



Universidad de Oviedo

Memoria del Trabajo Fin de Máster realizado por

ADRIÁN ÁLVAREZ RIVERO

para la obtención del título de

Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

**Desarrollo de MAEs e Integración de nodos en un gestor  
de monitorización energético**

Tutor: Daniel Pérez Artime

Tutor académico: Ricardo Mayo Bayón

JULIO DE 2018



Universidad de Oviedo

Adrián Álvarez Rivero



thyssenkrupp



## Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor y compañeros de departamento en particular y a la empresa en general por ayudarme y permitirme realizar este trabajo con ellos. En especial a mi tutor, Daniel Pérez, por la ayuda incansable ofrecida para poder completar este proyecto.

También a mi tutor académico, Ricardo Mayo, por haberme tendido la mano y ofrecerme su ayuda.

Y, por último, a mi familia, amigos y pareja por el apoyo incondicional que sin saberlo han conseguido que este trabajo salga adelante.



# ÍNDICE

ÍNDICE.....	IV
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Situación geográfica.....	1
1.2 Objeto.....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Justificación.....	3
1.5 Antecedentes.....	3
2 ESTADO DEL ARTE.....	6
3 DIRECTIVA 2012/27/UE Y SU TRASPOSICIÓN AL RD 56/2016. NORMA UNE-EN 16247.....	8
3.1 Resumen.....	8
3.2 Directiva 2012/27/UE y RD 56/2016.....	8
3.3 Norma UNE-EN 16247.....	9
3.4 Estándar ISO 50001.....	12
4 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN ENERGÉTICO.....	14
4.1 Resumen.....	14
4.2 Red del sistema de monitorización.....	14
4.3 Hardware.....	16
4.4 Software.....	22
4.4.1 Protocolo ZigBee.....	23
4.4.2 Protocolo MODBUS y estándar RS485.....	24
5 REVISIÓN ENERGÉTICA.....	25
5.1 Resumen.....	25
5.2 Contacto preliminar y reunión inicial.....	25
5.3 Recopilación de información y adquisición de datos.....	26



5.4	Análisis y evaluación.....	26
5.5	Propuestas de mejora .....	26
5.6	Reunión final .....	27
6	EVALUACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS MAEs .....	28
6.1	Resumen.....	28
6.2	Medida 1. Sustitución de duchas para limitación de flujo .....	28
6.3	Medida 2. Sustitución de equipos de calefacción eléctricos .....	32
6.4	Medida 3. Sustitución de luminarias por LED .....	33
6.5	Medida 4. Sustitución de cortina de aire .....	35
6.6	Medida 5. Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural .....	37
6.7	Medida 6. Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación .....	37
6.8	Medida 7. Sustitución de los paneles modulares de aire acondicionado .....	38
6.9	Plan de acción para implementar las MAEs .....	41
6.10	Recomendaciones y buenas prácticas .....	43
6.10.1	Consumo de ACS .....	43
6.10.2	Iluminación.....	43
6.10.3	Equipos ofimáticos .....	43
7	INTEGRACIÓN DE NODOS A UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN ENERGÉTICO .....	44
7.1	Resumen.....	44
7.2	Sistema de monitorización actual .....	44
7.3	Ubicación de los nodos .....	46
7.4	Configuración y direccionamiento .....	47
7.5	Integración de los nodos en la plataforma de gestión.....	52
8	CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO .....	58
8.1	Resumen.....	58
8.2	Conclusiones.....	58
8.3	Trabajo futuro .....	59



9	REFERENCIAS.....	60
	<b>Anexo A Política de eficiencia energética.....</b>	<b>62</b>
	<b>Anexo B Tabla del suministro y consumo de electricidad .....</b>	<b>63</b>
	<b>Anexo C Tabla del suministro y consumo de gas natural .....</b>	<b>64</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1-1.- Vista aérea y entrada de la fábrica thyssenKrupp airport solutions en Mieres, Asturias .....	1
Fig 3-1.- Procedimiento para realizar una auditoría energética[6] .....	11
Fig 3-2.- Ciclo de mejora continua PHVA[12] .....	12
Fig 4-1.- Arquitectura del sistema de monitorización .....	15
Fig 4-2.- Medidor de consumo de aire comprimido, emisor ZigBee y repetidor AirREPEATER .....	17
Fig 4-3.- Cuantómetro de gas natural y emisor ZigBee .....	18
Fig 4-4.- Equipo de comunicación AirBRIDGE .....	18
Fig 4-5.- Equipo de comunicación AirREPEATER .....	19
Fig 4-6.- Equipos de comunicación AirGATEWAY y ZED-TIDCI .....	20
Fig 4-7.- Sistema de telelectura de aire comprimido de las cabinas de chorreo .....	21
Fig 4-8.- Caja del sistema de telelectura .....	22
Fig 4-9.- Plataforma Seinon .....	23
Fig 6-1.- Equipo de ducha .....	28
Fig 6-2.- Cabezal difusor de bajo flujo .....	29
Fig 6-3.- Sistema de regulación de apertura y temperatura .....	30
Fig 6-4.- Iluminarias de una oficina .....	37
Fig 6-5.- Esquema de la instalación del sistema de climatización[24] .....	39
Fig 6-6.- Termostato del sistema de climatización .....	40
Fig 6-7.- Panel de tipo cassette .....	40
Fig 6-8.- Panel inteligente de tipo cassette .....	41
Fig 7-1.- Arquitectura del sistema de monitorización .....	45
Fig 7-2.- Circuito interno del AirGATEWAY[15] .....	47
Fig 7-3.- LEDs del AirGATEWAY[15] .....	48
Fig 7-4.- Parámetros de comunicación de algunos routers instalados .....	50
Fig 7-5.- Circuito impreso del router AirREPEATER[16] .....	51
Fig 7-6.- LEDs del router AirREPEATER[16] .....	51
Fig 7-7.- Configuración y edición de datos generales .....	52
Fig 7-8.- Ventana de configuración de las representaciones .....	53
Fig 7-9.- Herramienta de búsqueda .....	54
Fig 7-10.- Ventana para crear una nueva representación .....	54



Fig 7-11.- Configuración del tipo de representación.....	55
Fig 7-12.- Configuración de la visualización de datos estadísticos.....	56
Fig 7-13.- Configuración de los datos estadísticos sobre la curva de representación .....	56
Fig 7-14.- Sinóptico SCADA Seinon .....	57





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Medidas adoptadas a partir de la auditoría energética de FY 2015/2016.....	5
Tabla 2.- Ahorro energético duchas .....	31
Tabla 3.- Ahorro coste energético duchas .....	31
Tabla 4.- Rentabilidad duchas .....	31
Tabla 5.- Ahorro energético y económico al utilizar un split .....	32
Tabla 6.- Rentabilidad de la instalación del split.....	33
Tabla 7.- Estimación de tiempo de uso de luminarias a reemplazar .....	33
Tabla 8.- Equipos LED que sustituyen a las luminarias actuales .....	34
Tabla 9.- Inversión y rentabilidad de la mejora.....	35
Tabla 10.- Ahorro energético cortina de aire .....	36
Tabla 11.- Ahorro coste energético cortina de aire .....	36
Tabla 12.- Rentabilidad cortina de aire .....	36
Tabla 13.- Ahorro energético al reemplazar el grupo de calderas.....	38
Tabla 14.- Rentabilidad de la sustitución de la caldera.....	38
Tabla 15.- Resumen de MAEs propuestas.....	41
Tabla 16.- Ruta de implantación de las MAEs .....	42
Tabla 17.- Configuración de los parámetros de comunicación mediante los interruptores DIP .....	49
Tabla 18.- Características del suministro y consumo eléctrico durante el año 2017.....	63
Tabla 19.- Características del suministro y consumo de gas natural durante el año 2017.....	64



## GLOSARIO

ACS – Agua Caliente Sanitaria

CCAA – Comunidad Autónoma

EEMM – Estados Miembro

EN – *European Norm*, del inglés ‘norma europea’

FY – Fiscal Year, del inglés ‘año fiscal’

GEEP – *Global Energy Efficiency Reporting*

GEI – Gases de Efecto Invernadero

ISO – *International Organization for Standardization*, del inglés ‘organización internacional de estandarización’

MAE – Medida de Ahorro Energético

PBB – *Passenger Boarding Bridge*, del inglés ‘pasarela de embarque de pasajeros’

PRS – Periodo de Retorno Simple

PYME – Pequeña y Mediana Empresa

RD – Real Decreto

SGE – Sistema de Gestión Energético

TKAS – Thyssenkrupp Airport Solutions

UNE – Una Norma Española

VRF – *Variable Refrigerant Flow*, del inglés ‘flujo variable de refrigerante’

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Situación geográfica

El presente proyecto se realiza en la fábrica thyssenKrupp airport solutions (TKAS) del grupo Thyssen. Localizada en el polígono industrial Vega de Baiña, en el concejo de Mieres, Asturias.



Fig 1-1.- Vista aérea y entrada de la fábrica thyssenKrupp airport solutions en Mieres, Asturias



## 1.2 Objeto

El presente trabajo fin de máster que se propone se enmarca dentro del ámbito de la eficiencia energética, a raíz de los objetivos de ahorro energético impuestos por el Grupo Thyssen para la fábrica thyssenKrupp airport solutions que establece lograr un ahorro de 460 MWh de consumo antes del año 2020 y seguir mejorando en el campo de la eficiencia energética.

La primera parte de este trabajo define las pautas necesarias a seguir para el estudio e integración de MAEs (Medidas de Ahorro Energético) que se centrará en la zona de oficinas de la fábrica de thyssenKrupp airport solutions ubicada en Mieres. Partiendo de un primer paso de adquisición de datos, se analizan y estudian diferentes puntos potenciales de ahorro para posteriormente, definir la viabilidad de los mismos por medio de diferentes métodos, como el RSI (Retorno sobre la Inversión), tiempo de ejecución, etc. Después se definirá un plan de acción para el desarrollo e implementación de las mismas según los requerimientos y prioridades del Grupo.

Asimismo, se relaciona esta parte del proyecto con la norma ISO 50001 para la implantación de un sistema de gestión energético según dicha norma. Todo esto, especificando los requisitos que debe cumplir la empresa en relación a los trabajos de una auditoría/consultoría que garantice la certificación en dicha norma. Además, se mencionan las directivas europeas y reales decretos en materia de eficiencia energética que afectan a este trabajo.

La segunda parte del proyecto, se desarrolla a partir de los resultados obtenidos anteriormente. Al sistema de monitorización implantado en la zona de taller de la fábrica se le incorporan un conjunto de nodos de medida ubicados de manera estratégica en la zona de oficinas, permitiendo registrar y controlar el consumo centralizándolo todo en el sistema de monitorización actual. La definición precisa de los elementos a instalar incluye tanto la parte hardware como la parte software de configuración de equipos y su incorporación a la arquitectura del taller y a la plataforma de visualización y gestión.

## 1.3 Alcance

El presente proyecto tiene dos puntos claramente diferenciados. El primero busca definir una guía acerca de la ruta de trabajo a seguir para la implantación de MAEs tras la realización de una consultoría energética. Además, de definir los pasos para la implantación de un Sistema de Gestión Energético y su correlación con las auditorías/consultorías energéticas de acuerdo a la norma ISO 50001.



El segundo camino entra en el campo técnico. Partiendo de una red de nodos que registran el consumo energético en la zona de taller, se extiende a la zona de oficinas. Se instalan aquí nodos para integrarlos en la red actual y conseguir un sistema centralizado de toda la planta de producción. Viendo tanto la parte hardware de ubicación e instalación como la parte software de configuración e incorporación a la red. Así como la adicción de nuevas señales en la plataforma de visualización y gestión.

#### **1.4 Justificación**

La finalidad de poner en marcha este proyecto viene motivada por diferentes razones. Una de ellas, es para cumplir el objetivo impuesto por el grupo Thyssen en el FY 15/16 que estableció un ahorro energético de 460 MWh a conseguir para el FY 19/20. De ahora en adelante, se hará referencia al año fiscal con las siglas FY (del inglés, *Fiscal Year*). Después de realizar un gran trabajo durante los dos últimos años se ha conseguido un ahorro de consumo de 453 MWh. Es por ello, que se pone en marcha este proyecto para superar el GAP de 7 MWh. Todo ello sumado a la fuerte implicación de la empresa con la eficiencia energética.

#### **1.5 Antecedentes**

Después de la entrada en vigor de la Directiva 2012/27/UE y su trasposición al ámbito nacional en el RD 56/2016, que obligaba a las grandes empresas, considerando como tales a aquellas que tengan 250 trabajadores en plantilla y/o tengan un volumen de negocio que exceda de 50 millones de €, a su vez, un balance general que sobrepase los 43 millones de €, a realizar una auditoría energética cada cuatro años[1]. Se realizan desde entonces una auditoría energética, en el FY 15/16. Además de esto, como objetivo interno del grupo Thyssen, se establece en el FY 15/16 una meta de ahorro de 460 MWh a lograr para el FY 19/20. Calculado en función del consumo anual de energía y el margen de mejora. Tras la auditoría realizada en el FY 15/16, que ocupó mayoritariamente la zona de taller, se han logrado ahorrar un total de 453 MWh, ver Tabla 1. Es por ello que, para alcanzar el objetivo, se lanza este proyecto. Focalizando el trabajo ahora en la zona de oficinas.



	DESCRIPCIÓN	AHORRO ENERGÍA (kWh/año)	AHORRO ECONÓMICO (€/año)	INVERSIÓN (€)	PRS
<b>1</b>	Optimización de la potencia contratada	-	6.564	-	0
<b>2</b>	Adaptación del Qd de gas natural a la estacionalidad de la demanda	-	2.375	-	0
<b>3</b>	Cambio de fluorescentes por LED en cabina de pintura LAGOS	41.184	4.192	6.065	1,4
<b>4</b>	Cambio de fluorescentes por LED en cabina de pintura GEINSA	51.480	5.240	7.038	1,3
<b>5</b>	Cambio de fluorescentes por LED en cabinas de chorreo	41.184	4.192	5.630	1,3
<b>6</b>	Cambio de fluorescentes por LED en líneas de armado total	14.976	1.524	2.047	1,3
<b>7</b>	Compresor variable en red general de aire comprimido	28.596	2.852	14.500	5,1
<b>8</b>	Control y reparación de fugas en red de aire comprimido	9.399	751	-	-
<b>9</b>	Renovación del calorifugado en redes de tuberías en circuito de frío	4.301	344	557	1,6
<b>10</b>	Gestión de horarios de funcionamiento de la enfriadora	14.190	1.134	330	0,3
<b>11</b>	Limpieza/sustitución de lucernarios	12.524	1.001	3.009	3,0
<b>12</b>	Instalación de puertas rápidas en naves	202.523	6.258	16.000	2,6
<b>13</b>	Sustitución de calderas por calderas de condensación	85.208	2.565	18.200	7,1



<b>14</b>	Sustitución de motores eléctricos por motores de alta eficiencia	32.137	2.568	14.334	5,6
<b>15</b>	Sistema de medida y monitorización energética	-	-	29.200	-
<b>TOTAL</b>		<b>537.702</b>	<b>41.560</b>	<b>116.910</b>	<b>2,8</b>

Tabla 1.- Medidas adoptadas a partir de la auditoría energética de FY 2015/2016

De la Tabla 1 se puede deducir que aplicando todas las MAEs propuestas, se ahorrarían aproximadamente un total de 538 MWh, pero de todas las medidas propuestas, se rechazó la sustitución de la caldera por una de condensación por el elevado periodo de retorno de la inversión. Luego el ahorro logrado desde entonces es de 453 MWh.



## 2 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, el marco normativo referente a la eficiencia energética en la industria recoge los siguientes puntos:

- ✓ Estrategia 20/20/20
- ✓ Directiva Europea de Eficiencia Energética 2012/27/UE: RD 56/2016
- ✓ Acuerdo de París

Europa 2020 es el nombre que se le ha dado a la Estrategia de la Unión Europea que define la agenda de crecimiento definida en 2010 a 10 años vista, es decir, a cumplir para el año 2020[2]. Entre todos los puntos planteados, aquí se remarca el relativo a los objetivos de eficiencia energética. Se recogen en total tres puntos principalmente, bajo el nombre 'Estrategia 20-20-20' y que dicen lo siguiente[3]:

- Reducción de emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) en un 20% con respecto a los niveles de 1990.
- Un 20% de la energía primaria consumida debe provenir de fuentes renovables.
- Lograr un 20% de ahorro energético sobre previsiones a 2020. A partir de medidas específicas. Siendo los Estados Miembro (EEMM) los que fijen objetivos, planes y programas nacionales de eficiencia energética. Para el caso particular de España, se establece un 20%[4].

Siguiendo un objetivo común, la Directiva 2012/27/UE recoge una serie de pautas a seguir para lograr un ahorro del 20% de consumo para 2020. Punto que viene recogido en los objetivos de Europa 2020[4]. Además, reúne ciertas normas con el objetivo de establecer un mercado libre de consumo eficiente de la energía.

La trasposición de esta directiva al ámbito nacional se recoge en el RD 56/2016, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos[1]. A grosso modo, establece la obligatoriedad de realizar una auditoría energética en las empresas que no sean PYMES cada cuatro años. Así como el alcance y los criterios mínimos a cumplir por dicha auditoría.





Además de todo esto, a nivel mundial se llegaron a acuerdos para combatir el cambio climático. En el Acuerdo de París celebrado en diciembre de 2015, 195 países firmaron el acuerdo mundial sobre el clima[5]. Entre los propósitos establecidos, los referentes al cambio climático enuncian lo siguiente:

- Mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales.
- Emisiones globales alcancen su máximo en el menor tiempo posible. Con la finalidad de aplicar medidas rápidas de reducción.

Relativo a la normativa vigente y aplicable a la industria, quedaría por mencionar la norma UNE-EN 16247. Dicha norma anula a su antecesora, la norma UNE-EN 216501 que tenía un carácter más generalista. Con la norma UNE-EN 16247 se especifican diferentes escenarios de aplicación. Siendo la Parte 3 la relativa a procesos[6]. El objetivo de esta norma es el de definir los pasos a seguir para la realización de una auditoría energética conforme a la Directiva 2012/27/UE y su trasposición al RD 56/2016.

Por último, no se puede terminar este apartado sin mencionar el estándar ISO 50001. El cual establece los requisitos que debe tener un Sistema de Gestión Energético (SGE)[7] para la mejora continua del uso de la energía. Además es compatible con otras normas como la ISO 14001[8] y la ISO 9001[9]. Las cuales establecen los requisitos que deben cumplir un Sistema de Gestión Ambiental y un Sistema de Gestión de la Calidad, respectivamente.



### **3 DIRECTIVA 2012/27/UE Y SU TRASPOSICIÓN AL RD 56/2016. NORMA UNE-EN 16247**

#### **3.1 Resumen**

En este capítulo se mencionan las leyes europeas y nacionales relativas a la eficiencia energética en la industria y que afectan al caso de este trabajo. Si se desea más información acerca de los requisitos se deja la referencia del RD 56/2016 en el siguiente enlace [10].

#### **3.2 Directiva 2012/27/UE y RD 56/2016**

En el año 2012, el Parlamento Europeo define la Directiva 2012/27/UE con el objetivo de establecer un marco común de medidas para fomentar la eficiencia energética. Y que va de la mano del proyecto Europa 2020. Donde unos de los objetivos es lograr un ahorro energético del 20%[4]. Su traducción al ámbito nacional se resume en el RD 56/2016, en lo referente a las auditorías energéticas, sistemas de acreditación para proveedores de servicios energéticos y auditores energéticos y la promoción de la eficiencia energética en los procesos de producción[1], [10]. La aplicación del RD 56/2016 será a aquellas empresas denominadas grandes empresas. Se consideran aquellas que tengan 250 trabajadores en plantilla y/o tengan un volumen de negocio que exceda de 50 millones de € y, a su vez, un balance general que sobrepase los 43 millones de €. En cuanto al alcance de la exigencia y criterios mínimos, las empresas deben someterse a una auditoría externa cada cuatro años a partir de la fecha de la auditoría anterior y debe cubrir, al menos, el 85% del consumo final de energía. Las vías para demostrar el cumplimiento del RD 56/2016 que se plantean son:

- Realizar una auditoría que cumpla los requisitos definidos por el RD 56/2016.
- Integrar un SGE certificado por el organismo competente siempre que el SGE incluya una auditoría energética que cumpla los requisitos definidos por el RD 56/2016.

Este último punto se detallará más adelante cuando se haga alusión al estándar ISO 50001. Y cuál es su relación con el RD 56/2016.

En las directrices que deben seguir las auditorías se encuentran (Capítulo 2, Art. 3 del RD 56/2016):

- Deberán basarse en datos actualizados, medidos y verificables.
- Abarcarán un examen pormenorizado del perfil de consumo de energía.
- Se priorizará el análisis en criterios que tengan en cuenta el ahorro largo plazo, los valores residuales a largo plazo y las tasas de descuento.
- Deberán ser proporcionadas con el fin de determinar los puntos potenciales de mejora más significativos.

Se deben reflejar todos los cálculos detallados y validados para las medidas propuestas. Además, deben almacenarse para tener un control histórico del consumo energético y se debe conservar una copia en vigor de la auditoría y ponerla a disposición de las autoridades competentes. Y son las empresas las encargadas de actualizar la información en sus auditorías.

Como se enuncia en el título del RD 56/2016, también se establecen los requisitos que deben cumplir los auditores energéticos. Éstos serán técnicos cualificados y pueden pertenecer a un organismo interno o externo de la empresa. En caso de pertenecer a un organismo interno, no deben tener relación con las actividades auditadas. Además, será el órgano competente de cada CCAA el que defina un sistema de inspección de la realización de las auditorías energéticas, con la finalidad de verificar si se ha realizado la auditoría y, comprobar si cumple los requisitos mínimos.

En resumidas cuentas, el RD 56/2016 ofrece los requisitos que debe satisfacer una auditoría energética, a quién afecta y el rol de cada empresa y organismo competente. Pero no dice cómo debe ejecutarse una auditoría energética para cumplir con los criterios mínimos. Es ahí, donde aparece la norma UNE-EN 16247.

### **3.3 Norma UNE-EN 16247**

La norma UNE-EN 16247 surge a raíz del RD 56/2016. Establece los requisitos y define una metodología para realizar auditorías energéticas. Elimina a su antecesora, la norma UNE 216501 que tenía un carácter más generalista. La diferencia con su predecesora es que contempla diferentes casos de aplicación. Siendo éstos[11]:



1. UNE-EN 16247-1:2012 Auditorías Energéticas. Parte 1: Requisitos generales
2. UNE-EN 16247-2:2014 Auditorías Energéticas. Parte 2: Edificios
3. UNE-EN 16247-3:2014 Auditorías Energéticas. Parte 3: Procesos
4. UNE-EN 16247-4:2014 Auditorías Energéticas. Parte 4: Transporte
5. UNE-EN 16247-5:2015 Auditorías Energéticas. Parte 5: Competencia de los auditores energéticos.

