

## **Máster Dual en Industria 4.0**

Universidad de Córdoba  
Instituto de Estudios de Posgrado

### **Trabajo Fin de Máster**

# **Adaptación de un Supermercado a la Industria 4.0**

**Autor: Cristian Cuesta Sánchez**

**Director: José Manuel Palomares Muñoz**

Córdoba, Julio de 2020



# **Trabajo Fin de Máster**

Adaptación de un Supermercado a la Industria 4.0

**Autor :** Cristian Cuesta Sánchez

**Tutor :** José Manuel Palomares Muñoz

La defensa del presente Trabajo Fin de Máster se realizó el día            de  
de 2020, siendo calificada por el siguiente tribunal:

**Presidente:**

**Secretario:**

**Vocal:**

**Suplente 1:**

**Suplente 2:**

y habiendo obtenido la siguiente calificación:

**Calificación:**

En Córdoba, a            de            de 2020



*Dedicado a  
mi familia / mi abuelo / mi abuela*



# Agradecimientos

Aquí vienen los agradecimientos... Aunque está bien acordarse de la pareja, no hay que olvidarse de dar las gracias a tu madre, que aunque a veces no lo parezca disfrutará tanto de tus logros como tú... Además, la pareja quizás no sea para siempre, pero tu madre sí.





# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>I</b>
<b>Abstract</b>	<b>III</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>IV</b>
<b>Introducción, Objetivos, Metodología y Planificación</b>	<b>1</b>
1.    Objetivos . . . . .	3
2.    Metodología de trabajo . . . . .	3
3.    Estructura de la memoria . . . . .	4
<b>1. Estado del arte</b>	<b>7</b>
1.1. iPro y su pantalla . . . . .	8
1.1.1. Programación iPro . . . . .	10
1.1.2. Configuración de la pantalla . . . . .	10
<b>2. Desarrollo del proyecto</b>	<b>11</b>
2.1. Programación iPro . . . . .	11
2.2. Diseño Pantalla para el control . . . . .	11
2.3. Elaboración de librerías en Kiconex . . . . .	11
2.4. Programación dispositivo wireless . . . . .	12
<b>3. Pruebas y Resultados</b>	<b>13</b>
<b>4. Puesta en marcha</b>	<b>15</b>
<b>5. Conclusiones y Trabajos Futuros</b>	<b>17</b>



# Resumen

Ha de constar de tres o cuatro párrafos, donde se presente de manera clara y concisa de qué va el proyecto. Han de quedar respondidas las siguientes preguntas:

- ¿De qué va este proyecto? ¿Cuál es su objetivo principal?
- ¿Cómo se ha realizado? ¿Qué tecnologías están involucradas?
- ¿En qué contexto se ha realizado el proyecto? ¿Es un proyecto dentro de un marco general?

Lo mejor es escribir el resumen al final.



# Abstract

Here comes a translation of the “Resumen” into English. Please, double check it for correct grammar and spelling. As it is the translation of the “Resumen”, which is supposed to be written at the end, this as well should be filled out just before submitting.



# Índice de figuras

1.	Página con enlaces a hilos . . . . .	6
1.1.	Plano de equipos del supermercado . . . . .	7
1.2.	Plano de equipos del supermercado . . . . .	9





# Introducción, Objetivos, Metodología y Planificación

El término Industria 4.0 implica la innovación a través de los nuevos conceptos tecnológicos como son el IoT (Internet of Things), el Big Data, Machine Learning, etc. Se trata de buscar lo que busca cualquier empresa: reducir costes e incrementar beneficios. Es por ello que cualquier empresa que no entienda este concepto, corre el riesgo de perder su cuota de mercado en un mundo tan competitivo.

La recolección de datos en la industria, y en concreto en el sector de la refrigeración, supone, en la mayoría de casos, comunicarse con PLCs que emplean el estándar Modbus. Para ello, son cada vez más las empresas que crean sistemas gateway que traduzcan la información que viaja a través de Modbus, a un protocolo más rápido, innovador y propio de la Industria 4.0, en la mayoría de casos para intercambiar información con la nube. Es así como surgen productos y servicios completamente nuevos, como es el caso de Kiconex<sup>1</sup>.

