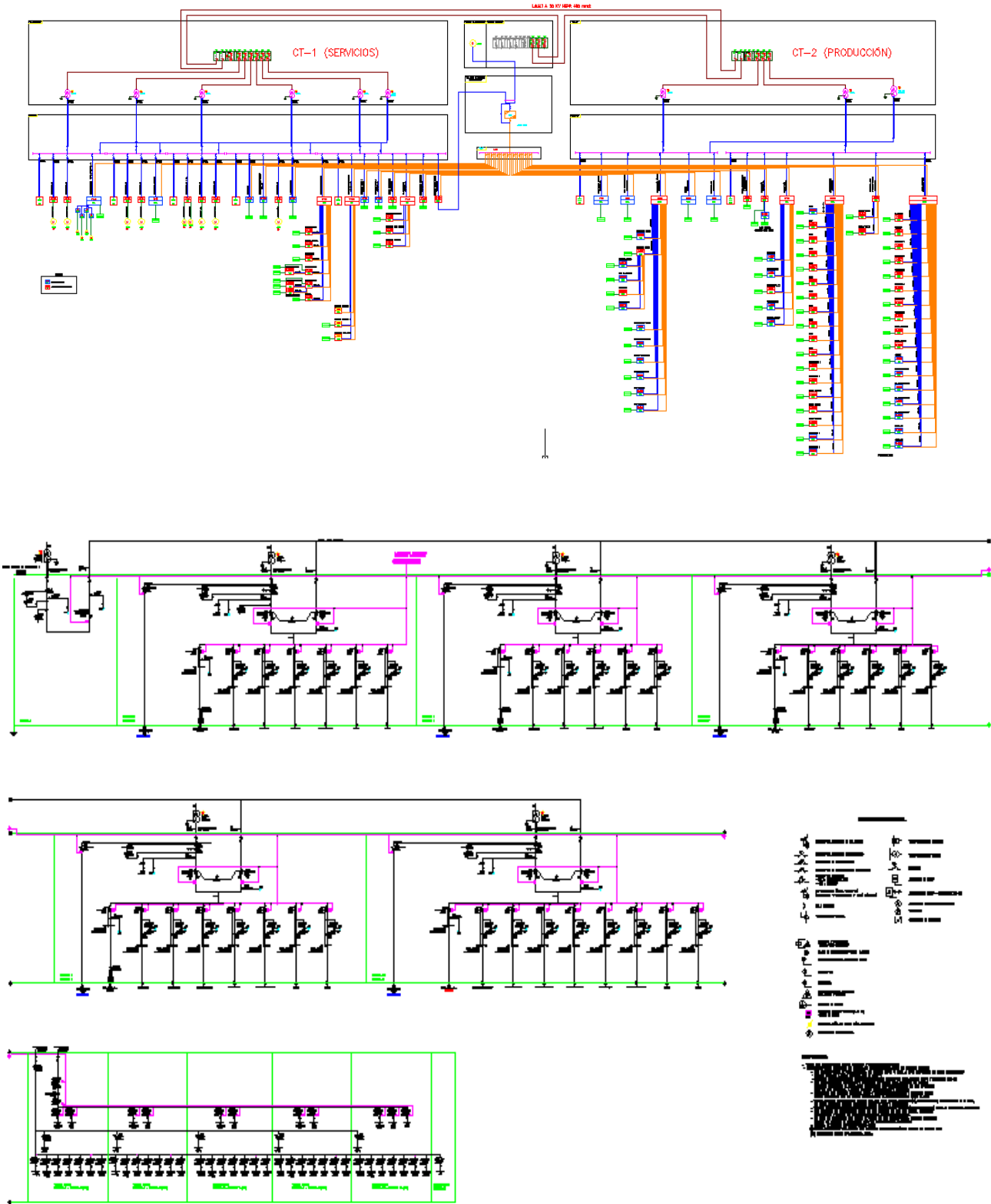
**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN SERVICIOS (CT-2):**