Para el caso que ocupa este proyecto, se recurre a la norma UNE-EN 16247 partes 2 y 3. Estas partes de la norma se aplican, como se ha mencionado, a emplazamientos donde se destina el uso de la energía a edificios (Parte 2) y a procesos (Parte 3). La aplicación de las partes 2, 3 y 4 de la norma deben ir acompañadas de la parte 1 (requisitos generales).

El procedimiento que marca la norma para la realización de una auditoría energética consta de los siguientes puntos:

1. Contacto preliminar
2. Reunión inicial
3. Toma de datos
4. Trabajo de campo
5. Análisis
6. Informe
7. Reunión final

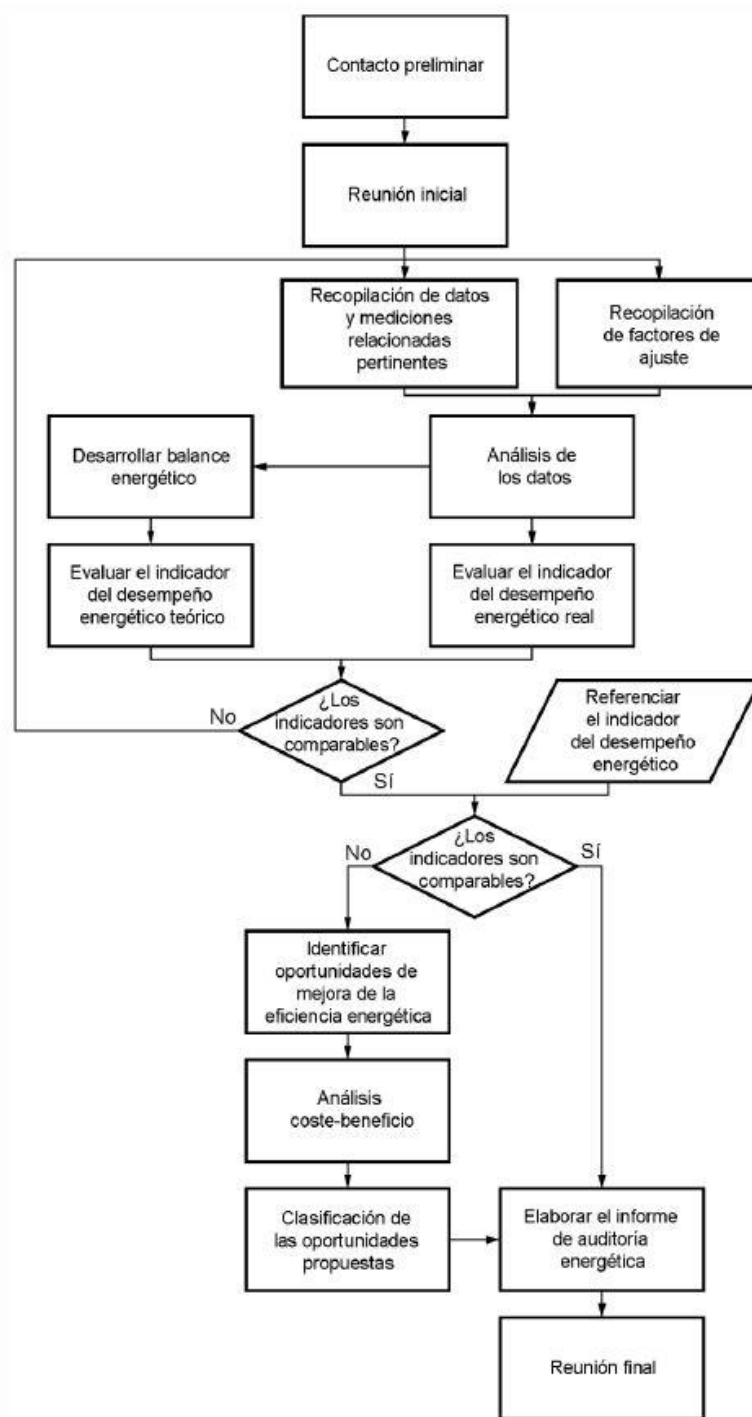


Fig 3-1.- Procedimiento para realizar una auditoría energética[6]

En la Fig 3-1 se muestra el procedimiento para la realización de una auditoría energética más desarrollado a partir de los puntos citados anteriormente. Si se desea obtener más información acerca del procedimiento, consultar la cita [6].

### 3.4 Estándar ISO 50001

Como se había mencionado, una de las vías para cumplir con la obligatoriedad de realizar una auditoría energética según el RD 56/2016, es implantar un SGE certificado siempre y cuando incluya una auditoría energética que satisfaga los requisitos del apartado 3 del RD 56/2016. El estándar ISO 50001, especifica los requisitos que debe tener un SGE a partir del cual, una organización puede desarrollar una política energética y establecer metas, objetivos y planes de acción[7], [12]. El estándar se basa en el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar – Hacer – Verificar - Actuar).

- Planificar: Hacer una revisión energética y definir los objetivos y planes de acción
- Hacer: Implementar los planes de acción
- Verificar: Seguimiento y medición de los procesos
- Actuar: Tomar decisiones para mejorar de forma continua

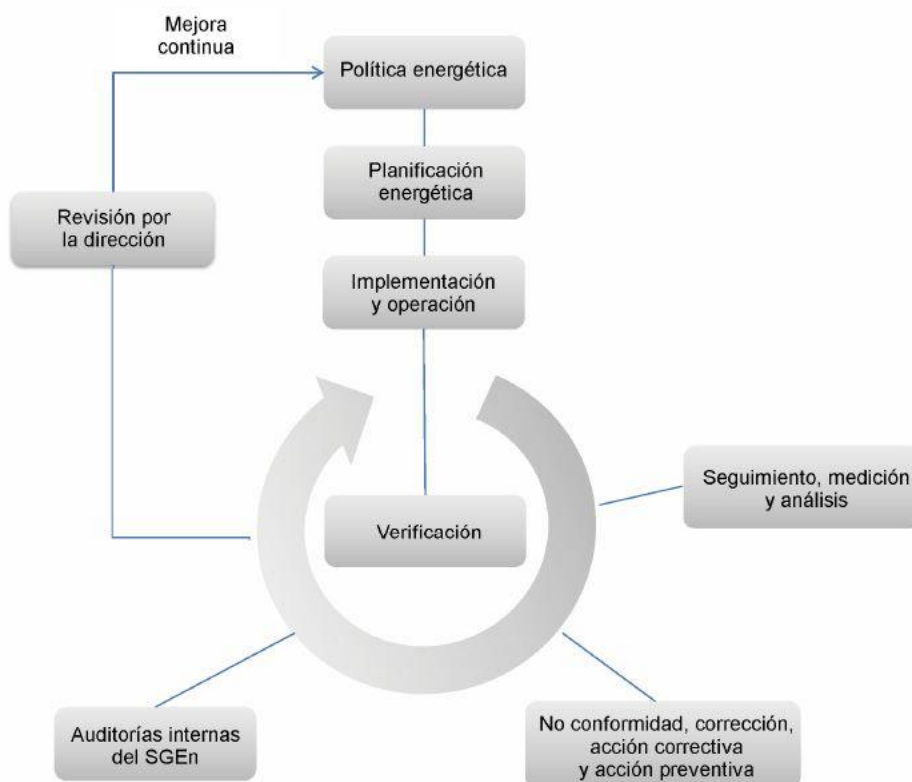


Fig 3-2.- Ciclo de mejora continua PHVA[12]

En pocas palabras, el estándar ISO 50001 especifica los requisitos para implementar, mantener y mejorar un SGE con el objetivo de dar a una organización un enfoque para lograr una mejora continua en su desempeño energético, abarcando el uso y el consumo de la energía y la eficiencia energética.



Los requisitos que enumera el estándar son los siguientes:

1. Requisitos generales
2. Responsabilidad de la dirección
3. Política energética
4. Planificación energética
5. Implementación y operación
6. Verificación
7. Revisión por la dirección

## 4 SISTEMA DE MONITORIZACIÓN ENERGÉTICO

### 4.1 Resumen

En este apartado se mencionan brevemente los componentes que hay detrás del sistema de monitorización energético. Haciendo especial mención a los equipos que se utilizan en la red actual. Tanto en la arquitectura hardware como en la parte de software. En el Capítulo 7 se verá la aplicación práctica de esto.

### 4.2 Red del sistema de monitorización

El sistema de monitorización instalado en la planta está compuesto por una red de comunicación inalámbrica que emplea señales vía radio encapsulados bajo el protocolo ZigBee. En la Fig 4-1 se representan los equipos de medida y comunicación empleados en la red de monitorización. Como se puede ver, cada tipo de energía emplea un medidor diferente, pero todos los datos se encapsulan bajo el protocolo ZigBee hacia el enrutador, o AirGATEWAY, para enviar los datos a la nube y poder consultar la información desde cualquier punto con conexión a internet.

Es importante destacar, que en la Fig 4-1 donde se ven los AirREPEATER, entre otros, no están conectados fielmente a la figura. Estos equipos se emplean para amplificar la señal de modo que se ubican sobre la fábrica en función de la distancia de los medidores al enrutador. Además, pueden utilizarse para varias señales, y no es necesario emplear uno por señal.

Si se desea ver la ubicación de los equipos de medición y comunicación en la planta consultar el documento de planos.

Paralelo al protocolo ZigBee para las señales inalámbricas. Para las señales cableadas de los medidores de corriente (CEM C-30 con módulo de comunicaciones CEM-M-RS485) se utiliza el protocolo MODBUS RTU que utilizan el estándar RS485. Los cuantómetros de gas natural como los medidores de flujo del aire comprimido generan una señal analógica de salida de 4-20 mA. Éstas van directamente a los equipos ZED-TIDCI y ZR-AIC respectivamente (ver Fig 4-1). Dichos equipos se verán con más detalle en el subapartado 4.3.



De la red implantada, solo las conexiones entre los medidores de consumo y los AirBRIDGE y la conexión del AirGATEWAY y el concentrador son cableadas. Dónde dichas señales viajan bajo el protocolo MODBUS RTU junto con el estándar RS485.

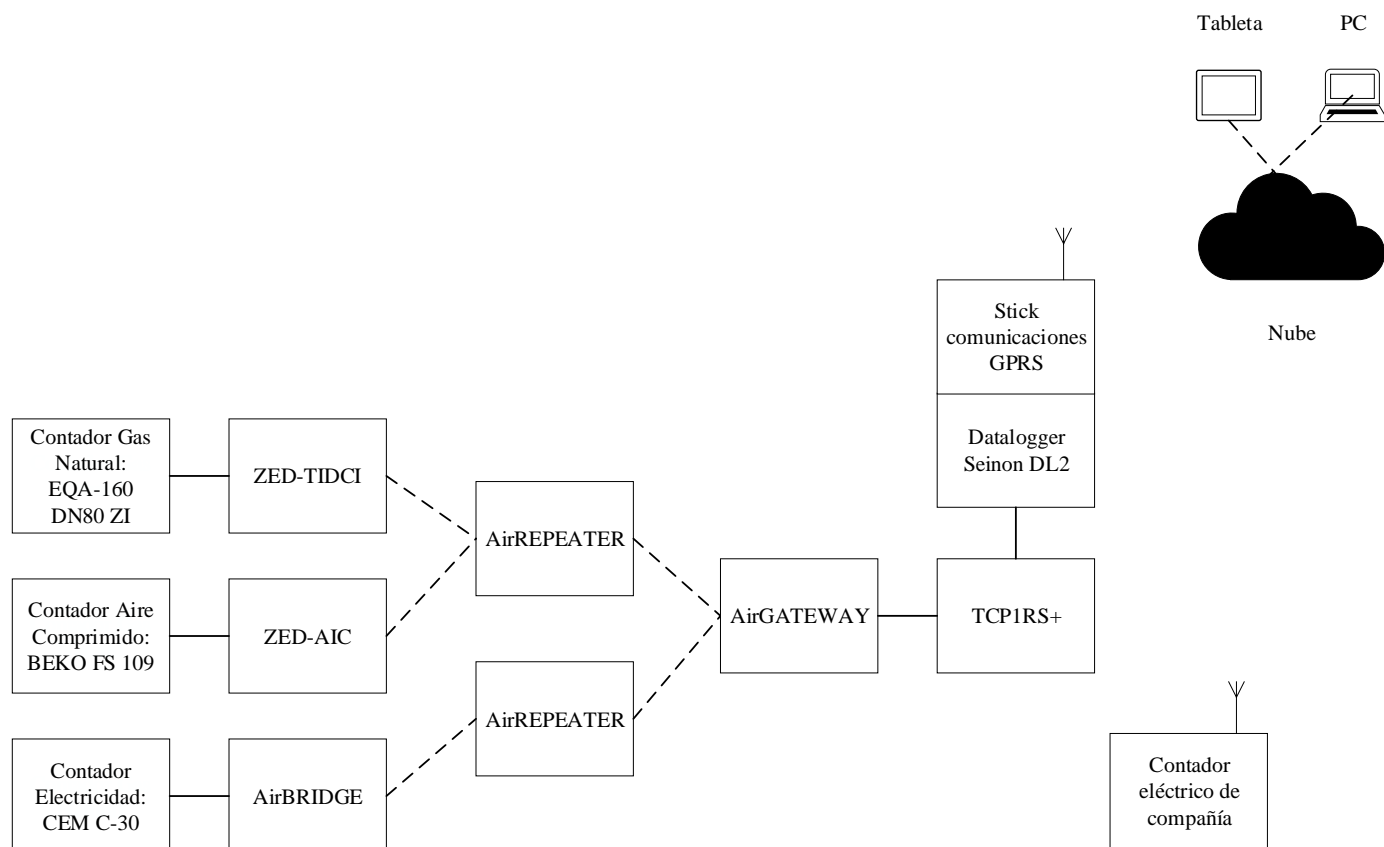


Fig 4-1.- Arquitectura del sistema de monitorización

### 4.3 Hardware

En la fábrica de thyssenKrupp airport solutions se consumen tres tipos de energía: energía eléctrica, gas natural y aire comprimido (generado con energía eléctrica). Luego para poder tener un control del consumo de la energía es necesario disponer de contadores eléctricos, cuantómetros de gas natural y caudalímetros de aire comprimido. En total hay instalados:

- 16 contadores de consumo eléctrico
- 4 cuantómetros de gas natural
- 2 caudalímetros de aire comprimido

Dispuestos a lo largo de la fábrica según la arquitectura que se muestra en el documento referente a los planos.

Además de los medidores, es necesario utilizar módulos de comunicación para enviar los datos de consumo registrados. En función del tipo de señal que genera el medidor se disponen de los siguientes módulos de comunicación:

- Emisor inalámbrico ZigBee ZED-TIDCI: Para señales analógicas (contadores de aire comprimido) de 4-20 mA (ver Fig 4-2)[13]. Alimentación externa DC 12-24 V
- Emisor inalámbrico ZigBee ZR-AIC: Para señales analógicas (contadores de gas natural) (ver Fig 4-3) de 0-20 mA[14]. Alimentación externa DC 12-24 V

Para crear una red de comunicación radio utilizando el protocolo ZigBee se emplean los siguientes dispositivos (además de los emisores anteriores) para los contadores de electricidad:

- AirBRIDGE: Toma la señal del medidor de consumo eléctrico para convertirla del estándar RS-485 a radio. La función de este equipo es permitir la comunicación con los dispositivos MODBUS utilizando una infraestructura ZB-Connection de ZigBee (ver Fig 4-4)[15]. Este dispositivo se alimenta por medio de AC o por medio de una fuente externa DC.
- AirREPEATER: Repetidor radio a radio de la familia de dispositivos ZB-Connection (ver Fig 4-5)[16]. Se alimenta únicamente de AC, es por ello que siempre se colocan cerca de cuadros de tensión (ver plano de ubicación de los medidores)

- AirGATEWAY: Interfaz de comunicación entre MODBUS y radio. Hace de interfaz entre un supervisor externo (en este caso el concentrador de Seinon) y una red inalámbrica ZigBee (ver Fig 4-6)[6]. Este dispositivo se alimenta por medio de Ac o por medio de una fuente externa DC.

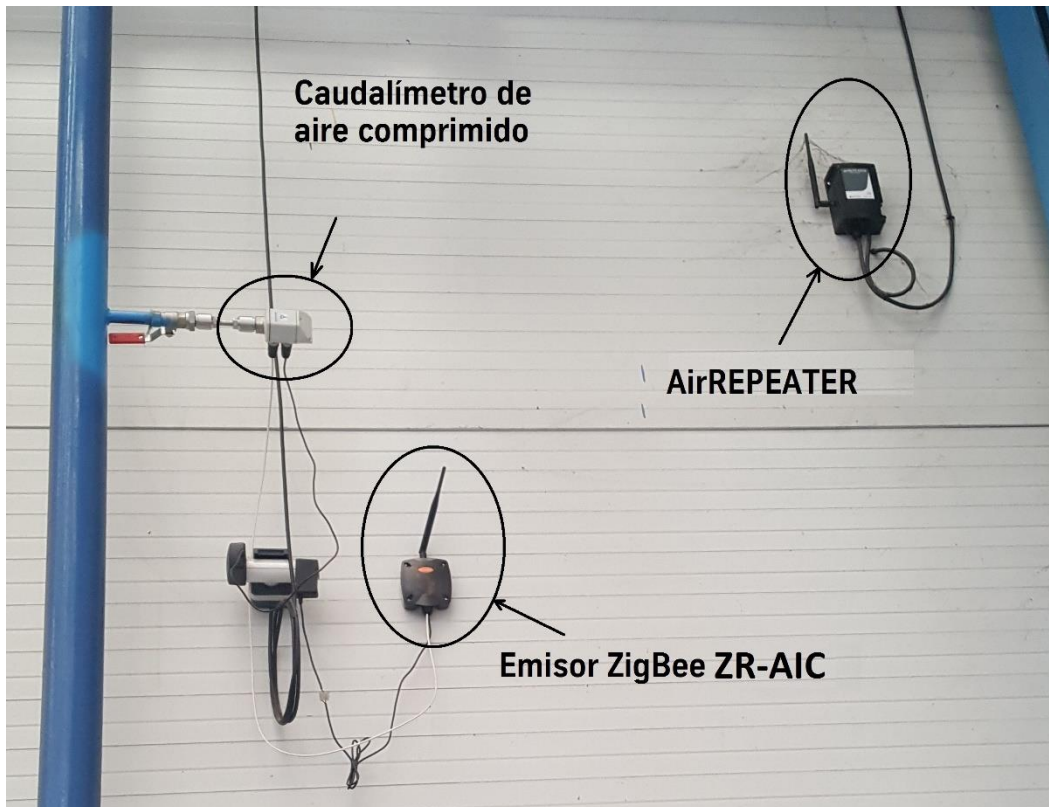


Fig 4-2.- Medidor de consumo de aire comprimido, emisor ZigBee y repetidor AirREPEATER

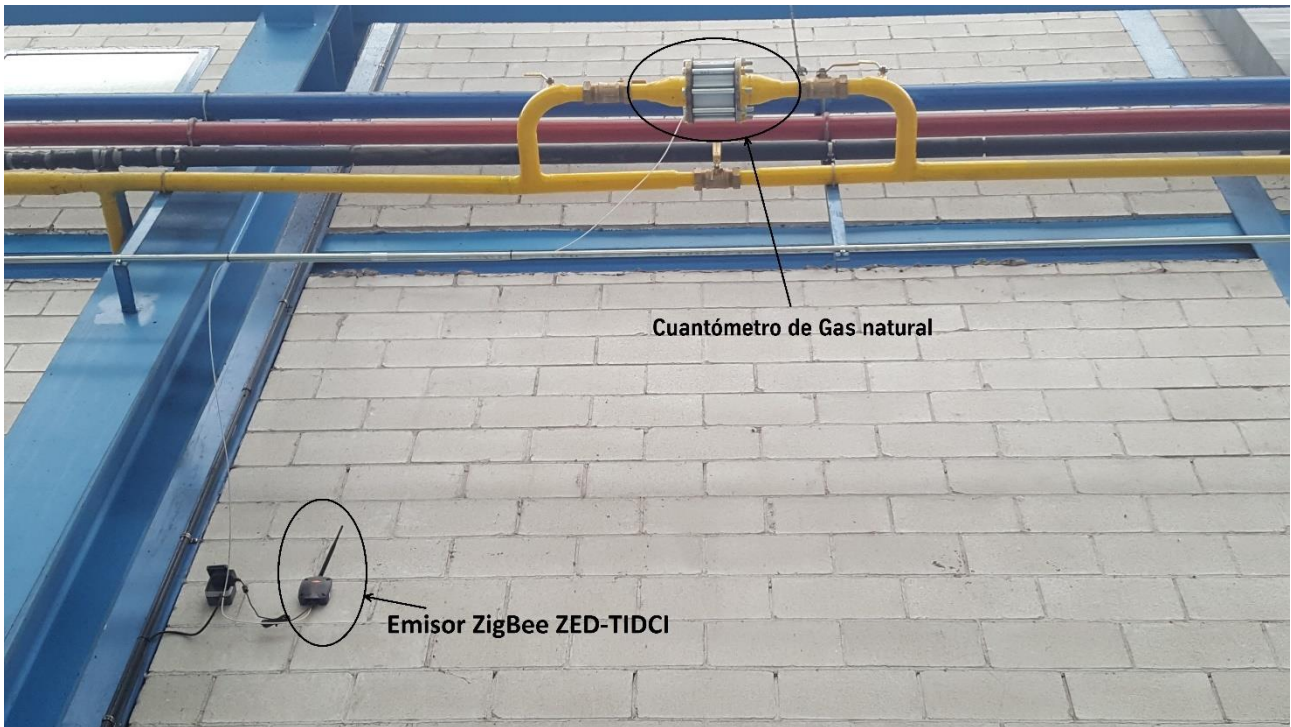


Fig 4-3.- Cuantómetro de gas natural y emisor ZigBee



Fig 4-4.- Equipo de comunicación AirBRIDGE



Fig 4-5.- Equipo de comunicación AirREPEATER



Fig 4-6.- Equipos de comunicación AirGATEWAY y ZED-TIDCI

Agua arriba de la red, después del AirGATEWAY, que recibe todas las señales y actúa como interfaz entre el supervisor externo y la red ZigBee, se tiene el concentrador. La señal a éste procede de un conversor ubicado a la salida del AirGATEWAY de tipo TCP1RS+. Éste actúa de pasarela para la conversión del medio físico Ethernet (salida del AirGATEWAY) a RS-485 (entrada al concentrador). Y, por último, conectado al concentrador está el stick USB para subir a la nube los datos vía GPRS. En la Fig 4-1 se muestra un esquema de la arquitectura del sistema de monitorización.

Además de esto, para el caso particular de las cabinas de chorreo, se dispone de un sistema de telelectura. Ya que son éstas las grandes consumidoras de aire comprimido. En la Fig 4-7 se puede ver la instalación del sistema de telelectura.



Fig 4-7.- Sistema de telelectura de aire comprimido de las cabinas de chorreo

El medidor registra el caudal de aire que se está consumiendo en tiempo real en las cabinas. Para poder enviar la señal, primero ha de pasar por un módulo de aplicación para señales 4-20 mA. Luego se envía a través del transmisor por la antena hasta el receptor colocado en la sala de control.

