



**ETSIIT**  
Escuela Técnica Superior  
de Ingenierías Informática  
y de Telecomunicación



## Trabajo Fin de Grado Ingeniería en Informática

# Sistemas de monitorización online de cadenas de fabricación distribuidas

## Parte I

### **Autora:**

Irene Béjar Maldonado

### **Directora:**

Rosana Montes Soldado

### **Colaborador:**

José Salvador Moral Soriano





# Agradecimientos

*Después de mucho trabajo y esfuerzo este proyecto llega a su fin. Ha sido un largo tiempo de dedicación y nervios, pero también una gran oportunidad para aprender y crecer como informática. Detrás de todo este trabajo no solo estoy yo, si no también muchas otras personas que han aportado su granito de arena.*

*Primero, quiero dar la gracias a mi directora de TFG, **Rosana Montes**, por aceptar la propuesta que le hicimos y ofrecernos esta oportunidad, y a **Salvador Moral** por aceptar trabajar con nosotros. Gracias por la paciencia que habéis tenido y por ayudarnos durante todo el camino, os debemos que esto haya salido adelante y una invitación. También quiero agradecer a **Carlos Bragado**, por su amabilidad, disponibilidad y toda la ayuda que nos ha dado con SAP y con las bases de datos, y a la plantilla de **EbroFoods** por acogernos con los brazos abiertos y resolvernos todos los problemas y dudas que fueron surgiendo.*

*En segundo lugar, quiero agradecer a mi familia por apoyarme en todo momento y creer siempre en mí. Sobre todo a mi madre, **Luisa**, a mi tía, **Carmen** y a mi prima **Paula**. Gracias por la paciencia que habéis tenido, por cariño que me habéis dado y apoyarme en todo momento. También a los padres de mi pareja, **Antonio** y **Milagros**, por abrirme las puertas de su casa y tratarme como a una hija y a su prima **Reina** por ofrecerse a ayudarnos en cualquier momento.*

*También quiero mencionar a mis amigos y a mis compañeros de la facultad, por acompañarme durante todos estos años. Sin vosotros mi paso por la universidad no hubiese sido lo mismo.*

*Por último, quiero darle las gracias a **Antonio**, mi pareja y compañero en este trabajo, por todo el esfuerzo que ha puesto y todo el cariño y comprensión que me ha dado. Y finalmente quiero nombrar a mi hermana, **Natalia**, a la que quiero y dedico este TFG.*

*Praise the sun \[T]/*

*Irene Béjar Maldonado.*

*Granada, 5 de Septiembre de 2019.*



# SISTEMAS DE MONITORIZACIÓN ONLINE DE CADENAS DE FABRICACIÓN DISTRIBUIDAS

## PARTE I

Irene Béjar Maldonado (alumna)

**Palabras clave:** PLC, Controlador Lógico Programable, OPC, OPC-UA, Ignition, KepWare, KepServer. HMI, Interfaz Hombre-Máquina, sistema SCADA.

## RESUMEN

---

El enfoque de este trabajo se hace desde la convergencia entre las tecnologías de la información y las tecnologías operativas. El trabajo consta de unos objetivos que serán de utilidad para la empresa con la que hemos trabajado, EbroFoods. Entre estos objetivos destacan la realización de una guía para ayudar a otros ingenieros a introducirse en el mundo industrial, la replicación del entorno de trabajo de la empresa y una comparativa sobre las distintas herramientas que están barajando para la implantación en la empresa.

Para comenzar se realizará un estudio de las cadenas de producción y de la extracción de datos que se realizan en las mismas. En el estudio se analizarán cuáles son los diferentes elementos que nos encontramos durante este proceso y el papel que desempeñan. Además, se verá cómo se utilizan y se conectan entre sí todos ellos.

A continuación, cumpliendo con uno de los objetivos principales, se procederá a la replicación del entorno de trabajo de la empresa. Para ello se estudiarán las herramientas que hoy en día se usan en EbroFoods. También se hará una comparativa con motivo de analizar nuevas herramientas para su implantación en la empresa. Para terminar esta parte se realizará una planificación usando la metodología SCRUM para organizar el desarrollo del proyecto.

El desarrollo del proyecto se basa en la creación de un sistema que permita recabar datos de las plantas de procesado y controlar las máquinas que forman cada una de las líneas. Para ello se seleccionará una de las herramientas que se estudió con anterioridad y se probará en el entorno de trabajo creado con el objetivo de comprobar su rendimiento.

Por último, se harán unas conclusiones sobre los resultados del proyecto y la importancia que tienen, para dar pie a la segunda parte del trabajo.

# ONLINE MONITORING SYSTEMS OF DISTRIBUTED MANUFACTURING CHAINS

## PART I

Irene Béjar Maldonado (student)

**Key words:** PLC, Programmable Logic Controller, OPC server, OPC-UA, Ignition, KepWare, KepServer, HMI, Human Machine Interface, SCADA system.

### ABSTRACT

---

The aim of this work is done from the convergence between information technologies and operational technologies. The project has some objectives that it is needed to achieve for the company with we have worked, EbroFoods. These objectives include the realization of a guide to help other engineers to introduce themselves in industrial world, the replication of the company's work environment and a comparison of the different tools that are being considered for use it in the company.

First to all, a study will be done about the production process and the data extraction that are carried out in them. The study will analyze the different elements that we found during this process and the role they play. In addition, it will be seen how they are used and how all of them are interconnected.

Then, fulfilling one of the main objectives, we will proceed to the replication of the company's work environment. To achieve this, the tools EbroFoods uses nowadays will be studied. Also, a comparison will be made in order to analyze new tools for its use in the company. Finally, we will have a planning using the SCRUM methodology to organize the development of the project.

The development of the project is based on the creation of a system that allows collecting data from the processing plants and to control the machines that exists in each of the lines. In order to do this, one of the tools previously studied will be selected and tested in the work environment with the aim of checking its performance.

Finally, conclusions will be made about the results of the project and the importance they have, to chain with the second part of the work.



# Índice

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS GENERALES</b>	<b>13</b>
1. Convergencia IT/OT	15
2. Requisitos y objetivos específicos del TFG	16
3. El origen de los datos en cadenas de fabricación distribuidas	18
3.1. Qué es un PLC y un TAG	19
3.2. Qué es un OPC	20
3.3. Qué es un sistema HMI/SCADA	21
4. Cómo programar un PLC	22
4.1. Desarrollo	22
4.1.1. Tutorial de instalación de LOGO Soft Comfort	22
4.1.2. Cableado del PLC	23
4.2. Programación y resultados	24
5. El entorno software de empresas con cadenas de fabricación	28
5.1. Caso piloto de Ebrofoods	28
5.2. Planificación y presupuesto	30
5.3. Comparativa entre distintas licencias	33
5.4. Creación del Entorno de Trabajo	36
5.4.1. Tutorial de instalación de MSSQL	36
5.4.2. Tutorial Instalación de Kepserver	37
5.4.3. Tutorial Instalación Ignition	41
6. Simulación de la monitorización de una fábrica	44
6.1. Sistema HMI/SCADA	44
6.2. Alarmas	48
6.3. Historian	50
6.4. Resultados y validación	54
7. Conclusiones	56
<b>TRABAJOS FUTUROS</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>58</b>
Anexo 1. Reuniones con la empresa Objetivo Común	58
Anexo 2. Reuniones con la empresa Objetivo Específico	63
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>68</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>70</b>



# Índice de figuras

FIGURA 1: ESQUEMA GENERAL DE TRATAMIENTO DE DATOS DE UNA EMPRESA	18
FIGURA 2: ESQUEMA DE INSTALACIÓN PLC LOGO 8	23
FIGURA 3: FUNCIÓN DE CONTROL DE UNA LÁMPARA PARA PLC	25
FIGURA 4: BLOG DE TUTORIALES DE INSTALACIÓN	26
FIGURA 5: ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE DATOS DE UNA PLANTA DE EBROFOODS	29
FIGURA 6: GRÁFICA DE TRABAJO REALIZADO	30
FIGURA 7: GRÁFICA DE HORAS POR TAREA	31
FIGURA 8: SELECCIÓN DE MÓDULOS DE MSSQL	37
FIGURA 9: SELECCIÓN DE LA INSTALACIÓN COMPLETA	38
FIGURA 10: POLÍTICAS DE SEGURIDAD POR DEFECTO	39
FIGURA 11: VALOR DEL TSAP	40
FIGURA 12: SELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE IGNITION	42
FIGURA 13: VISTA DEL TAG BROWSER PARA LOS TAGS Y LOS TAGS DEL OPC	44
FIGURA 14: VISTA DEL DATA BASE QUERY BROWSER	46
FIGURA 15: ASPECTO DE LOS TAGS MONITORIZADOS EN ESTADO APAGADO	46
FIGURA 16: ASPECTO DE LOS TAGS MONITORIZADOS EN ESTADO ENCENDIDO	47
FIGURA 17: VISTA DE EDICIÓN DE LAS ALARMAS DE UN TAG EN IGNITION	48
FIGURA 18: VISTA DE CONFIGURACIÓN DE UNA ALARMA EN IGNITION	49
FIGURA 19: VISTA DE LISTADO DE ALARMAS EN IGNITION	50
FIGURA 20: VISTA DE CONFIGURACIÓN DEL HISTORIAL DE UN TAG EN HISTORIAN	51
FIGURA 21: GRÁFICA DEL VALOR DE UN TAG EN HISTORIAN CON EASY CHART	52
FIGURA 22: VISTA DE LAS PROPIEDADES DE LA TABLA CON EL ESTADO DE NUESTRA LÁMPARA	53
FIGURA 23: DETALLE DEL CONTENIDO DE LA TABLA ASOCIADA A LA LÁMPARA	53
FIGURA 24: VISTA PARA LA GESTIÓN DE USUARIOS	54
FIGURA 25: VENTANA DE PANEL DE CONTROL	55

# Índice de tablas

TABLA 1: TAREAS, ESTIMACIONES Y HORAS REALES	32
--	----



# Introducción

Por Antonio Morales e Irene Béjar

EbroFoods S.A. es una empresa multinacional que ocupa el primer puesto en la industria alimentaria española. Su principal manufacturación es el arroz, la pasta y la biotecnología. Siendo esta la líder mundial en fabricación de arroz y ocupando la segunda plaza en la producción de pasta.

Tiene sedes en más de 20 países de Europa, Estados Unidos, Asia y el Norte de África. Lo cual la hace convertirse en la primera empresa española, con actuación multinacional en el sector de la alimentación.

El proyecto se basa en la realización de una solución industrial para el análisis y evaluación de los niveles de rendimiento de cadenas de fabricación distribuidas para esta multinacional.

Esta solución se aplicará inicialmente en dos de sus fábricas, una en Países Bajos y otra en Bélgica, las cuales están siendo actualizadas tecnológicamente, por lo que la aplicación deberá priorizar el aspecto de escalabilidad.

La magnitud del proyecto ha llevado a la necesidad de un esfuerzo grupal entre especialistas en diferentes materias de esta empresa y los autores de este trabajo de fin de grado. Así en el proceso convergen tanto la ingeniería industrial, donde se lleva a cabo toda la extracción de los datos y donde intervienen todas las máquinas, y la ingeniería informática, que se encarga de la automatización de estos procesos y el posterior tratamiento de estos datos. Estas dos áreas, antaño separadas, cada vez están más relacionadas gracias a la aparición de la Industria 4.0

**El proyecto consta así de dos Partes diferenciadas**, pero con el objetivo global de analizar y facilitar el tratamiento que los datos reciben desde nivel de producción hasta el nivel empresarial más alto. Siendo así la primera Parte la encargada del trabajo con los datos desde su obtención a nivel de planta hasta su uso por los técnicos encargados de su análisis. Y la segunda Parte realizará la solución que recoge estos datos y los convertirá en algo más accesibles y comprensible por los altos directivos de la multinacional con el uso de una herramienta software. En ambas Partes se analizará y utilizará software que la empresa está estudiando implantar en sus fábricas como alternativa a las herramientas actuales con el fin de mejorar la eficiencia y reducir costes innecesarios.

Así pues, la presente memoria se divide en diversos Capítulos adscritos a los dos bloques de trabajo principales en los que se ha dividido este proyecto. En el siguiente Capítulo, los objetivos generales para la consecución con éxito de este proyecto aplicado a la empresa Ebrofoods son enumerados.

A continuación, en la **Parte I**, el Capítulo 1 hace una introducción a la convergencia entre las tecnologías de la información y las tecnologías operativas tras esto el Capítulo 2 pondrá sobre la mesa los objetivos que se buscaron cumplir con el desarrollo de este proyecto. Seguidamente en el Capítulo 3 se hablará de donde salen los datos en las cadenas de producción y se estudiará los elementos que participan en este proceso, es decir, PLCs, OPCs, y los sistemas HMI/SCADA. El Capítulo 4 se centra en dar unas pinceladas sobre la metodología de programación que siguen los PLC. Ya en el Capítulo 5 se hablará sobre el entorno de desarrollo software de las empresas con cadenas de fabricación. Este Capítulo es

el central y se estudiará el caso piloto de EbroFoods y se comparan diferentes softwares OPCs. También se hará una planificación que nos sirva de base para el desarrollo del sistema y finalmente se replicará el entorno de trabajo de EbroFoods. Tras este Capítulo nos encontramos con el Capítulo 6 que mostrará el desarrollo de un sistema HMI/SCADA y enseñará las características del OPC que se ha elegido. Finalmente, en el Capítulo 7 se realizará una conclusión referente a la primera Parte del TFG.

La **Parte II** es continuación directa del proyecto llevado a cabo en la Parte I y usa los resultados de esta primera. El primer Capítulo de esta segunda Parte introduce los conceptos de ERP y explotación de datos en una empresa. El Capítulo 2 se hará un sumario de todos los objetivos que busca cumplir el segundo TFG. Tras esto, el Capítulo 3 tiene como tema central el entorno software de una empresa distribuida dentro de este Capítulo se estudiarán los elementos que existen en la empresa de EbroFoods con el objetivo de esta metodología de trabajo. Estos elementos son SAP, SAP-PCo, SAP MII, BusinessObject-Lumira, software de virtualización y Oracle y qué situación ocupa en esta compleja metodología de trabajo en la empresa. El Capítulo 4 explica cómo evaluar el rendimiento de una cadena de fabricación. Seguidamente el Capítulo 5 introduce el trabajo que fue encargado por la empresa, el cual es un sistema de reportes. Dentro de este Capítulo se hará un esquema de la situación interna del software de la empresa. Se hará una comparativa con el objetivo de explicar por qué la elección de este software respecto de otros. Y finalmente se realizará una planificación del proyecto y se replicará el entorno software de la empresa. Tras esto, en el Capítulo 6 se documenta todo el proceso del desarrollo de los reportes en Lumira, partiendo desde el diseño hasta los resultados y validación pasando por su pertinente implementación. Por último, en el Capítulo 7 se procederá a hacer una reflexión del proyecto y de sus resultados.

Debido a la naturaleza del trabajo fue pertinente el continuo contacto con la empresa mediante reuniones. Estas reuniones sirvieron de guía del proyecto y aportaron la formación necesaria para la realización del mismo.

Las reuniones se han dividido en 3 anexos, una correspondiente a las reuniones enlazadas a la primera parte del proyecto, otra para las enlazadas a la segunda parte y reuniones comunes a ambas partes.

# Objetivos generales

Por Antonio Morales e Irene Béjar

Teniendo en mente el objetivo de realizar **una solución industrial para el análisis y evaluación de los niveles de rendimiento de cadenas de fabricación distribuidas** se ha conceptualizado un conjunto de objetivos generales los cuales han guiado el desarrollo del mismo.

El proyecto ha sido llevado a cabo por dos estudiantes de Ingeniería Informática motivados por la aplicación de soluciones industriales a un área de trabajo empresarial apoyándonos en las tecnologías del área de la informática actuales. Los retos de este proyecto son claros, debido a que no pertenece estrictamente a nuestra área de conocimiento hemos tenido que estudiar conceptos tanto del área industrial como del área empresarial y tener en cuenta el funcionamiento de una empresa a todos los niveles. Además, al conllevar 24 créditos hemos podido explorar una mayor cantidad de áreas y profundizar en muchas de ellas dándonos la oportunidad de involucrarnos más en el trabajo con la empresa y desarrollar una solución de mayor calidad.

Gracias al interés propio de la empresa con la que hemos colaborado, existe una garantía de que el proyecto será útil para la misma y, por tanto, usado. También nos proporciona experiencia en el desarrollo de sistemas para los procesos industriales y una buena carta de presentación para nuestro futuro laboral.

Por tanto, tras esta introducción, se procede a realizar tres listas de objetivos, profesionales, generales y específicos, que reflejan todo lo anterior es:

## **Objetivos profesionales:**

- Ganar experiencia en un entorno de trabajo real con las exigencias acordes al estado del trabajo tecnológico actual.
- Aprender nuevas tecnologías competitivas en el mercado laboral del momento.
- Aprender y comprender el funcionamiento interno de una empresa, tanto a nivel directivo y empresarial, como a nivel técnico y de planta, pasando por los distintos campos de ingeniería que se aplican a esta.
- Conseguir llevar a cabo un proyecto real, en grupo, con el trabajo y organización que eso conlleva.
- Conseguir una mayor integración entre el campo de la informática y la ingeniería industrial.
- Terminar el grado con un proyecto innovador que pueda servir como referencia a otros estudiantes que quieran introducirse en un entorno laboral industrial.

**Objetivos generales:**

- Facilitar al área directiva de la empresa la comprensión de los datos generados por la fábrica.
- Monitorizar los datos que genera una fábrica durante el proceso de producción.
- Gestionar los estados de inactividad de las máquinas durante la producción y la productividad de estas para determinar su rendimiento.
- Comprobar los niveles de eficiencia con afán de mejorar la productividad de las fábricas donde se implantará esta solución.
- Construir una solución viable y eficiente que pueda ser aplicada a una multitud de fábricas de EbroFoods.
- Encontrar alternativas software a las herramientas actualmente usadas en EbroFoods que mejoren y faciliten el trabajo en las fábricas.
- Probar las alternativas encontrada para comprobar su viabilidad.

**Objetivos específicos:**

- Realizar una guía útil y comprensible del funcionamiento de los sistemas software utilizados en contextos de cadenas de fabricación. La guía se hará pública para permitir a otros ingenieros informáticos entrar en el área industrial de la informática.
- Preparar un entorno de trabajo real en el que desarrollar el proyecto.
- Comprender y replicar el método de extracción de los datos en bruto en un modelo piloto.
- Crear un sistema de control que nos permita interactuar el modelo piloto.
- Guardar constancia de todos los cambios que se producen en el modelo.
- Crear un sistema automatizado de avisos para el modelo piloto.
- Realizar una comparativa de las herramientas en uso en la fábrica con nuevas herramientas.
- Comprobar la viabilidad de estas nuevas herramientas en el entorno replicado de la fábrica.