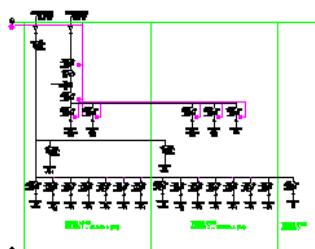
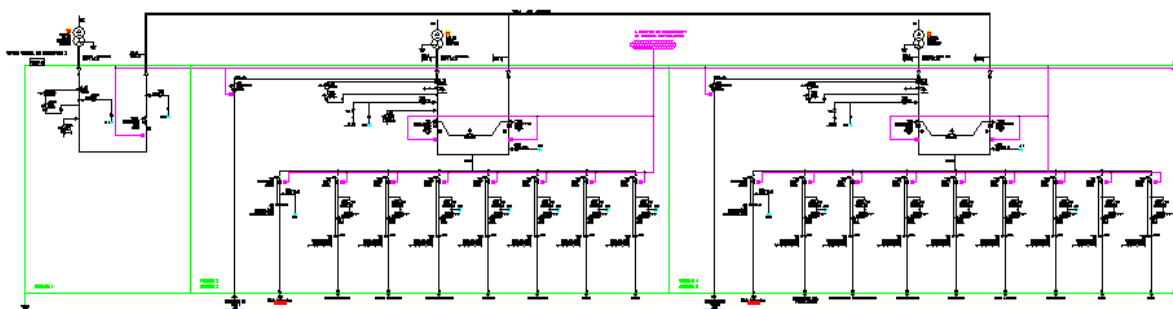


Tres transformadores en distribución radial y redundante en baja tensión, todo ello con una redistribución de cargas en BT

**PROPUESTA DE LA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN:**



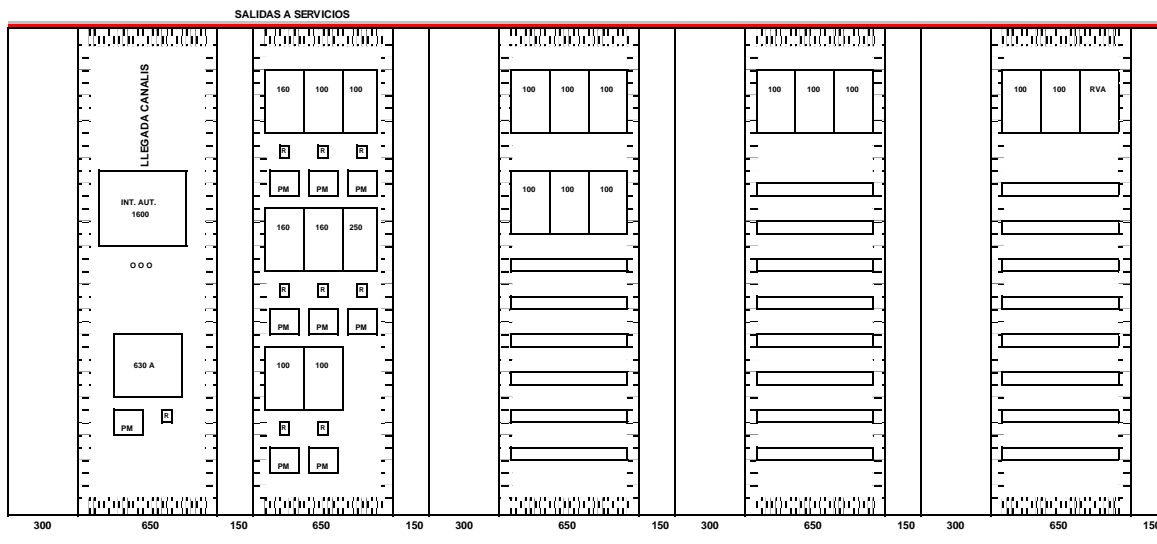




CUADRO GENERAL BAJA TENSIÓN  
CGBT2

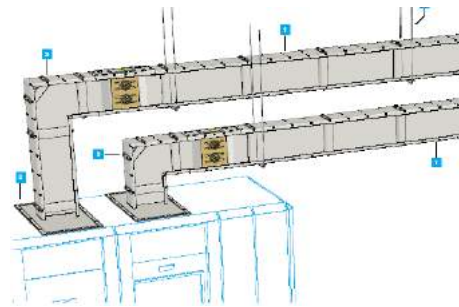
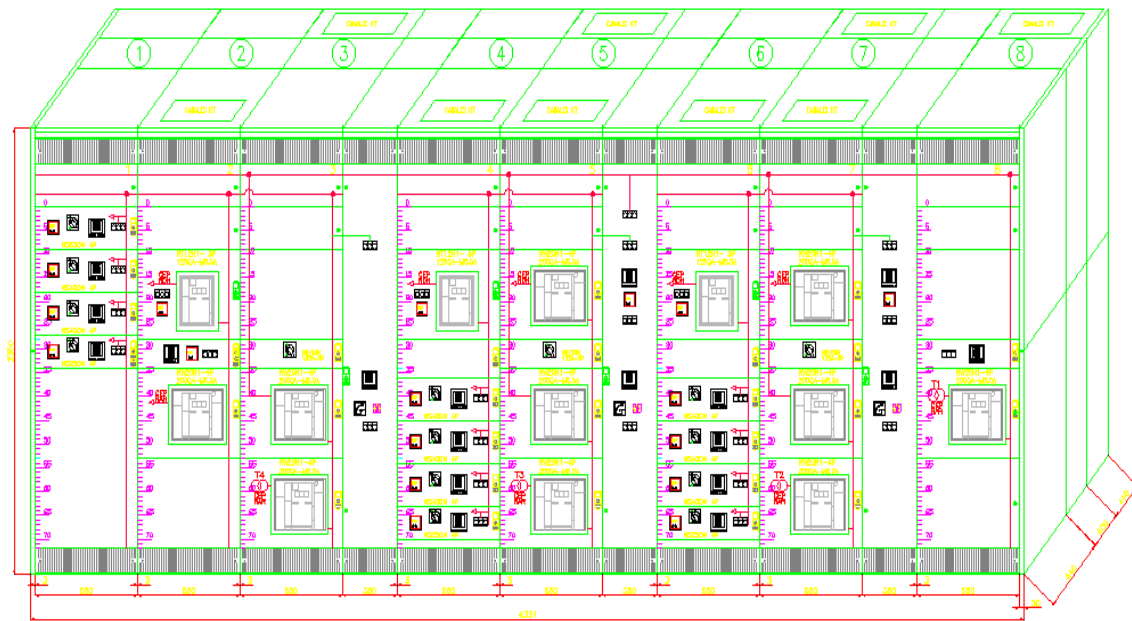