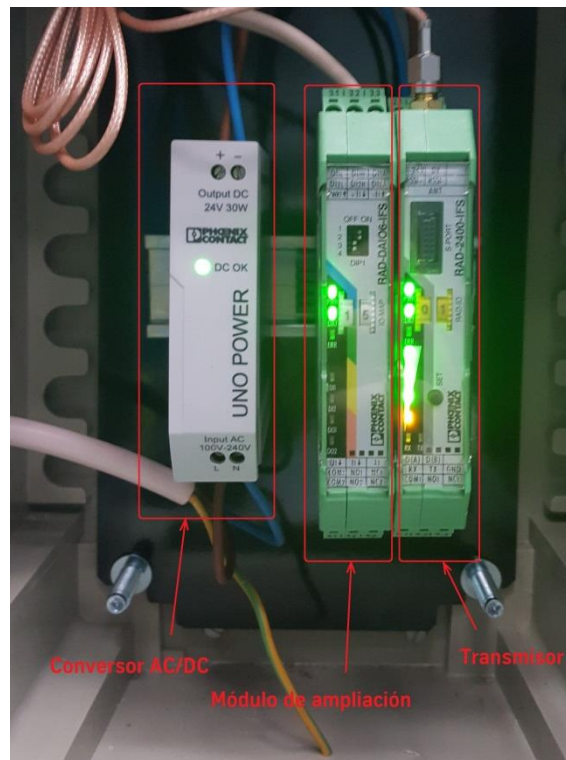


Fig 4-8.- Caja del sistema de telelectura

## 4.4 Software

La plataforma de la compañía Seinon es la encargada de registrar los datos y representarlos a través de su página web. Es una plataforma bastante completa, la cual ofrece un gran abanico de configuraciones de visualización, entre otros. Las diferentes herramientas disponibles en la plataforma son:

- Monitorización
- Generación de informes
- Panel de control
- Gestión de alarmas
- Etc.

En la Fig 4-9 se muestra la ventana de monitorización. En ella se puede visualizar la ventana de monitorización, la cual se utiliza para generar nuevas representaciones como se verá más adelante o para visualizar registros almacenados. En el capítulo 7 se verá más en detalle las diferentes partes de la plataforma y para que se utiliza cada una de ellas, así como las opciones que permiten.



Fig 4-9.- Plataforma Seinson

#### 4.4.1 Protocolo ZigBee

ZigBee es un protocolo de comunicaciones basado en el estándar IEEE 802.15.4[17]. Entre sus características destacan:

- Bajo consumo de los equipos (no necesitan fuente de alimentación externa. Uso de baterías)
- Velocidades de 250 kbps
- Corto alcance
- Bajo coste de los dispositivos

Diseñado principalmente para trabajar en redes inalámbricas de sensores y actuadores[17]. Opera en la banda ISM, reservada para entornos industriales, científicos y médicos. Ideal para trabajar en entornos industriales por su bajo relación señal/ruido necesaria para la transmisión de datos[18].

La topología de la red puede ser en estrella, árbol o malla. Donde se pueden conectar hasta 254 nodos. Aunque según la agrupación se pueden crear 255 clusters de nodos llegando hasta un total de 64770 nodos[19].



En una red ZigBee operan un total de 3 dispositivos diferentes que son:

- Coordinador: Solo existe uno por red y se encarga de gestionar la red.
- Router: Un escalón por debajo del coordinador. Interconecta los dispositivos finales asociados con el coordinador.
- Dispositivo final

#### **4.4.2 Protocolo MODBUS y estándar RS485**

Modbus es un protocolo de comunicación serie a través de líneas que utilizan los estándares RS232 y RS485. Aunque con la evolución de la tecnología se desarrolló la versión Modbus TCP que encapsula el protocolo Modbus en tramas Ethernet TCP/IP. Se caracteriza por tener una arquitectura maestro/esclavo[20].

Diseñado para trabajar en sistemas de control y supervisión de procesos con control centralizado (maestro). Posee dos modos de funcionamiento, modo ASCII y modo RTU. El modo ASCII utiliza el estándar RS232 para conexiones punto a punto. Y el modo RTU (Remote Terminal Unit) es la más empleada en transmisiones inalámbricas y utiliza el estándar RS485.

## 5 REVISIÓN ENERGÉTICA

### 5.1 Resumen

En este apartado 5, se define el procedimiento que marca la norma UNE-EN 16247-3[6] para la realización de una revisión energética. Desde el primer paso de adquisición de datos hasta el último apartado de documentación de los resultados. Como se ha comentado al inicio del trabajo, la revisión energética se ha focalizado en la zona de oficinas y se ha dejado una pequeña parte para el taller, que consistirá en repasar puntos potenciales vistos en la última auditoría del FY 15/16 y hacer un seguimiento de las medidas adoptadas.

Además, se desarrollarán en el capítulo 6 algunos de los subapartados aquí vistos. De modo que, este capítulo sirve también para iniciar al lector en el siguiente capítulo.

Para la parte destinada al seguimiento del consumo en el taller, se utiliza la plataforma de monitorización energética. Con la finalidad de comparar los consumos y analizar las mejoras obtenidas. A partir de los resultados obtenidos, se dedicará una parte del proyecto a definir nuevos puntos potenciales de ahorro.

### 5.2 Contacto preliminar y reunión inicial

En una primera toma de contacto, se fija el alcance que tendrá la revisión energética. Así como los criterios mínimos que debe cubrir. Las tareas que se incluyen en esta revisión son las siguientes:

- Análisis de la situación energética actual tanto de oficinas como del taller
- Revisión de los sistemas de regulación, control y zonificación
- Detección y parametrización de nuevas oportunidades de ahorro
- Análisis y estudio de las MAEs propuestas

Para buscar puntos potenciales de ahorro, se centra el estudio en función del tipo de energía que consumen los equipos, siendo aquellos equipos consumidores de energía eléctrica y gas natural. Se consideran los siguientes:

- Iluminación
- Enfriadora para el aire acondicionado
- Equipos de regulación de temperatura
- Calefacción
- ACS
- Instalación de la sala de compresores de aire

### **5.3 Recopilación de información y adquisición de datos**

En este punto de la revisión energética se recopila la información necesaria para el análisis. Se toman fotos de las zonas bajo estudio con el fin de obtener datos de los equipos como marca y modelo. Esto es más rápido que recopilar toda la información relativa a cada equipo. Además, se complementa la información con datos de consumo obtenidos de la plataforma de monitorización.

### **5.4 Análisis y evaluación**

En esta parte de la revisión energética, para el análisis y evaluación de la parte de oficinas se cogen los datos técnicos de los equipos y se hace una estimación de ahorro al emplear equipos más eficientes ya que no se disponen de medidores de consumo en esta parte. Es por ello, que una parte del presente trabajo es integrar aquí nodos de medida para tener un registro del consumo. En concreto, para la enfriadora de aire acondicionado.

### **5.5 Propuestas de mejora**

Es en este apartado donde se representan los puntos de ahorro detectados enfrentando datos de consumo. Dado que se dedica un capítulo aparte para las mejoras, éstas se representarán todas en dicho capítulo. Para más detalle dirigirse al capítulo 6.



## 5.6 Reunión final

Este es el último paso para concluir el trabajo de una consultoría energética, donde se exponen los datos concluidos. Relativo a este trabajo, se podría tomar como una parte de la presentación del mismo.

## 6 EVALUACIÓN Y PLANIFICACIÓN DE LAS MAEs

### 6.1 Resumen

En este apartado, se recogen los datos obtenidos de la revisión energética y se hace un balance de las MAEs propuestas. Se clasificarán atendiendo a diferentes criterios:

- Prioridad de ejecución
- Coste de la inversión
- Periodo de retorno de la inversión
- Requisitos del grupo Thyssen

Con las propuestas clasificadas, se diseñará un plan de acción para ejecutarlas y ponerlas en marcha. Se detallarán las medidas más prioritarias. Así mismo, se especificarán las razones por las que se desechan algunas de ellas.

Por último, se añade un apartado de recomendaciones y buenas prácticas en el uso de la energía.

### 6.2 Medida 1. Sustitución de duchas para limitación de flujo

La zona de vestuarios cuenta actualmente con un total de 17 duchas. Dadas su antigüedad carecen de sistema de cierre temporizado, cabezal difusor o limitadores de caudal (ver Fig 6-1).



Fig 6-1.- Equipo de ducha

Las duchas disponibles para los operarios de fábrica utilizan un plafón de tipo pulsador monomando, como se puede apreciar en la Fig 6-1.

La propuesta consiste en la sustitución de los cabezales por difusores de bajo flujo (ver Fig 6-2). Estos cabezales limitan el caudal a valores entre 4.5-9 L/min frente a los 15-18 L/min actuales. Además, consiguen una mejor distribución del flujo.



Fig 6-2.- Cabezal difusor de bajo flujo

Se plantea también la sustitución del sistema de regulación de apertura y temperatura (ver Fig 6-3). Adoptando esta medida es donde se consigue un ahorro potencial ya que el sistema actual es manual pudiendo existir un despilfarro considerable de ACS.



Fig 6-3.- Sistema de regulación de apertura y temperatura

Con esta medida se puede alcanzar un ahorro global de agua entre el 30% y 60% frente al sistema actual. El ahorro energético viene como consecuencia de la reducción de caudal de ACS. Para estimar un ahorro se parten de las siguientes premisas:

- Temperatura de operación: 38 °C
- Temperatura del agua: 10,3 °C
- Caudal de operación: 15 L/min
- Rendimiento de la caldera: 90%
- Tiempo de funcionamiento: 5 min/operario

En cuanto al tiempo total de funcionamiento, el nº de operarios de la fábrica y los turnos de trabajo se definen las siguientes premisas:

- Nº operarios días laborables: 169
- Nº de operarios fin de semana: 15
- Nº de días laborables/año: 251
- Nº de días en fin de semana/año: 104

Esto supone un total de 3665 horas/año de funcionamiento incluyendo turnos de trabajo en fin de semana. A partir de todos estos datos se estima el siguiente ahorro energético (ver Tabla 2).



AHORRO ENERGÉTICO	
Consumo energético duchas actuales	118.066 kWh/año
Consumo energético duchas nuevas	70.002 kWh/año
Estimación ahorro energético	48.064 kWh/año

Tabla 2.- Ahorro energético duchas

Aplicando esta medida se consigue un ahorro del 40,7% respecto al consumo de gas natural actual. Además del ahorro de gas también hay que tener en cuenta el ahorro de agua que análogamente, es del 40,7%.

En términos económicos, sabiendo que el coste medio del gas natural es de 0,0265 €/kWh [Tabla 19] (calculado a partir de los términos del contrato de suministro de gas natural), se estima un ahorro económico de (ver Tabla 3):

AHORRO COSTE ENERGÉTICO	
Coste energético duchas actuales	3.128 €/año
Coste energético duchas nuevas	1.855 €/año
Estimación ahorro energético	1.273 €/año

Tabla 3.- Ahorro coste energético duchas

Por último, falta obtener la rentabilidad de la inversión (ver Tabla 4). Revisando el coste medio de los nuevos equipos en el mercado se estima un coste de 30 € para el difusor y 170 € para el sistema de regulación.

RENTABILIDAD	
Inversión	3.400 €
PRS	0,73 años

Tabla 4.- Rentabilidad duchas

### 6.3 Medida 2. Sustitución de equipos de calefacción eléctricos

Actualmente hay habilitada una zona de espacio extra para los vestuarios en la que hay conectada una serie de equipos de calefacción eléctricos. Se proponen entonces dos opciones para la sustitución de éstos. La primera opción es instalar un Split de climatización capaz de aportar una capacidad nominal similar al conjunto de radiadores. Y la segunda opción es reemplazar los radiadores eléctricos por radiadores hidráulicos de pared mediante una conexión a calderas a través de la red de radiadores de vestuarios. En cuanto a los radiadores hidráulicos, el ahorro se traduce a términos de energía primaria, es decir, se pasa de utilizar electricidad a gas natural. En términos de energía final, debido a que el rendimiento de generación de la caldera es inferior al de las resistencias de los radiadores, no se generaría ahorro.

Para la alternativa seleccionada se emplea la misma estimación de uso anual. Se estima entonces un uso de:

- 15 h/día
- 7 días/semana
- 8 meses/año

Esto hace un total de 3.360 h/año.

Se estima que un Split de 1.660 W con una capacidad nominal de 6.000 W es suficiente para igualar la capacidad de los radiadores.

<b>AHORRO ENERGÉTICO Y ECONÓMICO</b>	
Consumo radiadores eléctricos	25.200 kWh/año
Consumo con split	5.578 kWh/año
<b>Ahorro energético</b>	<b>19.622 kWh/año</b>
Coste consumo radiadores eléctricos	1.661 €/año
Coste consumo split	368 €/año
<b>Ahorro económico</b>	<b>1.293 €/año</b>

Tabla 5.- Ahorro energético y económico al utilizar un split

Como se puede ver en la Tabla 5, el ahorro energético es significativo, en términos porcentuales supone un ahorro del 77,9 % frente al consumo de los radiadores.

Para estimar la rentabilidad de la inversión se considera la utilización de un Split de la marca Samsung y modelo F-H5618.

<b>INVERSIÓN Y RENTABILIDAD</b>	
Inversión	846
PRS	0,65

Tabla 6.- Rentabilidad de la instalación del split

### 6.4 Medida 3. Sustitución de luminarias por LED

Esta medida consiste en sustituir zonas donde la luminaria está formada por lámparas fluorescentes por luminaria LED. En la siguiente tabla se muestran las zonas donde se utilizan fluorescentes, la potencia de las mismas, así como una estimación aproximada de uso.

<b>SALA</b>	<b>EQUIPO ACTUAL</b>	<b>HORAS/DÍA</b>	<b>HORAS/AÑO</b>
Anexo de vestuarios	Fluorescente 2 tubos 36 W 1500	4	1.040
Vestuarios	Fluorescente 36 W 1500	4	1.040
Aseos vestuarios	Fluorescente 36 W 1500	20	5.200
Duchas	Fluorescente 36 W 1500	4	1.040
Sala de informática	Fluorescente 4 tubos de 18 W 2000	1	260
Operaciones / IT	Fluorescente 4 tubos 36 W 1500	12	3.120
Aseos	Lampara halógena 50 W	6	1.560
Proyectores externos	Halogenuros 400 W	1	260

Tabla 7.- Estimación de tiempo de uso de luminarias a reemplazar

Con los datos mostrados en la **Tabla 7** se hace una estimación de consumo anual. En la tabla siguiente se muestran los equipos LED propuestos para reemplazar los actuales.

SALA	EQUIPO ACTUAL	EQUIPO LED	Uds
Anexo de vestuarios	Fluorescente 2 tubos 36 W 1500	Tubo LED T8 1500 mm 24 W	8
Vestuarios	Fluorescente 36 W 1500	Tubo LED T8 1500 mm 24 W	21
Aseos vestuarios	Fluorescente 36 W 1500	Tubo LED T8 1500 mm 24 W	8
Duchas	Fluorescente 36 W 1500	Tubo LED T8 1500 mm 24 W	12
Sala de informática	Fluorescente 4 tubos de 18 W 2000	Tubo MASTER LED 600 mm HO 8 W 230 V	4
Operaciones / IT	Fluorescente 4 tubos 36 W 1500	Tubo LED T8 1500 mm 24 W	2
Aseos	Lampara halógena 50 W	Óculo 5.5-5. W GU10 927 25º	8
Proyectores externos	Halogenuros 400 W	Proyector industrial LED 200 W	40

Tabla 8.- Equipos LED que sustituyen a las luminarias actuales

SALA	POTENCIA INSTALADA (kW)	POTENCIA LED (kW)	HORAS/AÑO	AHORRO ENERGÉTICO (kWh/año)	AHORRO ECONÓMICO (€/año)
Anexo de vestuarios	0,58	0,19	1.040	319	21,05
Vestuarios	0,76	0,50	1.040	262	17,27
Aseos vestuarios	0,43	0,19	5.200	499	9,87
Duchas	0,29	0,29	1.040	150	32,90
Sala de informática	0,29	0,16	260	33	2,19
Operaciones / IT	0,29	0,19	3.120	299	19,74
Aseos	0,40	0,04	1.560	278	19,25
Proyectores externos	16,00	8,00	260	2.080	137,07
<b>TOTAL</b>				1.840	258,39

Para estimar el ahorro económico a partir del ahorro energético hay que saber el coste medio del kWh. Este dato se puede extraer de la Tabla 18. Donde se sabe que el coste medio del kWh es de 0,0659 €/kWh.

A partir de los datos obtenidos, falta obtener la inversión y rentabilidad de la medida. Para estimar la inversión se toman los costes de mercado de cada producto. Luego con esto, se obtiene la Tabla 9.

SALA	INVERSIÓN	AHORRO ECONÓMICO	PRS
Anexo de vestuarios	286	21,05	13,6
Vestuarios	188	17,27	10,9
Aseos vestuarios	107	9,87	2,2
Duchas	72	32,90	10,9
Sala de informática	79	2,19	36,1
Operaciones / IT	72	19,74	3,6
Aseos	80	19,25	8,8
Proyectores externos	9.380	137,07	68,4
<b>TOTAL</b>	<b>10.264</b>	<b>258,39</b>	<b>39,7</b>

Tabla 9.- Inversión y rentabilidad de la mejora

## 6.5 Medida 4. Sustitución de cortina de aire

Como bien es sabido, el uso de cortinas de aire en lugares públicos consigue ahorrar gran cantidad de energía, sobre todo en los meses de invierno y de verano, logrando ahorros superiores al 30% [21]. En la entrada a las oficinas hay instalado un equipo que suministra una cortina de aire para aclimatar la temperatura en la entrada (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). El equipo actual instalado es un FRICO PA2520W con una potencia nominal de 11,5 kW [22]. Este modelo se basa en el efecto Joule por medio de unas resistencias eléctricas.

La medida que se propone es sustituir este equipo por otro con mayor eficiencia. Este nuevo equipo sustituye las resistencias eléctricas por una bomba de calor consiguiendo el mismo efecto de temperatura con una potencia nominal menor.

Para hacer una estimación de ahorro se parten de las siguientes premisas:

- Funcionamiento de 9 horas/día
- 5 días/semana
- 8 meses/año

Esto suma un total de 1.440 horas/año. Considerando entonces la potencia nominal de cada equipo de cortina de aire, se obtiene (ver Tabla 10):

AHORRO ENERGÉTICO	
Consumo equipo actual	16.560 kWh/año
Consumo equipo nuevo	4.219 kWh/año
Estimación ahorro energético	12.341 kWh/año

Tabla 10.- Ahorro energético cortina de aire

En términos económicos, tomando el coste medio de la energía eléctrica consumida que es de 0,0659 €/kWh (ver Tabla 18), se obtiene el siguiente ahorro económico.

AHORRO COSTE ENERGÉTICO	
Coste energético equipo actual	1.091 €/año
Coste energético equipo nuevo	278 €/año
Estimación ahorro energético	813 €/año

Tabla 11.- Ahorro coste energético cortina de aire

Para estimar la rentabilidad de la inversión se seleccionan diversos catálogos de diferentes fabricantes y se estima una inversión de 2.200 € para la cortina de aire y 2.700 € para la unidad exterior y el circuito de conexionado, que en total supone una inversión de 4.900 €. Luego la rentabilidad de la inversión expresada en años es (ver Tabla 12):

RENTABILIDAD	
Inversión	4.900 €
PRS	6,03 años

Tabla 12.- Rentabilidad cortina de aire

## 6.6 Medida 5. Instalación de detectores de presencia y sensores de luz natural

Se propone instalar en zonas comunes detectores de presencia para controlar el encendido y apagado de las luces y, además, compaginar su uso con sensores de luz natural. El objetivo es conseguir un doble control sobre el uso de las luminarias, es decir, utilizar la luz cuando sea necesario y además adecuar la luminosidad de la zona en función del nivel de luz natural. De esta manera, se conseguirá un mejor aprovechamiento de la luz.

Para la regulación de la luz se plantea la opción de encender las luminarias por tramos. Así se consiguen tres niveles de luz diferentes: apagado, encendido parcial y encendido total.



Fig 6-4.- Iluminarias de una oficina

Dado que el tránsito de personal en la jornada laboral es intenso, realizar una estimación de ahorro es una tarea muy difícil ya que el tiempo que permanecen las luces apagadas frente al tiempo en el que están encendidas es mínimo. Es por eso que no se realizan cálculos de ahorro, pero se mantiene la mejora propuesta ya que se contribuye al uso responsable de la energía.

## 6.7 Medida 6. Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación

Actualmente la planta cuenta en su sala de calderas con un grupo térmico de gas natural ROCA model G 400/325 de 380 kW de potencia en total. Se trata de un grupo de calderas convencionales atmosféricas, con rendimientos nominales de combustión del 92% aproximadamente, pero rendimientos estacionales por debajo del 75%.

Se propone reemplazar las calderas actuales por calderas de condensación, que consiguen alcanzar rendimientos nominales del 107% y rendimientos estacionales de entre el 98-100%. Esto es gracias al aprovechamiento del calor latente del vapor de agua generado en la combustión.

	<b>CALDERA ROCA G 400/325</b>	<b>CALDERA CIETRICH C310-350 ECO</b>
Potencia (kW)	380	353
Rendimiento nominal (%)	92,2	107
Rendimiento estacional (%)	75	100
Consumo caldera actual (kWh/año)	381.114	-
Energía útil generada (kWh/año)	285.836	-

Tabla 13.- Ahorro energético al reemplazar el grupo de calderas

El ahorro energético se puede obtener aplicando una regresión lineal, es decir, para la misma energía, pero con un rendimiento estacional del 100%, se obtiene un ahorro energético del 25%. Traducido a términos económicos, sabiendo que el coste medio de gas natural es 0,0265 €/kWh (ver Tabla 19) se obtiene un ahorro económico de 2.525 €/año.

Para calcular la inversión necesaria se tiene en cuenta el coste del equipo y se estima un coste para pequeñas modificaciones en la línea ya que los circuitos hidráulicos y elementos auxiliares pueden conservarse.

<b>RENTABILIDAD</b>	
Inversión (Equipo + instalación)	18.200 €
PRS	7,2 años

Tabla 14.- Rentabilidad de la sustitución de la caldera

## 6.8 Medida 7. Sustitución de los paneles modulares de aire acondicionado

La instalación del sistema de climatización en las oficinas tiene la forma como la que se ve en la Fig 6-5. Es un sistema de tipo VRF (del inglés, *Variable Refrigerant Flow*). Estos sistemas permiten controlar el flujo de refrigerante que se envía a las unidades evaporadoras (unidades interiores o terminales)[23]. En otras palabras, cada unidad interior opera individualmente según la demanda, configurada desde cada



controlador o termostato. Se considera uno de los sistemas más eficientes gracias a que es posible ajustar el consumo energético a la demanda.