# Parte I. Sistemas de monitorización online de cadenas de fabricación distribuidas

## 1. CONVERGENCIA IT/OT

---

En esta primera Parte se estudiará una solución basada en la convergencia IT/OT para la monitorización de las cadenas de fabricación.

IT son las siglas de *Information Technology*, en español, Tecnología de la información. Se centra en el uso de software para almacenar y procesar, de manera segura, datos extraídos de componentes electrónicos. Por otro lado, OT (*Operational Technology*) hace referencia a todo lo relacionado (hardware y software) con la monitorización de procesos y la extracción de datos de estos.

Durante años ha habido problemas con la inclusión de la informática en los procesos de producción, pero desde que surgió la industria 4.0 se ha abierto un nuevo campo de colaboración. El proceso por el cual se extraen datos desde las OT para un posterior análisis y optimización del rendimiento es lo que se conoce como **convergencia IT/OT**<sup>1</sup>. Este nuevo enfoque supone una gran mejora en la monitorización de la producción ya que:

1. Se pueden gestionar directamente los procesos, gracias a las mediciones en tiempo real de aparatos como los **PLCs** (se explicará en la sección [3.1](#))
2. Se pueden optimizar considerablemente la producción de una fábrica
3. Se ofrecen datos reales
4. Supone un ahorro en mantenimiento y producción.

Los desafíos por los que pasan esta convergencia se centran sobre todo en gestionar los datos de forma segura. Debido a que las OT se trataban de cajas negras con software privativo de cada fabricante, constituyen una gran fuente de vulnerabilidades. También se hace difícil la gestión y comunicación debido a la diversidad del software.

Durante el desarrollo del trabajo vamos a ver como se consiguen los datos, los aparatos y el software que intervienen y cómo se utiliza, cómo se monitoriza una fábrica y la gestión de los datos que reciben capas superiores del equipo directivo.

## 2. REQUISITOS Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL TFG

---

El objetivo de esta primera Parte se centra en el conocimiento de la terminología necesaria, así como el estudio del proceso de extracción de datos desde el nivel de planta. También se propone como objetivo el procesado de estos datos y el control directo sobre las máquinas que los proporcionan de manera remota.

También se busca probar Ignition como una alternativa más cómoda y eficiente a las herramientas OPC-UA que están en uso actualmente en la empresa.

Para ello se realizará un caso piloto. En él se cubrirá desde el momento de la extracción de datos, su posterior tratamiento y almacenamiento para futuras consultas. También se controlará el PLC desde el nuevo OPC con el objetivo de evaluar su viabilidad (se explicará en la sección [3.2](#)).

### **Objetivos:**

- Estudiar y analizar la extracción de datos de una máquina.
- Comprender el funcionamiento del PLC.
- Aprender la terminología asociada la fábrica a nivel de planta.
- Estudiar diferentes alternativas de OPC.
- Adaptarse a dificultades encontradas en el día a día al trabajar con distintos modelos de máquinas y PLC.
- Realizar un diseño piloto de programación del PLC.
- Aprender a usar las herramientas y funcionalidades que ofrece el OPC Ignition.
- Realizar una interfaz Humano Máquina que nos permita manejar un PLC.
- Implementar un sistema de almacenado y gestión de los datos provenientes del PLC.
- Preparar un entorno de trabajo equivalente al usado en la planta en la que se ha trabajado.
- Comprobar la viabilidad de Ignition como alternativa al OPC actualmente usado en la fábrica.



**Requisitos:**

- Hacer la instalación del PLC LOGO 8.
- Conectar dispositivos de entrada y salida al PLC.
- Instalar software de programación del PLC, LOGO Comfort.
- Instalar software que proporcione los drivers de LOGO, KepWare.
- Instalar software de gestión de datos y control del PLC, Ignition.
- Instalar base de datos, MSSQL.
- Replicar un entorno de trabajo real y funcional en una máquina virtual con Windows Server.
- Programar el funcionamiento del PLC.
- Realizar un comparativa de alternativas OPC.
- Hacer una interfaz básica, simple y explicativa para Ignition.
- Controlar desde la interfaz de Ignition el PLC y recoger sus datos.
- Almacenar los datos recogidos desde el PLC en un histórico.
- Tratar los datos almacenados para su uso en alarmas.
- Realizar una guía donde quede reflejado todo el proceso y sirva de tutorial para ayudar a otros ingenieros.

### 3. EL ORIGEN DE LOS DATOS EN CADENAS DE FABRICACIÓN DISTRIBUIDAS

En la Figura 1 podemos ver el esquema general de una fábrica de manufacturación. Para explicarla debemos dividirla en dos sectores: el **sector de la planta de manufacturación y control** y el **sector de procesamiento de datos**.



Figura 1: Esquema general de tratamiento de datos de una empresa

En el primer sector se produce principalmente el recopilado de los datos. Para ello se extraen de las máquinas mediante diferentes dispositivos y son transportados a un software de gestión de datos. Tanto los datos que se extraen como las propias máquinas pueden ser controlados por los operarios mediante paneles de control.

Todos estos datos se transportan después a la segunda Parte del entramado donde un ERP se encarga de su gestión e interpretación. Además, también realiza otras tareas que serán explicadas más adelante, en la segunda Parte.

### **3.1. QUÉ ES UN PLC Y UN TAG**

Un **PLC**<sup>2</sup> es un dispositivo electrónico digital el cual posee una memoria programable. En esta memoria se pueden almacenar diferentes instrucciones que permiten controlar máquinas y procesos en entornos industriales como fábricas y cadenas de montaje.

Debido a su área de aplicación, la respuesta de los PLC debe ser rápida para poder adaptarse a las necesidades. El PLC trabaja de manera cíclica y uno de sus objetivos principales es la completa ejecución de su programa principal, sin embargo, este puede ser interrumpido para realizar tareas momentáneas que son consideradas más prioritarias.

Existen multitud de fabricantes de PLCs, esto lleva a la existencia de diferentes lenguajes para la programación de la memoria de instrucciones de los PLCs que existen. Sin embargo, la tendencia está llevando a una convergencia de los lenguajes.

Para llevar a cabo la programación de los PLCs se usan los **TAGs**<sup>3</sup>, que no es más que un nombre que se le asigna a una dirección del PLC. También podemos encontrarlo nombrado como variable o símbolo dependiendo del lenguaje de programación que use el PLC.

### 3.2. QUÉ ES UN OPC

**OPC**<sup>4</sup> viene de las siglas **OLE for Process Control**<sup>5</sup>. Es un estándar de comunicación para el control y supervisión de procesos industriales. Su propósito es tener una infraestructura estandarizada para el intercambio de datos de control en los procesos. Al estar incluidos en los procesos dispositivos de distintos fabricantes y distintas aplicaciones se hace necesaria una herramienta que conecte las numerosas fuentes de información. En otras palabras, nos ayuda a comunicarnos con los distintos PLCs de la fábrica.

El modelo de comunicación OPC se basa en la estructura cliente-servidor. Los servidores se encargan de establecer las comunicaciones entre los distintos dispositivos y hace de enlace con las distintas aplicaciones según lo requieran los clientes. También es posible que dos o más OPCs se comuniquen entre sí para compartir información de los dispositivos que tienen asociados.

*OPC Foundation* es la entidad que mantiene las especificaciones de este esquema de comunicación.

Según el uso que se le quiera dar OPC tiene distintas especificaciones:<sup>6</sup>

- **DA** → *Data Access*. Transmisión de datos en tiempo real. Escribe y lee de registros de los dispositivos. Solo usa los datos más recientes (a cada dato se le asocia una estampa de tiempo cuando es almacenado en el servidor si el dispositivo no la entrega inmediatamente).
- **HDA** → *Historical Data Access*. Se basa en el uso de datos históricos. Es decir, todos aquellos que no son de tiempo real y están almacenados en el servidor.
- **A&E** → *Alarms and Events*. Se usa para el intercambio de alarmas y eventos. El flujo de datos va desde el dispositivo hacia el cliente.
- **UA** → *Unified Architecture*, Arquitectura Unificada en español. Permite a los servidores OPC trabajar con cualquier tipo de datos.

### 3.3. QUÉ UN SISTEMA HMI/SCADA

Para explicar en qué consiste este sistema vamos a definir HMI y SCADA por separado.

Un software **HMI (Human-Machine Interface)**<sup>7</sup> es usado para proporcionar una interfaz a los operarios la cual permite transmitir órdenes a la máquina y observar información relevante sobre la misma en tiempo real. También es conocido como interfaz hombre-máquina. Uno de los casos de uso concreto del HMI es en los sistemas SCADA. Esto aporta control y monitorización directa de las máquinas, así como almacenamiento y gestión de los datos generados por las mismas de manera segura.

Cuando hablamos de sistemas HMIs embebidos<sup>8</sup>, estamos hablando de sistemas que ocupan un espacio reducido y proporcionar más funcionalidad de la que aportaría los paneles táctiles u operacionales de las máquinas a las que están acopladas. Un ejemplo de este tipo de HMI son los *Panel Views*<sup>9</sup> que se tratan de terminales gráficos utilizados en planta para mostrar la HMI que usan los operarios. Vienen totalmente empaquetados con el software, hardware y las comunicaciones necesarias.

Por otro lado, **SACADA**<sup>10</sup> es el acrónimo de **Supervisory Control And Data Acquisition**. Es un tipo de aplicación que engloba a todo lo relacionado con obtener datos acerca de un sistema para poder controlar, supervisar y optimizar dicho sistema (suele ser Parte de un proceso industrial). Estas aplicaciones están diseñadas para controlar la producción en planta por Parte del operador. Un ejemplo de aplicación SCADA sería un PLC conectado a una red Ethernet para poder ver el estado de las variables, como es el caso en el que vamos a trabajar

Un sistema SCADA debe cumplir una serie de características:

- Es importante que tenga un IDE interactivo que permita representar de manera sencilla y esquemática la información de un proceso (variables de los PLCs). El despliegue de esta información en lo que se llama HMI.
- Procesar toda la información de forma continua y confiable.
- Debe tener una arquitectura flexible que permita ampliación y adaptación del sistema.
- Tener conectividad total con el resto de aplicaciones industriales y BBDD.
- Se deben poder ejecutar acciones de control a lo largo de todo el proceso industrial
- Datos en tiempo real.
- La supervisión debe poder realizarse en remoto.

Un sistema SCADA se hace imprescindible en la automatización de procesos. Las ventajas que ofrece pasan por optimizar los procesos, hacer productos de mayor calidad y con menor coste, reducir los costes de mantenimiento.

Por tanto, un sistema HMI/SCADA no es más que todos los tipos de software que nos ayudan a monitorizar y manejar las máquinas de una planta, ya sea allí mismo o de manera remota.

## 4. CÓMO PROGRAMAR UN PLC

---

Como ya hemos explicado el PLC tiene como objetivo tanto recabar datos de la máquina como enviarle órdenes a esta. Sin embargo, el funcionamiento del PLC no está de manera implícita en el mismo. y por eso hay que programarlo.

Mediante los TAGs con los que trabaja el PLC podemos saber qué está pasando en la máquina y responder de la manera más adecuada adaptándose así a cada una que controla.

### 4.1. DESARROLLO

El PLC con el que estamos trabajando es un LOGO 8 de Siemens. Este modelo tiene la capacidad de ser programado desde el propio dispositivo, pero, sin embargo, esto es una ardua tarea la cual solo se llevará a cabo en situaciones muy puntuales.

El fabricante proporciona, para facilitar la tarea de programación, un software llamado que permite trabajar desde el ordenador y tener un mejor control de los programas que se crean.

#### 4.1.1. Tutorial de instalación de LOGO Soft Comfort

**Logo Soft Comfort**<sup>11</sup> es un programa comercializado por Siemens. Permite la creación de programas para el PLC Logo de manera gráfica. Incorpora la función *drag and drop* de los componentes de los programas y también permite tener hasta tres programas en pantalla.

Puede configurar el propio PLC desde la misma interfaz, así como cargar los programas del PLC al ordenador y viceversa.

La instalación<sup>a</sup> de este programa es sencilla. Consiste en la instalación del programa como tal y de los drivers necesarios para su funcionamiento. La configuración de los drivers se hace cuando la instalación del programa pregunta si queremos configurar la conexión por USB, a lo que responderemos que afirmativamente.

Este junto con otros procesos de trabajos que se han seguido en el proyecto han sido simplificados en pos de facilitar la lectura del TFG. Estos procesos sin embargo han sido documentados y se han usado para crear una guía que pueda servir para usuarios que se enfrenten a tareas similares. Esta guía ha sido publicada mediante entradas en un blog online.

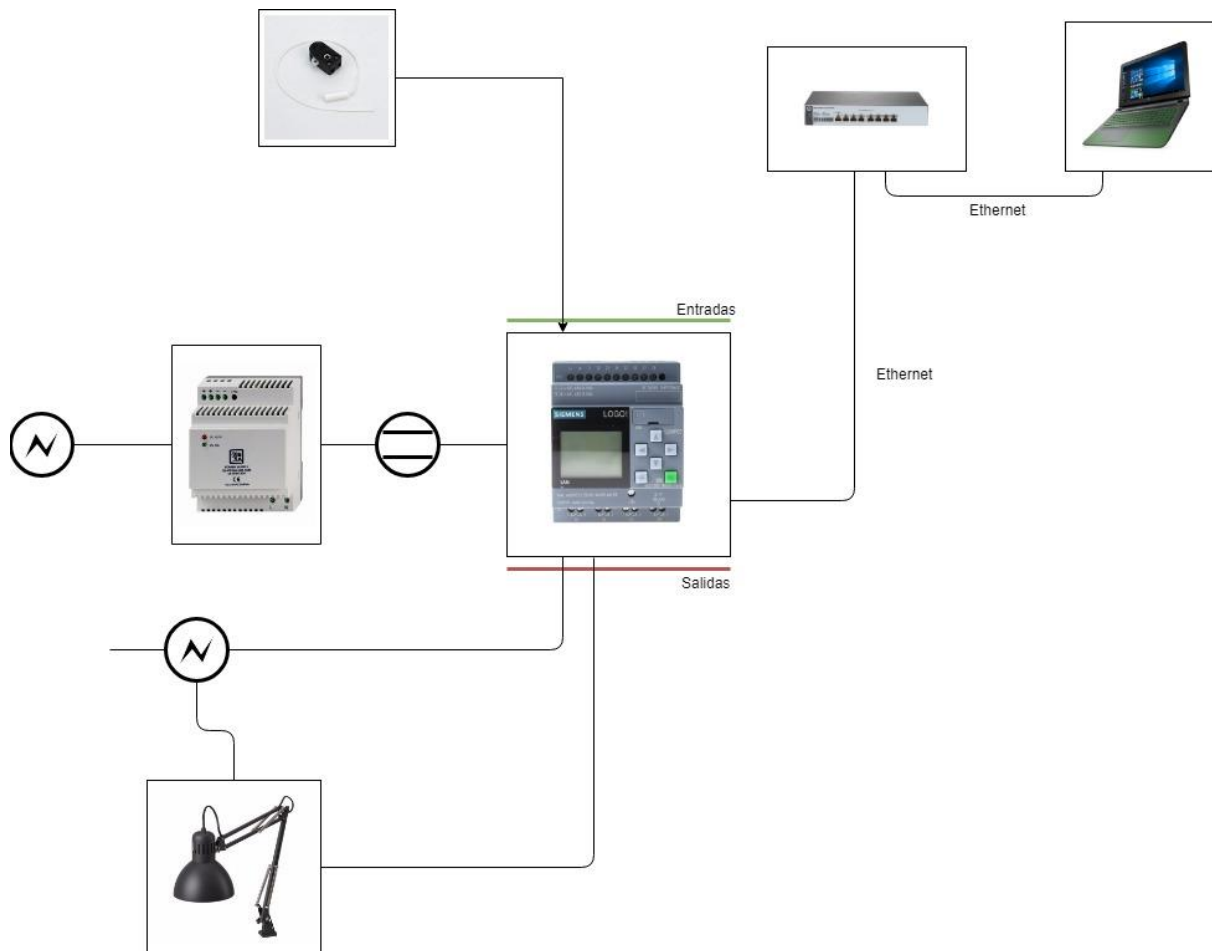
El enlace al tutorial completo es el siguiente, <https://antirer.blogspot.com/2019/05/instalacion-de-logo-comfort.html>

---

<sup>a</sup> Descarga Logo Soft Comfort:

#### 4.1.2. Cableado del PLC

Para usar el PLC hemos simulado la conexión que habría en una planta, se indica a continuación un esquema.



*Figura 2: Esquema de instalación PLC LOGO 8*

En el centro de la Figura 2 se encuentra el PLC LOGO Siemens, el cual, está alimentado por un transformador que convierte la Corriente Alterna (CA) en Corriente Continua (CC).

El PLC cuenta con un conjunto de entradas y salidas. Las señales de entrada llegan al PLC y este las procesa. Después de esto el PLC manda señales a las salidas, de acuerdo a su programación interna. Estas señales el PLC las gestiona internamente como TAGs. Los TAGs, recordemos, son variables que se usan en la programación del PLC y son utilizados por programas externos (como Ignition) para saber el estado del PLC, guardar estos datos en Bases de Datos y manejar el PLC de manera remota.

El PLC dispone de entradas digitales y analógicas. Las entradas digitales son las que llegan a través de la red por el cable Ethernet, las analógicas se conectan directamente al dispositivo siguiendo las instrucciones de fabricante.

En este esquema podemos ver como en las salidas hay conectada una lámpara que se encenderá y apagará de acuerdo a las modificaciones que haga Ignition de los TAGs internos del PLC. Así mismo, se ha conectado una entrada analógica, la cual está controlada por un interruptor. Este se encarga de activar el mismo proceso que la entrada digital, pero desde una fuente analógica.

Para comunicar el PLC y el ordenador donde se encuentra Ignition se utiliza un *Switch* al cual se encuentran conectado ambos, creando así una red para la comunicación entre los dispositivos.

## 4.2. PROGRAMACIÓN Y RESULTADOS

Para programar el PLC LOGO de Siemens se usó Soft Comfort, con una licencia de la versión completa cedida por EbroFoods. Este software consta de varias instrucciones. Una instrucción se refiere a cada una de las variables que se usan al programar. Estas disponen de entradas y salidas. Dichas variables pueden ser entradas y salidas reales del PLC, generadores, puertas lógicas, funciones, ... En definitiva, es cada una de las cajas que se pueden interconectar.