CUADRO GENERAL ZONA 2



4.400

$$4.400 + 5.600 = 10.000$$



Baja tensión con los elementos de potencia extraíbles, sistemas radiales y redundantes en origen, así como canalización electrificada para la mejor optimización del reparto energético en la factoría.





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## BIBLIOGRAFÍA

- AEM, (2010). Asociación española de mantenimiento;. "Encuesta sobre la evolución y situación del mantenimiento en España". AEM, 2010.
- AFIM, (2007) Association française des ingénieurs et techniciens de maintenance (2007), Guide national de la maintenance 2007, Paris.
- Alsyouf, I. (2007). The role of maintenance in improving companies, productivity and profitability. *International Journal of Production Economics*. Vol. 105 No. 1. pp. 70-78.
- Altmann, C.(2006). El Análisis de Causa Raíz, como herramienta en la mejora de la Confiabilidad. 2do Congreso Uruguayo de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad 16, 17 y 18 de Agosto de 2006. Montevideo – Uruguay.
- Armendola L. (2002). Modelos mixtos de Confiabilidad Project Management. Edición Prentice Hall.
- APC-Schneider Electric . John Niemann. (2011). Economizer Modes of Data Center Cooling Systems - White Paper 132.
- APC-Schneider Electric; John Niemann. (2011). Cerramiento de pasillos calientes vs.pasillos -White Paper 135. Schneider Electric.
- APC-Schneider Electric; Rasmussen, Neil. (2011). Electrical Efficiency Modeling for Data Centers- White Paper 113. APC-Schneider Electric.
- APC-Schneider Electric; Rasmussen, Neil. (2011). Implementing Energy Efficient Data Centers- White Paper 114. Schneider Electric.
- APC-Schneider Electric;Donovan, Patrick. (2012). Avoiding Common Pitfalls of Evaluating and Implementing DCIM Solutions- White Paper 170.
- APC-Schneider Electric;Donovan, Patrick. (2011). Virtualization and Cloud Computing:Optimized Power, Cooling, and Management Maximizes Benefits. White Paper 118.
- APC-Schneider ; Neil Rasmussen. (2012). Specification of Modular Data Center Architecture- White Paper 160. APC-Schneider.
- APC-Schneider. Wendy Torell. (2012). High Efficiency Economizer-based Cooling Modules for Large Data Centers. White Paper 136. APC-Schneider.
- Badia, F.G.; Berrade, M.D.; Campos, C.A. (2002). Optimal inspection and preventive maintenance of units with revealed and unrevealed failures. *Reliability Engineering and System Safety*. Vol. 78 No. 1, pp. 157-63.
- Bailey, K.; Francis, M. (2008). Managing information flows for improved value chain performance. *International Journal of Production Economics*. Vol. 111 No. 1, pp. 2-12.
- Basim Al-Najjar and Mirka Kans. (2006). A model to identify relevant data for problem tracing and maintenance cost-effective decisions. A case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol. 55 No. 8, 2006. pp. 616-637.
- Bueno, E. (2002): La sociedad del conocimiento: un nuevo espacio de aprendizaje de las personas y organizaciones, en *La Sociedad del Conocimiento*, Monografía de la Revista Valenciana de Estudios Autonómicos, Presidencia de la Generalitat Valenciana, Valencia.
- Cabau, E. (2000). Introducción a la concepción de la garantía de funcionamiento. Cuaderno Técnico Schneider nº 144. Barcelona.
- Cárcel, F.J; Roldán, C.. "Principios básicos de la Gestión del Conocimiento y su aplicación a la empresa industrial en sus actividades tácticas de mantenimiento y explotación operativa: Un estudio cualitativo". *Intangible capital*. (2013), 9 (1):91-125. <http://dx.doi.org/10.3926/ic.341>.