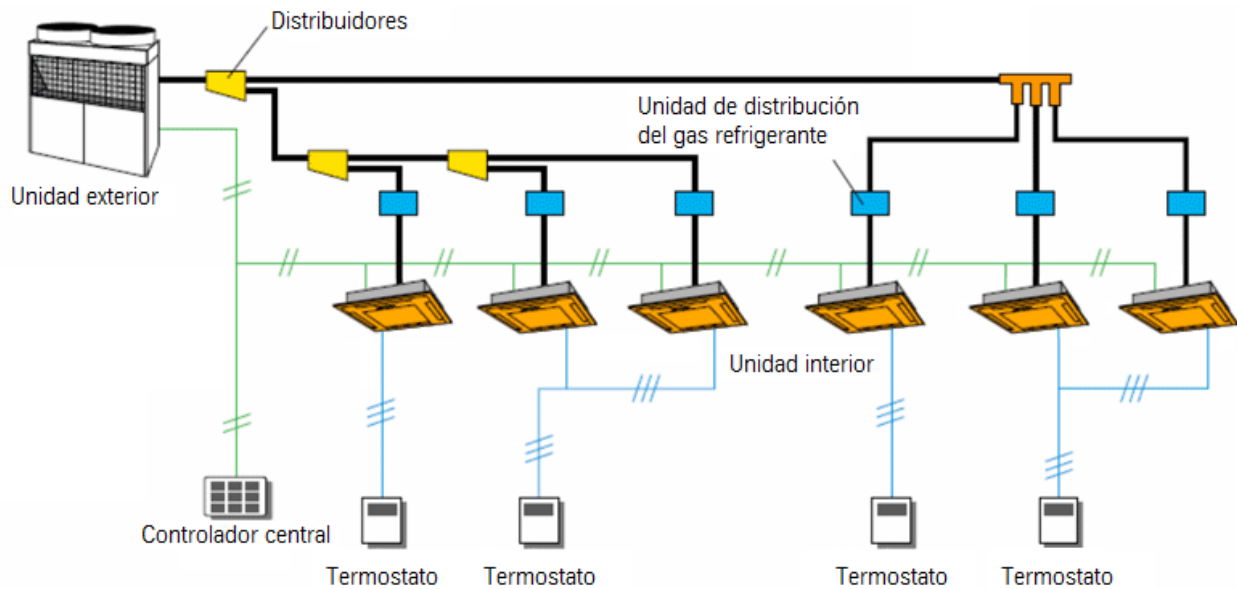


Fig 6-5.- Esquema de la instalación del sistema de climatización[24]

El control del aire acondicionado se realiza por medio de los termostatos ubicados en cada sala (ver Fig 6-6). Cada uno de ellos controla una pareja de paneles (ver Fig 6-7). Para el caso del control del aire acondicionado se plantea el uso de paneles modulares inteligentes (ver Fig 6-8). Dada la estructura actual instalada en las oficinas, como se muestra en la Fig 6-5, la distribución del aire acondicionado se hace por medio de paneles modulares instalados en el falso techo (ver Fig 6-7). Sustituyendo éstos por paneles inteligentes con sensores se conseguiría ser más eficiente. La razón es porque estos paneles cuentan con sensores de temperatura y presencia pudiendo ajustar el flujo y orientación del aire. Así, se lograría ahorrar gran cantidad de energía, sobre todo en los lapsos de tiempo en los que, por ejemplo, las salas de reuniones se encuentran vacías.



Fig 6-6.- Termostato del sistema de climatización

En este trabajo no se hace una estimación del ahorro que supone implantar esta medida pues no se tienen datos de consumo de la enfriadora. Se plantea como trabajo futuro estimar el ahorro energético que se conseguiría llevando a cabo esta medida después de haber instalado un nodo de registro.



Fig 6-7.- Panel de tipo cassette



Fig 6-8.- Panel inteligente de tipo cassette

## 6.9 Plan de acción para implementar las MAEs

Una vez presentadas las MAEs, se define un plan de acción para llevar a cabo la implantación de las mismas en la fábrica. Representados también los ahorros energéticos estimados, se puede ver como el objetivo fijado por el grupo Thyssen de 460 MWh (ver apartado 1.4 del capítulo 0) es superado con la implantación de alguna de las MAEs propuestas.

Nº	MAE	AHORRO ENERGÉTICO (kWh/año)	AHORRO ECONOMICO (€/año)	INVERSIÓN (€)	PRS (años)
1	Sustitución de duchas	48.064	4.630	3.400	0,7
2	Sustitución de luminaria LED	1.840	258	10.264	39,8
3	Sustitución de equipos de calefacción eléctricos	19.622	1.293	846	0,7
4	Sustitución cortina de aire	12.341	813	4.900	6,0
5	Detectores de presencia	-	-	-	-
6	Sustitución del grupo de calderas	95.279	2.525	18.200	7,2
7	Sustitución de paneles modulares	-	-	-	-
	<b>TOTAL</b>	<b>177.146</b>	<b>9.519</b>	<b>37.610</b>	-

Tabla 15.- Resumen de MAEs propuestas

Para realizar el plan de ejecución se tendrán en cuenta dos pautas; la primera es el ahorro energético asociado y la segunda es el PRI y que lleva asociado el coste de implantar la mejora. De modo que indirectamente se tiene en cuenta el coste agregado.

Con los datos obtenidos relativos al PRS, desde el grupo se desestiman aquellas MAEs cuyo PRS sea superior a 7-8 años. Salvo que sean medidas definidas como prioritarias. Aunque también se tiene en cuenta la inversión de cada una. En este caso, la medida 2 (sustitución luminaria por LED) aunque tenga un PRS elevado no se desestima pues la inversión no es elevada, aunque no se fija como prioritaria.

Con todo esto, se ordenan las MAEs según la Tabla 16.

Nº	MAE	PRS	FY
1	Sustitución de duchas	0,7	18/19
2	Sustitución de equipos de calefacción eléctricos	0,7	18/19
3	Sustitución cortina de aire	6,0	19/20
4	Sustitución del grupo de calderas	7,2	19/20
5	Sustitución de luminaria LED	39,8	-
6	Detectores de presencia	-	-
7	Sustitución de paneles modulares	-	-

Tabla 16.- Ruta de implantación de las MAEs

Por último, y como se vino comentando a lo largo del documento, para alcanzar el objetivo impuesto por el grupo se necesitaba ahorrar 7 MWh para el FY 19/20. Como se puede apreciar en la Tabla 15, si se aplican todas las medidas propuestas se lograrían ahorrar 117,15 MWh. De hecho, con implantar una medida cualquiera salvo la sustitución de luminaria por LED ya se alcanzaría el objetivo.

Por ello, y debido a la fecha actual se planifica llevar a cabo las medidas 1 y 2 durante el FY 18/19. Así se alcanza un ahorro global de 521 MWh.

El resto de medidas se irán implantando por pares según la Tabla 16 en los sucesivos FY.



## 6.10 Recomendaciones y buenas prácticas

A continuación, se detallan algunas recomendaciones de buen uso de la energía a nivel general.

### 6.10.1 Consumo de ACS

- Programar los termostatos para encender y apagar la calefacción durante las horas de trabajo.
- Fijar la temperatura de los sistemas de regulación de la calefacción a 21 °C en invierno.
- Cerrar los grifos mientras no se haga uso del agua.
- Avisar a mantenimiento ante cualquier avería (fugas) y definir un plan de revisión de las instalaciones.

### 6.10.2 Iluminación

- Aprovechar la luz natural siempre que sea posible.
- Mantener en buen estado todos los sistemas de iluminación.
- Sustituir las lámparas de incandescencia por lámparas de bajo consumo.

### 6.10.3 Equipos ofimáticos

- Programar los PC para activar el modo de ahorro de energía para evitar consumir más electricidad en periodos de inactividad.
- Utilizar regletas con interruptor y apagarlo al finalizar la jornada.



## 7 INTEGRACIÓN DE NODOS A UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN ENERGÉTICO

### 7.1 Resumen

En este capítulo del proyecto, se desarrolla e implementa la integración de nodos de medida a un sistema de monitorización energético conectado a la red. A partir de MAEs implementadas en la parte de oficinas de la planta (primera parte del proyecto).

### 7.2 Sistema de monitorización actual

El sistema de monitorización energético implantado en la fábrica está constituido por medidores de consumo, conectados a sus respectivos módulos que utilizando el protocolo ZigBee envían los datos a un receptor. A través de un conversor se envía la señal a un concentrador vía MODBUS RS485. Para posteriormente, subir a la red todos los datos vía GPRS. En la Fig 7-1 se muestra un esquema simple de la arquitectura actual del sistema de monitorización.

Además de todo ello, el contador de la compañía eléctrica dispone de un emisor que envía los datos de consumo a la red utilizado, entre otros, para generar informes de consumo. Esta característica de la plataforma se verá más adelante.

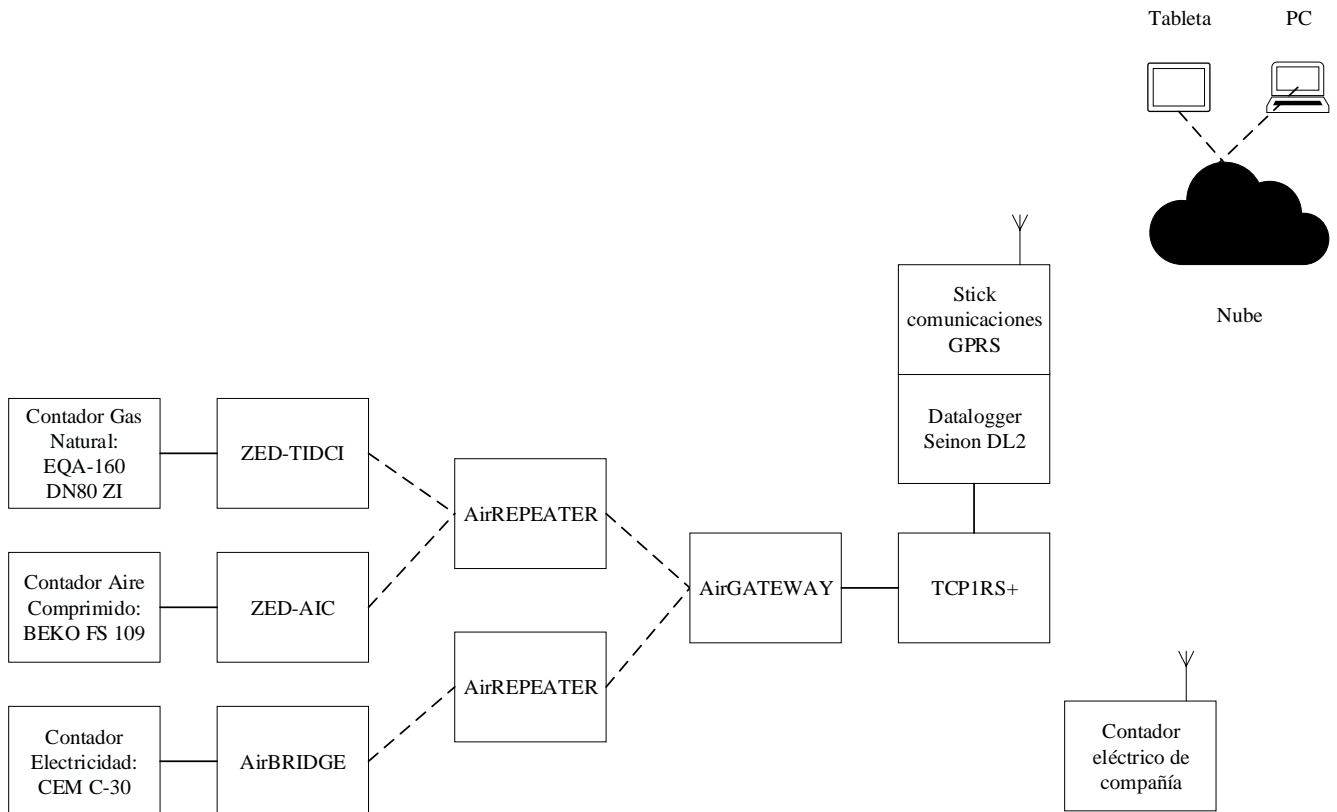


Fig 7-1.- Arquitectura del sistema de monitorización

Al sistema actual, se añaden dos medidores más. Con el objetivo de tener un mayor control sobre el consumo, se reparten los medidores en función del uso. Por ello, se instala uno en la acometida de entrada de electricidad de las oficinas para la luminaria y consumo de equipos ofimáticos y el segundo se reserva para el registro de consumo de la enfriadora de aire acondicionado. A continuación, se detallan los equipos necesarios para ampliar la red de monitorización energética.

- 2 contadores de energía eléctrica CEM C-30 con sus respectivos módulos de comunicación
- 2 AirBRIDGE para los contadores de energía eléctrica
- 1 AirREPEATER para las señales inalámbricas

La razón por la que se destina un medidor exclusivo para la enfriadora de aire acondicionado es por el alto consumo que tiene, además de, separar los consumos de luz y equipos ofimáticos de la enfriadora. Para estar más cerca de alcanzar el objetivo de ahorro de 460 MWh, no solo basta con monitorizar el consumo, sino que hay que buscar la mejor manera de tener un control sobre el mismo.

### 7.3 Ubicación de los nodos

En el plano representado en el documento de planos, se muestra la ubicación de los medidores repartidos a lo largo de la fábrica. En dicho plano, se representan además los nuevos medidores para el registro de consumo eléctrico en oficinas (aire acondicionado y equipos y luminaria), identificados con las referencias 23 y 24. Siendo el medidor con referencia 23 el registrador de consumo de la enfriadora de aire acondicionado y el de referencia 24 el de oficinas.

Como se puede apreciar en el plano de ubicación (ver documento de planos) y en la arquitectura (ver Fig 7-1 Fig 4-1), el medidor y el AirBRIDGE se conectan los más próximos posibles para evitar conexiones cableadas extensas y sobre el propio equipo cerca de la toma de entrada de corriente. Debido a que la enfriadora se encuentra en la azotea de las oficinas, habría que hacer una prueba para comprobar una buena transmisión de las señales sin la instalación del dispositivo AirREPEATER. En caso de que la relación señal/ruido fuera demasiado baja, sería necesario instalar el dispositivo AirREPEATER. Puesto que se alimenta de corriente alterna se debe buscar el cuadro de tensión más cercano para evitar un cableado extenso (consultar plano de ubicación).

A priori, no se instala el dispositivo AirREPEATER pues en cada cuadro de tensión hay uno instalado. Consultando el plano de ubicación se observa que a lo largo de las oficinas hay 3 dispositivos instalados (en los cuadros CT1, CT2 y CF2). Por lo que, en principio, no sería necesario. En caso contrario, para instalarlo habría que realizar la distribución de cable de alimentación desde el cuadro de tensión más cercano. Para saber cómo ha de realizarse la conexión, consultar el plano del esquema unifilar del cuadro específico.

Por otro lado, la pareja medidor-AirBRIDGE para el registro del consumo eléctrico en las oficinas se ubica en el ala este de las oficinas, en la planta baja. La razón es porque la sala desde donde se alimenta la fábrica, tanto taller como oficinas, con baja tensión se encuentra en esa zona de la nave. Y además aprovechando su ubicación no es necesario emplear un AirREPEATER pudiendo utilizar uno ya existente, siendo el que está alojado donde el CF1 (cuadro de fuerza 1) el más cercano. Pues que ya está instalado no es necesario realizar ningún cableado en éste. Aunque si se desea obtener más información, consultar el esquema unifilar del mismo en el documento de planos.



## 7.4 Configuración y direccionamiento

Una vez ubicados e instalados, es necesario configurarlos y darles un nombre (dirección). El proceso de asociación a una red ZigBee existente es automático. Dado que el equipo es nuevo, no tiene configurados parámetros de red y comienza el proceso de asociación automáticamente. Para que el nodo pueda asociarse a la red existente, el AirGATEWAY debe abrir la red. Para abrir la red y permitir nuevos equipos, se debe presionar el pulsador de la placa de circuito ('*Push Button*'), ver **Fig 7-2** (disponible también en el documento de planos). El indicativo de que la red está abierta es el parpadeo del LED 'A' del AirGATEWAY, ver **Fig 7-3**.

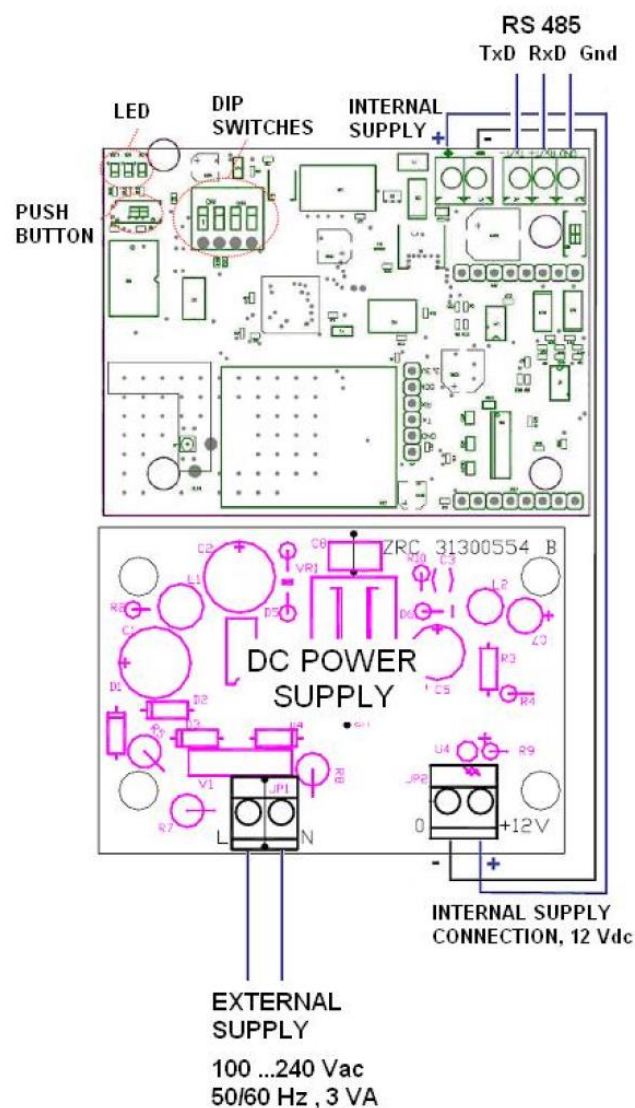


Fig 7-2.- Circuito interno del AirGATEWAY [15]

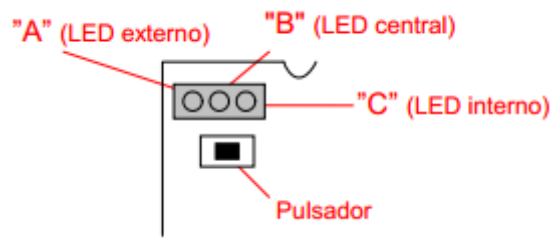


Fig 7-3.- LEDs del AirGATEWAY [15]

Al pulsar el botón Reset (en la Fig 7-3 se señala con la palabra 'pulsador'), todos los LEDs se iluminan durante 2 segundos y, a continuación, parpadean rápidamente durante otros 2 segundos para después apagarse. Es en ese momento cuando comienza a explorar automáticamente redes abiertas. El AirBRIDGE comienza a explorar los 16 canales radio disponibles durante aproximadamente 20 segundos. Cuando termina, se han de visualizar los LEDs del mismo para ver si ha detectado la red y se ha asociado. Si el LED 'A' se enciende mientras los LEDs 'B' y 'C' permanecen apagados, entonces el nodo no está asociado a la red. En este caso, habrá que repetir el proceso de asociación. Por el contrario, si el LED 'A' parpadea lentamente, entonces el router está asociado.

Una vez asociado, los LEDs 'B' y 'C' determinan el estado de la conexión. Por un lado, el LED 'B' muestra el número de routers cercanos en función del número de parpadeos:

- Apagado: Ningún router con buena calidad de señal
- 1 parpadeo + pausa: Router cercano con buena calidad de señal
- 2 parpadeos + pausa: Dos routers cercano con buena calidad de señal
- 3 parpadeos + pausa: Cuatro o más routers cercanos con buena calidad de señal

El LED 'C' indica el estado del enlace, parpadeando solo cuando transmite o recibe un mensaje. Manteniéndose apagado el resto del tiempo.

Después de haber asociado el router AirBRIDGE a la red, hay que ajustar los parámetros de comunicación con el medidor al que va conectado. Como ya se ha comentado en el capítulo 4, los routers se conectan a los medidores C-30 utilizando el protocolo ModBus junto con el estándar RS-485. La manera en la que se definen los parámetros de comunicación entre los dispositivos es por medio de los interruptores DIP, ver Fig 7-2. En la siguiente tabla (Tabla 17) se muestran las diferentes posibilidades de configuración disponibles.

DIP1 (baud rate)	DIP2	DIP3	DIP4 (bit stop )	Baud rate	Paridad	Bit de Stop
OFF	OFF	OFF	OFF	9600	Ninguna	2
ON	OFF	OFF	OFF	19200	Ninguna	2
OFF	ON	OFF	OFF	9600	Par	2
ON	ON	OFF	OFF	19200	Par	2
OFF	OFF	ON	OFF	9600	Ninguna	2
ON	OFF	ON	OFF	19200	Ninguna	2
OFF	ON	ON	OFF	9600	Impar	2
ON	ON	ON	OFF	19200	impar	2
OFF	OFF	OFF	ON	9600	Ninguna	1
ON	OFF	OFF	ON	19200	Ninguna	1
OFF	ON	OFF	ON	9600	Par	1
ON	ON	OFF	ON	19200	par	1
OFF	OFF	ON	ON	9600	Ninguna	1
ON	OFF	ON	ON	19200	Ninguna	1
OFF	ON	ON	ON	9600	Impar	1
ON	ON	ON	ON	19200	Impar	1

Tabla 17.- Configuración de los parámetros de comunicación mediante los interruptores DIP

La configuración actual de los routers instalados se corresponde con la combinación OFF, OFF, OFF, ON en el orden DIP1, DIP2, DIP3, DIP4. Según esta configuración se establece una velocidad de 9600 baudios, sin bit de paridad y con un solo bit de stop.

En la Fig 7-4 se muestra un ejemplo de los parámetros de comunicación establecidos para algunos de los routers instalados en el taller.

Cuadro 1 Cabina Chorreo L1				
C30	U Pr In	400	U Sec	400
	C Pr In	150	C Sec	5
	Baudrat	9600	Com Set	8n1
	Imp Out	10	Address	061

Cuadro 2 Cabina Chorreo L2				
C30	U Pr In	400	U Sec	400
	C Pr In	150	C Sec	5
	Baudrat	9600	Com Set	8n1
	Imp Out	10	Address	062

Cuadro 3 Compresor Chorreo				
C30	U Pr In	400	U Sec	400
	C Pr In	500	C Sec	5
	Baudrat	9600	Com Set	8n1
	Imp Out	10	Address	063

Cuadro 4 Cabina de Pintura L1				
C30	U Pr In	400	U Sec	400
	C Pr In	400	C Sec	5
	Baudrat	9600	Com Set	8n1
	Imp Out	10	Address	064

Cuadro 5 Cabina Pintura L2				
C30	U Pr In	400	U Sec	400
	C Pr In	400	C Sec	5
	Baudrat	9600	Com Set	8n1
	Imp Out	10	Address	065

Cuadro 6 Alumbrado Nave Zona Ajuste				
C30	U Pr In	400	U Sec	400
	C Pr In	150	C Sec	5
	Baudrat	9600	Com Set	8n1
	Imp Out	10	Address	066

Cuadro 7 Alumbrado Nave Zona Calderería				
C30	U Pr In	400	U Sec	400
	C Pr In	150	C Sec	5
	Baudrat	9600	Com Set	8n1
	Imp Out	10	Address	067
MC				

Cuadro 8 Compresores Nave				
C30	U Pr In	400	U Sec	400
	C Pr In	150	C Sec	5
	Baudrat	9600	Com Set	8n1
	Imp Out	10	Address	068
MC				

Fig 7-4.- Parámetros de comunicación de algunos routers instalados

Por último, quedaría configurar el router AirREPEATER, empleado para garantizar una buena calidad de señal de los datos de consumo de la enfriadora (en caso de que fuera necesario). El proceso de asociación del router AirREPEATER es el mismo que el del router AirBRIDGE. En la Fig 7-5 se muestra el circuito impreso del router.