Entre los distintos **tipos de instrucciones** se encuentran:

- Entradas digitales
- Salidas digitales
- Entradas analógicas
- Salidas analógicas
- Puertas lógicas, multiplexores, demultiplexores
- Funciones ya predefinidas
  - Temporizadores
    - Generadores de impulsos
    - Retardos
    - Cronómetro
  - Contadores
  - Instrucciones aritméticas, valor medio, máximos y mínimos
  - Relés
  - Interruptores
  - Textos de aviso



- Registros de datos

La prueba que se va a realizar consiste en encender una lámpara cambiando los valores de los TAGs del PLC de manera remota desde Ignition. Para ello se ha hecho un programa sencillo con varios funcionamientos. Es el siguiente:

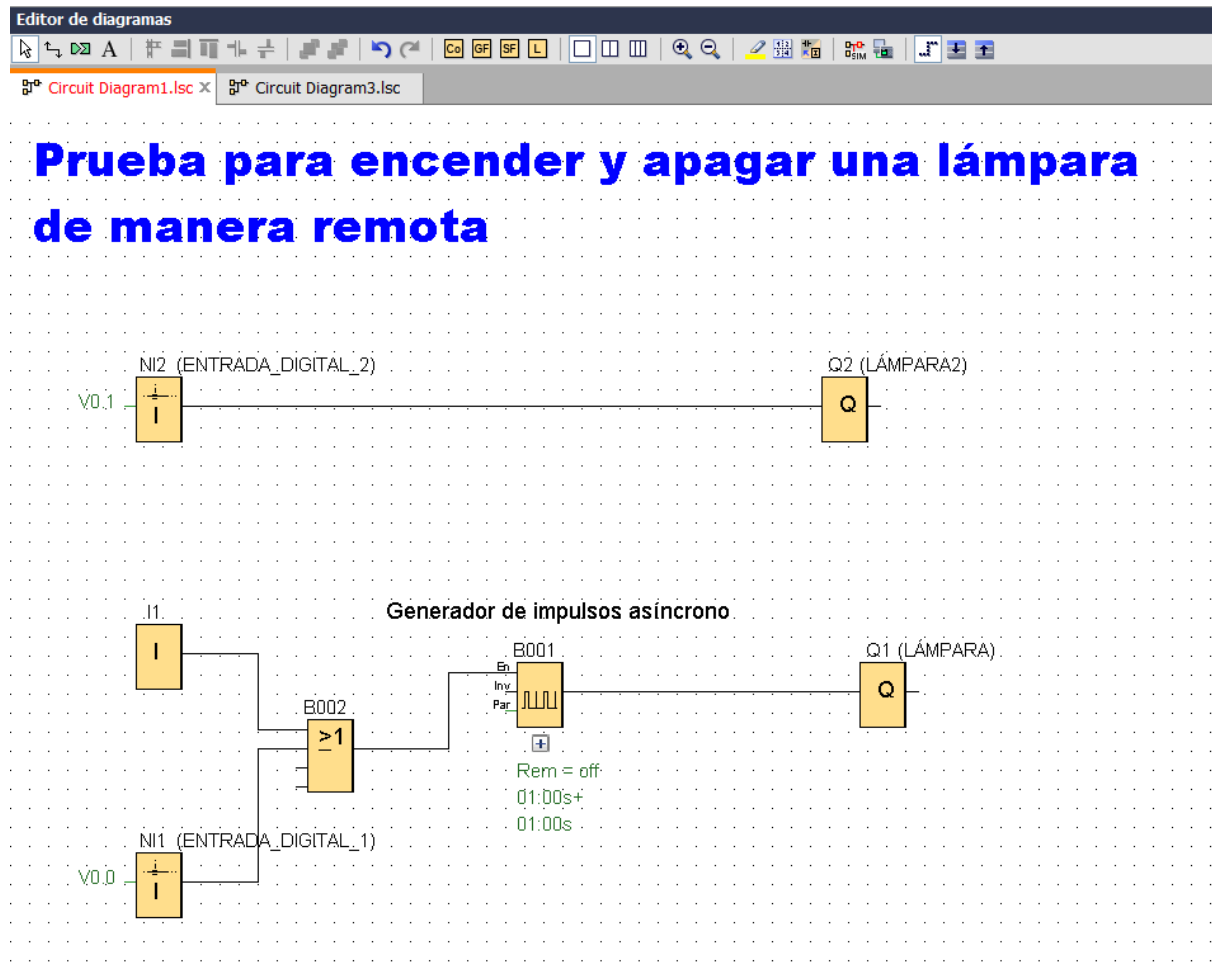


Figura 3: Función de control de una lámpara para PLC

La primera función programada hace que al recibir un 1 en la entrada digital, se active el generador de impulsos. Este generador envía impulsos y pausas durante unos tiempos establecidos, en este caso un segundo, ambos. La salida de este generador va hacia la lámpara que se encuentra en una salida del PLC. Con esto una vez activada la entrada hacemos que la lámpara se encienda y se apague de manera intermitente.

Para esto se han usado las siguientes instrucciones:

- NI1 (Entrada digital 1): Se corresponde con una de las entradas que llegan desde el cable Ethernet.
- I1 (Entrada analógica 1): Está asociada a las entradas analógicas del PLC.
- OR (Puerta lógica OR): Permite que la activación del generador de impulsos asíncronos se realice desde una entrada digital y/o analógica.
- B001 (Generador de impulsos asíncronos): Se trata de un parametrizador que regula la salida mediante periodos de impulsos y pausas. Tiene los siguientes parámetros:
  - TH: Duración del impulso.
  - TL: Duración de la pausa.
  - Ta: Tiempo que puede provenir de otra función
  - Rem: Se trata de la Remanencia Activada. Si se activa guarda el último estado de la función.
- Q1 (Lámpara): Salida del PLC donde se encuentra conectada la lámpara.

Por último, se envía el programa al PLC usando las herramientas que nos proporciona LOGO Comfort. Para más detalles se puede ver un tutorial en el blog: <https://antirer.blogspot.com/2019/05/programar-logo.html>



Figura 4: BLOG de tutoriales de instalación

Con esto el PLC queda listo para su funcionamiento. El siguiente paso será preparar los OPCs para que puedan leer y escribir TAGs del PLC y recrear un entorno HMI/SCADA con Ignition para simular la monitorización y control de manera remota por un operario.

## 5. EL ENTORNO SOFTWARE DE EMPRESAS CON CADENAS DE FABRICACIÓN

---

Todo proceso de desarrollo tiene un conjunto de pasos previos a seguir antes de comenzar a trabajar en él. Entre estos pasos se encuentran la investigación del entorno en el que se va a desarrollar.

Otra de las tareas previas al desarrollo es la planificación y la creación del entorno de trabajo que se usará para trabajar. Esta necesaria tarea supone la base del trabajo y gran Parte de la eficiencia y éxito del mismo.

Por ello, con el objetivo de asemejarse lo máximo posible a la metodología de trabajo de EbroFoods, se procede a hacer un estudio del entorno de trabajo de esta empresa y a la replicación del mismo. Además, también se realizará una planificación que marque las líneas de trabajo del proyecto.

### 5.1. CASO PILOTO DE EBROFOODS

En la Figura 5 podemos ver el esquema general con el cual trabajaremos y es el que usan la mayoría de fábricas de EbroFoods.

Para explicar este entramado debemos dividirlo en dos sectores como hicimos previamente con la Figura 1: el **sector de la planta de manufacturación y control** y el **sector de procesado de datos**.

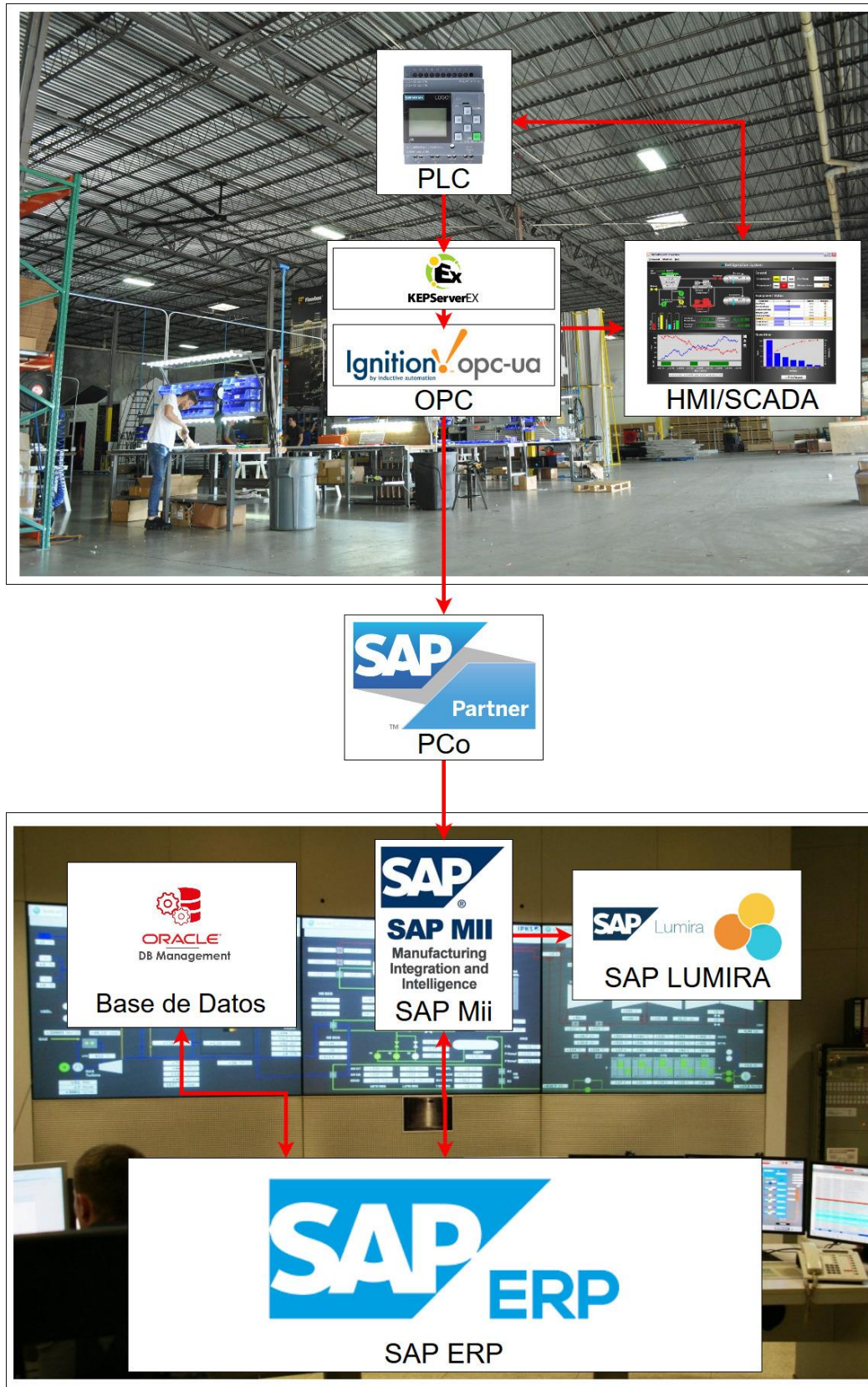


Figura 5: Esquema de tratamiento de datos de una planta de EbroFoods

Todo empieza en la planta de manufacturación con los PLC. Estos se encargan de recibir señales de las máquinas y de enviarles órdenes a las mismas. Nosotros usaremos el PLC Logo 8 de Siemens.

Estas señales provienen y se envían del **OPC**. Este se encarga de trabajar con los datos extraídos de los PLC y de mandarles órdenes a las máquinas a través de estos. En nuestro caso necesitamos 2 OPC, KepServerEx contiene los drivers de nuestro PLC y lo usaremos como puente para conectarlo con Ignition, nuestro segundo OPC.

Ignition nos proporciona una herramienta que nos permite hacer un **HMI/SCADA**, Ignition Designer. Esto es una interfaz con la que los operarios pueden ver el estado de las máquinas e interactuar con ellas de manera remota.

Todo esto se conectaría con el sector de procesamiento de datos mediante el **SAP-PCo** (Conectividad de Planta de SAP-ERP). Este actuaría como puente entre el OPC y los módulos de **SAP**. En casos excepcionales podría saltarse este paso y conectar directamente el OPC con SAP, que ofrece algunas herramientas para crear **SCADA**, sin embargo, no es recomendable pues solo puede leer **TAGs** muy concretos en cantidad y frecuencia (el valor de una báscula de camiones, las capacidades de un silo...)

La otra gran Parte del procesamiento de datos estaría vinculada al ERP SAP y sus módulos. El estudio y funcionamiento de estos corresponderá al segundo Capítulo de la memoria del proyecto.

## 5.2. PLANIFICACIÓN Y PRESUPUESTO<sup>b</sup>

Teniendo en mente la idea de optimizar las horas empleadas en la realización de proyecto se llegó a la conclusión de que era necesario aplicar un método de trabajo real. Se decidió usar una versión reducida de Scrum.

Este se basa en la división del proyecto en diferentes tareas a las cuales se le estima unas horas de duración. La suma de las horas de estas tareas se reparte entre el tiempo de duración del proyecto dando lugar a el número de horas necesarias de trabajo al día comúnmente conocido como línea ideal.

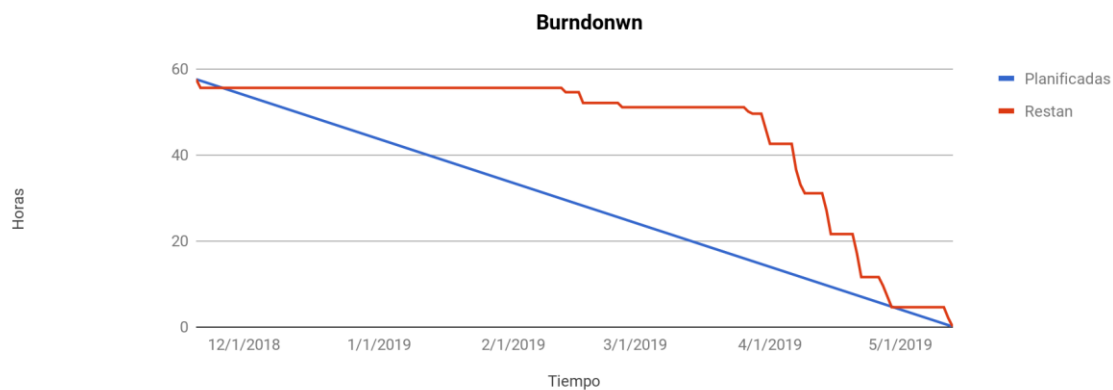


Figura 6: Gráfica de trabajo realizado

<sup>b</sup> Material aportado por el Profesor Luis Castillo Vidal (DECSAI-UGR) de la asignatura Desarrollo Basado en Agentes.

El proyecto se divide en un conjunto de tareas cuya estimación total son 56 horas y media. Estas se realizaron en el lapso de tiempo del 20/11/18 al 12/5/19. Como se puede apreciar en la Figura 6 tras la primera reunión el proyecto quedó parado hasta ser retomado posteriormente.

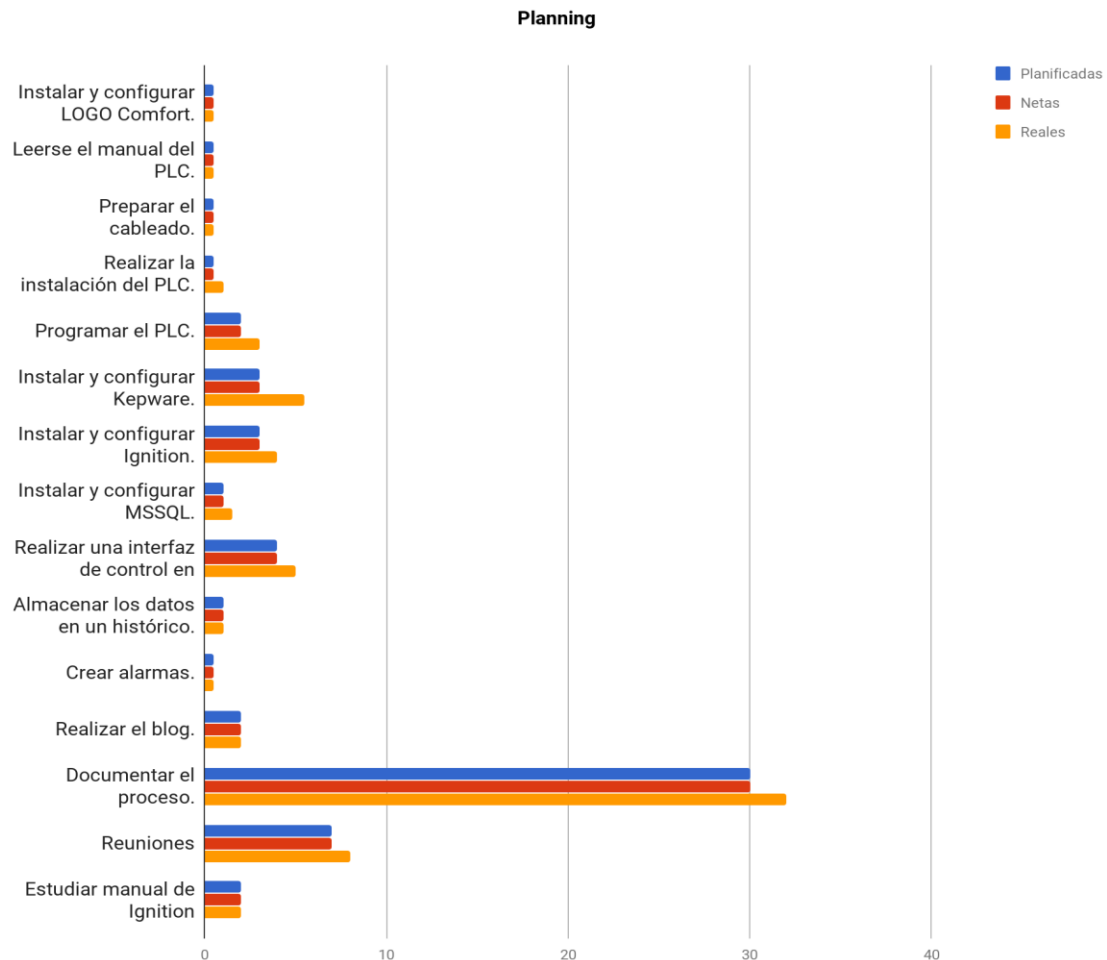


Figura 7: Gráfica de horas por tarea

Tarea	Planificadas	Netas	Reales
Instalar y configurar LOGO Comfort.	0,5	0,5	0,5
Leerse el manual del PLC.	0,5	0,5	0,5
Preparar el cableado.	0,5	0,5	0,5
Realizar la instalación del PLC.	0,5	0,5	1
Programar el PLC.	2	2	3
Instalar y configurar KepWare.	3	3	5,5
Instalar y configurar Ignition.	3	3	4
Instalar y configurar MSSQL.	1	1	1,5
Realizar una interfaz de control en Ignition	4	4	5
Almacenar los datos en un histórico.	1	1	1
Crear alarmas.	0,5	0,5	0,5
Realizar el blog.	2	2	2
Documentar el proceso.	30	30	32
Reuniones	7	7	8
Estudiar manual de Ignition	2	2	2

Tabla 1: Tareas, estimaciones y horas reales

En la Figura 7 y la Tabla 1: Tareas, estimaciones y horas reales las horas planificadas, representadas en azul en la tabla, son las horas que se pensaron necesarias para llevar a cabo la tarea. Las horas netas, mostradas en rojo, son las que se han realizado, si estas coinciden con las planificadas quiere decir que la tarea ha sido completada. Finalmente, las horas reales, en amarillo, representan las horas que fueron necesarias para completar la tarea.