Kiconex es un grupo de ingenieros que busca aplicar esos nuevos conceptos de la Industria 4.0 a los equipos de climatización y refrigeración, mediante un sistema de monitorización, supervisión y control. Un sistema de este tipo permite la adquisición de datos de los equipos comercializados, mediante cuyo análisis se puede estudiar el comportamiento de los mismos ante distintos ambientes y crear modelos predictivos, así como proporcionar un soporte técnico rápido y eficaz a los clientes. A esto hay que añadir la comodidad y tranquilidad del cliente, que desde la palma de su mano y desde cualquier parte del mundo, puede comprobar que sus instalaciones están funcionando correctamente, en tiempo real y sin necesidad de una supervisión presencial de las mismas.

---

<sup>1</sup><https://app.kiconex.com/>

Para todo ello, Kiconex dispone de distintas opciones hardware<sup>II</sup> que se conectan a una instalación con un controlador previamente instalado e intercambian información con sus registros. La información recogida es enviada a un servidor en la nube y puede ser visualizada en una plataforma web<sup>III</sup>. Para realizar esta operación, el hardware dispone de puertos para la conexión de equipos de climatización y refrigeración mediante el estándar industrial Modbus<sup>IV</sup>. Para ello, el software ha sido diseñado para poder transmitir todos los datos obtenidos por Modbus TCP o RTU a través de TCP-IP.

En estas situaciones se tiene muy en cuenta el concepto inglés retrofit, que consiste en la adaptación de la maquinaria ya existente a las nuevas tecnologías, sin modificar lo que ya hay o con unos mínimos cambios. Esto, en el entorno en que se mueve Kiconex, supone acceder a máquinas en muchas ocasiones aisladas, a las que el tendido de cableado hace que el proceso sea difícil o impracticable. Es por ello, por lo que se necesita desarrollar un nuevo dispositivo que permita mejorar las máquinas a través de una comunicación Modbus inalámbrica.

Parte del contenido del proyecto que en este documento se desarrolla, es precisamente el diseño de un equipo wireless cuya aplicación concreta será la de dotar de conectividad inalámbrica a una serie de equipos frigoríficos de un supermercado. Las aplicaciones de un sistema de este tipo son múltiples, dada la facilidad con la que se podrían conectar equipos distribuidos, ampliando el alcance a esas zonas aisladas que se mencionan anteriormente. Un sistema inalámbrico supone una instalación rápida, limpia y económica, téngase en cuenta lo que supondría establecer comunicaciones por cable con, por ejemplo, unas islas frigoríficas situadas en la parte central de un supermercado. Significaría dismantelar dicho supermercado para la instalación de los canales y cables necesarios, implicando mayor mano de obra y posiblemente horas de cierre del establecimiento para poder realizar las labores necesarias.

El resto del proyecto desarrollado está compuesto de la parte de climatización del supermercado, del diseño de todas las comunicaciones y su integración con la plataforma IoT de Kiconex. Aquí es donde entra en juego Kicontrol, otro servicio que da Kiconex para aquellos clientes que prefieren un control diseñado a medida para su instalación, con el añadido de que ese control va acompañado de un dispositivo Kiconex que lo conecta con la nube. En el supermercado que se trata, las Unidades de Tratamiento de Aire (en adelante UTAs) son nuevas pero

---

<sup>II</sup><https://www.kiconex.com/producto/>

<sup>III</sup><https://app.kiconex.com/>

<sup>IV</sup><http://www.modbus.org/>

carecen de controlador, por lo que se aprovechará el diseño de un control nuevo y a medida para facilitar su posterior implantación en la red de Kiconex.

## 1. Objetivos

El objetivo de este proyecto es la implantación de una red IoT para la climatización y refrigeración de un supermercado, usando la plataforma Kiconex.

El objetivo principal puede dividirse en los siguientes subobjetivos:

1. Realizar un análisis de todos los puntos a tener en cuenta en la implantación del sistema.
2. Programación de un controlador para una o varias UTAs.
3. Elaboración de las librerías necesarias para la integración de todos los elementos en Kiconex.
4. Desarrollo de un nuevo sistema de comunicación inalámbrico vía WiFi.
5. Integración de todos los elementos del sistema.