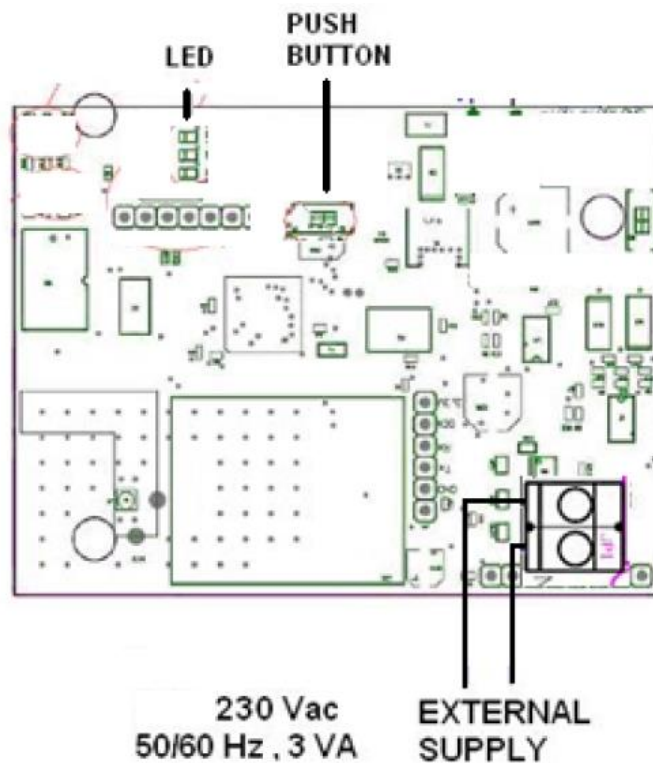


Fig 7-5.- Circuito impreso del router AirREPEATER [16]

Como se aprecia en la imagen, consta de 3 LEDs al igual que los routers AirBRIDGE y AirGATEWAY. En la Fig 7-6 se representan los 3 LEDs del router AirREPEATER. Donde el LED 1 es igual que el LED 'A', el LED 2 igual que el LED 'B' y el LED 3 igual que el LED 'C', es decir, el LED 1 indica si el router está asociado o no en función del parpadeo del mismo. Si parpadeo lentamente significa que está asociado y si parpadea más rápido que no está asociado. En ese caso, volverá a repetir automáticamente el proceso de asociación buscando entre los 16 canales algún dispositivo al alcance. El LED 2 indica si hay o no routers con buena calidad de señal y el número de ellos según el número de parpadeos. Y, por último, el LED 3 indica si el router está transmitiendo o recibiendo un mensaje.

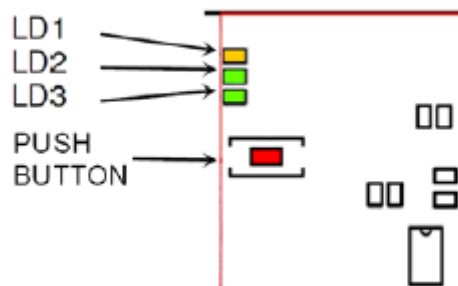


Fig 7-6.- LEDs del router AirREPEATER[16]

## 7.5 Integración de los nodos en la plataforma de gestión

Después de haber instalado y configurado los diferentes dispositivos, para poder visualizar en la plataforma de gestión SEINON hay que añadir los nuevos nodos. Para ello, hay que darlos de alta poniéndose en contacto con la compañía.

Una vez dados de alta, ya aparecerían en el desplegable junto con el resto de medidores. Los cuales se identifican por el símbolo de color rosa, como se puede ver en la Fig 4-9. Para poder identificarlos, la herramienta de gestión permite editar datos generales. En la Fig 7-7, se muestra la ventana de configuración y en la parte superior los menús que engloba.

Fig 7-7.- Configuración y edición de datos generales

En el campo 'Nombre del medidor' se deberá poner el nombre del medidor al que hace referencia. Será este nombre el que aparecerá posteriormente en la pestaña de monitorización para generar las representaciones (ver Fig 7-8). En el siguiente campo, no es necesario definir el tipo de punto. Pues para los medidores no es necesario.

Después de darlos de alta y editarlos ya están listos para registrar y almacenar los datos de consumo y disponibles para su visualización.

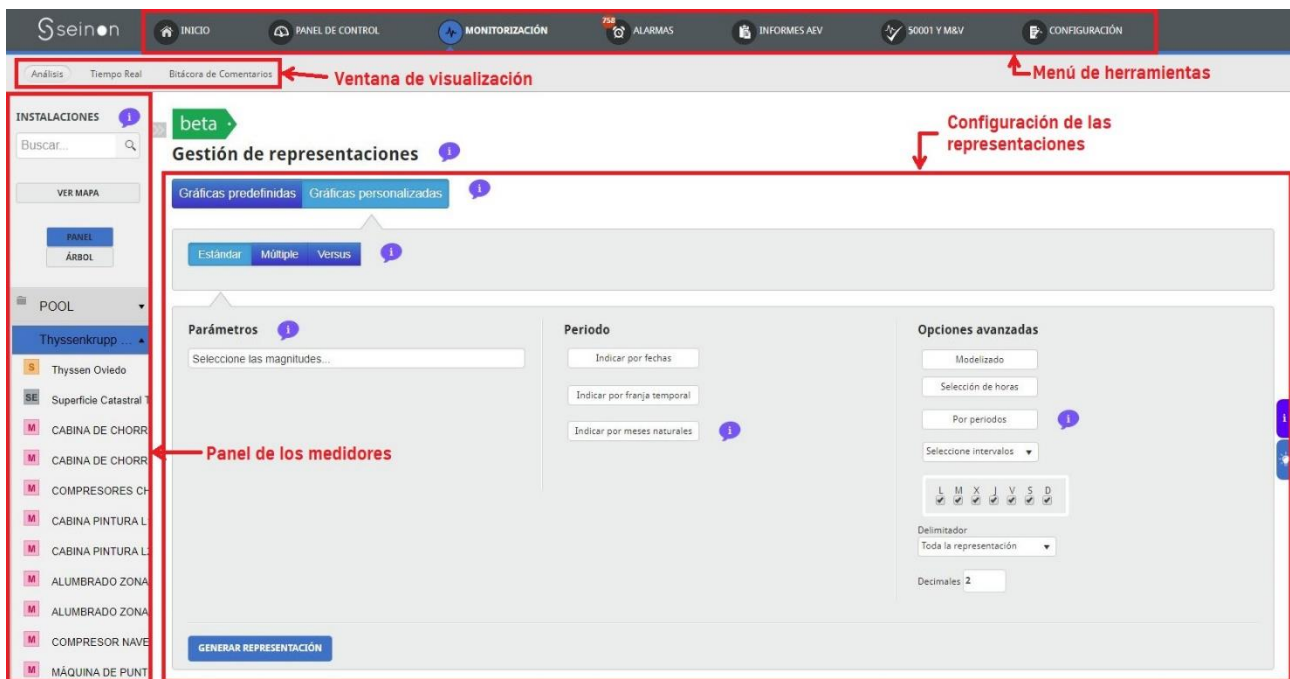


Fig 7-8.- Ventana de configuración de las representaciones

Como se comentó unas líneas más arriba, después de dar los medidores de alta ya estarán disponibles para editar y guardar el registro de datos. Una de las virtudes de la plataforma es que después de guardar una configuración de un medidor, es posible visualizar los datos de consumo sin tener que configurar la representación cada vez que se quiera visualizar.

Para añadir una nueva representación, en la pestaña de monitorización se hace click en 'nueva representación', como se puede comprobar en la Fig 7-10. El siguiente paso será elegir el medidor del que se desea obtener los datos. Para ello, en la parte izquierda de la pantalla aparecen los medidores registrados. Para encontrar el medidor solo hace falta desplegar la lista de la sede, en este caso, la de thyssenkrupp airport solutions. En caso de tener varias sedes podría ser más tedioso tener que buscar un medidor, pero se puede filtrar por sedes. Para ello, se pulsa en el botón 'MAPA' en la parte superior y aparece una lista de las sedes registradas y haciendo click en la sede en particular se puede filtrar para buscar en la misma (ver Fig 7-9).

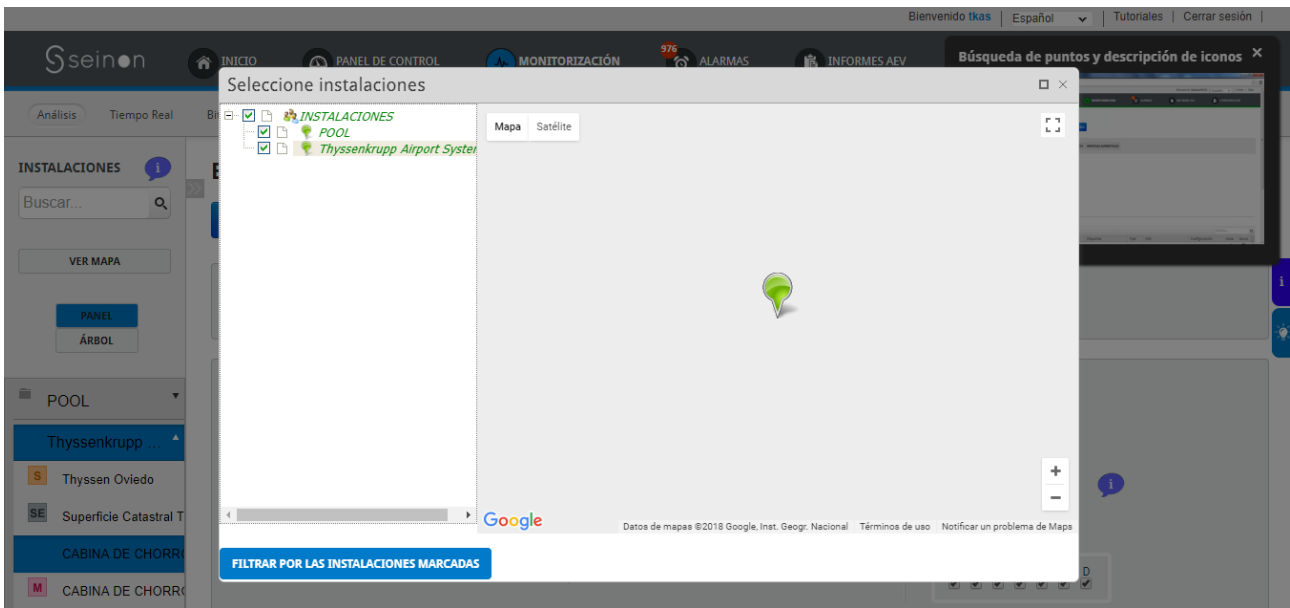


Fig 7-9.- Herramienta de búsqueda

Después de encontrar y seleccionar el medidor, se abre entonces en la misma ventana las opciones de configuración de la nueva representación, ver Fig 7-11.

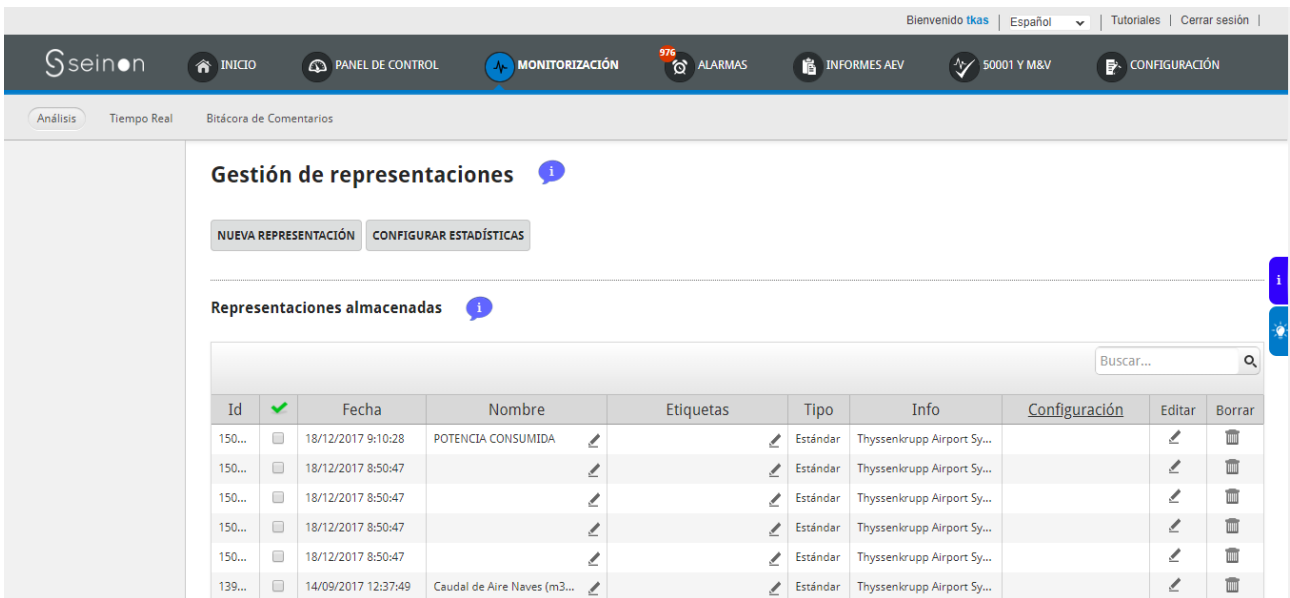


Fig 7-10.- Ventana para crear una nueva representación



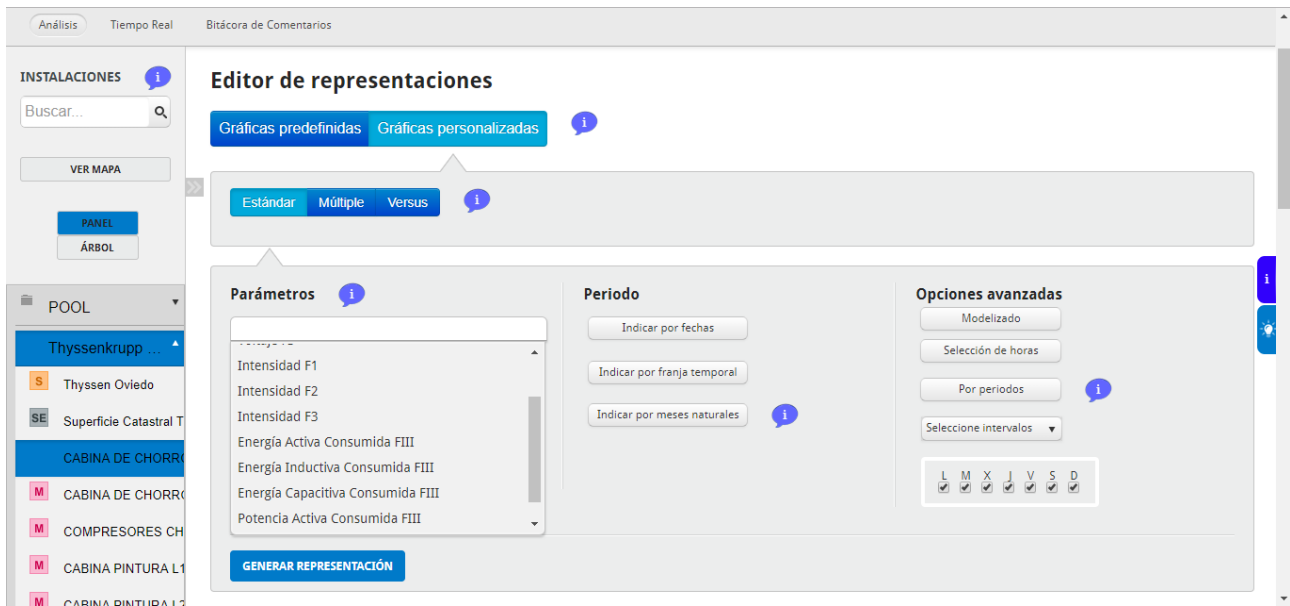


Fig 7-11.- Configuración del tipo de representación

En función del tipo de representación que se desee obtener se seleccionará un parámetro u otro. En este caso, se desea visualizar el consumo que está registrando el medidor, luego se selecciona la opción 'Energía Activa Consumida FIII'. Se puede definir también el periodo que se quiera visualizar, aunque éste puede modificarse después de guardar la representación. Y si se quiere más detalle en la franja temporal, se puede definir en las opciones avanzadas.

Del mismo medidor se puede generar y guardar tantas representaciones como parámetros disponibles haya. De manera que, si se quiere ver la energía (o consumo) y la potencia consumida se deben generar dos representaciones distintas.

Una vez generada ya aparecerá en la sección de representaciones generadas y cada vez que se quiera consultar los datos relativos a ese medidor solo basta con seleccionar el medidor en particular y el tipo de salida de representación de los datos.

Existen además otros tipos de representación que permiten enfrentar los datos de varios medidores en una misma gráfica o la de mostrar los datos de uno frente a otro, ver Fig 7-11.

Con la representación configurada y guardada se pueden definir también datos estadísticos que puedan ser de interés. Esto se puede hacer de dos maneras, la primera es configurarlos desde la ventana general seleccionando la opción de configurar estadísticas (ver Fig 7-10) en la que se pueden seleccionar entre otros la visualización de la media o los valores máximos y/o mínimos registrados (ver Fig 7-12).

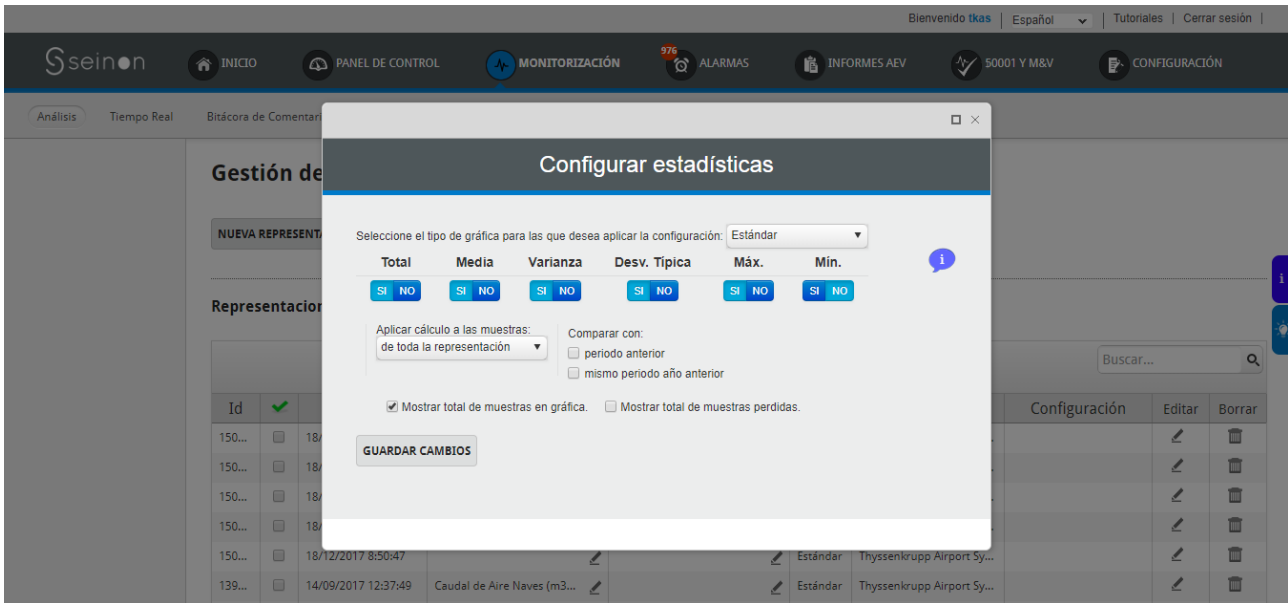


Fig 7-12.- Configuración de la visualización de datos estadísticos

La segunda manera consiste en que una vez representados los datos, se selecciona sobre la misma curva de representación los datos estadísticos que sean de interés (ver Fig 7-13). La diferencia con la primera opción es que la segunda solo afecta a la representación en cuestión mientras que la primera se puede definir para todas las representaciones.

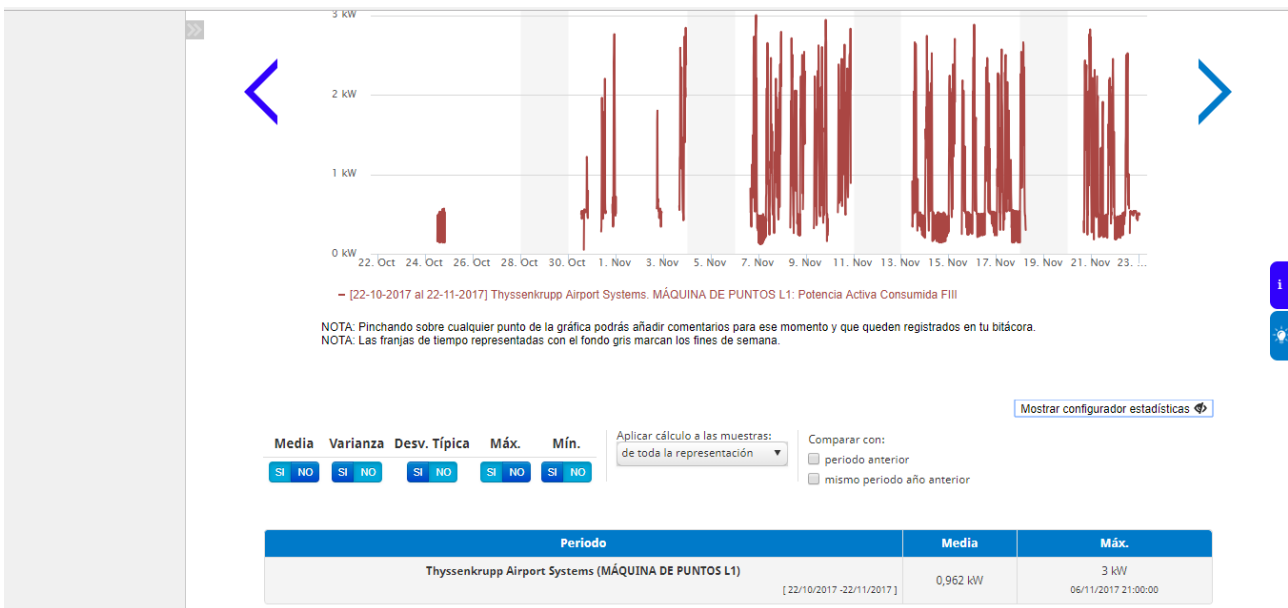


Fig 7-13.- Configuración de los datos estadísticos sobre la curva de representación

La última actualización en cuanto a control y visualización de datos permite trabajar con un sinóptico SCADA. Como se puede apreciar en la Fig 7-14.