Finalmente, tras llevar a cabo un estudio acerca de los presupuestos de otros proyectos y sueldos estándar de los ingenieros informáticos, se ha visto adecuado cobrar la hora a 7€. Siendo el número de horas empleadas 57,5 horas y media supondría un precio de 395,5 €.



### 5.3. COMPARATIVA ENTRE DISTINTAS LICENCIAS

Como ya hemos visto un sistema HMI/SCADA es un sistema que recolecta datos de los sensores de una fábrica y les proporciona un tratamiento. Además, también permite comunicarse con estas máquinas mediante el mismo sistema.

EbroFoods marcó unos requisitos que el OPC debía cumplir (se explicó durante la sexta reunión<sup>c</sup>, también se utilizó la información de una página web<sup>12</sup>) y sobre los que se ha centrado la comparativa:

- El primero de los factores determinantes es la escalabilidad, es decir la cantidad de datos con los que pueden trabajar.
- El sistema HMI/SCADA debe ser a su vez OPC-UA (hay herramientas que permiten crear el sistema sin necesidad de ser OPC-UA).
- La capacidad de hacer reportes también se tiene en cuenta con el objetivo de evaluar los datos recogidos de las fábricas de manera prematura.
- Los avisos por alarmas, eventos y el control sobre los elementos desde la fábrica también es uno de los requisitos a tener en cuenta.
- Que posea una amplia cantidad de gráficos para que sea más accesible también será apreciado.
- El software tendrá que permitir consultas a bases de datos en SQL
- Debido a la gran cantidad de PLCs que se encuentran en la fábrica se hace necesario que posea una gran cantidad de drivers de estos.
- La posibilidad de usar Scripts también será un aspecto a considerar en la comparativa
- También se busca que se pueda ver un histórico de los datos
- Sistema operativo Windows que es el usado de manera general en la empresa.
- Lenguaje inglés para posibilitar un uso Internacional del sistema
- La existencia de una página web para su uso remoto es totalmente necesario
- Y finalmente se prefiere un único pago a pagos mensuales o anuales.

---

<sup>c</sup> Anexo 2. "6<sup>th</sup> Meeting Notes"

Teniendo en cuenta todos estos elementos a considerar se han seleccionado el Software que más se ajustaba a las necesidades de la empresa:

- **Ignition<sup>13</sup>**

- Permite un número de clientes y datos ilimitados.
- Es OPC-UA
- Permite reportes
- Alarmas, eventos y control incluido
- Gran variedad de gráficos y formas de representar los datos
- Permite consultas a diferentes bases de datos
- Número de drivers ampliable al poder conectarse a más OPC-UA
- Scripts en Python
- Permite crear un historial de datos
- Multisistema y plataforma cruzada
- Lenguaje en inglés
- Ignition está basado en web
- Pagos escalables en escalabilidad y funcionalidades desde 10800\$ hasta 30250\$ siendo este último el paquete completo.

- **Wonderware HMI/SCADA<sup>14</sup>**

- De 250 a 1 millón de conexiones desde diferentes lugares
- Tiene un producto OPC-UA
- Permite Reportes
- Alarmas, eventos y control incluido
- Requiere de Wonderware InTouch para el control total sobre las gráficas.
- Permite consultas a diferentes bases de datos
- Posee una enorme cantidad de drivers para cientos de sistemas de controles diferentes
- Scripts en Microsoft ActiveX and .NET
- Permite crear un Historial de datos
- Windows NT/2000/XP/2003
- Multilenguaje
- Sistema de reportes basado en Web
- Pago dependiente de la empresa y productos requeridos. Algunos de ellos tienen dependencias con otros productos de Wonderware.

- **KepWare<sup>15</sup>**

- Escalabilidad en drivers, se pueden añadir más drivers a un proyecto conforme avanza.
- Es OPC-UA
- Permite reportes con ayuda de otro módulo de KepWare
- Permite alarmas, eventos y control con ayuda de otro módulo de KepWare
- Cantidad de gráficas algo más limitado y dependientes de otro módulo de KepWare
- Permiten consultas de SQL
- Gran cantidad de drivers
- Permite el uso de Scripts matemáticos y lógicos sobre TAGS en lenguaje propio con otro módulo de KepWare
- Permite la creación de un historial con un módulo de KepWare
- Compatible con todas las versiones de Windows
- Lenguaje Inglés
- Web dependiente de módulo junto con aplicaciones de terceros
- Pago del producto principal 452\$. Pago por módulos mensual o perpetuo constando por módulo desde 300\$ a 900\$ por mensualidad y desde 900\$ a 3000\$ perpetuo.

Hasta ahora EbroFoods tiene KepWare como solución. El objetivo de esta comparativa es ofrecer alternativas más cómodas y efectivas para la creación de sistemas HMI/SCADA. En la actualidad se está estudiando hacer una transición a Ignition, por la comodidad de un único pago con toda la funcionalidad en vez de tener que pagar los módulos por separado y la agrupación de todas las herramientas en un único entorno de trabajo.

Sin embargo, Ignition carece de algunos drivers de los OPC que se usan en la fábrica, por lo que KepWare sigue siendo necesario. Actualmente se está evaluando la implantación de Ignition junto con alguno de los módulos básicos de KepWare para tener disponibilidad de los drivers.

## 5.4. CREACIÓN DEL ENTORNO DE TRABAJO

Con el objetivo de replicar el entorno de trabajo utilizado por EbroFoods para la monitorización, se requiere la instalación de un conjunto de herramientas. Este software está compuesto de una base de datos para el almacenamiento de la información extraída desde el PLC y los OPC que nos permite la comunicación de manera remota con el PLC y el tratamiento de la información extraída.

Como base de datos se va a usar Microsoft Server SQL y como OPCs KepWare e Ignition.

### 5.4.1. Tutorial de instalación de MSSQL

MSSQL 2017: Microsoft Server SQL. Es un sistema de gestión de bases de datos relacional desarrollado por Microsoft. Se ha usado la edición *Express* gratuita.<sup>d</sup> Se puede usar por línea de comandos o mediante la interfaz gráfica de Management Studio. Se pueden usar varias instancias en el mismo servidor. Entre sus características se incluyen:

- Modo cliente-servidor: La información y los datos se alojan en el servidor y los clientes de la red sólo acceden a la información.
- Entorno gráfico
- Administración de otros servidores de datos.

Este sistema de gestión se ha usado para tener compatibilidad con algunas de las bases de datos de Ebrofoods y aprender cómo gestionarlas.

La inclusión de una base de datos en este punto se hace necesaria para la posterior utilización de Ignition, más concretamente con el uso de los Historians, que almacenan y gestionan diversos tipos de bases de datos.

Para el funcionamiento de la Base de Datos debemos instalar SQL Server y SQL Server Data Tools.

---

<sup>d</sup> Descarga Microsoft Server SQL: <https://go.microsoft.com/fwlink/?linkid=853017>

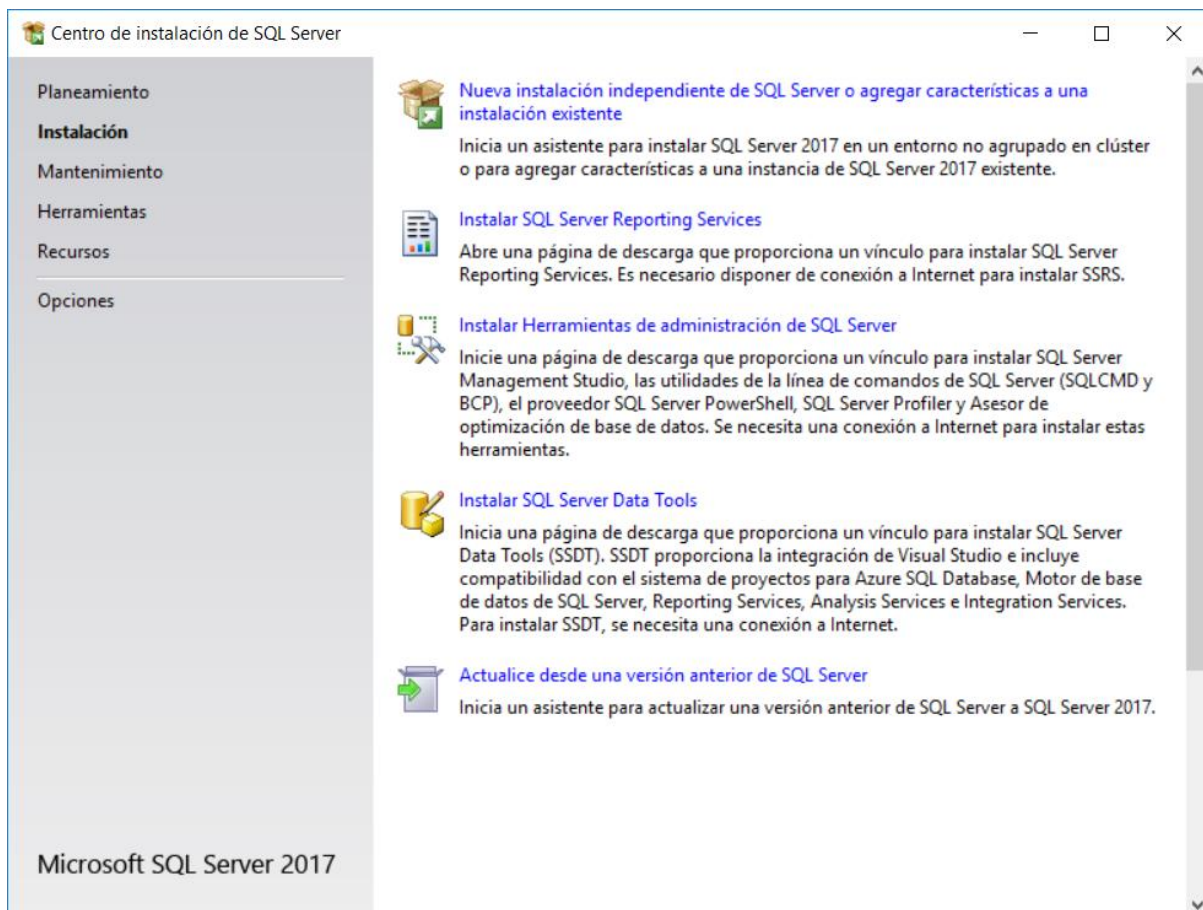


Figura 8: Selección de Módulos de MSSQL

Los requerimientos del entorno de trabajo en el que nos encontramos requieren que durante la instalación se desactiven las actualizaciones automáticas. Esto evita que se creen incompatibilidades con el resto de sistemas conectados en el entorno.

La guía de la instalación completa con imágenes del proceso se ha publicado en el blog del proyecto: <https://antirer.blogspot.com/2019/05/instalacion-de-mssql.html>

#### 5.4.2. Tutorial Instalación de Kepserver

KEPServerEx es un servidor encargado de la gestión de datos, comercializado como solución por KepWare. Para utilizarlo se ha usado una versión de prueba temporal.<sup>e</sup> Se basa en la tecnología OPC. Esta conecta diferentes dispositivos y tecnologías que permiten gestionar desde la fábrica hasta la administración del negocio. Comunica dispositivos cuyos drivers no son compatibles de manera natural como Siemens, Omron, Allen-Bradley... Permite la conexión con otros OPC sirviendo así de traductor entre OPCs y PLCs no compatibles entre sí.

<sup>e</sup> Descarga KepWare Server Ex6: <https://www.kepware.com/en-us/kepserverex-6-7-release/>

La instalación de Kepserver tiene dos Partes importantes: la instalación en sí y la conexión con el PLC para poder gestionar los TAGs.

La primera Parte es seguir el instalador, pero hay que estar atentos en dos de los pasos. El primero, hacer una instalación completa del programa con todas las opciones de comunicación del servidor y el *Quick Client*, que nos sirve para visualizar de un vistazo los TAGs del PLC. El segundo paso importante activar el *Dynamic Tag Addressing*, para facilitar la comunicación. Por defecto también se permiten los *logins* anónimos, si no se desactiva esta opción durante la instalación, se hará más tarde para añadir más seguridad.

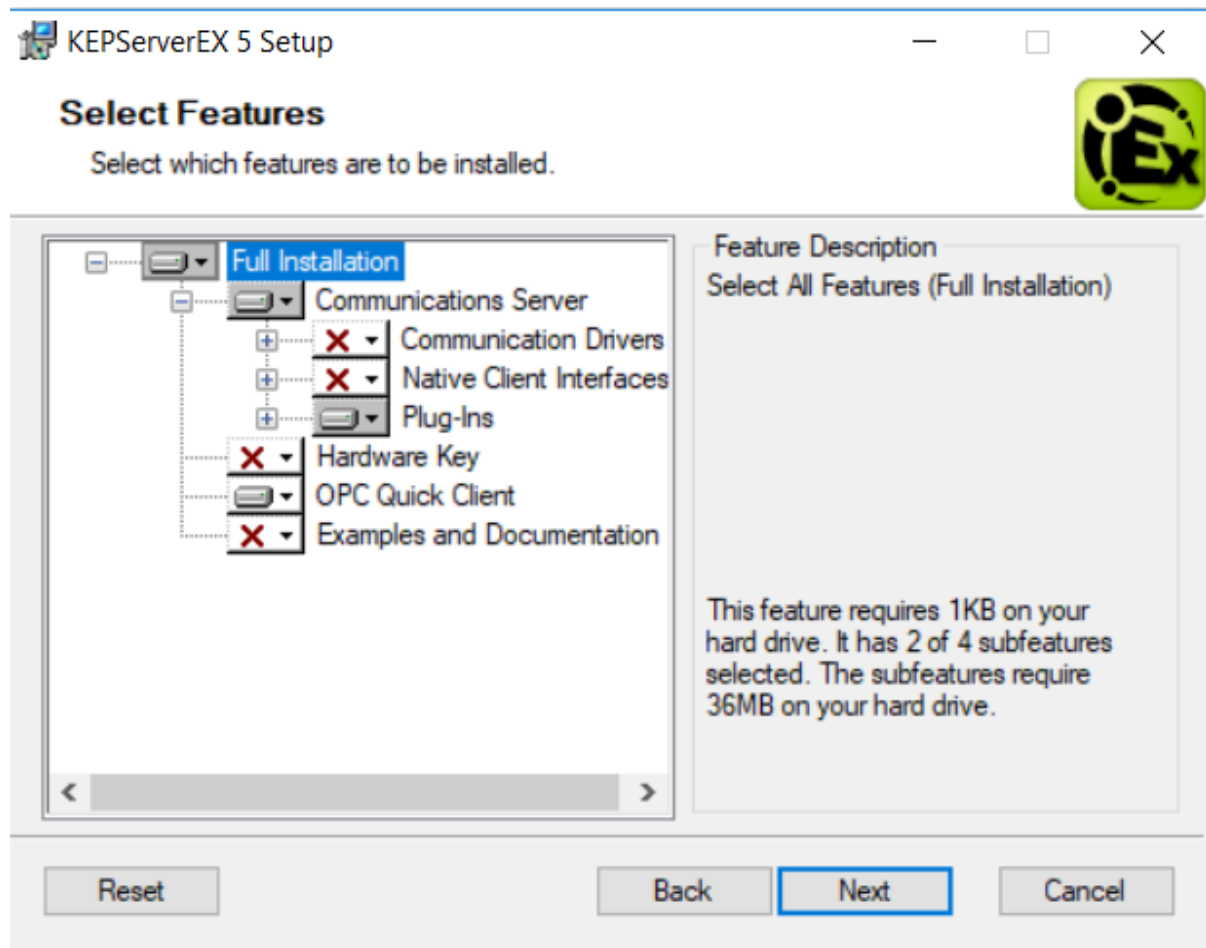


Figura 9: Selección de la instalación completa

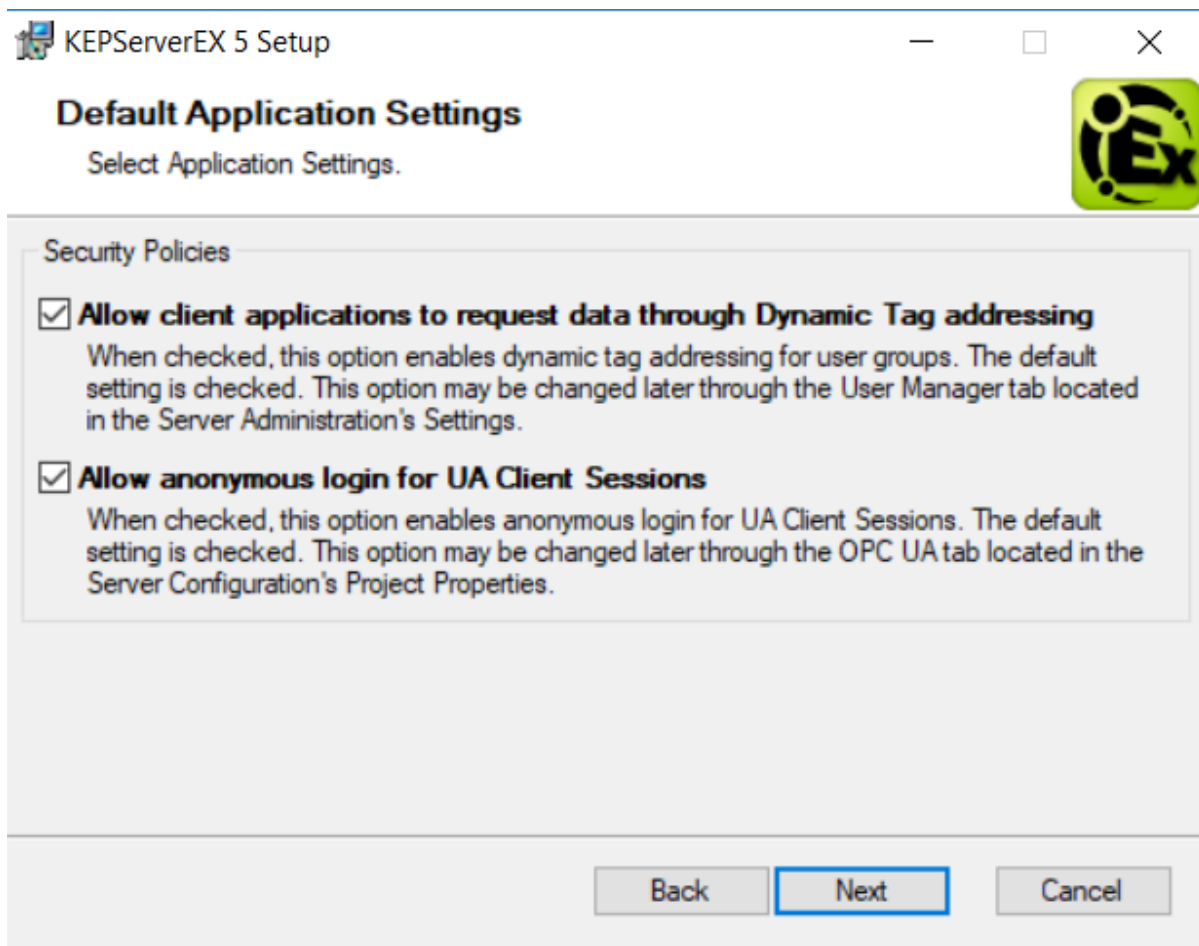



Figura 10: Políticas de seguridad por defecto

Se ha realizado una versión completa de este tutorial en el blog dedicado para lo mismo: <https://antirer.blogspot.com/2019/05/Keepserver-instalacion.html>

Una vez instalado la segunda Parte es conectar el PLC a Kepserver. Siguiendo el tutorial del blog es sencillo. Básicamente consiste en crear un canal a través del Ethernet TCP/IP y almacenar los últimos valores de los TAGs. Por defecto al instalar el programa viene creado un canal para la salida ethernet, sin embargo, se recomienda borrarlo y crearlo de nuevo para configurarlo de manera adecuada. En este canal añadimos un nuevo dispositivo que será nuestro LOGO, especificando su dirección IP.