## 2. Metodología de trabajo

Para alcanzar los objetivos planteados se ha seguido la siguiente metodología de trabajo:

1. Analizar cada uno de los componentes del supermercado, los controles empleados, como se comunicarán entre ellos, y qué es necesario para diseñar todo el sistema y sus componentes.
2. Estudio del funcionamiento del control programable iPro<sup>v</sup>, de Dixell<sup>vi</sup>.
3. Estudiar el funcionamiento del software necesario para la programación del iPro y su pantalla (ISaGRAF y Visoprogram).

---

<sup>v</sup><https://climate.emerson.com/documents/ipro-series-en-4923358.pdf>

<sup>vi</sup><https://climate.emerson.com/es-es/brands/dixell>

4. Desarrollo de las librerías necesarias para integrar cada uno de los controladores programables en la red de Kiconex<sup>VII</sup>.
5. Diseño completo de un dispositivo de comunicación inalámbrica basado en ESP32, con un sistema que facilite su configuración e implantación por parte de los instaladores.
6. Pruebas de funcionamiento de los nuevos desarrollos realizados, resultados y conclusiones.
7. Integración de los elementos y puesta en marcha.
8. Documentar todo el proyecto realizado.

### 3. Estructura de la memoria

Para la documentación del proyecto, la memoria se ha organizado en los siguiente capítulos:

- **Capítulo 1. Estado del Arte:** Se describe el estado del arte de cada parte del proyecto y los elementos necesarios para llevarla a cabo.
  - **1. Kiconex:** Se explica cómo se estructura una red con Kiconex.
  - **2. iPro y Pantalla:** Se presenta el software usado para la programación del control y la pantalla de visualización, además de las librerías y códigos de los que se parte.
  - **3. ESP32-PoE:** Se presenta el hardware empleado para la programación del dispositivo kiconex wireless, así como las librerías que han ayudado a su desarrollo.
- **Capítulo 2. Desarrollo del proyecto:** En este capítulo se desarrolla el proyecto de forma estructurada:
  - **1. Programación iPro.**
  - **2. Diseño Pantalla para el control.**
  - **3. Elaboración de librerías en Kiconex.**
  - **4. Programación dispositivo wireless.**

---

<sup>VII</sup><https://www.kiconex.com/que-es-kiconex/>

- **Capítulo 3. Pruebas y resultados:** Se describen las pruebas realizadas para verificar el correcto funcionamiento del control de la UTA y del dispositivo inalámbrico. También se comentan los resultados obtenidos.
- **Capítulo 4. Puesta en marcha:** Se describe el modo de instalación, la comunicación e integración de cada elemento y el resultado final.
- **Capítulo 5. Conclusiones y Trabajos Futuros:** Se indican las conclusiones extraídas del trabajo realizado, aportando nuevas y posibles líneas de desarrollo.

Recomiendo leer los consejos prácticos sobre escribir documentos científicos en  $\text{\LaTeX}$  de Diomidis Spinellis<sup>VIII</sup>.

Lee sobre el uso de las comas<sup>IX</sup>. Las comas en español no se ponen al tuntún. Y nunca, nunca entre el objeto y el predicado (p.ej. en “Yo, hago el TFG” sobre la coma).

A continuación, viene una figura, la Figura 1. Observarás que el texto dentro de la referencia es el identificador de la figura (que se corresponden con el “label” dentro de la misma). También habrás tomado nota de cómo se ponen las “comillas dobles” para que se muestren correctamente. Nota que hay unas comillas de inicio (“) y otras de cierre (”), y que son diferentes. Volviendo a las referencias, nota que al compilar, la primera vez se crea un diccionario con las referencias, y en la segunda compilación se “rellenan” estas referencias. Por eso hay que compilar dos veces tu memoria. Si no, no se crearán las referencias.

A continuación un bloque “verbatim”, que se utiliza para mostrar texto tal cual. Se puede utilizar para ofrecer el contenido de correos electrónicos, código, entre otras cosas.