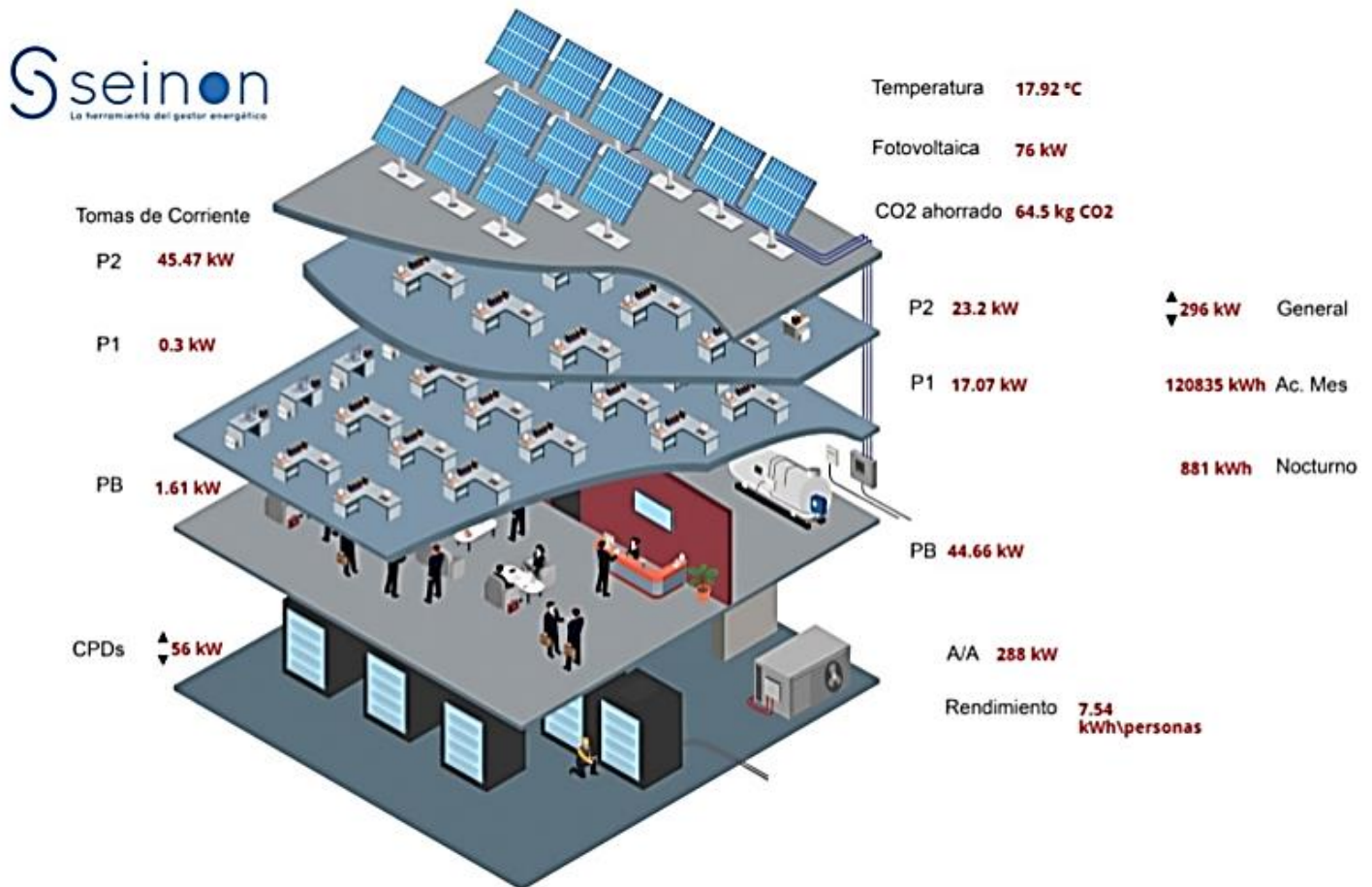


Fig 7-14.- Sinóptico SCADA Seimon

En la figura anterior se muestra un ejemplo de un edificio de varias plantas. A partir de un renderizado creado por el cliente, es posible ordenar y mostrar todas las representaciones guardadas en el apartado de monitorización. Además, con la instalación del datalogger MENTUS es posible leer variables en tiempo real. Entre otras funcionalidades permite añadir anotaciones de texto y actuar sobre la instalación mediante telecontrol.

Además, permite visualizar tantos sinópticos SCADAs como instalaciones haya. En el caso de la fábrica de thyssenkrupp con un sinóptico sería suficiente.



## 8 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

### 8.1 Resumen

En este capítulo se resumen las conclusiones obtenidas después de haber realizado este proyecto. Además, se mencionan brevemente algunas ideas para trabajo futuro.

### 8.2 Conclusiones

En resumen, las tareas que se llevaron a cabo en este proyecto han sido fundamentalmente:

- Mencionar brevemente la normativa europea y nacional vigente en cuanto a eficiencia energética se refiere, así como las pautas que indica la norma para realizar una auditoria/consultoría energética.
- Realizar una revisión energética en las oficinas de la fábrica de thyssenkrupp airport solutions S.A. con el objetivo de definir puntos potenciales de ahorro para alcanzar el objetivo de ahorro impuesto por el grupo.
- A partir de los datos obtenidos en la revisión, definir un plan de trabajo para la implantación de medidas de ahorro atendiendo a diferentes criterios.
- Añadir a la red actual de monitorización una pareja de nodos de medida para aumentar el control del consumo en la fábrica de thyssenkrupp airport solutions S.A., en la que se definieron los pasos necesarios para llevar a cabo dicha implementación.
- Y, además, se desarrollaron las pautas a seguir para la configuración de una plataforma de gestión para visualizar datos de consumo.

Como se pudo observar, la eficiencia energética en la industria es un tema que cada día está teniendo más importancia en los procesos de producción de las empresas. A partir de la reciente puesta en marcha de la normativa son más las empresas que apuestan por mejorar sus procesos, y que indudablemente, conducen a contribuir a la sostenibilidad del planeta. En particular, se vio como a partir de una revisión energética en las oficinas de la fábrica de thyssenkrupp airport solutions S.A., es posible alcanzar grandes ahorros energéticos, y, por consiguiente, ahorros económicos. Esto indica que los procesos están en continua evolución gracias a los avances tecnológicos y requiere de un esfuerzo continuo.



### 8.3 Trabajo futuro

En cuanto al trabajo futuro, en la fábrica de thyssenkrupp airport solutions S.A. se está trabajando actualmente en el desarrollo de un equipo de eficiencia energética que se encargará de tratar todos los aspectos de eficiencia energética de la empresa. Junto con esto, se lanzó una política de eficiencia energética que involucra a todos los niveles de la compañía demostrando su compromiso con la eficiencia. Además de realizar otros trabajos como lanzamiento de campañas de concienciación y canales de comunicación. Todo esto, es lo que recoge la ISO 50001. Es por ello, que como trabajo futuro se plantea seguir trabajando en los puntos que recoge la norma para poder certificarse.

Por otro lado, se plantea también como trabajo futuro realizar un renderizado de todos los puestos de trabajo la fábrica tanto en los que hay colocados contadores de energía como en los que no para ampliar la red de monitorización, así como de puntos de interés de las oficinas como pueden ser valores de temperatura, luz, etc. para poder generar un sinóptico SCADA de Seinon. Este trabajo tiene doble finalidad, por un lado, ampliar la red de monitorización para tener más detalle del consumo de energía. Y, por otro lado, poder trabajar con un sinóptico SCADA ya que facilita enormemente la visualización y el manejo de datos.

## 9 REFERENCIAS

- [1] «Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía», *Noticias Jurídicas*. [En línea]. Disponible en: [http://noticias.juridicas.com/base\\_datos/Admin/568710-rd-56-2016-de-12-feb-se-transpone-la-directiva-2012-27-ue-del-parlamento.html](http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/568710-rd-56-2016-de-12-feb-se-transpone-la-directiva-2012-27-ue-del-parlamento.html). [Accedido: 16-abr-2018].
- [2] «Estrategia Europa 2020», *Comisión Europea - European Commission*. [En línea]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/framework/europe-2020-strategy\\_en](https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/framework/europe-2020-strategy_en). [Accedido: 16-abr-2018].
- [3] E. F. Camacho, T. Samad, M. Garcia-Sanz, y I. Hiskens, «Control for Renewable Energy and Smart Grids», p. 20.
- [4] «Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE texto pertinente a efectos del EEE», p. 56.
- [5] Anonymous, «Acuerdo de París», *Acción por el Clima - European Commission*, 23-nov-2016. [En línea]. Disponible en: [https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_es). [Accedido: 16-abr-2018].
- [6] AENOR, «AENOR: Norma UNE-EN 16247-3:2014», <http://www.aenor.es/>. [En línea]. Disponible en: <http://www.aenor.es/aenor/normas/normas/fichanorma.asp?tipo=N&codigo=N0054017>. [Accedido: 16-abr-2018].
- [7] «AENOR - Certificación del Sistema de Gestión Energética ISO 50001». [En línea]. Disponible en: [https://www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/mab\\_gestion\\_energetica.asp#.WtS8Li7FK70](https://www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/mab_gestion_energetica.asp#.WtS8Li7FK70). [Accedido: 16-abr-2018].
- [8] «AENOR - Certificación ISO 14001 Sistemas de Gestión Ambiental». [En línea]. Disponible en: [http://www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/iso14001.asp#.WtS\\_8y7FK70](http://www.aenor.es/aenor/certificacion/mambiente/iso14001.asp#.WtS_8y7FK70). [Accedido: 16-abr-2018].
- [9] «AENOR - Certificación de sistemas de gestión de la calidad ISO 9001». [En línea]. Disponible en: [http://www.aenor.es/aenor/certificacion/calidad/calidad\\_9001.asp#.WtS\\_-S7FK70](http://www.aenor.es/aenor/certificacion/calidad/calidad_9001.asp#.WtS_-S7FK70). [Accedido: 16-abr-2018].
- [10] «BOE-A-2016-1460.pdf». .
- [11] «Auditorías Energéticas según UNE 16247 | ISO 50001». .
- [12] «ISO 50001\_2011.pdf». .
- [13] «ZED-TIDCI», *2Embedcom*. .
- [14] «ZR-AIC Archivos», *2Embedcom*. .
- [15] «M98253501-40.pdf». .
- [16] «M98253601-40.pdf». .
- [17] A. Gawanmeh, «Embedding and Verification of ZigBee Protocol Stack in Event-B», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 5, pp. 736-741, 2011.
- [18] S. Choudhury, P. Kuchhal, R. Singh, y Anita, «ZigBee and Bluetooth Network based Sensory Data Acquisition System», *Procedia Comput. Sci.*, vol. 48, pp. 367-372, 2015.
- [19] J. M. S. Torrecillas, «Protocolo ZigBee (IEEE 802)», p. 36.
- [20] «What is Modbus and How does it work?» [En línea]. Disponible en: [https://www.schneider-electric.us/en/faqs/FA168406/?viewlocale=en\\_US](https://www.schneider-electric.us/en/faqs/FA168406/?viewlocale=en_US). [Accedido: 03-may-2018].
- [21] S. S. de I. y N. Científicas, «Las cortinas de aire ahorran energía», 19-may-2014. [En línea]. Disponible en: <http://www.agenciasinc.es/Noticias/Las-cortinas-de-aire-ahorran-energia>. [Accedido: 06-jul-2018].



- [22] «PA2520W Cortina de aire | PA2520W Air curtain | Cortinas de aire | [www.frico.se](http://www.frico.se)». [En línea]. Disponible en: <http://www.frico.se/es/Productos/Cortinas-de-aire-/entradas/pa2500-aew/pa2520w-cortina-de-aire/>. [Accedido: 18-jul-2018].
- [23] I. A. CALORYFRIO, «Sistemas VRF, la climatización eficiente para edificios y locales - Infografía». [En línea]. Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-comercial/sistemas-vrf-climatizacion-eficiente-edificios-locales-comerciales-infografia.html>. [Accedido: 06-jul-2018].
- [24] «Aire Acondicionado Industrial Granada | [www.aicasol.com](http://www.aicasol.com)», *Aire Acondicionado Granada. Aicasol*. [En línea]. Disponible en: <http://www.aicasol.com/aire-acondicionado-industrial-granada/>. [Accedido: 06-jul-2018].

## Anexo A Política de eficiencia energética

SYS_S01_PE		POLITICA ENERGÉTICA		S01: Planificación Estratégica
Rev_0	15/05/2018	Elaborado: - Head of Process Engineering	Revisado: - Head of Global Manufacturing OU AIR	Aprobado: - CEO OU AIR - CFO OU AIR

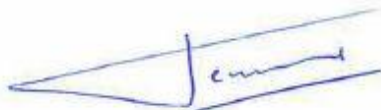


**Thyssenkrupp Airport Solutions** reafirma el compromiso de la empresa con la eficiencia energética y el consumo moderado de energía, siendo factores clave para el desarrollo sostenible de la empresa y de la comunidad.

La dirección de **Thyssenkrupp Airport Solutions** define la política de eficiencia energética de la organización basándose en los siguientes principios:

- ✓ **CUMPLIMIENTO Estricto de la legislación** y reglamentaciones relativas a la eficiencia energética.
- ✓ **COMPROMISO con la mejora continua** en nuestros procesos para aumentar la eficacia y la eficiencia energética de nuestro sistema de producción y mejorar nuestros resultados.
- ✓ **COMPROMISO** de tener en cuenta la eficiencia energética a la hora de adquirir bienes materiales.
- ✓ **IDENTIFICACIÓN DE OBJETIVOS** evaluando en forma regular la información de desempeño energético.
- ✓ **PREVENIR** acciones que puedan provocar elevados impactos energéticos en las actividades desarrolladas.
- ✓ **ANÁLISIS DE RIESGOS** existentes en el contexto de nuestra organización para alcanzar los objetivos identificados asegurando que son tratados de forma apropiada.
- ✓ **PROMOVER UNA MAYOR SENSIBILIZACIÓN** y compromiso en torno al consumo y eficiencia energética a todo el personal para que realice sus actividades con un consumo responsable de los recursos energéticos.
- ✓ **COMUNICAR** esta política y el desempeño energético de la compañía, siendo verificado por una entidad externa.
- ✓ **IMPLICACIÓN** de todos los niveles jerárquicos en el cumplimiento de esta política en todas las actividades de la organización, asegurando la disponibilidad de información y recursos necesarios para alcanzar los objetivos y las metas energéticas.

La DIRECCIÓN de **Thyssenkrupp Airport Solutions** expresa su compromiso para revisar y mejorar esta política de eficiencia energética periódicamente como parte de la Revisión del Sistema de Gestión por la Dirección y ante cualquier cambio o suceso significativo en el contexto de la organización así como de asegurar que esta política de eficiencia energética está accesible para todas las partes interesadas de la organización.



Fdo.: Philip de Coninck  
CEO OU AIR



Fdo.: Ignacio Medina  
CFO OU AIR



## Anexo B Tabla del suministro y consumo de electricidad

RESUMEN SUMINISTRO ELÉCTRICO	
Tensión contratada de suministro	12 kV
Tensión de distribución en planta	400 V
Potencia contratada	396 kW – 520 kW
Potencia máxima demandada	560 kW
Consumo de energía anual	2.238.553 kWh/año
Coste unitario medio total (sin IVA)	0,0903 €/kWh
Coste unitario medio término energía (sin IVA)	0,0659 €/kWh

Tabla 18.- Características del suministro y consumo eléctrico durante el año 2017



## Anexo C Tabla del suministro y consumo de gas natural

RESUMEN SUMINISTRO Y CONSUMO DE GAS NATURAL	
Presión de suministro	4 bar
Cantidad contractual diaria	9.589 kWh/día
Consumo volumétrico	225.197 m <sup>3</sup> /año
Consumo de energía actual	2.642.485 kWh/año
Coste unitario medio total (sin IVA)	0,0333 €/kWh
Coste unitario medio término energía (sin IVA)	0,0265 €/kWh

Tabla 19.- Características del suministro y consumo de gas natural durante el año 2017



Universidad de Oviedo

# Pliego de condiciones

JULIO DE 2018

## ÍNDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1	Procedimientos de entrada, tránsito y estancia.....	2
2	Señalización .....	2
3	Trabajo en alturas.....	2
4	Iluminación .....	2
5	Dependencias y lugares de trabajo .....	2
6	Botellas de gases .....	3
7	Equipos de soldadura .....	3
8	Grúas y vehículos.....	3
9	Máquinas y herramientas eléctricas portátiles.....	3
10	Comunicación de accidentes e incidentes.....	3
11	Emergencia .....	4
12	Sanciones.....	4
13	Consideraciones finales.....	4
14	Pliego de condiciones técnicas generales .....	4



En este documento se definen las normas generales de seguridad para empresas contratadas. Toda empresa contratada por TKAS S.A. debe cumplir lo indicado en el manual y procedimientos del sistema integrado de TKAS S.A., en lo relativo a las contrataciones, así como las disposiciones contenidas en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en otras disposiciones legales en vigor que sean de aplicación, haciendo especial énfasis en los siguientes apartados:



## **1 Procedimientos de entrada, tránsito y estancia**

- 1.1 Para entrar en el recinto fabril es preceptivo pedir la autorización al Responsable de Control y Seguimiento de TKAS S.A.
- 1.2 No deberá permanecer en otros lugares distintos a aquellos en los que realice su trabajo, debiendo seguir los itinerarios que previamente les haya sido marcados.
- 1.3 Está prohibido manipular en interruptores o en cualquier otro equipo de las instalaciones salvo autorización previa.

## **2 Señalización**

- 2.1 Deberán instalarse todo tipo de señalizaciones necesarias (carteles, cintas, vallas, etc.)

## **3 Trabajo en alturas**

- 3.1 Los operarios que trabajen en alturas estarán provistos de material de prevención suficiente para eliminar el riesgo de caídas (cinturones de seguridad, escaleras, andamios, etc.). Se seguirá la ITS.07.02.
- 3.2 Los andamios, escaleras manuales u otros elementos auxiliares deberán reunir las suficientes condiciones de seguridad para evitar accidentes.

## **4 Iluminación**

- 4.1 Todas las zonas de trabajo estarán perfectamente iluminadas para evitar riesgos de caídas y malas maniobras.

## **5 Dependencias y lugares de trabajo**

- 5.1 Las dependencias o lugares de trabajo deberán estar siempre en buen estado de limpieza e higiene.
- 5.2 Ningún trabajo se considerará terminado hasta que el área quede limpia y libre de condiciones inseguras.



## **6 Botellas de gases**

- 6.1 En la zona de trabajo no podrán situarse más recipientes de gases comprimidos que los estrictamente necesarios para la ejecución del trabajo.
- 6.2 Todas las botellas de gases deberán estar sujetas, y alejadas de puntos calientes.
- 6.3 A la terminación de la jornada todas las botellas de gases deberán quedar perfectamente cerradas y depositadas en una zona fuera de las instalaciones de proceso y autorizada por TKAS S.A.

## **7 Equipos de soldadura**

- 7.1 Todo el equipo a utilizar debe estar en condiciones seguras de uso: protecciones del grupo, aislamiento de cables sin fisuras y empalmes correctos.
- 7.2 Durante la interrupción del trabajo (comidas u otras necesidades) y al finalizar la jornada los equipos de soldadura deberán ser desconectados, comprobando la inexistencia de restos incandescentes.
- 7.3 No se conectarán equipos de soldadura sin previa autorización de TKAS S.A.

## **8 Grúas y vehículos**

- 8.1 Deberán ser operadas por personal autorizado, cualificado y responsable de su actuación, y siempre con autorización de TKAS S.A.

## **9 Máquinas y herramientas eléctricas portátiles**

- 9.1 Las protecciones, enchufes, cables, fusibles, hilos de tierra, etc., deberán estar en buenas condiciones.

## **10 Comunicación de accidentes e incidentes**

- 10.1 Se deberá informar al Responsable de Control y Seguimiento de TKAS S.A. de todos los accidentes e incidentes que tenga el personal de la empresa contratista.



## **11 Emergencia**

11.1 En caso de producirse una situación de emergencia en las instalaciones de TKAS S.A. con aviso de alarma o sin él, todo el personal de la empresa subcontratista deberá parar los trabajos, dejándolos en condiciones de seguridad, desconectarán los equipos que están utilizando y abandonarán la zona dirigiéndose a un lugar segura, fuera del recinto afectado.

## **12 Sanciones**

12.1 Las personas que incumplan los procedimientos de seguridad, podrán ser expulsadas de TKAS S.A. temporal o definitivamente.

## **13 Consideraciones finales**

13.1 La empresa contratista deberá nombrar un responsable de su plantilla para vigilar y hacer cumplir los procedimientos de seguridad y salud laboral.

13.2 La empresa contratista está obligada a suministrar a su personal los equipos y prendas de seguridad reglamentarios necesarios, y exigidos en el contrato de servicios.

13.3 Estos procedimientos de seguridad deberán ser conocidas por todas las personas que trabajen en TKAS S.A. por lo que las empresas contratistas les deberán facilitar una copia.

## **14 Pliego de condiciones técnicas generales**

La instalación de la red de cableado propuesta tendrá que estar adaptada a la legislación vigente, así como seguir los criterios que, para este propósito, se generen desde organizaciones u organismos de normalización.

14.1 Reglamentos y disposiciones legales

- Código técnico de edificación
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión



Todos los materiales y procedimientos de diseño e instalación relacionados con la parte eléctrica de los proyectos deben cumplir el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias del Ministerio de Industria y Energía (MIE).

- Ley Orgánica de Protección de Datos de carácter personal

#### 14.2 Normas de cableado

CENELEC EN 50173, Norma Europea, por lo que su utilización en las compras de sistemas dentro de las administraciones de los estados miembros de la Unión Europea es obligatoria.

EIA/TIA 568 Commercial Building Telecommunications Wiring Standard por la Electronic Industries Association y la Telecommunications Industry Association, incluyendo el Technical Systems Bulletin 36 addendum (TSB-36) seguido por la EIA/TIA para las categorías de cableado 3, 4 y 5 y el EIA/TIA Telecommunications Systems Bulletin 40 (TSB40), estándar para el hardware de conexión UTP de categorías 3, 4 y 5.

ISO/IEC 11801 Generic cabling for customer premises por la International Organization for Standardization y la International Electrotechnical Commission realizado por el comité técnico Joint Technical Committee ISO/IEC JTC 1/SC 25.

UNE EN 50310 Aplicación de las redes equipotenciales y de las puestas a tierra en los edificios con equipos de tecnologías de la información.