Pero atención, a pesar de su sencillez hay que tener especial cuidado en algunos detalles. Los puertos hay que dejarlos por defecto y elegir Big Endian como manera de ordenar los bits. Además, es muy importante configurar el TSAP, *Transport Service Access Point*, al valor 0200 (no es un valor por defecto) para permitir el HMI en el lado del controlador.

New Device - S7 Comm. Parameters



S7-200: Set the Local (PC) and Remote (Device) TSAP for this device connection.  
S7-300/400/1200/1500: Set the type of connection link to be used in communications. Also, enter the rack number and slot the CPU resides in.

S7-200	S7-300/400/1200/1500
Local TSAP (hex): <b>0200</b>	Link Type: PC
Remote TSAP (hex): <b>0200</b>	CPU Settings
	Rack (0 - 7): 0
	CPU Slot (1-31): 2

< Atrás    Siguiete >    Cancelar    Ayuda

Figura 11: Valor del TSAP

Una vez esté todo configurado solo es necesario añadir los TAGs indicando su el código que tiene asociada la variable en el PLC.

Para ver la configuración completa la página del blog es:  
<https://antirer.blogspot.com/2019/05/conectar-el-plc-keepserver.html>



### 5.4.3. Tutorial Instalación Ignition

**Ignition**<sup>16</sup> es una plataforma software integrada para los sistemas SCADA. Se ha usado una versión de prueba temporal.<sup>f</sup> Está basado en una arquitectura céntrica de base de datos SQL. Ignition tiene una plataforma cruzada basada en web la cual puede ser desplegada mediante Java Web Start.

Tiene tres componentes principales: El Gateway de Ignition, Un IDE de diseño y clientes en tiempo de ejecución.

Los diferentes módulos que tiene Ignition proporcionan funcionalidad a cualquiera de los componentes de la plataforma.

Los módulos pueden proporcionar características como Control en tiempo real, Alarma, Reportes, Adquisición de datos, Scripting, Rutinas, MES (*Manufacturing Execution System*) y soporte móvil.

La instalación de Ignition es rápida y lineal. Se puede ver con más detalle en el blog dedicado a la creación del entorno de trabajo: <https://antirer.blogspot.com/2019/05/instalacion-ignition.html>

Es importante seleccionar Ignition cuando se ofrezcan las diferentes plataformas, pues Ignition Edge es una opción preparada para sistemas HMI embebidos y no ofrecerá toda la funcionalidad que tiene Ignition.

---

<sup>f</sup> Descarga Ignition: <https://inductiveautomation.com/downloads/ignition/8.0.3>

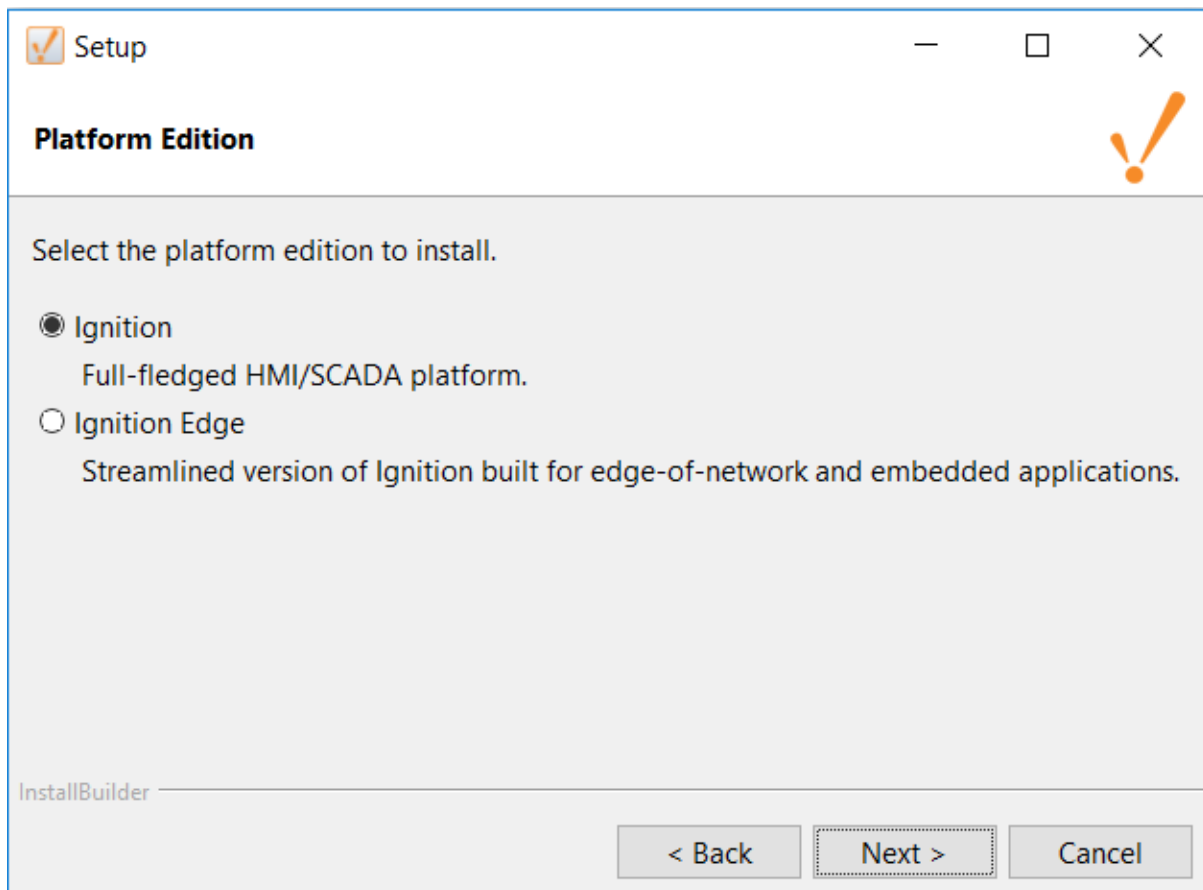


Figura 12: Selección de la plataforma de Ignition

Al finalizar se dará acceso a un servidor de Ignition alojado en el localhost de la máquina en la que se haya realizado la instalación.

Como ya hemos visto antes se ha realizado una conexión entre el PLC y KepServer, a continuación, conectaremos Ignition con KepServer. Recordemos que una de las características más potentes de los OPC es que tienen la capacidad de comunicarse entre ellos. Ahora es necesario conectar los dos OPCs que hemos instalado. Con esto suplimos la carencia de los drivers de LOGO que tiene Ignition.

Para conectar los dos OPCs hay que aclarar que KepServer va a tomar el rol de servidor UA e Ignition el de cliente.

Lo primero que hay que hacer, es comprobar que los *logins* anónimos están desactivados. aunque se puede saltar, añade seguridad. Una vez completado este paso tenemos que crear un usuario y un grupo de usuarios nuevo. A este grupo le daremos los permisos necesarios para que pueda acceder correctamente a los TAGs.

Con nuestro usuario creado, ahora configuramos los *UA-endpoints*. Consiste simplemente en decir en qué red nos encontramos. Con esto el servidor queda configurado, a falta de añadir los certificados del cliente.

El siguiente paso va a ser este, configurar el cliente Ignition. Nos descargamos el certificado y lo importamos a KepServer. Después, desde Ignition, creamos una nueva conexión UA y nos conectamos al *endpoint* de KepServer. Una vez se establezca la conexión Ignition ya estaría conectado como cliente a KepServer y sería capaz de leer todos los TAGs.

Durante esta configuración el paso que puede ser más tedioso es el de configurar el *endpoint* y el certificado. El primero porque si no están en la misma red Ignition no verá a KepServer, es importante asegurarse de que sabemos dónde se encuentran ambos, aquí al estar todo en localhost no hay problema, pero si se encuentran en distintas máquinas hay que prestar atención. El segundo se debe a que si Ignition no es un cliente de confianza para KepServer la conexión fallará. Hay que comprobar que el certificado ha sido admitido como certificado de confianza.

Para más detalle sobre la configuración y los problemas que pueden surgir, el lector puede consultar el siguiente post en nuestro blog: <https://antirer.blogspot.com/2019/05/instalacion-ignition.html>

## 6. SIMULACIÓN DE LA MONITORIZACIÓN DE UNA FÁBRICA

Como se ha explicado anteriormente un sistema HMI/SCADA es un sistema que sirve de intermedio entre las máquinas y los operarios de las mismas. Estos sistemas constan de un completo abanico de herramientas que tienen como objetivo la recopilación de los datos proporcionados por las máquinas y su tratamiento. Además, también permiten interactuar de manera remota con las máquinas monitorizadas.

En EbroFoods el sistema en cuestión es diseñado y generado con el software OPC Ignition. Para finalizar esta Parte del proyecto la empresa propuso la monitorización e interacción de manera remota con el PLC previamente programado.

### 6.1. SISTEMA HMI/SCADA

Para la creación de nuestro HMI/SCADA vamos a usar una herramienta de Ignition llamada Designer. Esta nos permite diseñar páginas web para controlar y hacer reportes sobre todo lo que sucede en planta. Está basado en *Drag&Drop* por lo que es fácil e intuitivo de utilizar. Además, dispone de numerosos *templates* con lo que empezar a trabajar rápidamente.

Para el control de la planta se nos ofrece una serie de funcionalidades. Esto es:

- **Project Browser:** Es el Menú general, te permite ver las ventanas que tienes creadas, Script realizados, Páginas de reportes en el proyecto, etcétera. Es decir, es el esqueleto de la página web que se esté realizando. Desde aquí se organiza toda la funcionalidad de nuestra página, desde los scripts hasta todos los iconos y menús que queramos crear.
- **Tag Browser:** Te permite tener un control de los tags a los que tiene acceso Ignition. Su función principal es tener a vista los TAGs que están en uso por Ignition y los TAGs que están almacenados por en los OPCs que se tengan conectados. Desde aquí podemos asignar estos TAGs en uso a los diferentes elementos que utilizaremos para el control de la planta o importar TAGs desde los OPCs para empezar a usarlos.

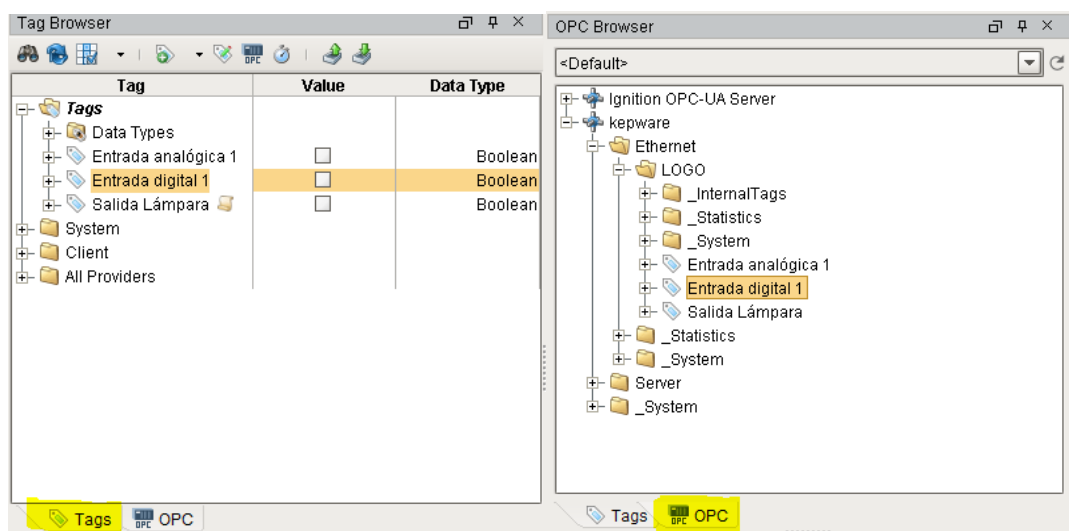


Figura 13: Vista del Tag Browser para los TAGs y los TAGs del OPC

- **Component Palette:** Son todos los componentes que podemos usar en nuestro proyecto. Van desde simples etiquetas de texto hasta Gráficas en tiempo real. Las principales categorías son:
  - Elementos de Display
  - Elementos de Interacción
  - Gráficos (forma Parte del Historian, se verá más adelante)

Estos componentes pueden asociarse directamente con TAGs. Además, permiten un control muy preciso a través de Scripts y otras opciones avanzadas que nos permiten modificar su comportamiento en respuesta a diferentes estímulos externos.

- **Property Editor:** Permite configurar las características generales de cada elemento que agregamos a nuestro proyecto. Ofrece una gran libertad para moldear los aspectos básicos de los elementos de nuestro proyecto como color, texto, tamaño, ratio de refresco entre otros muchos.

Ignition Designer también ofrece una serie de herramientas para que depurar nuestro trabajo sea más sencillo y no tengamos problemas con los scripts de Python y las consultas a la base de datos. Entre estas herramientas tenemos:

- **Terminal:** Para usar y depurar los scripts de Python
- **Image Management:** Para controlar y almacenar todas las imágenes de nuestro proyecto.
- **Previsualización del proyecto:** Conforme vayamos avanzando podremos ir probando la funcionalidad sin necesidad de desplegar la página completa y de manera localizada. Esto es útil si estamos haciendo un desarrollo modular.
- **Encontrar/Reemplazar:** Una funcionalidad muy útil ya que es capaz de buscar en todos los archivos del proyecto (propiedades, scripts, componentes, ...) y si es necesario cambiar el nombre de alguna sin problemas ni inconsistencias.
- **Data Base Query Browser:** Una manera rápida y sencilla de ver y hacer cambios en todas las bases de datos a las que Ignition está conectado.

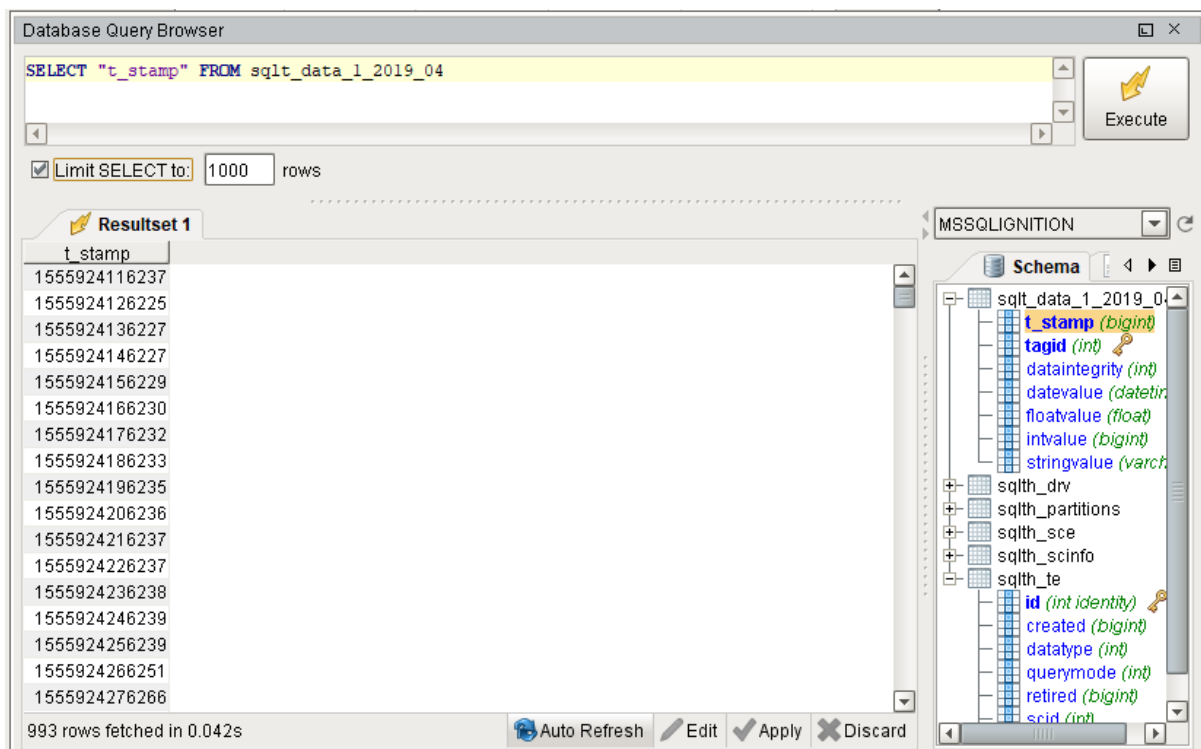


Figura 14: Vista del Data Base Query Browser

Una vez que tengamos una versión del proyecto que queramos desplegar solo tenemos que publicarla en la Gateway de Ignition y, una vez guardada, podemos lanzarla sin más problema.