---

<sup>VIII</sup><https://github.com/dspinellis/latex-advice>

<sup>IX</sup><http://narrativabreve.com/2015/02/opiniones-de-un-corrector-de-estilo-11-recetas-par>  
html

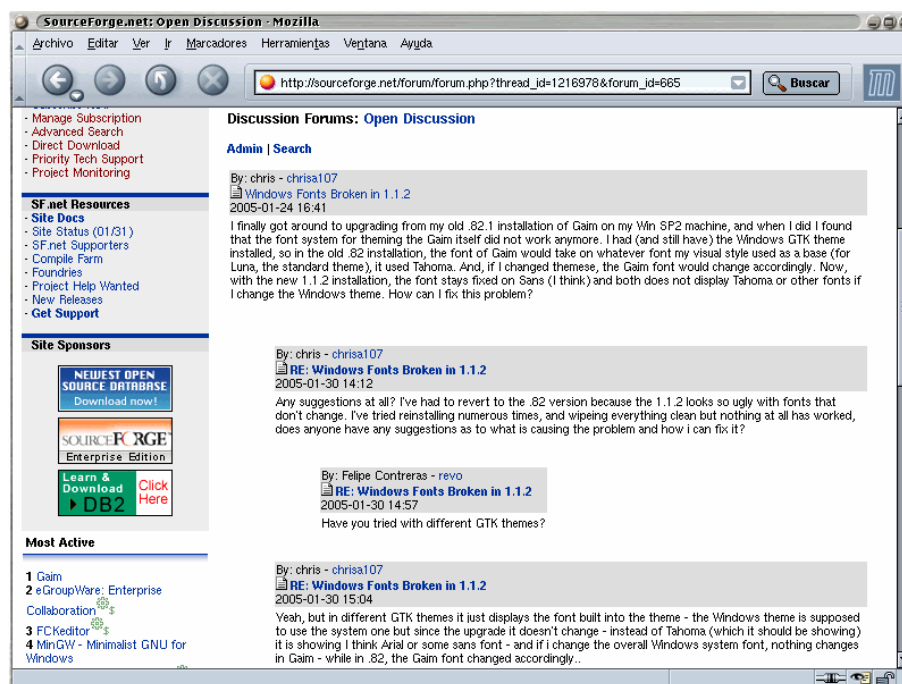


Figura 1: Página con enlaces a hilos

# Capítulo 1

## Estado del arte

El presente proyecto parte de un pedido realizado por un cliente que pretende comunicar con Kiconex los distintos equipos de un supermercado: muebles frigoríficos y máquinas de climatización. La mayoría de estos equipos dispone de un controlador propio, sin embargo, en el caso de la climatización, ha solicitado el diseño de un control a medida para el funcionamiento de una UTA. La instalación cuenta con los elementos de la Figura 1.2:

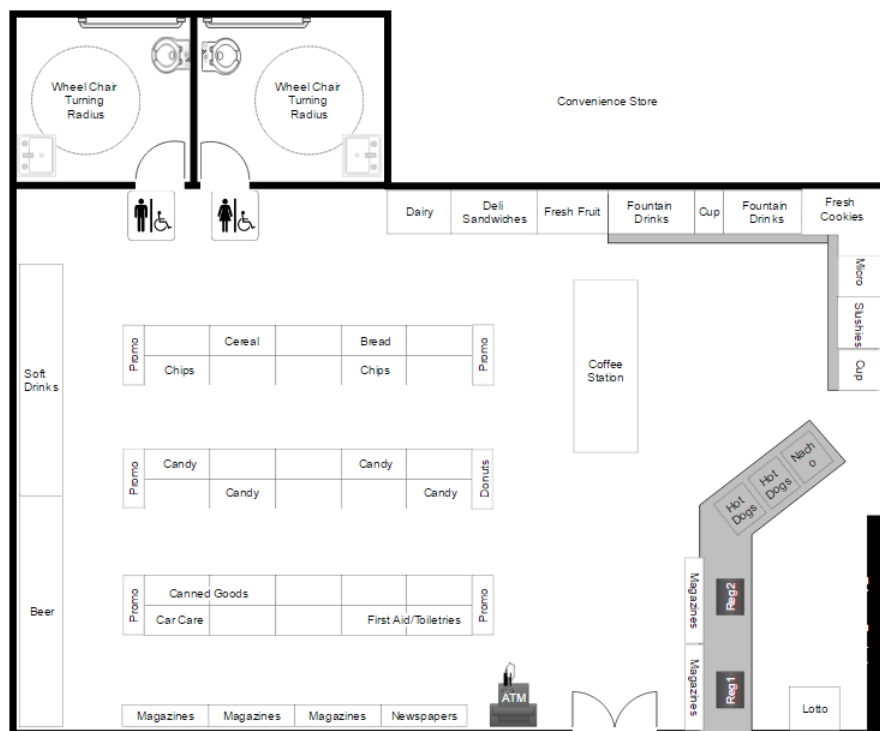


Figura 1.1: Plano de equipos del supermercado

1. Elemento 1.
2. Elemento 2.
3. Elemento 3.
4. Elemento 4.
5. Elemento 5.

Kiconex emplea en sus desarrollos controladores de Dixell<sup>I</sup>, en concreto los modelos IPG...etc de iPro<sup>II</sup>. El modelo a emplear dependerá de las especificaciones de entradas y salidas de la UTA que aparece en la Figura 1.2. A continuación, en el apartado 1 de este capítulo se describe el software necesario para la programación de un control de este tipo.

El dispositivo inalámbrico a diseñar, mencionado en el apartado de introducción anterior comunicará los equipos centrales del supermercado, es decir, murales de charcutería...etc. El hardware empleado, descrito en el apartado 3 de este capítulo, se basa en el chip ESP32<sup>III</sup>. Para entender el papel de este dispositivo en la red, es necesario conocer el funcionamiento de una instalación desde el punto de vista de Kiconex, atendiendo a cómo se integra cada elemento. El apartado 2 de este capítulo se dedica por completo a describir la estructura de un sistema basado en Kiconex.

## 1.1. iPro y su pantalla

iPro (Figura ??) es la gama de controladores programables ofrecida por Dixell. La gama consta de controladores programables, ampliaciones de E/S, controladores para válvulas electrónicas e interfaces gráficas adaptadas para cubrir cualquier tipo de aplicación en el sector del aire acondicionado, el sector de la refrigeración y cualquier área relativa. Algunas de sus especificaciones son:

- Alimentación a 24Vac/dc.
- Microprocesador ARM9 de 32 bits (200MHz).

---

<sup>I</sup><https://climate.emerson.com/es-es/brands/dixell>

<sup>II</sup><https://climate.emerson.com/documents/ipro-series-en-4923358.pdf>

<sup>III</sup><https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32/overview>