- Corretger M. Incidencia del mantenimiento en la gestión energética en los edificios. Revista Ingeniería Hospitalaria. 2008; 39:4-22.
- García Sanz-Calcedo J, Corisco C. Estrategias para la reducción global de la factura energética y las emisiones en los centros sanitarios de Extremadura. Madrid: Institute for International Research; 2008.
- García Sanz-Calcedo J, Cuadros F, López F, et al. Influence of the number of users on the energy efficiency of health centres. Energy and Buildings. 2011; 43:1544-8.
- Moubray, J., "Reliability-Centered Maintenance", Butterworth-Heinemann, Oxford (1991).
- Rey-Martínez F, Velasco-Gómez E. Eficiencia energética en edificios. Certificación y auditorías energéticas. Madrid: Thomson; 2006.
- Sols, A; "Fiabilidad, Mantenibilidad, Efectividad, un enfoque sistémico", Comillas, Madrid (2000).
- UNE 216501:2009. Sistema de gestión energética. Requisitos. Aenor, Mayo 2009.
- UNE-EN 13306, (2010). Mantenimiento: Terminología de mantenimiento. Aenor, Marzo 2011.
- UNE-EN 13460, (2009). Terminología de mantenimiento. Aenor, Diciembre 2009.
- UNE-EN 15341, (2007). Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento. Aenor, Septiembre 2008.
- UNE-EN 200001-3-11, (2003). Gestión de la confiabilidad: Parte 3-11: Guía de aplicación Mantenimiento centrado en la fiabilidad. Aenor, Octubre 2003.
- UNE-EN 20464, (2002). Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento. Aenor, Abril 2002.
- UNE-EN 20654-4, (2002). Guía de mantenibilidad de equipos: Parte 4-8: Planificación del mantenimiento y de la logística de mantenimiento. Aenor, Abril 2002.
- UNE-EN 60706-2, (2006). Requisitos y estudios de mantenibilidad durante la fase de diseño y desarrollo. Aenor, Mayo 2009.
- US Department Of Energy. (2011). Achieving Energy-Efficient Data Centers with New ASHRAE Thermal Guidelines FEMP. First Thursday Semmin@rs.
- US Department Of Energy. (2011). Best Practices Guide for Energy-Efficient Data Center Design.
- US Department Of Energy. (2011). Standard Report Template for Conducting a Data Center Energy Efficiency Assessment.
- Varios.. Cuadernos Técnicos Schneider- WWW.schneider.com.

## Biografía del autor



- **Francisco Javier Cárcel Carrasco.** Ha desarrollado su experiencia en el sector industrial durante más de 28 años en diversas empresas de primer nivel industrial y de servicios, así como profesional liberal en el desarrollo de proyectos industriales y de instalaciones para edificios de actividades terciarias (grandes hoteles, centros comerciales, etc.), desarrollando más de 800 proyectos y direcciones de obra visados por colegios profesionales. En la actualidad es profesor del departamento de Construcciones Arquitectónicas, área instalaciones, de la Universidad Politécnica de Valencia. De formación académica polivalente, es Ingeniero Industrial y Doctor Ingeniero Industrial por la Universidad Politécnica de Valencia, así como Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales por la UNED. Así mismo es Ingeniero en Electrónica por la Universidad de Valencia y Licenciado en Ingeniería mecánica y energética por la Universidad de Paris 6 (Francia). Ha realizado numerosos cursos de formación y diversos máster, destacando el de Ingeniería energética, Prevención de riesgos laborales, Evaluación de impacto ambiental. Su área de investigación está enfocada a las energías renovables, eficiencia energética e ingeniería del mantenimiento industrial. Email: fracarc1@csa.upv.es

Este libro trata de describir diversas acciones de eficiencia energética en una planta industrial del sector alimentario así como propuestas de acciones para la mejora de la fiabilidad de las instalaciones eléctricas enfocado hacia industrias agro-alimentarias. El documento detalla los resultados de acciones relativas a la mejora de la eficiencia energética así como ver las características de fiabilidad de la alimentación a sectores críticos de una industria del sector agroalimentario de primer nivel del sector en España, siendo todas las acciones indicadas estudiadas y realizadas en un entorno real de la factoría