Para monitorizar el estado del sistema que hemos explicado anteriormente hemos desarrollado una simple ventana donde aparecen los 3 TAGs que nos interesan del PLC:

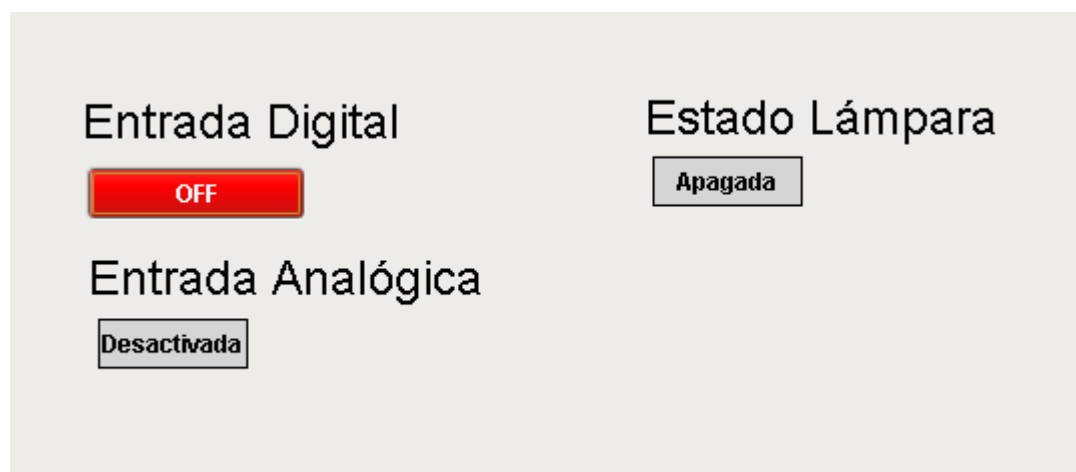
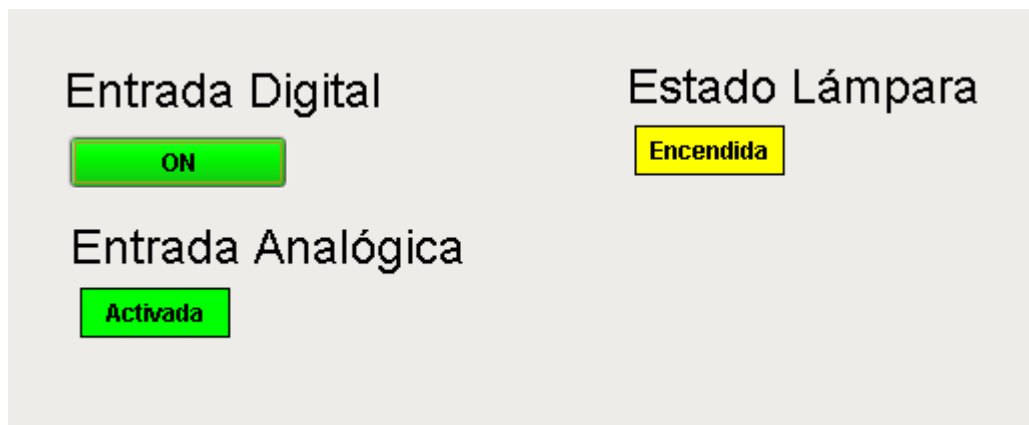


Figura 15: Aspecto de los TAGs monitorizados en estado apagado

Aquí podemos observar lo siguiente:

- Entrada Digital: Es un interruptor asociado a nuestro TAG “entrada digital 1” que es enviado por cable Ethernet.
- Entrada Analógica: Es un panel de estado que indica el estado de nuestro TAG “entrada analógica 1” (el interruptor conectado directamente al PLC). Es decir, se muestra cuando se ha activado este interruptor.
- Estado Lámpara: Al igual que el anterior es un panel de estado al que se le ha asociado el TAG “salida lámpara” y muestra si está en funcionamiento o no.



*Figura 16: Aspecto de los TAGs monitorizados en estado encendido*

Cuando algo se pone en funcionamiento, el panel se muestra como vemos en la Figura 16.

## 6.2. ALARMAS

El **sistema de alarmas**<sup>17</sup> es una herramienta central que nos proporciona la plataforma Ignition. Contiene la funcionalidad y la flexibilidad para configurar tus alertas, actualizar su estado, almacenarlas en el historial y desarrollar lógica sobre cómo, por qué y cuándo se notifican. También permite administrar para que usuarios se notifiquen y como: SMS, correo electrónico y/o notificaciones de voz.

Para configurar las alarmas lo primero que tenemos que hacer es ir al TAG sobre el cual queremos activarlo y le damos click derecho para editarlo.

Una vez se nos abra la ventana de edición, en las opciones de la derecha nos vamos a Alarming y añadimos una nueva.

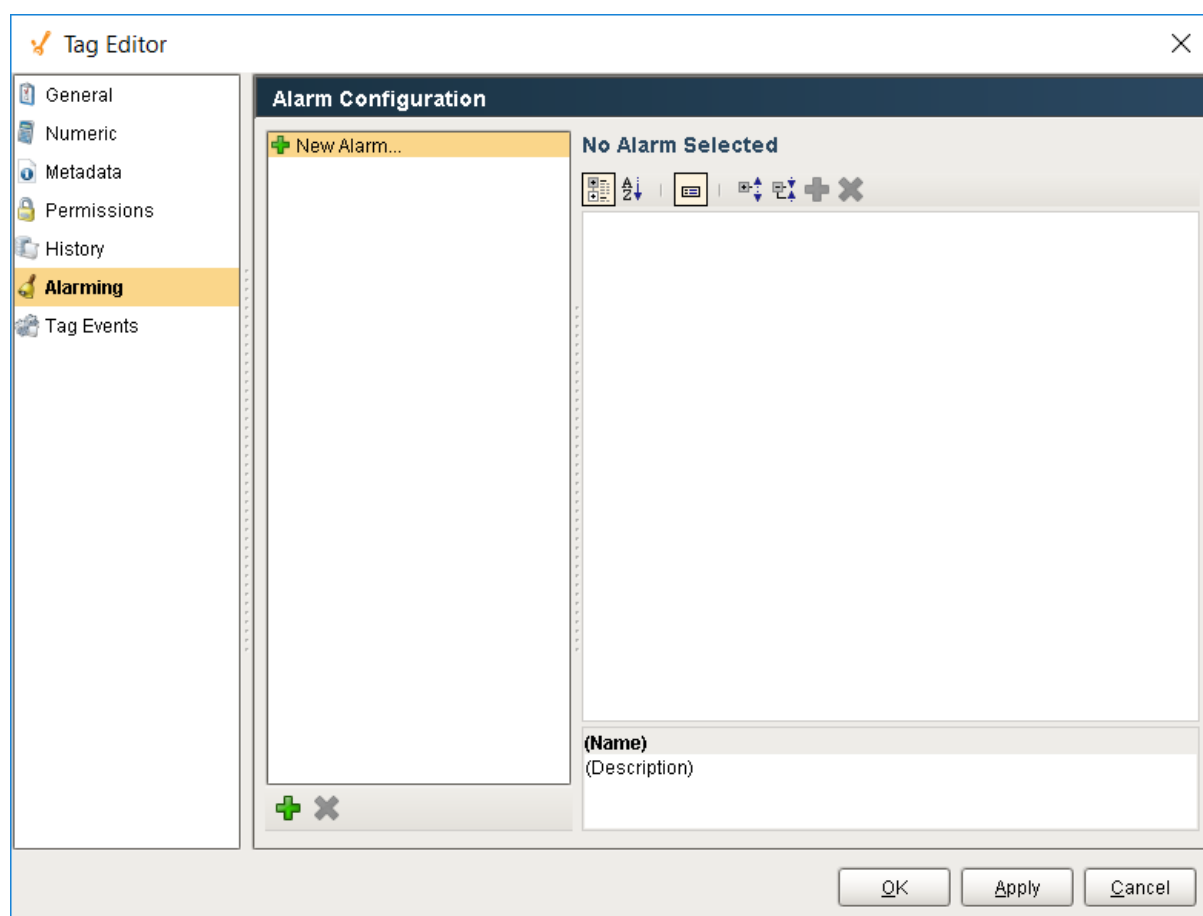


Figura 17: Vista de edición de las alarmas de un TAG en Ignition

A continuación, se nos muestran todas las opciones con las que podemos configurar nuestra alarma. La que se ha creado aquí se activa cuando la entrada analógica está activa durante más de tres segundos. La hemos configurado con una prioridad Media. También se pueden configurar el contenido del mensaje si se notifica por e-mail.



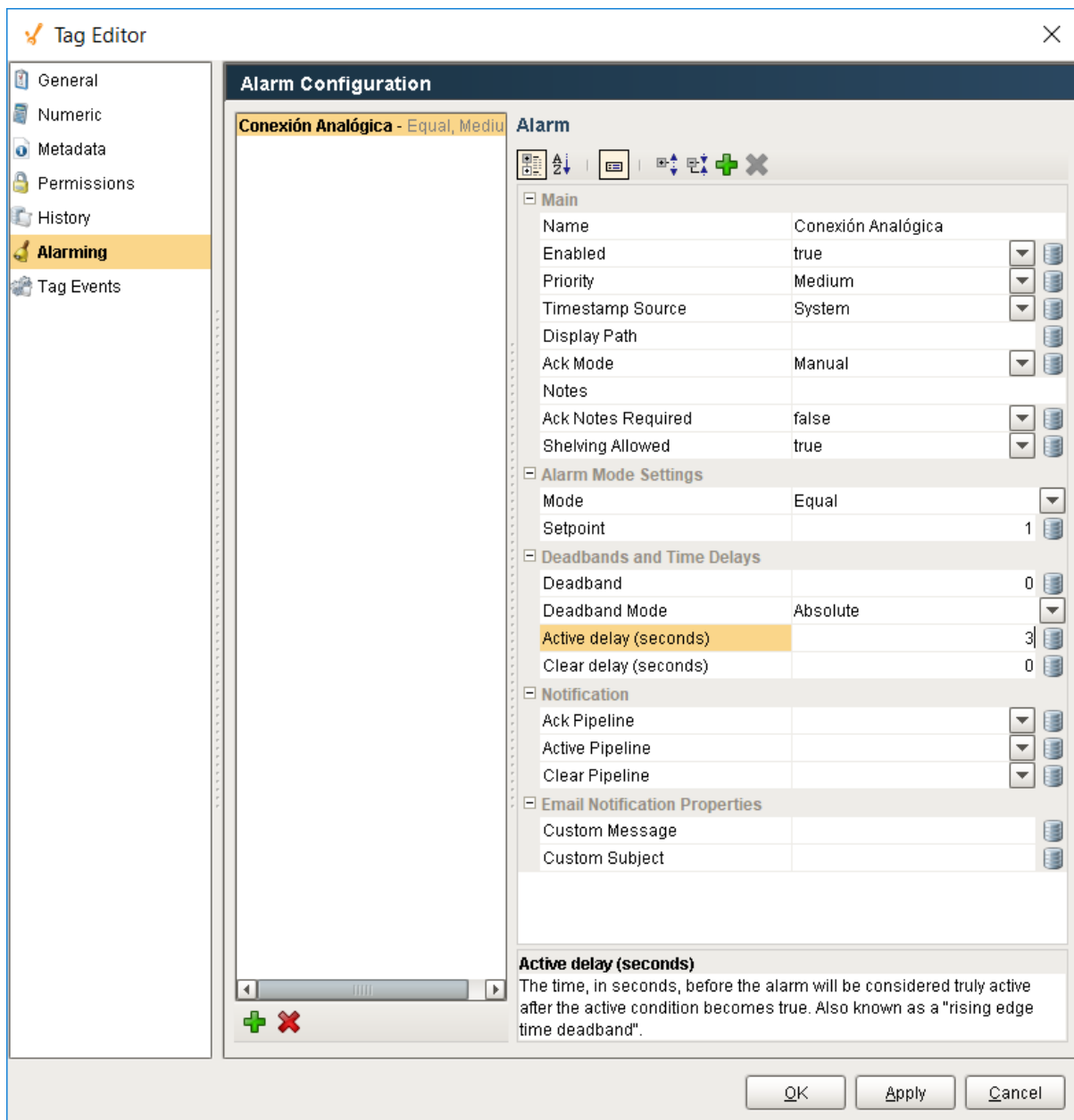
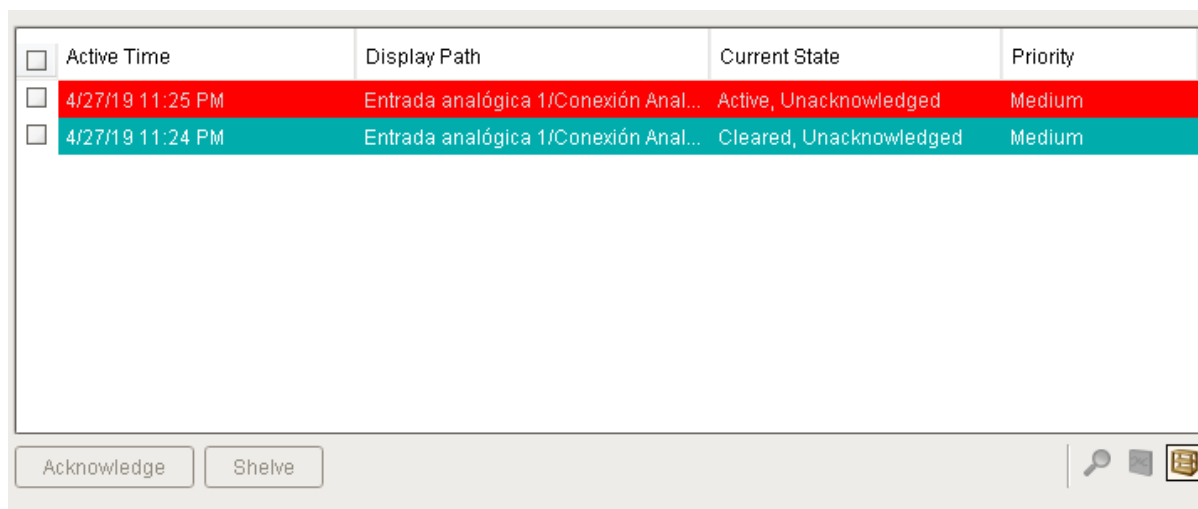


Figura 18: Vista de configuración de una alarma en Ignition

Una vez hecho esto ya tendríamos configurada nuestra alarma. Así se vería:



<input type="checkbox"/> Active Time	Display Path	Current State	Priority
<input type="checkbox"/> 4/27/19 11:25 PM	Entrada analógica 1/Conexión Anal...	Active, Unacknowledged	Medium
<input type="checkbox"/> 4/27/19 11:24 PM	Entrada analógica 1/Conexión Anal...	Cleared, Unacknowledged	Medium

Acknowledge Shelve

Figura 19: Vista de listado de alarmas en Ignition

### 6.3. HISTORIAN

**Tag Historian**<sup>18</sup> es una herramienta que nos ofrece Ignition para grabar en la base de datos los tags que queramos. Está basado en **Scan Class**<sup>19</sup>, que sirven para determinar la frecuencia con la que Ignition obtiene nuevos valores de un Tag. El *Scan Class* es totalmente configurable permitiendo crear el tuyo propio adaptado a las necesidades del proyecto pertinente, así, por ejemplo, puedes crear diferentes grupos y que los distintos Tags se vayan actualizando con distinta frecuencia. Sobre es útil para sistemas de altas prestaciones.

Los tags se almacenan automáticamente en la base de datos en una forma eficiente y está disponible a través de Scripting, Historical Bindings (consultas temporales a los tags) y Reporting. También se puede usar para arrastrar los tags en tablas y gráficas. Tag Historian te proporciona una gran flexibilidad en la forma en que se devuelven los datos almacenados en la base de datos.

Bien, la base de datos que vamos a utilizar para el Historian será la MSSQL, instalada anteriormente. Tendremos que crear una nueva base de datos y un usuario para esta. Lo más importante durante la creación es permitir al usuario la autenticación mediante *SQL Server authentication*, ya que también puedes entrar a la base de datos mediante un usuario de Windows que no permite la conexión de manera remota.

La información sobre los roles, los permisos que debe tener el usuario y la configuración de la base de datos se encuentra detallada en el blog <https://antirer.blogspot.com/2019/05/tag-historian.html>

Una vez tengamos nuestra base de datos y un usuario hay que conectarla a Ignition. Para las conexiones a la base de datos usa la API JDBC (*Java DataBase Connectivity*). La conexión es tan simple como rellenar un formulario.

Finalmente, comprobamos que la conexión se ha realizado y es válida. A partir de ahora el Historian queda activado, Ignition se encarga de la administración de las tablas necesarias para el funcionamiento de esta característica.

Todas las opciones del formulario, así como el proceso de conexión han sido igualmente descritas en la entrada de blog referida con anterioridad.

Ahora que lo tenemos todo configurado vamos a ver como se usa el Historian usando nuestro proyecto en Ignition Designer en el que vamos a guardar el histórico de un TAG. Para que un TAG sea capaz de guardarse en Historian debemos modificar sus propiedades y activar el almacenamiento en el History. Después seleccionamos en que base de datos queremos guardarlo y, con esto, nuestro TAG queda almacenado.

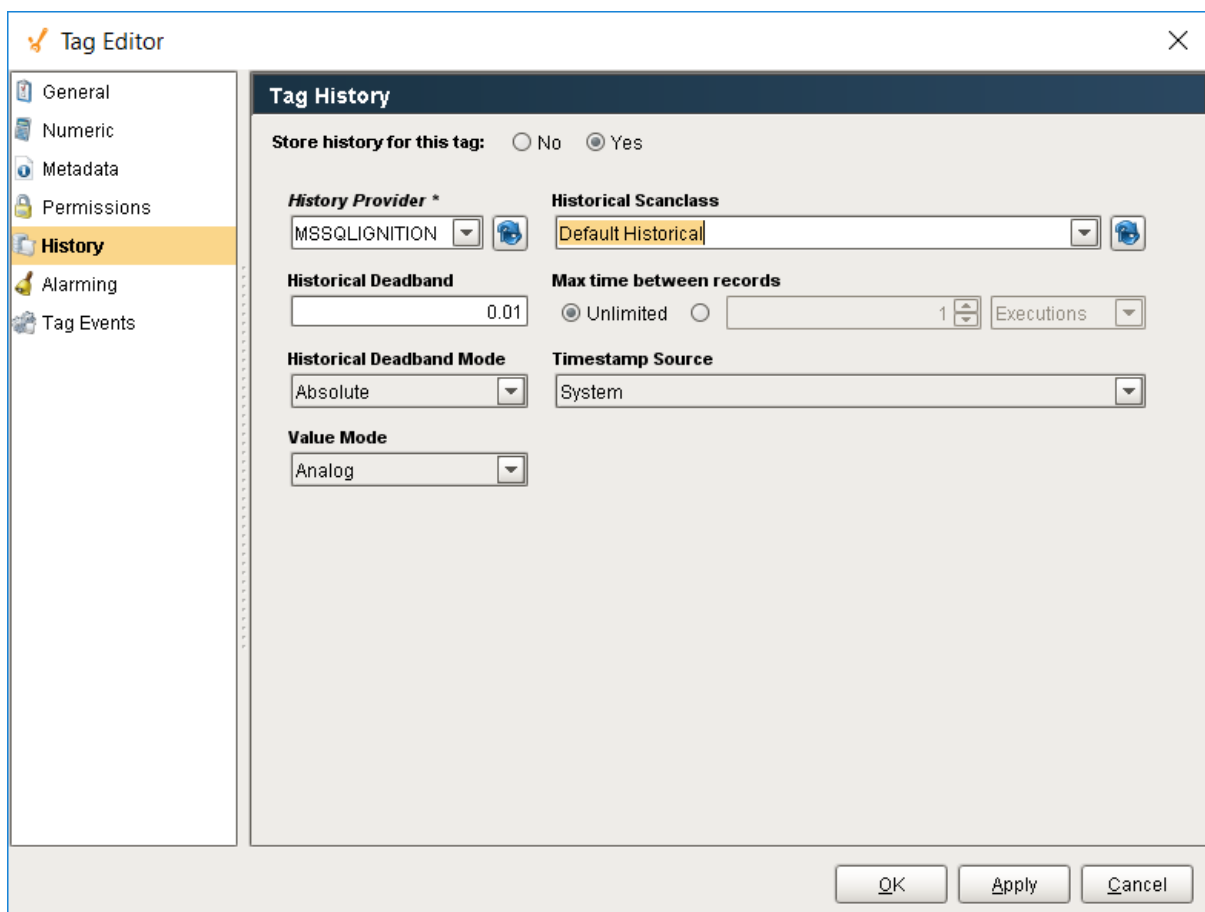


Figura 20: Vista de configuración del historial de un TAG en Historian

Para mostrar el funcionamiento de Historian vamos a crear una tabla y una gráfica que mostrarán en tiempo real los datos de nuestro TAG, que será el que muestra si la lámpara está en funcionamiento o no.