UNE EN 50174-1 Tecnología de información. Instalación del cableado. Especificación aseguramiento de calidad.

UNE EN 50174-2 Tecnología de información. Instalación del cableado. Métodos de planificación de la instalación en el interior de los edificios.

UNE EN 50174-3 Tecnología de información. Instalación del cableado. Métodos de planificación de la instalación en el exterior de los edificios.

DIFERENCIAS ENTRE ISO 11801 y EIA/TIA 568

Estándar	Cables	Toma	Mezcla Definida**	Fibra Óptica	Conector Óptico	Clases de Aplicación
EIA/TIA 568 TSB 36/ TSB 40/ TSB 53	100Ω 150Ω	RJ45 Data	CAD+ RJ45	50/125 p 62,5/125p	ST y SC	
ISO/IEC IS 11801	100Ω 120Ω 150Ω	RJ45 Data	CAD+ RJ45	50/125 p 62,5/125p	STyt SC	A, B, C, D, óptica



### 14.3 Normativa sobre compatibilidad electromagnética

En 1989 se publicó la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 89/336/CEE que, con las modificaciones introducidas por las directivas 92/31/CEE y 91/263/CEE, establecen unas directrices sobre compatibilidad electromagnética, cuyo cumplimiento es obligado en la Unión Europea a partir del 1 de enero de 1996. En España, el Real Decreto 444/94 de 11 de marzo realiza su transposición, estableciendo la misma fecha para su entrada en vigor en nuestro país.

Deben tenerse en cuenta, cuando son aplicables, la siguiente normativa española y europea:

UNE-EN 50081 (1994) "Compatibilidad Electromagnética. Norma Genérica de Emisión".

UNE 20-726-91 (EN 55022 (1987)) "Límites y Métodos de Medida de las Características relativas a las perturbaciones radioeléctricas de los equipos de tecnologías de la información".

UNE-EN 50082-1 (1994) "Compatibilidad Electromagnética. Norma Genérica de Inmunidad".

EN 55024 Norma de producto sobre inmunidad ante perturbación electromagnética en equipos de tecnologías de la información. Para obtener la conformidad con los requisitos esenciales de la Directiva de CEM se deben cumplir las llamadas "normas producto", pero en su defecto, las "normas genéricas" son suficientes.

### 14.4 Normativa sobre protección contra incendios

Los siguientes estándares internacionales hacen referencia a la utilización de cables con cubierta retardante del fuego, y escasa emisión de humos no tóxicos y libres de halógenos:

- IEC 332 Sobre propagación de incendios.
- IEC 754 Sobre emisión de gases tóxicos.
- IEC 1034 Sobre emisión de humo.
- Todos los materiales plásticos utilizados como adaptadores para series de mecanismos, bloques de conexión sistema 110, etc. deberán cumplir con el estándar UL-94V0, que garantiza el tratamiento del material plástico contra el fuego.
- CENELEC HD624.7 Materiales usados en cables de comunicación
- BS 7878 parte 2
- BS 7655 sección 6.1



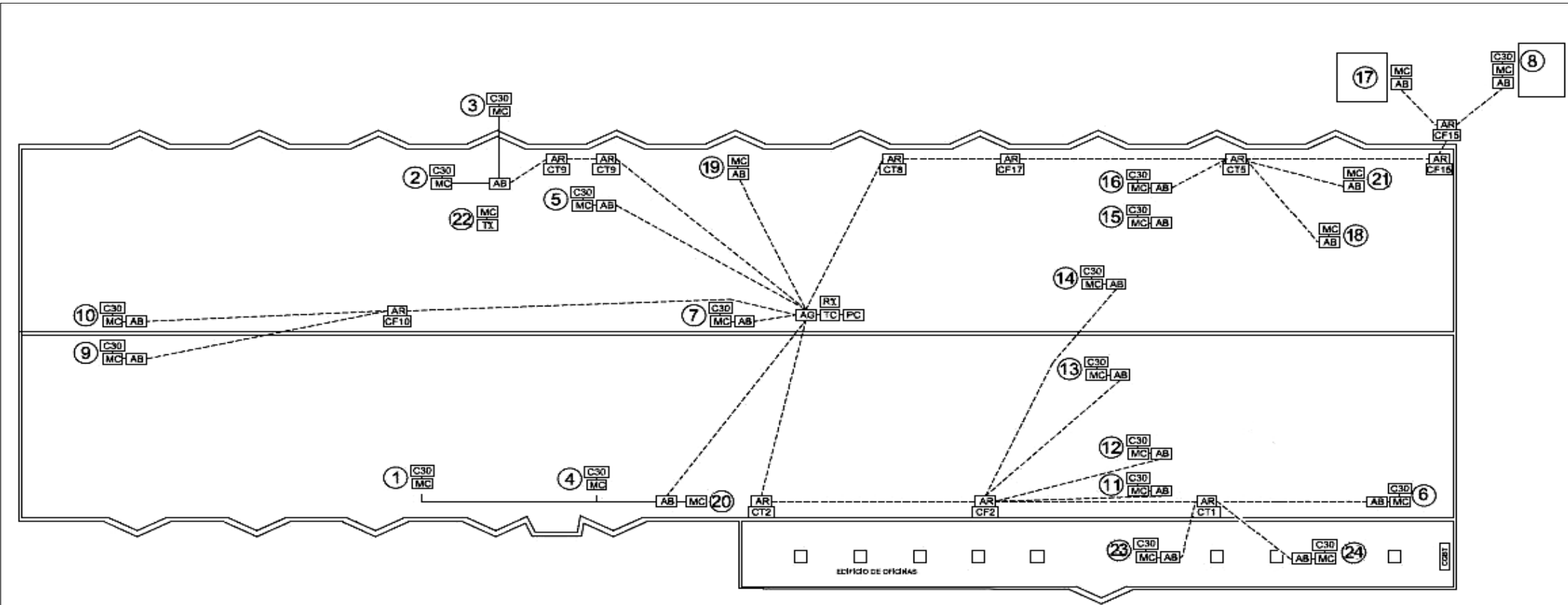
Universidad de Oviedo

# Planos


JULIO DE 2018

## ÍNDICE DE PLANOS

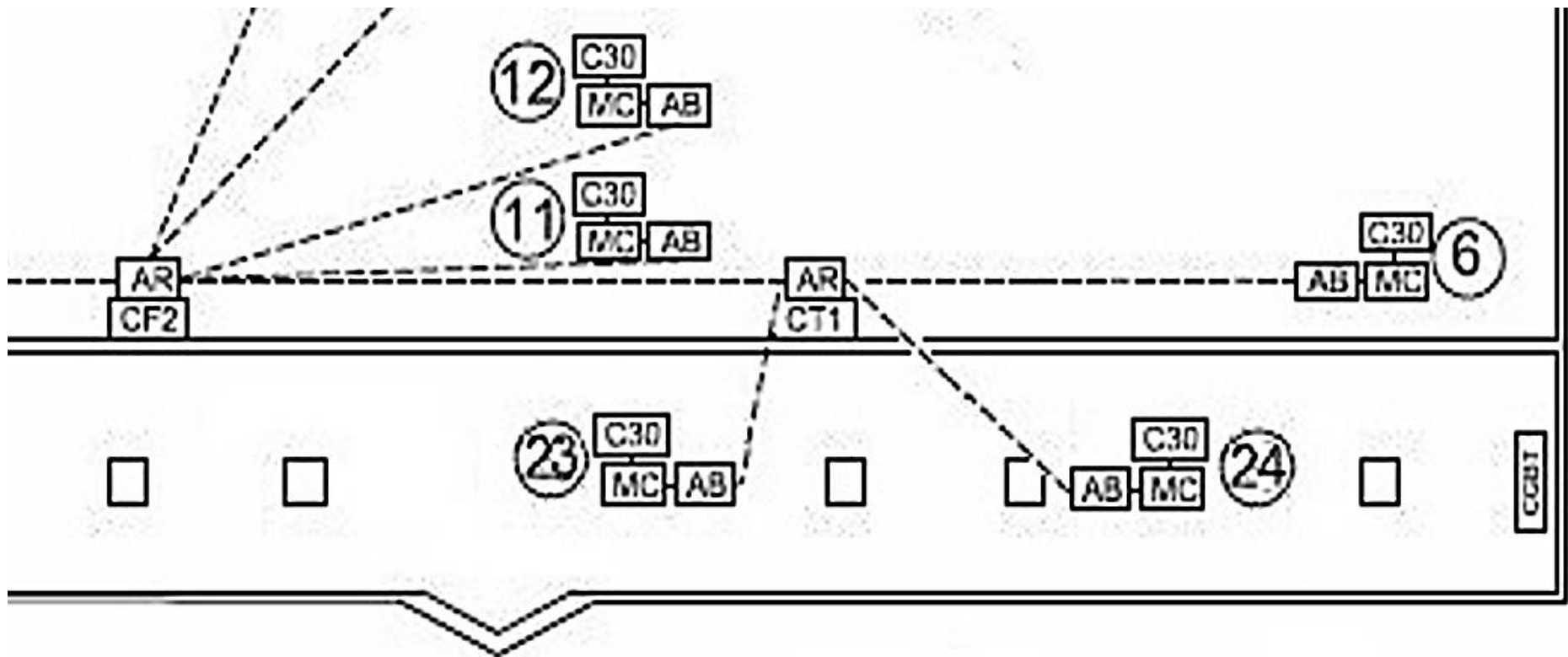
Plano 1.- Ubicación de los medidores en la fábrica.....	1
Plano 2.- Zoom de los medidores .....	2
Plano 3.- Conexión del AirREPEATER al CF2 .....	3
Plano 4.- Conexión del AirREPEATER al CT1 .....	4
Plano 5.- Conexión del AirREPEATER al CT2 .....	5
Plano 6.- Conexión del AirBRIDGE .....	6
Plano 7.- Conexión del dispositivo AirREPEATER .....	7
Plano 8.- Conexión del AirGATEWAY .....	8



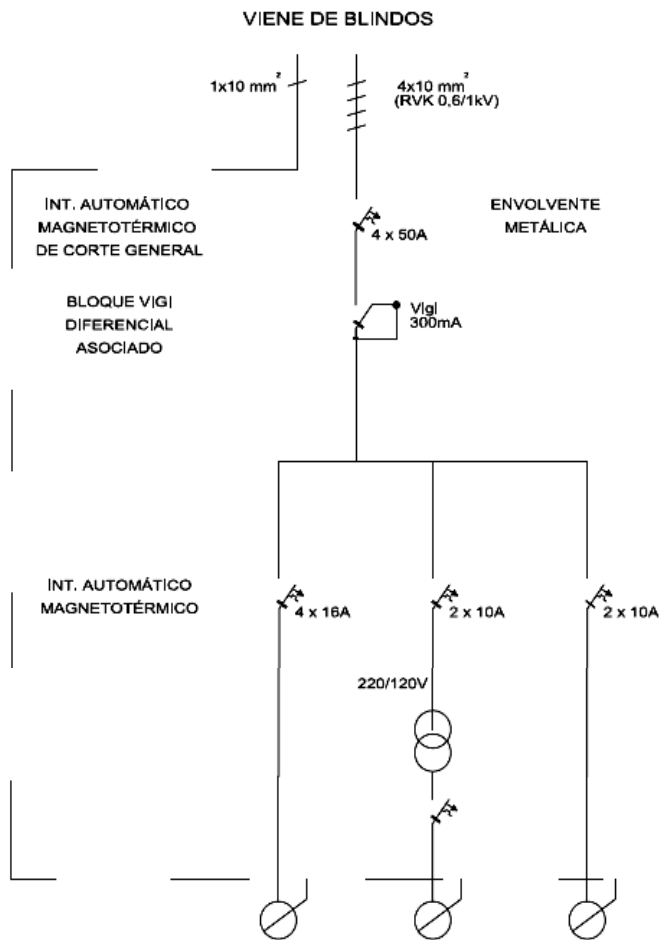
	Cabina Chorreo L1	9	Máquina Puntos L1	17	Gas Calderas	TC	TCP1RS+
2	Cabina Chorreo L2	10	Máquina Puntos L2	18	Gas Tubos Radiant	AB	AirBRIDGE
3	Compresor Chorreo	11	Columna Pruebas A	19	Gas Cab Pintura L2	AR	AirREPEATER
4	Cabina Pintura L1	12	Columna Pruebas B	20	Gas Cab Pintura L1	C30	Medidor CEM C-30
5	Cabina Pintura L2	13	Columna Pruebas C	21	Aire Tubería Gnral	MC	Módulo Comunicac
6	Zona Ajuste	14	Columna Pruebas D	22	Aire Chorreo	PC	PC Receptor
7	Calderería	15	Columna Pruebas E	23	Aire Acondicionado	---	Conex. Cableada
8	Compresor Nave	16	Columna Pruebas F	24	Oficinas	---	Conex. Vía Radio

	Nombre	Fecha	Descripción
Dibujado	Adrián A.R.	11/05/218	Plano de ubicación de los medidores dentro de la fábrica de thyssenkrupp airport solution S.A. Mieres, Asturias
Comprobado	Daniel P.A.	11/05/218	
Escala	Plano nº:		
<b>1:1923</b>	<b>1</b>		


Plano 1.- Ubicación de los medidores en la fábrica



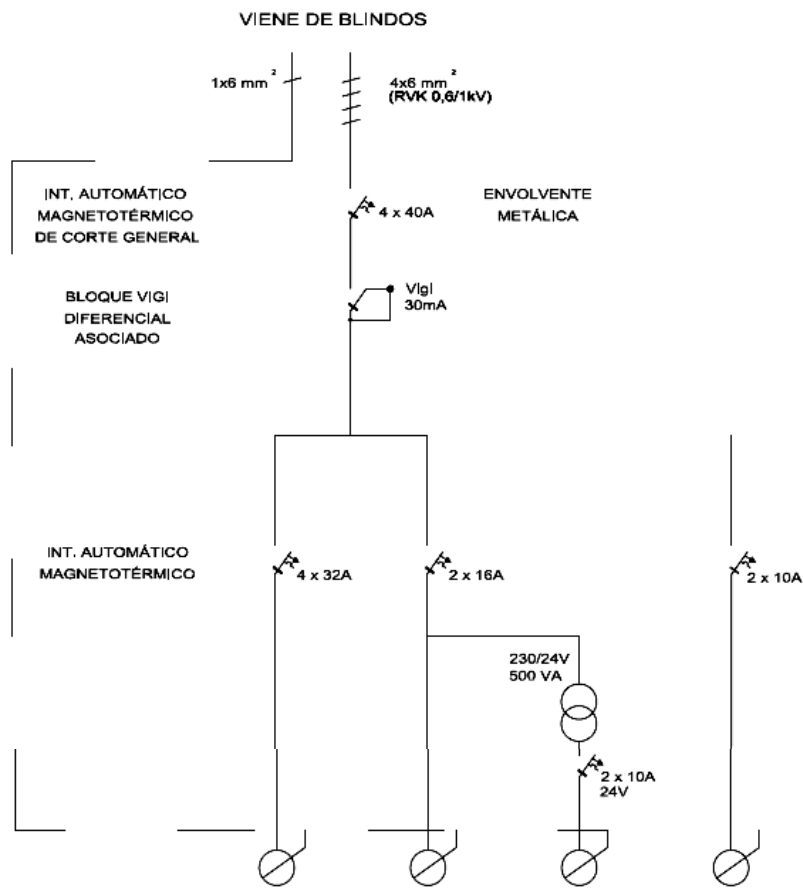
Plano 2.- Zoom de los medidores




CIRCUITO	1	2	3
CANALIZACIÓN	a	b	c
SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	2,5	1,5	1,5
RECEPTOR	TOMA TRIFÁSICA CETAC 16A	TOMA MONOFÁSICA SCHUKO 16A Y CARGADOR	AIR REPEATER

	Nombre	Fecha	Descripción
Dibujado	Adrián A.R.	11/05/218	Esquema unifilar del CF2
Comprobado	Daniel P.A.	11/05/218	
Escala	Plano n°: 3		

Plano 3.- Conexionado del AirREPEATER al CF2

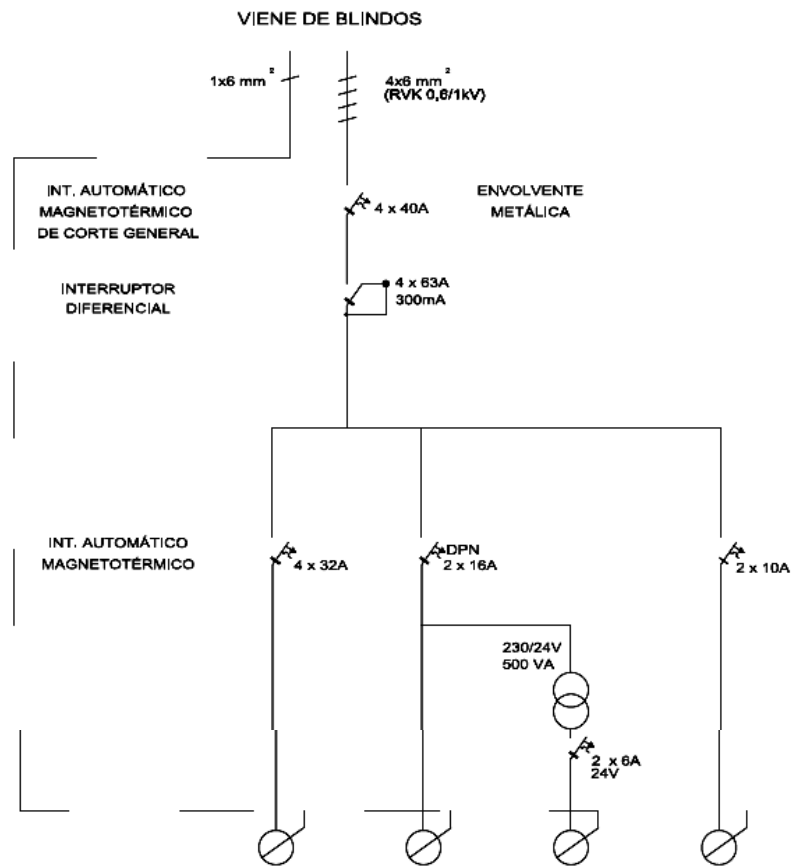


CIRCUITO	1	2	3	4
CANALIZACIÓN	a	b	c	d
SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	6	2,5	2,5	1,5
RECEPTOR	TOMA TRIFÁSICA CETAC 32A	TOMA MONOFÁSICA SCHUKO 16A	ALIMENTACIÓN TRANSFORMADOR 230/24V	AIR REPEATER


	Nombre	Fecha	Descripción
Dibujado	Adrián A.R.	11/05/218	Esquema unifilar del CT1
Comprobado	Daniel P.A.	11/05/218	
Escala	Plano n°: 4		

Plano 4.- Conexionado del AirREPEATER al CT1

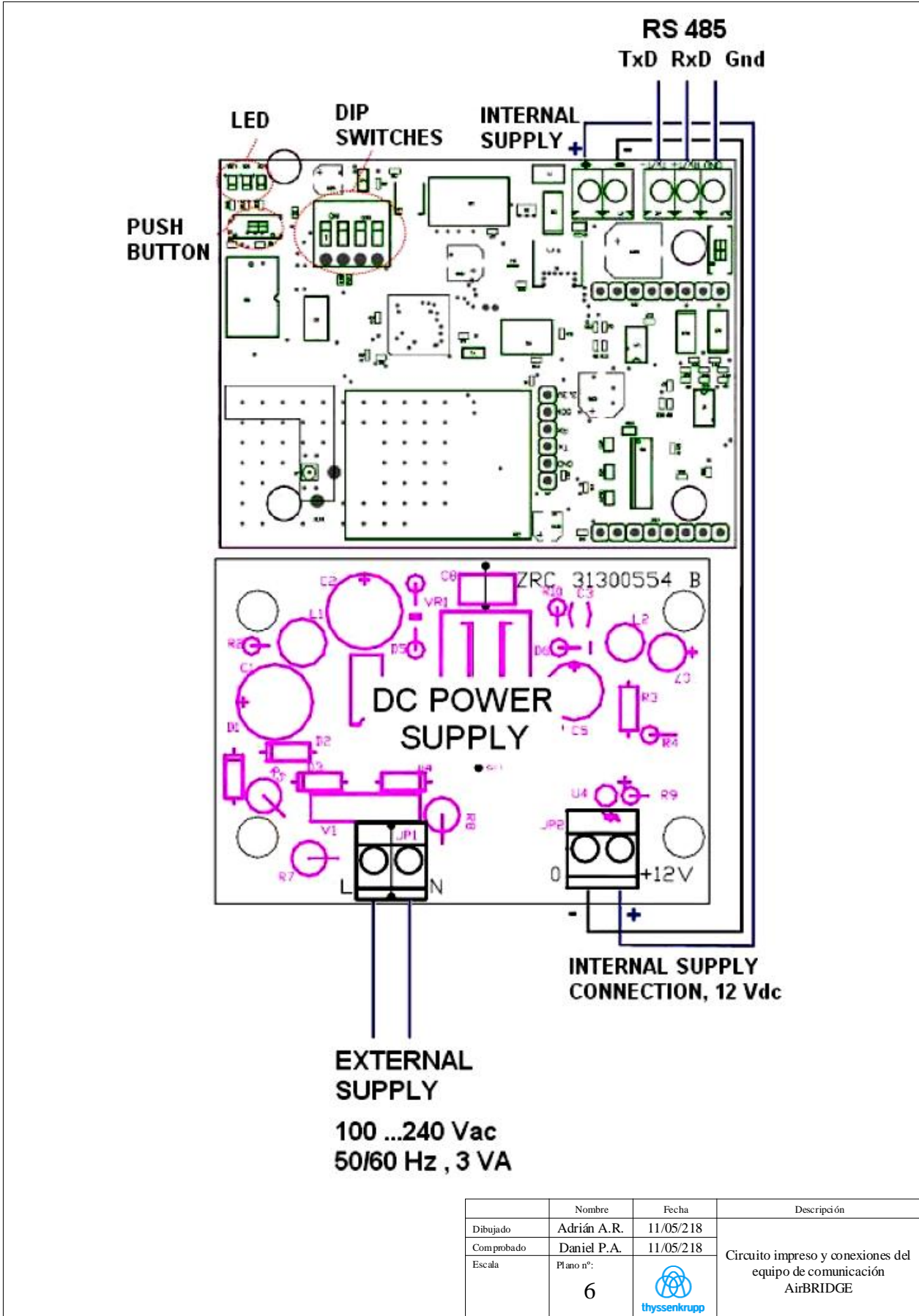





CIRCUITO	1	2	3	4
CANALIZACIÓN	a	b	c	d
SECCIÓN (mm <sup>2</sup> )	6	2,5	2,5	1,5
RECEPTOR	TOMA TRIFÁSICA CETAC 32A	TOMA MONOFÁSICA SCHUKO 16A	ALIMENTACIÓN TRANSFORMADOR 230/24V	AIR REPEATER