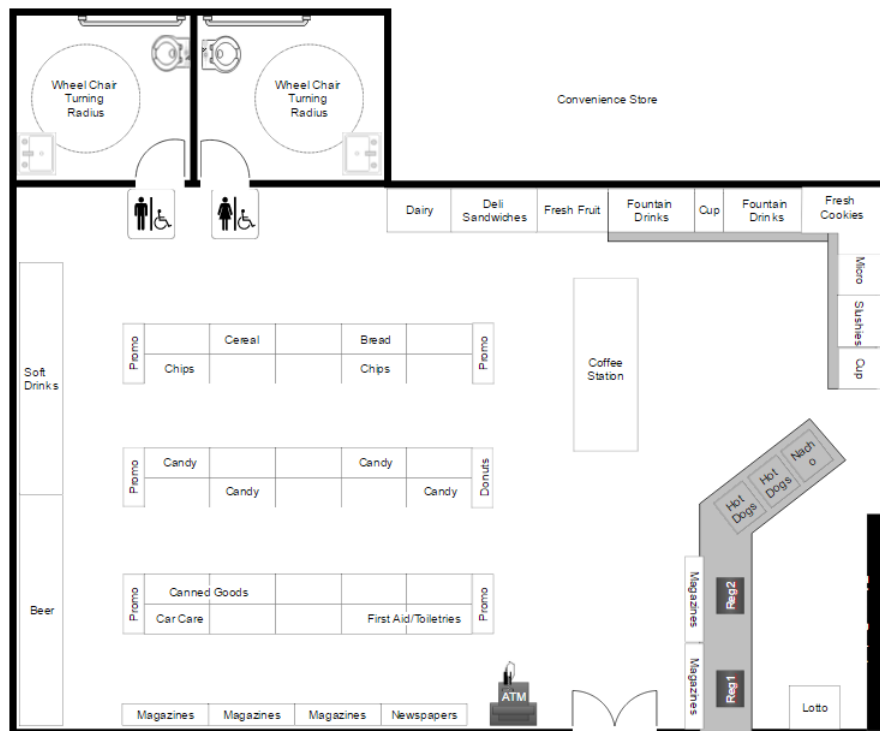


Figura 1.2: Plano de equipos del supermercado

- El programa y los parámetros se almacenan en una memoria flash permanente. No se pierden datos en caso de fallo de alimentación.
- Servidor web interno.
- Hasta 80 Mb de memoria flash, dependiendo del modelo.
- Entradas y salidas completamente configurables.
- Conexiones:
  - Puerto Ethernet.
  - Puerto USB.
  - Conexión dedicada para un display LCD.
  - CANBus.
  - RS485 Master.
  - RS485 Slave.

Los modelos se diferencian en el tamaño (10 DIN o 4 DIN) y en el número de entradas y salidas (analógicas y digitales). La Tabla 1.1 recoge las especificaciones de los modelos empleados por Kiconex.

	Controlador		Módulo de Expansión	
	IPG208	IPG215	IPX208	IPX215
<b>Entradas analógicas</b>	5	10	5	10
<b>Salidas analógicas</b>	2	6	2	6
<b>Entradas digitales</b>	10	20	10	20
<b>Salidas digitales (Relés)</b>	8	15	8	15

Tabla 1.1: Especificaciones de E/S para distintos modelos de iPro.

Dixell dispone de muchos modelos de displays compatibles con el iPro ...etc.

### **1.1.1. Programación iPro**

Para la programación del iPro se emplea un software

### **1.1.2. Configuración de la pantalla**

Para la configuración de la pantalla, se emplea Visoprog, un software ofrecido por la misma marca Dixell.

## Capítulo 2

# Desarrollo del proyecto

indican las conclusiones generales obtenidas a partir del estudio realizado, se proponen líneas de trabajo futuro, y se indican las publicaciones asociadas al trabajo realizado en este TFM.

### 2.1. Programación iPro

indican las conclusiones generales obtenidas a partir del estudio realizado, se proponen líneas de trabajo futuro, y se indican las publicaciones asociadas al trabajo realizado en este TFM.

### 2.2. Diseño Pantalla para el control

indican las conclusiones generales obtenidas a partir del estudio realizado, se proponen líneas de trabajo futuro, y se indican las publicaciones asociadas al trabajo realizado en este TFM.

### 2.3. Elaboración de librerías en Kiconex

indican las conclusiones generales obtenidas a partir del estudio realizado, se proponen líneas de trabajo futuro, y se indican las publicaciones asociadas al trabajo realizado en este TFM.

## **2.4. Programación dispositivo wireless**

indican las conclusiones generales obtenidas a partir del estudio realizado, se proponen líneas de trabajo futuro, y se indican las publicaciones asociadas al trabajo realizado en este TFM.

## Capítulo 3

# Pruebas y Resultados

indican las conclusiones generales obtenidas a partir del estudio realizado, se proponen líneas de trabajo futuro, y se indican las publicaciones asociadas al trabajo realizado en este TFM.



## Capítulo 4

### Puesta en marcha

indican las conclusiones generales obtenidas a partir del estudio realizado, se proponen líneas de trabajo futuro, y se indican las publicaciones asociadas al trabajo realizado en este TFM.





## Capítulo 5

# Conclusiones y Trabajos Futuros

indican las conclusiones generales obtenidas a partir del estudio realizado, se proponen líneas de trabajo futuro, y se indican las publicaciones asociadas al trabajo realizado en este TFM.