Para la gráfica se ha usado el componente *Easy Chart*. Se establece el tipo de la gráfica a tiempo real y configuramos los intervalos de los ejes. El resultado es el siguiente:

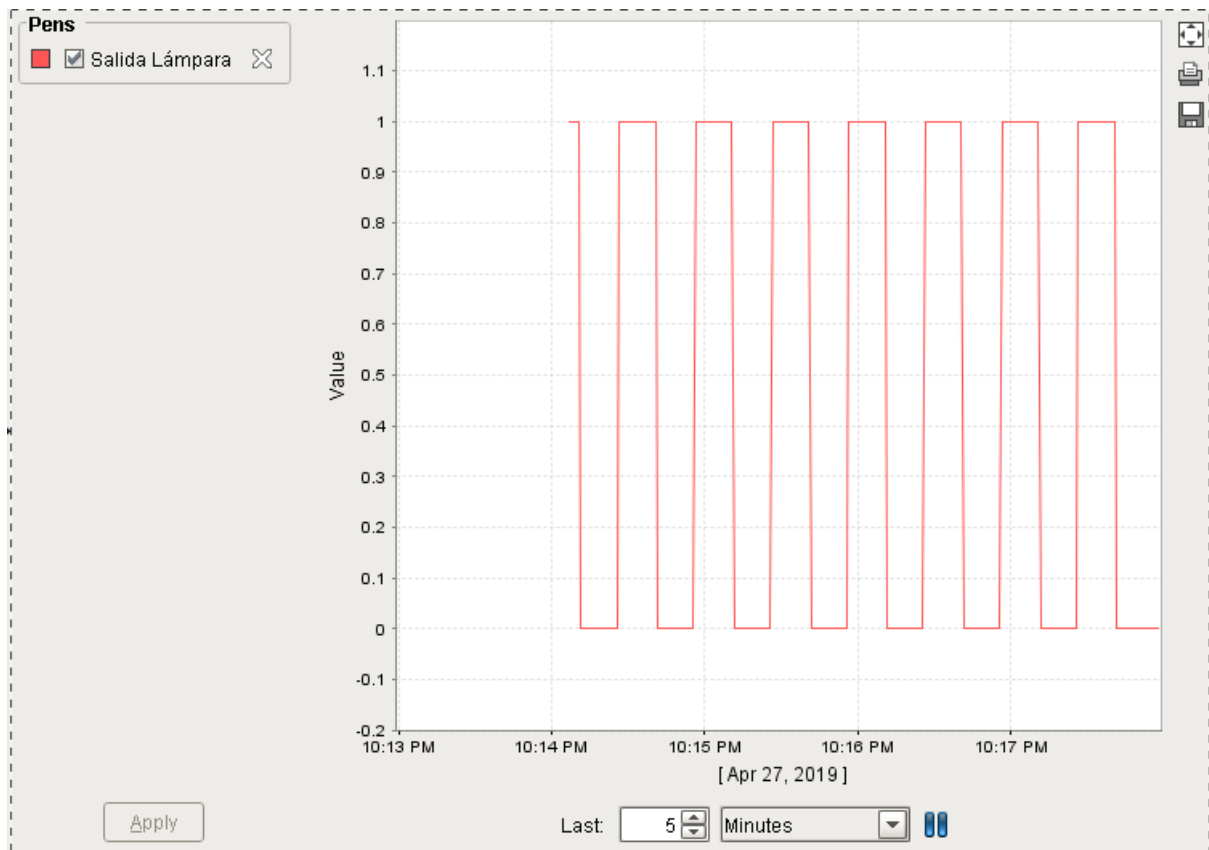


Figura 21: Gráfica del valor de un TAG en Historian con Easy Chart

Ahora vamos a proceder a hacer una tabla que contenga el estado de la lámpara y la hora y fecha en la que se produce una nueva entrada en Historian. Para ello, lo primero que hacemos es crear una tabla, tal y como creado el *Easy Chart*, arrastrando de la paleta de elementos y añadimos el TAG.

Después nos vamos al apartado de datos de las propiedades de la tabla. Una vez dentro seleccionamos el modo tiempo real y le asignamos una cantidad de tiempo. Este tiempo corresponde al número de datos que mostrará como máximo la tabla. Ahora le decimos el modo de agregación, en nuestro caso usaremos *closest value* debido a que es un booleano y no queremos que haga ningún tipo de aproximación. Por último, le decimos el *polling rate*, es decir, cada cuanto consultará en la base de datos para sacar nuevos valores.

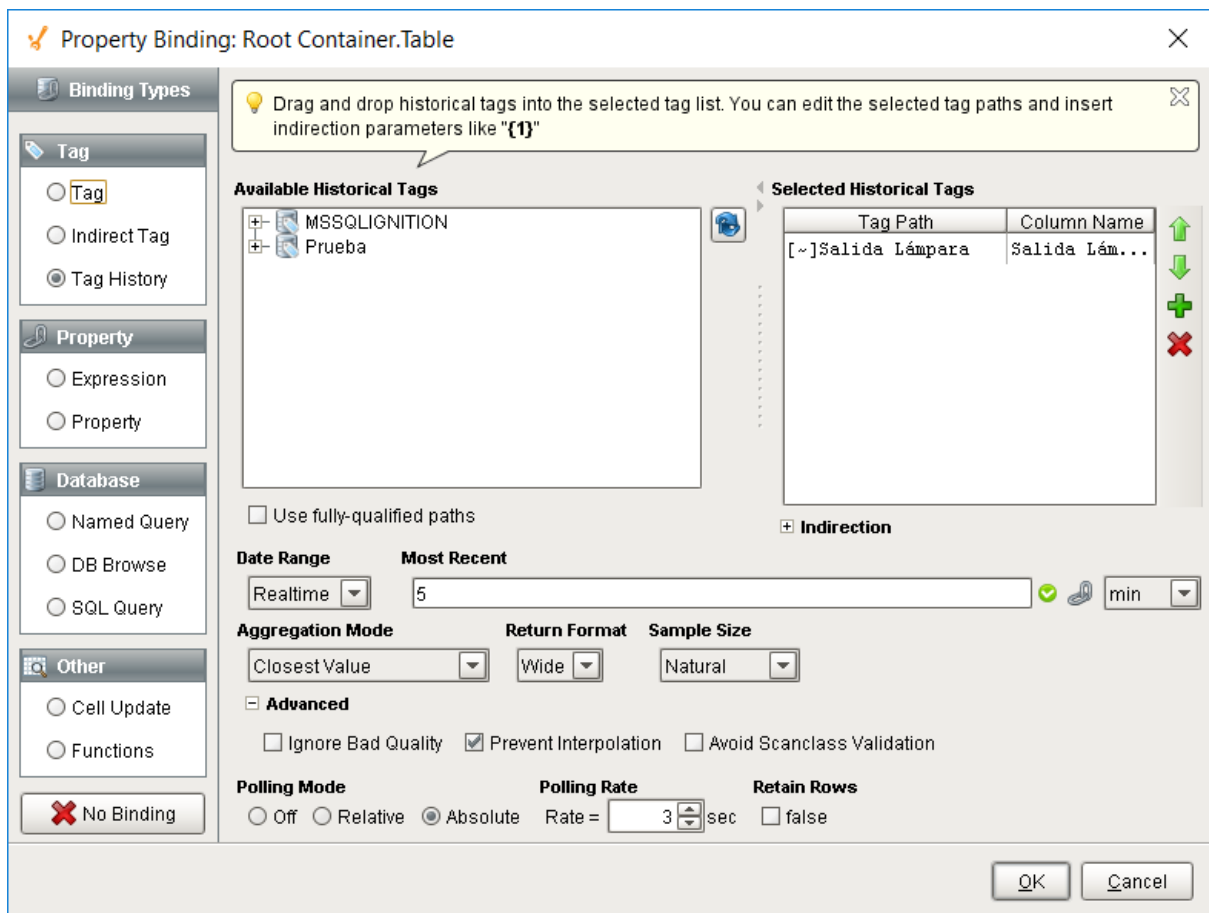


Figura 22: Vista de las propiedades de la tabla con el estado de nuestra lámpara

El aspecto final de la tabla es el siguiente:

t_stamp	Salida Lámpara
Apr 27, 2019 10:28 PM	1
Apr 27, 2019 10:28 PM	0
Apr 27, 2019 10:29 PM	1
Apr 27, 2019 10:29 PM	0
Apr 27, 2019 10:29 PM	1
Apr 27, 2019 10:29 PM	0
Apr 27, 2019 10:30 PM	1
Apr 27, 2019 10:30 PM	0
Apr 27, 2019 10:30 PM	1
Apr 27, 2019 10:30 PM	0

Figura 23: Detalle del contenido de la tabla asociada a la lámpara

Como hemos visto Tag Historian proporciona tanto a las gráficas como a las tablas una gran potencia, tanto de consultas como de personalización de las mismas. Además, a Parte de tener una gran potencia de personalización y gestión del espacio, es muy sencillo de usar por lo que no hace falta ser un experto en base de datos.

## 6.4. RESULTADOS Y VALIDACIÓN

Para integrar todo esto en el resultado final hemos usado uno de los *templates* que ofrece Ignition. Este proporciona identificación para los usuarios con las credenciales que tiene almacenados Ignition, gestión de dichos usuarios y una pantalla de bloqueo. A Parte, tendrá una zona donde se pueden visualizar las alarmas, y el panel de control que es donde se encontrará todos los TAGs, gráficas y tablas que hemos hecho.

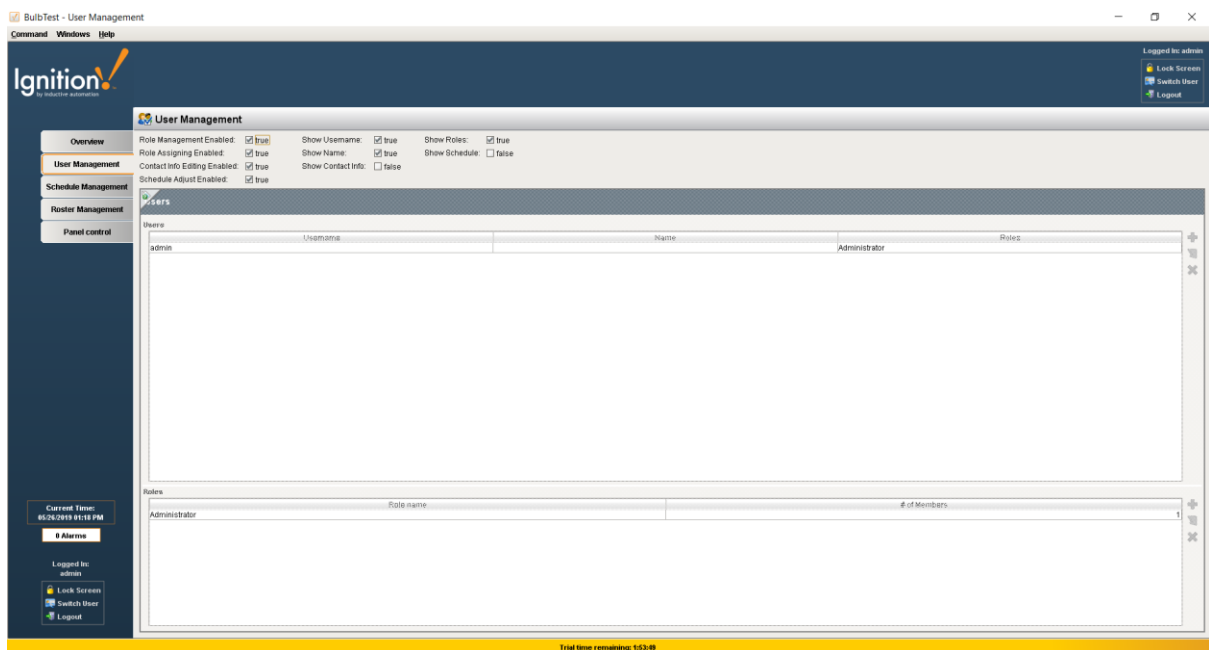


Figura 24: Vista para la gestión de usuarios

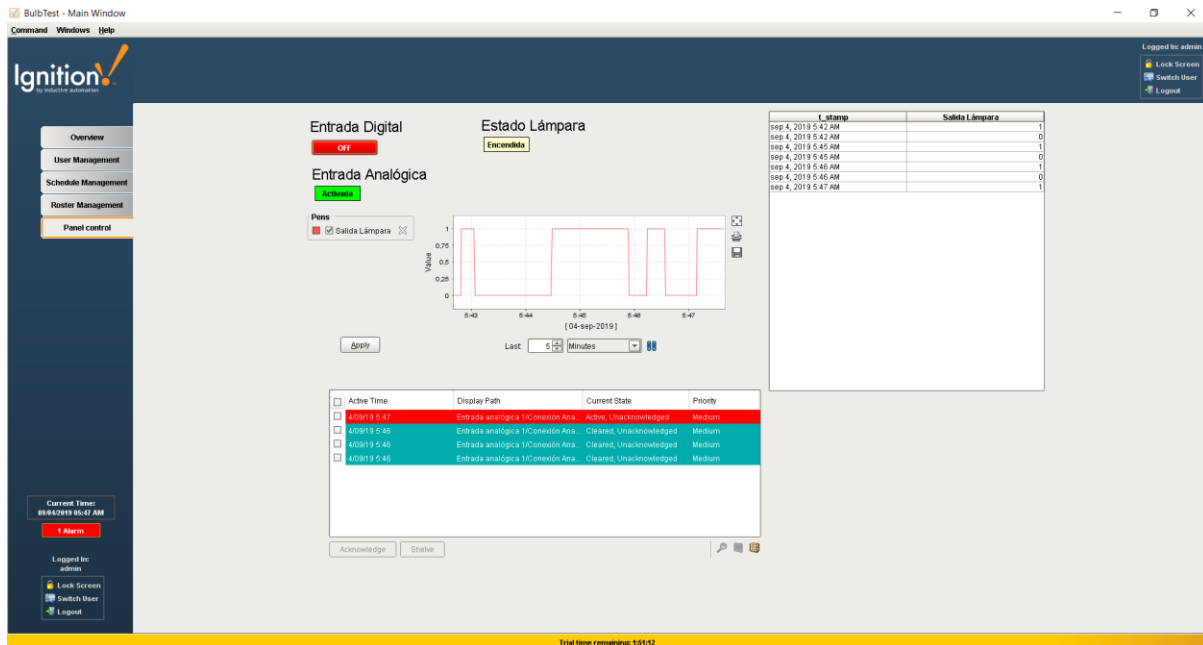


Figura 25: Ventana de panel de control

Ignition, con la idea de que esta interfaz se coloque en los paneles táctiles de las máquinas trae esta característica por defecto para todas las interfaces que creemos.

Con todo esto podemos ver cómo Ignition es una potente herramienta en la creación de sistemas SCADA/HMI. Nos permite controlar cualquier pequeño aspecto de todas las plantas y comunicarnos con cualquier PLC. Pero, sin embargo, su fuerte está en que en una sola licencia hay integradas numerosas herramientas, podemos ver que el uso de Ignition va desde la lectura y escritura de TAGs, pasando por la gestión de las bases de datos, hasta la creación de HMI/SCADA y reportes. Otras licencias como la de KepServer de KepWare solo permite la lectura y escritura de TAGs.

Cabe recordar que uno de los objetivos de esta Parte del proyecto era estudiar y comprender el funcionamiento de las plantas de una fábrica y ser capaces de replicar este entorno. En la réplica se pedía tener el mismo entorno de trabajo de la fábrica, lo cual se consiguió mediante la instalación de sus mismas herramientas. También se pedía programar el PLC y ser capaz de controlar algún elemento externo. Y por último se pidió crear un HMI/SCADA con el que controlar el PLC que se nos cedió. Cosa que se llevó a cabo con Ignition y Logo Comfort.

Finalmente, la guía se realizó y se publicó en el blog auxiliar que se ha estado usando de apoyo durante el TFG. En él se documenta todo el proceso y que servirá de apoyo también para la segunda Parte del proyecto.

## 7. CONCLUSIONES

---

A lo largo de este trabajo hemos visto cómo se consiguen los datos desde cada una de las máquinas de las líneas de producción y cómo la informática ayuda en el proceso industrial en la explotación de esos datos. Desde la conexión, a través de la red, de los PLCs, pasando por la creación de los OPCs para la comunicación entre softwares de distintos fabricantes, hasta finalmente los entornos de desarrollo de HMI/SCADA para la monitorización de manera remota de cada aspecto de la producción.

El proceso completo se documentó y redactó de manera que sirviera de guía fácil e intuitiva para otros usuarios que necesiten introducirse en el entramado de herramientas softwares que componen la parte más industrial de la informática. Esta guía se publicó mediante entradas en un blog que está de manera pública para su acceso mediante internet.

Todo este despliegue permite a empresas como EbroFoods disponer de fábricas en todo el mundo y saber qué es exactamente lo que ocurre en cada una. Antes de la Industria 4.0 los operarios de las máquinas eran los encargados de informar de todo lo que ocurría durante la producción. De esta forma en muchos casos se desconocía el tiempo exacto de *downtimes* de las máquinas, por qué se había perdido producción, si alguna de las líneas rendía menos que las demás. Con la llegada de todas estas soluciones esta información es extremadamente fácil de conseguir y no solo para una sola fábrica e *in situ* si no para todas las líneas, de todas tus fábricas y de manera totalmente remota.