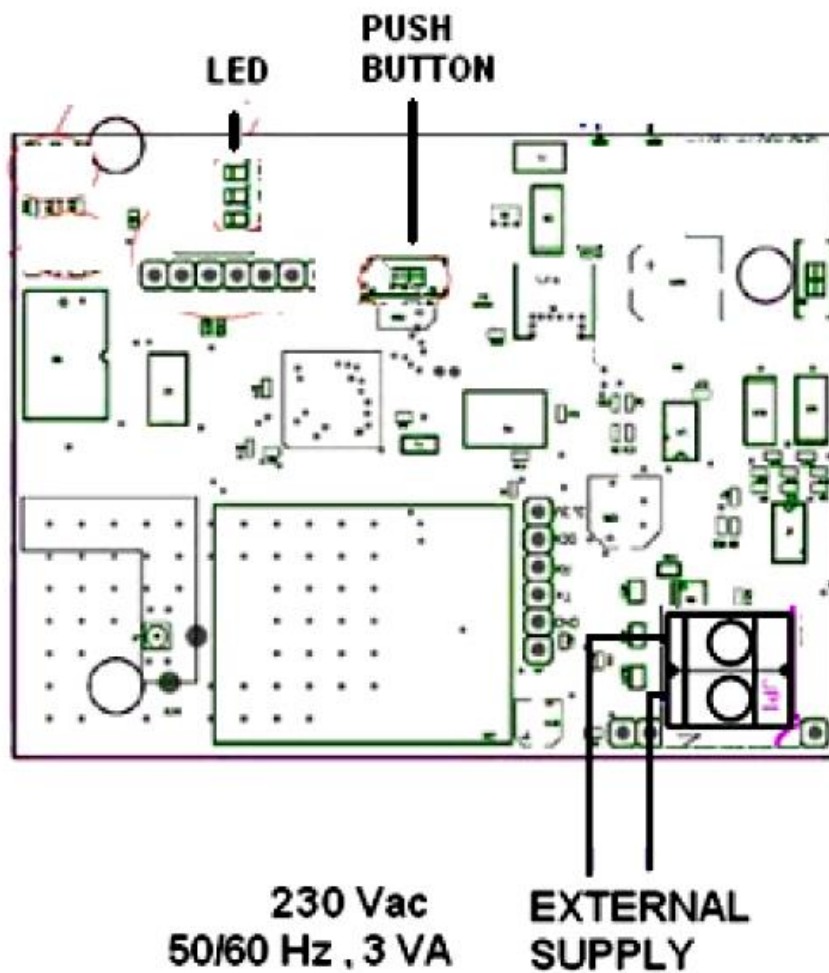
	Nombre	Fecha	Descripción
Dibujado	Adrián A.R.	11/05/218	Esquema unifilar del CT2
Comprobado	Daniel P.A.	11/05/218	
Escala	Plano n°: <b>5</b>		


Plano 5.- Conexión del AirREPEATER al CT2



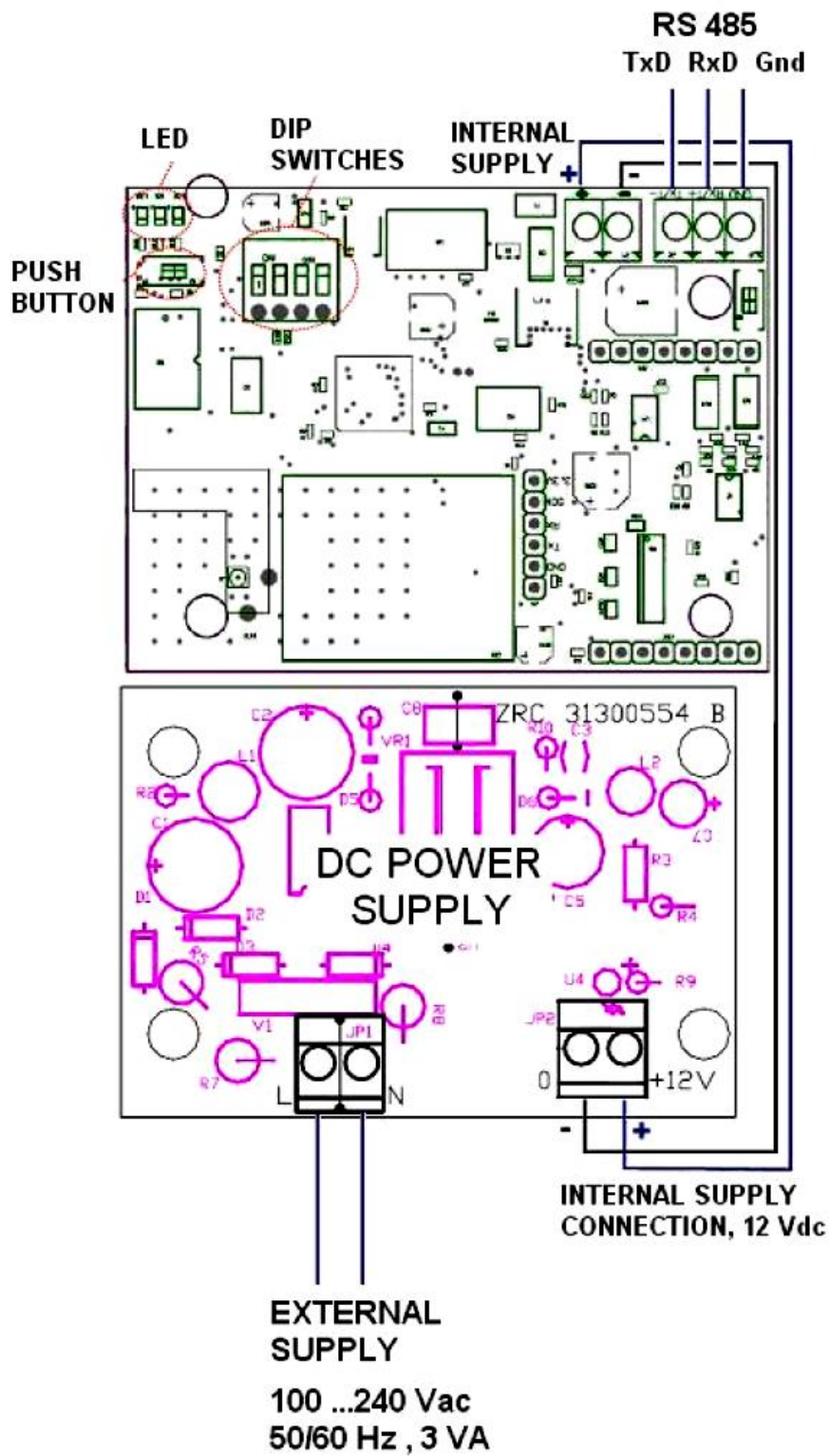
	Nombre	Fecha	Descripción
Dibujado	Adrián A.R.	11/05/218	Circuito impreso y conexiones del equipo de comunicación AirBRIDGE
Comprobado	Daniel P.A.	11/05/218	
Escala	Plano n°: 6		


Plano 6.- Conexionado del AirBRIDGE



	Nombre	Fecha	Descripción
Dibujado	Adrián A.R.	11/05/218	Circuito impreso y conexiones del equipo de comunicación AirREPEATER
Comprobado	Daniel P.A.	11/05/218	
Escala	Plano n°: <b>7</b>		

Plano 7.- Conexionado del dispositivo AirREPEATER



	Nombre	Fecha	Descripción
Dibujado	Adrián A.R.	11/05/218	Circuito impreso y conexiones del equipo de comunicación AirGATEWAY
Comprobado	Daniel P.A.	11/05/218	
Escala	Plano n°: 8		

Plano 8.- Conexión del AirGATEWAY



Universidad de Oviedo

# Planificación

JULIO DE 2018

## **ÍNDICE DE LA PLANIFICACIÓN**

1	Planificación del desarrollo del trabajo .....	1
1.1	Diagrama de Gantt del proyecto .....	2
2	Planificación de la redacción de la documentación .....	3
2.1	Diagrama de Gantt de la parte documental.....	4

En este documento se representa la planificación desglosada de la puesta en marcha del trabajo bajo estudio.

## 1 Planificación del desarrollo del trabajo

El desarrollo del trabajo se divide en varias tareas y éstas en varias subtareas con el objetivo de desglosar cada apartado del trabajo. En la Fig 1-1 se representa dicha lista de tareas y subtareas con la distribución temporal del desarrollo del trabajo.

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	▸ Desarrollo del trabajo	51,5 días	lun 12/02/18	mar 24/04/18
2	Introducción	4 días	lun 12/02/18	jue 15/02/18
3	▸ Estado del arte	2,5 días	jue 15/02/18	mar 20/02/18
4	Normativa europea vigente	1,5 días	lun 19/02/18	mar 20/02/18
5	Normativa nacional vigente	2 días	jue 15/02/18	lun 19/02/18
6	▸ Análisis de la arquitectura del sistema de gestión	13 días	mar 20/02/18	jue 08/03/18
7	Revisión de los medidores de fábrica	3 días	mar 20/02/18	jue 22/02/18
8	Recopilación de información de los equipos y tecnología	10 días	vie 23/02/18	jue 08/03/18
9	▸ Revisión energética	13 días	vie 09/03/18	mié 28/03/18
10	Recopilación de datos	2 días	vie 09/03/18	mar 13/03/18
11	Estudio de MAEs	4 días	mar 13/03/18	lun 19/03/18
12	Plantear mejoras y generar informe	7 días	lun 19/03/18	mié 28/03/18
13	▸ Integración de nodos en la red de monitorización	13 días	mié 28/03/18	lun 16/04/18
14	Ubicación de los nodos	2 días	mié 28/03/18	jue 29/03/18
15	Configuración y direccionamiento	4 días	vie 30/03/18	jue 05/04/18
16	▸ Integración en la plataforma	7 días	jue 05/04/18	lun 16/04/18
17	Dar de alta	3 días	jue 05/04/18	mar 10/04/18
18	Añadir a pantalla de visualización	4 días	mar 10/04/18	lun 16/04/18
19	Pruebas del correcto funcionamiento y arreglo de fallos	5 días	lun 16/04/18	lun 23/04/18

Fig 1-1.- Tareas y subtareas para la realización del proyecto

La realización del trabajo de campo abarca un total de 51,5 días que multiplicados por el número de horas dedicadas al día (8 horas al día, 40 horas semanales) ocupan un total de 412 horas dedicadas al desarrollo del proyecto.

### 1.1 Diagrama de Gantt del proyecto

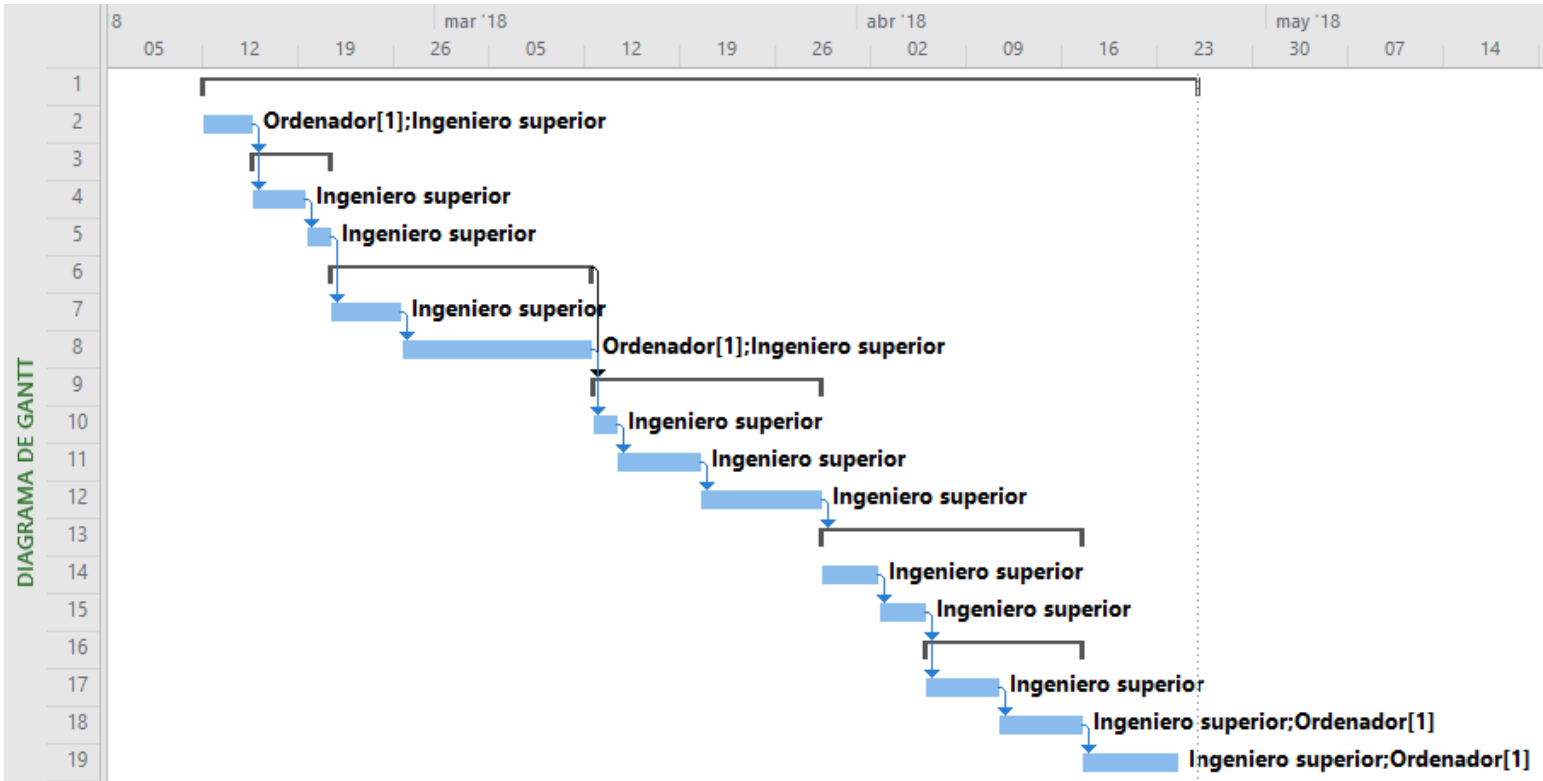


Fig 1-2.- Diagrama de Gantt del proyecto

En la Fig 1-2 se representa el diagrama de Gantt donde se visualiza el desarrollo por tareas y subtareas repartidas a lo largo del tiempo de duración del proyecto. Además, se representa el recurso utilizado para cada tarea.



## 2 Planificación de la redacción de la documentación

Al igual que para el desarrollo del proyecto, se define una ruta de trabajo para la redacción de toda la documentación pertinente. En la Fig 2-1 se muestra la lista de tareas y subtareas.

	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	▀ <b>Memoria</b>	<b>51,13 días</b>	<b>lun 07/05/18</b>	<b>lun 16/07/18</b>
2	Introducción	4 días	lun 07/05/18	jue 10/05/18
3	▀ <b>Estado del arte</b>	<b>3 días</b>	<b>jue 10/05/18</b>	<b>mar 15/05/18</b>
4	Normativa europea vigent	3 días	jue 10/05/18	mar 15/05/18
5	Normativa nacional vigent	2 días	jue 10/05/18	lun 14/05/18
6	▀ <b>Análisis de la arquitectura de</b>	<b>7 días</b>	<b>lun 14/05/18</b>	<b>mié 23/05/18</b>
7	Revisión de los medidores	3 días	lun 14/05/18	jue 17/05/18
8	Recopilación de informaci	4 días	jue 17/05/18	mié 23/05/18
9	▀ <b>Revisión energética</b>	<b>7 días</b>	<b>mié 23/05/18</b>	<b>vie 01/06/18</b>
10	Recopilación de datos	5 días	mié 23/05/18	mié 30/05/18
11	Estudio de MAEs	7 días	mié 23/05/18	vie 01/06/18
12	▀ <b>Integración de los nodos en la red actual</b>	<b>7 días</b>	<b>lun 04/06/18</b>	<b>mar 12/06/18</b>
13	Ubicación de nodos y confi	3 días	lun 04/06/18	mié 06/06/18
14	Integración en el sistema c	4 días	mié 06/06/18	mar 12/06/18
15	Conclusiones y trabajo futurc	4 días	mar 12/06/18	lun 18/06/18
16	Planos	7 días	lun 18/06/18	mié 27/06/18
17	Pliegos	5 días	mié 27/06/18	mié 04/07/18
18	Presupuesto	3 días	mié 04/07/18	lun 09/07/18
19	Anexo	2 días	lun 09/07/18	mié 11/07/18
20	Bibliografía	3 días	mié 11/07/18	lun 16/07/18
21	Entrega del proyecto	0 días	lun 16/07/18	lun 16/07/18

Fig 2-1.- Tareas y subtareas para la redacción de la documentación

La realización de la documentación del proyecto abarca un total de 51,13 días que multiplicados por el número de horas medias dedicadas al día (5 horas al día, 25 horas semanales) ocupan un total de 256 horas dedicadas a la documentación del proyecto.

A continuación, se muestra el diagrama de Gantt relativo a la parte de la documentación.

## 2.1 Diagrama de Gantt de la parte documental

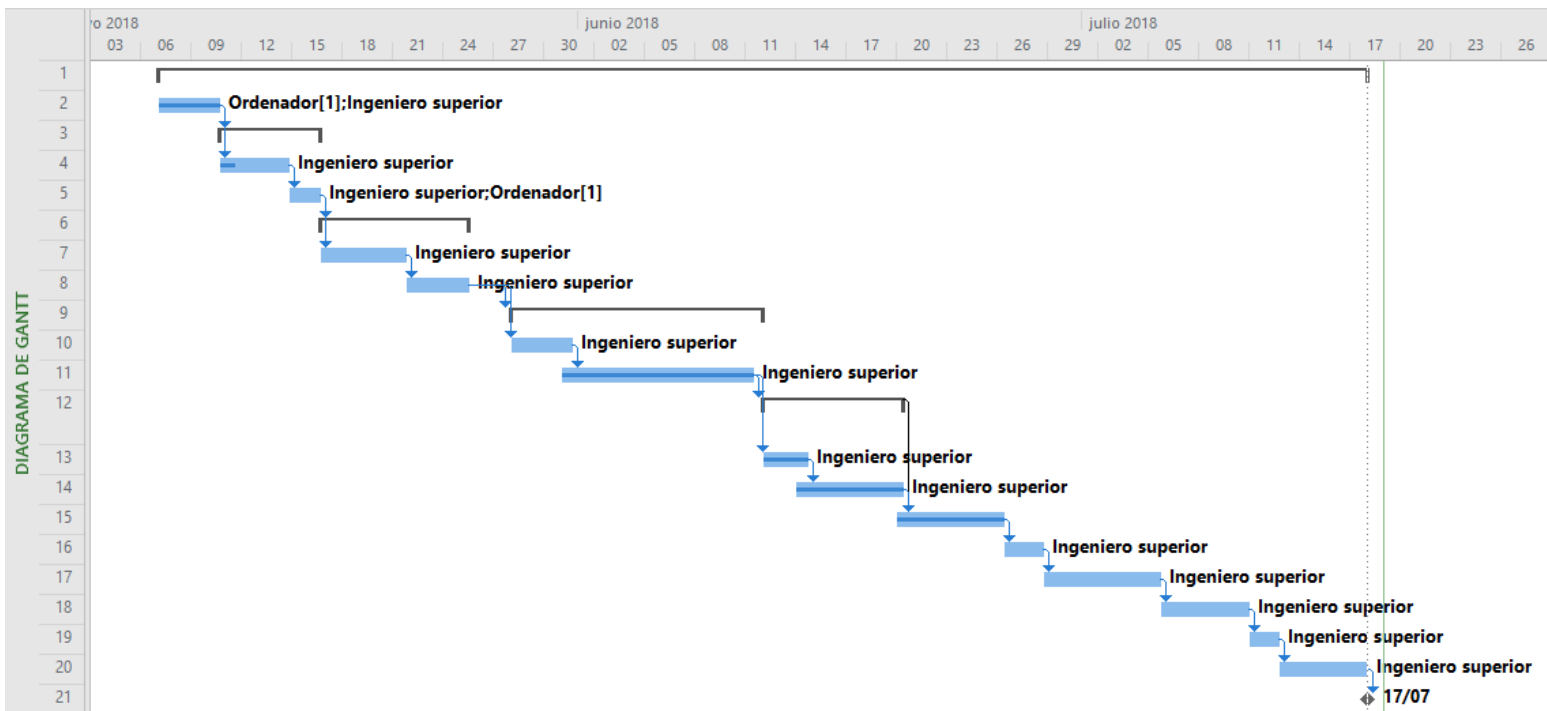


Fig 2-2.- Diagrama de Gantt de la parte de documentación

En total, se emplearon en torno a 103 días (668 horas) para la realización de este trabajo que traducido a meses abarcan 2 meses y 3 semanas de trabajo.



Universidad de Oviedo

# Presupuesto

JULIO DE 2018

**ÍNDICE DE PRESUPUESTOS**

- 1 Desglose presupuesto ..... 1
  - 1.1 Presupuesto del material necesario ..... 1
  - 1.2 Presupuesto de estudio y análisis ..... 1
  - 1.3 Presupuesto de puesta en marcha ..... 2
- 2 Presupuesto total ..... 2



## 1 Desglose presupuesto

### 1.1 Presupuesto del material necesario

Nº equipo	Equipo	Unidades	Coste/ud (€)	Coste (€)
1	Circutor AirBRIDGE	2	397,10	794,20
2	Circutor AirREPEATER	1	290,21	290,21
3	Medidor CEM C-30	2	141,39	282,78
4	Modulo comunicaciones CEM-M-RS-485 Modbus	2	67,66	135,32
5	Licencia GIGA Seinon	1	1.224,00	1.224,00
			<b>TOTAL</b>	<b>2.726,45</b>

### 1.2 Presupuesto de estudio y análisis

Nº equipo	Trabajo realizado	Unidades (horas)	Coste/hora (€)	Coste (€)
1	Adquisición y toma de datos	10	20,00	200,00
2	Tratamiento de los datos	28	20,00	560,00
3	Estudio mejoras y generar informe	50	20,00	1.000,00
			<b>TOTAL</b>	<b>1.760,00</b>

### 1.3 Presupuesto de puesta en marcha

Nº equipo	Equipo	Unidades	Coste/ud (€)	Coste (€)
1	Ubicar nodos en las oficinas	12	15,00	180,00
2	Configurar nodos de medida	30	15,00	450,00
3	Configurar registro de medidas en la plataforma	52	20,00	1.040,00
4	Verificación de funcionamiento	37	20,00	740,00
			<b>TOTAL</b>	<b>2.410,00</b>

## 2 Presupuesto total

Nº equipo	Equipo	Coste (€)
1	Presupuesto de equipos	2.726,45
2	Presupuesto de estudio y análisis	1.760,00
3	Presupuesto de puesta en marcha	2.410,00
4	Total presupuestos	6.896,45
5	Gastos generales (15%)	1.034,47
6	Beneficio (6%)	413,79
7	Total	8.344,71
8	IVA (21%)	1.752,40
	<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN</b>	<b>10.097,10</b>

Asciende el presupuesto de ejecución a la cantidad de **DIEZ MIL NOVENTA Y SIETE CON DIEZ EUROS**