Aunque a simple vista algo como un PLC parezca básico o contar cuántas cajas ha empaquetado una máquina, es la piedra angular desde la que Parte todo y donde se basan todas las plataformas para medir el rendimiento.

También pone de manifiesto la importancia de elegir una buena herramienta OPC-UA por que de ella dependen todas las conexiones y extracción de datos que se realiza en la fábrica. Por ello realizar una comparativa entre las opciones que se ofertan en el mercado es de suma importancia si se desea buscar la herramienta que más se adapta a las necesidades de la fábrica.

Además, la potencia de todo este entramado no queda solo en la monitorización de las fábricas. Con todos estos datos los sistemas de gestión empresarial, como SAP, pueden optimizar todos los aspectos de producción, hacerse cargo de los procesos que se están llevando en las fábricas, encargar las materias primas que hacen falta, gestionar los *downtimes* programados para mantenimiento.



# Trabajos futuros

A pesar de lo plasmado en este trabajo, debido al tiempo limitado y las dimensiones del proyecto, muchas de las ideas que queríamos desarrollar no han podido llevarse a cabo. Además, se ha comprimido todo lo aprendido durante el periodo de tiempo en el que el desarrollo se estaba llevando a cabo en vista de no alargar innecesariamente la longitud del TFG. Todo esto hace que haya ideas y proyectos que aún se pueden desarrollar y continuar.

Como objetivo de esta parte se tuvo la evaluación de un nuevo software OPC que supusiera una mejora respecto al usado por la empresa. Esta evaluación se hizo en un entorno similar al entorno de trabajo de la empresa. Los resultados fueron bastante positivos y se decidió que se adoptara Ignition como nuevo OPC.

Sin embargo, esta conversión no se puede llevar a cabo completamente debido a las dependencias de drivers. Ignition no posee drivers para todos los PLC de la empresa por lo que requiere el uso combinado de Ignition junto con el antiguo OPC KepWare.

Con vistas a un futuro se plantea una transición total a Ignition. Para esto es necesario el desarrollo de los drivers necesarios de los PLC usados por EbroFoods. Por contrapartida se podría llevar a cabo la actualización de los PLC por otros nuevos.

También se plantea la creación de un sistema HMI/SCADA que centralice el control y recogida de datos de todas las fábricas pertenecientes a la multinacional. Esto supondría una mejora en la gestión de las fábricas y en el tiempo de respuesta frente a errores.

Finalmente se busca enlazar esta parte a la segunda parte del proyecto para conseguir un análisis de los datos eficiente y controlado desde su obtención en planta hasta su tratamiento final en el área empresarial de la compañía.

# Anexos

## ANEXO 1. REUNIONES CON LA EMPRESA OBJETIVO COMÚN

Por Antonio Morales e Irene Béjar

Aquí se encuentran listadas las reuniones que fueron realizadas durante la primera parte del proyecto:

### 1<sup>st</sup> Meeting Notes

PROJECT IDENTIFICATION		
Project Name		
Data Reporting of Mii 15.2 based on SAP Business Objects		

MEETING DESCRIPTION		
Meeting Name		
First session: Knowing the Project Members And Explaining the Project		
Purpose		
Explain the project to J. Salvador Moral and Rosana Montes		
Date	Time	Location
20/11/2018	2 Hr.	ETSIIT Granada

MEETING PARTICIPANTS	
Facilitator	Recorder
<ul style="list-style-type: none"><li>J. Salvador Moral</li><li>Rosana Montes</li></ul>	J. Salvador Moral / Irene Béjar/ Rosana Montes
Attendees	Absent
<ul style="list-style-type: none"><li>Irene Béjar (T)</li><li>J. Salvador Moral (T)</li><li>Rosana Montes (T)</li><li>Antonio Morales (T)</li></ul>	
<i>P = Partial Assistance / T = Total Assistance / D = Distance Communication</i>	

## AGENDA/TOPICS COVERED

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Knowing each other	Rosana Montes
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ First Meeting with Salvador Moral</li><li>▪ Use Firebase to do a Cloud Based Web page.</li><li>▪ Explanation of the project and options that give Firebase</li></ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
Create a Web Page with the cloud DataBase and RealTime changes from Firebase	

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Explanation of the fabrics concepts	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Explanation of the inner organization of the Fabric</li><li>▪ Explanation of the control and Storage of data from the Fabric</li><li>▪ Explanation of the processing of the Fabric Data</li></ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
Define all the concepts for the TFG	

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Brainstorming	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Generation of Ideas to link the Fabric needs with the Tools from Firebase</li><li>▪ Select the Best Ideas</li></ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
Create A Report Page to control the downtimes and efficiency of the EbroFood Fabrics	

ACTION ITEMS		
Item	Responsibility	Date Due
Definition of concepts	Irene Béjar / Antonio Morales	
Study More Ideas for The Project Flow	Irene Béjar / Antonio Morales /J. Salvador Moral / Rosana Montes	
Documentation of progress	Irene Béjar / Antonio Morales	

## 2<sup>nd</sup> Meeting Notes

### PROJECT IDENTIFICATION

Project Name
Data Reporting of Mii 15.2 based on SAP Business Objects

### MEETING DESCRIPTION

Meeting Name		
Second session: Changes in the project		
Purpose		
Use the tools that SAP offers instead of the implementation in Firebase. The reason is to achieve a more scalable and general system.		
Date	Time	Location
12/02/2019	1 Hr.	ETSIIT Granada

### MEETING PARTICIPANTS

Facilitator	Recorder
<ul style="list-style-type: none"> <li>J. Salvador Moral</li> <li>Rosana Montes</li> </ul>	J. Salvador Moral / Irene Béjar/ Rosana Montes
Attendees	Absent
<ul style="list-style-type: none"> <li>Irene Béjar (T)</li> <li>J. Salvador Moral (T)</li> <li>Rosana Montes (T)</li> <li>Antonio Morales (T)</li> </ul>	
<i>P = Partial Assistance / T = Total Assistance / D = Distance Communication</i>	

### AGENDA/TOPICS COVERED

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Project Objective	J. Salvador Moral
General Information	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Use SAP tools (Business Object and SAP Mii) instead of a implementation based on Firebase in order to make the project more portable and more scalable.</li> <li>The objective now is do a design and development of a MES system based on a Ignition SAP Mii solution.</li> </ul>	
Key Decisions Made	
Change to work in Firebase to work in SAP tools (Business Object and SAP Mii)	

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Revision of OEE	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>OEE review and why is a important measure of manufacturing performance.</li> </ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
Pay special attention to this in the reports.	

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Business Object and SAP Mii Introduction	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>An introduction of the tools and how they work. Also a review of terminology usage in them.</li> </ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
Study Business Object manual related to schemes used in the reports.	

ACTION ITEMS		
Item	Responsibility	Date Due
Definition of important terms	Irene Béjar / Antonio Morales	
Study Business Object and SAP Mii manual	Irene Béjar / Antonio Morales	
Study of project viability	J. Salvador Moral	
Documentation of progress	Irene Béjar / Antonio Morales	

## ANEXO 2. REUNIONES CON LA EMPRESA OBJETIVO ESPECÍFICO

Por Antonio Morales e Irene Béjar

Aquí se listarán las reuniones que fueron realizadas durante la primera parte del proyecto:

### 3<sup>rd</sup> Meeting Notes

#### PROJECT IDENTIFICATION

**Project Name**

Data Reporting of Mii 15.2 based on SAP Business Objects

#### MEETING DESCRIPTION

**Meeting Name**

Third session: Concepts and setting remote communications

**Purpose**

Last review of dataflow from facility to ERP. PLCs, tags, OPC server, Ignition, SACADA/HMI applications, SAP PCo (bridge OPC-SAP), SAP Mii (MES layer) Business Objects (BO) as reporting tool and SAP ECC (ERP layer).

Requests for remote connection/work: VPN certificates, remote server and BO settings.

**Date**

25/02/2019

**Time**

1 Hr.

**Location**

Ebro Foods Granada

#### MEETING PARTICIPANTS

**Facilitator**

- J. Salvador Moral

**Recorder**

J. Salvador Moral / Irene Béjar

**Attendees**

- Irene Béjar (T)
- Carlos Bragado (P)
- J. Salvador Moral (T)
- Antonio Morales (T)
- Javier Polo (DP)

**Absent**

*P = Partial Assistance / T = Total Assistance / D = Distance Communication*

## AGENDA/TOPICS COVERED

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Last Review of dataflow	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabric dataflow explanation and software and process that are used.</li> </ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
N/A	

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Business Objects first approach	Carlos Bragado
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Explanation about how business object works and how you have to connect to the Server</li> </ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
The need of a VPN connection for remote work	

## ACTION ITEMS

Item	Responsibility	Date Due
Create VPN users for remote assistance	Carlos Bragado	
Install new server with BO tools	Carlos Bragado	
Mii data model: analysis of tables involved in OEE calculation	J. Salvador Moral / Javier Polo	15/03/2019
Documentation of progress	Irene Béjar / Antonio Morales	



## 6<sup>th</sup> Meeting Notes

### PROJECT IDENTIFICATION

#### Project Name

Data Reporting of Mii 15.2 based on SAP Business Objects

### MEETING DESCRIPTION

#### Meeting Name

Sixth session: Programming and Usage of a PLC with Ignition

#### Purpose

To know the software and how to use to program a PLC  
Use a OPC to control and retrieve information from a PLC

#### Date

08/04/2019

#### Time

2 Hr.

#### Location

Ebro Foods Granada

### MEETING PARTICIPANTS

#### Facilitator

- J. Salvador Moral

#### Recorder

J. Salvador Moral / Irene Béjar

#### Attendees

- Irene Béjar (T)
- J. Salvador Moral (T)
- Antonio Morales (T)

#### Absent

*P = Partial Assistance / T = Total Assistance / D = Distance Communication*

### AGENDA/TOPICS COVERED

#### Agenda Item

Knowing the concepts

#### Presenter/Facilitator

J. Salvador Moral

#### General Information

- Explain the related Concepts to Antonio Morales and Irene Bejar
- Explain the use of 2 OPCs and their connection

#### Key Decisions Made

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Connecting the PCL	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Connect The PLC to the Computer via Ethernet Cable</li> </ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Connect the 2 OPCs	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Install the drivers for the PLC</li> <li>▪ Connect the 2 OPCs</li> </ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
Use the Same versions as the used in the Offices	

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Create a test program for the PLC	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Create a test program for the PLC</li> </ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
Repeat the process in the project computers	

Agenda Item	Presenter/Facilitator
Create a Simple Control page for the PLC State with Ignition	J. Salvador Moral
<b>General Information</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Create a Simple Control page for of the PLC State with Ignition</li> <li>▪ Explain how to do an Historian of the PLC tags with Microsoft Server SQL</li> </ul>	
<b>Key Decisions Made</b>	
Install Microsoft Server SQL	

ACTION ITEMS		
Item	Responsibility	Date Due
Install Ignition and Document the process	Irene Béjar / Antonio Morales	22/04/2019
Install KepServer and Document the process	Irene Béjar / Antonio Morales	22/04/2019
Connect the OPCs in the project Computers	Irene Béjar / Antonio Morales	22/04/2019
Do a program for the PLC	Irene Béjar / Antonio Morales	22/04/2019
Do a Control page with Ignition	Irene Béjar / Antonio Morales	22/04/2019
Prepare the Windows Server Image	Carlos Moral	22/04/2019
Documentation of progress	Irene Béjar / Antonio Morales	

# Bibliografía

- Allen-Bradley. *Terminales Gráficos*. 2019. <https://ab.rockwellautomation.com/es/Graphic-Terminals>.
- Automation, Inductive. *Precios*. 2019. <https://inductiveautomation.com/pricing/ignition>.
- Cano Guerrero, Manuel. *IT/OT Convergencia*. 25 2 2018. [https://manuelguerrerocano.com/it\\_ot\\_convergencia/](https://manuelguerrerocano.com/it_ot_convergencia/).
- Cobo, Raúl. "El estándar para comunicaciones entre dispositivos y sistemas de control de procesos." *ElectroIndustria*, 2007.
- CopaData. *Interfaz hombre-máquina (HMI)*. 2019. <https://www.copadata.com/es/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>.
- Engineering, Solving Systems. *Diferencia entre SCADA y HMI*. 2017. <http://s2e.es/diferencia-entre-scada-y-hmi/>.
- IDboxRT. *SCADA*. 2019. <https://idboxrt.com/scada/>.
- Ignition. *Alarming*. Vers. 7.9. 2019. <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC79/Alarming>.
- . *Historian*. Vers. 7.9. 2019. <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC79/Historian>.
- . "Scan Class." Vers. 7.9. 2019. <https://docs.inductiveautomation.com/display/DOC79/Scan+Classes#ScanClasses-WhatisaScanClass?>
- Kepware. *Advanced TAGs*. 2019. <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/advanced-plug-ins/advanced-tags/>.
- KepWare. *KepServerEx Features*. 2019. <https://www.kepserverexopc.com/kepware-kepserverex-features/>.
- . *KEPServerEX server OPC UA*. 2019. [https://www.kepserverexopc.com/?gclid=Cj0KCQjwwODIBRDuARIsAMy\\_28XipUT0Hkz4\\_tKg1i7IUslPA89ontxl8r2KhMxDhQub3YhSuR99qVYaAkZsEALw\\_wcB](https://www.kepserverexopc.com/?gclid=Cj0KCQjwwODIBRDuARIsAMy_28XipUT0Hkz4_tKg1i7IUslPA89ontxl8r2KhMxDhQub3YhSuR99qVYaAkZsEALw_wcB).
- . *Precios*. 2019. <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/product-search/?productType=b6e969eb-5890-48e8-bd56-dd7f3a50e330>.
- Mandado Pérez, Enrique, Jorge Marcos Acevedo, and Celso Fernández Silva. *Autómatas programables y sistemas de automatización / PLC and Automation Systems*. Vol. PARTE 1 Fundamento de los Automatas Programables: 1. Introducción a los controladores Lógicos. Marcombo, 2009.
- Matrikon. *¿Qué es un Servidor OPC?* 2019. <https://www.matrikonopc.es/opc-servidor/index.aspx>.
- Oasys. *Qué son los sistemas SCADA y su importancia en la Industria 4.0*. 30 Marzo 2015. <https://oasys-sw.com/que-son-sistemas-scada-industria-40/>.
- Proface. "HMI Screen Editor & Logic Programming Software GP-Pro EX." Chap. 7.8. 2019.

- Rouse, Margaret. *Tools for IT Shops Seeking Full-Stack Control and Unified Operations*. Marzo 2016. <https://searchitoperations.techtarget.com/definition/IT-OT-convergence>.
- ScadaWorld. *Scada Table Specification*. 2010. <http://ws.linuxscada.info/index-sel-table.htm>.
- SIEMENS. *LOGO*. 2019. <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/logo-software/pages/default.aspx>.
- System, Outsourcing Automation. *INTEGRACIÓN OT E IT PARA UNA INDUSTRIA 4.0*. 9 Junio 2015. <https://oasys-sw.com/integracion-ot-e-it-para-una-industria-4-0/>.
- Wikipedia. *Controlador Lógico Programable*. 5 Agosto 2019. [https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_L%C3%B3gico\\_programable](https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_L%C3%B3gico_programable).
- . *Ignition SCADA*. 30 Junio 2019. [https://en.wikipedia.org/wiki/Ignition\\_SCADA#Modules](https://en.wikipedia.org/wiki/Ignition_SCADA#Modules).
- . *Object Linking Embedding*. 22 Julio 2019. [https://en.wikipedia.org/wiki/Object\\_Linking\\_and\\_Embedding](https://en.wikipedia.org/wiki/Object_Linking_and_Embedding).
- . *OPC*. 11 Julio 2019. <https://es.wikipedia.org/wiki/OPC>.
- . *Operational Technology*. 6 Junio 2019. [https://en.wikipedia.org/wiki/Operational\\_Technology](https://en.wikipedia.org/wiki/Operational_Technology).
- . *SCADA*. 30 7 2019. <https://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>.
- . *Tecnología de la Información*. 9 Agosto 2019. [https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%AD\\_a\\_de\\_la\\_informaci%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Tecnolog%C3%AD_a_de_la_informaci%C3%B3n).
- WonderWare. *¿Qué es SCADA? Supervisory Control and Data Acquisition*. n.d. <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-scada/>.
- . *In Touch*. 2019. <https://www.wonderware.es/HMI-SCADA/InTouch/>.
- . *Información General*. 2019. <https://www.wonderware.es/>.
- Wonderware. *Interfaz Hombre-Máquina (HMI)*. 2019. <https://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>.
- WonderWare. *Productos*. 2019. <https://www.wonderware.es/HMI-SCADA/Productos/>.
- . *Subscription Access*. 2019. <https://www.wonderware.com/de-de/subscription-access/>.
- . *WonderWare System Platform*. 2019. <https://www.wonderware.es/HMI-SCADA/System-Platform/>.

# Referencias

---

- <sup>1</sup> (Cano Guerrero 2018) (Rouse 2016) (System 2015) (Wikipedia, Tecnología de la Información 2019) (Wikipedia, Operational Technology 2019)
- <sup>2</sup> (Wikipedia, Controlador Lógico Programable 2019)
- <sup>3</sup> (Proface 2019)
- <sup>4</sup> (Wikipedia, OPC 2019) (Cobo 2007)
- <sup>5</sup> (Wikipedia, Object Linking Embedding 2019)
- <sup>6</sup> (Matrikon 2019)
- <sup>7</sup> (CopaData 2019) (Engineering 2017) (Wonderware 2019)
- <sup>8</sup> (Mandado Pérez, Marcos Acevedo y Fernández Silva 2009)
- <sup>9</sup> (Allen-Bradley 2019)
- <sup>10</sup> (IDboxRT 2019) (Oasys 2015) (WonderWare, ¿Qué es SCADA? Supervisory Control and Data Acquisition s.f.) (Wikipedia, SCADA 2019)
- <sup>11</sup> (SIEMENS 2019)
- <sup>12</sup> (ScadaWorld 2010)
- <sup>13</sup> (Automation 2019)
- <sup>14</sup> (WonderWare, WonderWare System Platform 2019) (WonderWare, Productos 2019) (WonderWare, Información General 2019) (WonderWare, In Touch 2019) (WonderWare, Subscription Access 2019)
- <sup>15</sup> (KepWare, KEPServerEX server OPC UA 2019) (KepWare, Precios 2019) (Kepware 2019) (KepWare, KepServerEx Features 2019)
- <sup>16</sup> (Wikipedia, Ignition SCADA 2019)
- <sup>17</sup> (Ignition, Alarming 2019)
- <sup>18</sup> (Ignition, Historian 2019)
- <sup>19</sup> (Ignition, Scan Class 2019)