

GRADO DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA
INDRUSTRIAL

TRABAJO FIN DE GRADO

***ADQUISICIÓN DE DATOS DESDE
PLATAFORMA IOT2040. PROTOCOLOS
S7 Y TCP/IP***

Alumno: ORTEGA FERNÁNDEZ, SERGIO

Director: ORIVE REVILLAS, DARÍO

Codirector: CASQUERO OYARZABAL, OSCAR

Curso: 2018-2019

Fecha: 24/06/2019

DATOS BÁSICOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO:

- *Alumno:* Sergio Ortega Fernández
- *Director:* Darío Orive Revillas
- *Codirector:* Oscar Casquero Oyarzabal
- *Departamento:* Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática
- *Título:* Adquisición de datos de proceso desde plataforma IOT2040
- *Resumen:* Este trabajo se basa en establecer diferentes protocolos de comunicación con los que poder adquirir datos generados por un sistema automatizado, que está controlado por un PLC. Para ello, se emplea el dispositivo SIMATIC IOT2040, el cual se encarga de procesar de forma automática la información generada, que posteriormente será almacenada en la nube. Este tipo de aplicaciones adquiere un gran valor en el con la llegada de la industria 4.0.
- *Palabras clave:* Internet de las cosas, Industria 4.0, PLC, Automatización, IOT2040, Comunicaciones S7, TCP/IP.

- *Izenburua:* Datuen eskuratzea IOT2040 plataformaren bidez
- *Laburpena:* Lan honen bidez, PLC-ez kontrolaturiko sistema automatizatu batek sortutako datuen eskuratzea ahalegingo da. Horretarako, SIMATIC IOT2040 deitutako gailu bat erabiliko da, komunikazio protokoloen bidez datuak era automatikoan pilatzeko eta gero hodeian gordetzeko. Aplikazio hau besalakoak garrantzi handia hartu dute industria 4.0-ren agerpenarekin.
- *Hitzgakoak:* Gauzen interneta, Industria 4.0, PLC, Automatizazioa, IOT2040, S7 Komunikazioak, TCP/IP.

- *Title:* Data collection using IOT2040 platform
- *Abstract:* This Project is based on stablishing different communication protocols that enables the collection of data generated by an automatized system, which is controlled by a PLC. For that purpose, SIMATIC IOT2040-called device is used, which will process the generated data, for later storing in the cloud. This type of applications is getting a very high importance in the industry due to the emergence of the Industry 4.0.
- *Keywords:* Internet of things, Industry 4.0, PLC, Automation, IOT2040, S7 Communications, TCP/IP.

ÍNDICE DE CONTENIDOS:

DATOS BÁSICOS DEL TRABAJO DE FIN DE GRADO:	3
ÍNDICE DE CONTENIDOS:	4
ÍNDICE DE DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES:	6
ÍNDICE DE TABLAS:	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. CONTEXTO.....	10
3. ALCANCE DEL PROYECTO	11
4. BENEFICIOS DEL PROYECTO	12
5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	13
5.1 ARDUINO	13
5.2 RASPBERRY PI	14
5.3 SIMATIC IOT2040.....	16
5.4 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA:	17
6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	18
6.1 IOT2040	18
6.2 PUTTY.....	19
6.3 NODE RED:.....	19
6.4 PLC	20
6.5 TIA Portal V15.....	21
6.6. SOLUCIÓN	22
7. METODOLOGÍA. DISEÑO	24
7.1. ASPECTOS GENERALES	24
7.1.1. CONFIGURACION DEL SIMATIC IOT2040.....	24
7.1.2. PROGRAMACIÓN DEL IOT	27
7.1.3. PROGRAMA DE CONTROL EN EL PLC.....	28
7.2. PROTOCOLOS S7	32
7.2.1. INTRODUCCIÓN.....	32
7.2.2. DEMOSTRADOR.....	33
7.2.3. PROYECTO TIA PORTAL PARA EL PLC	34
7.2.4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN EN NODE RED PARA IOT2040	35
7.2.5. SERVICIO DE LECTURA DE DATOS	37
7.2.6. SERVICIO DE ESCRITURA DE DATOS.....	39
7.3. TCP/IP	41
7.3.1. INTRODUCCIÓN.....	41
7.3.2. CONFIGURACIÓN DE PLC S7-1500 PARA COMUNICAR CON TCP/IP	41
7.3.3. CONFIGURACIÓN EN NODE-RED.....	44
7.3.4. FUNCIONAMIENTO DEL PLC COMO PASIVO Y IOT2040 COMO ACTIVO	46
7.3.5. FUNCIONAMIENTO DEL PLC COMO ACTIVO Y IOT2040 COMO PASIVO	49
8. DESCRIPCION DE LAS TAREAS. DIAGRAMA GANTT.....	52
9. PRESUPUESTOS.....	55
10. CONCLUSIONES	57
11. FUENTES DE INFORMACIÓN	58

ÍNDICE DE DEFINICIONES Y ABREVIATURAS:

- **Siemens Simatic IOT2040:** Plataforma abierta diseñada y fabricada por Siemens, con el objetivo de servir como pasarela entre las redes IT de las empresas y la nube. Basada en el sistema operativo Yocto Linux y compatible con cualquier dispositivo arduino.
- **Internet of things:** Consiste en la interconexión entre objetos cotidianos y el internet, mejorando así procesos de automatización y captación de datos generados.
- **PLC:** Acrónimo de *Programmable Logic Controller* por sus siglas en inglés, es el controlador para la automatización de procesos más empleado a nivel mundial debido a su diseño enfocado a trabajar en ambientes industriales y su fácil programación.
- **Protocolo de comunicación:** En el ámbito de la informática o Telecomunicación, un protocolo es un conjunto de reglas y procedimientos a seguir a la hora de establecer una comunicación, de manera que los dispositivos que participan en dicha conexión se entiendan a la perfección.
- **ASCII:** Sistema de codificación de caracteres alfanuméricos que permite recoger hasta 256 caracteres distintos. Es un acrónimo de *American Standard Code for Information Interchange*.
- **OSI/ISO:** Es un modelo de referencia para los protocolos de la red creado por la Organización Internacional de Normalización (ISO). El modelo OSI (Open System Interconnection) es una normativa formada por siete capas que define las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un dispositivo a otro sobre una red de comunicaciones. Las siete capas que se definen en este modelo son: Capa física, Capa de enlace de datos, Capa de red, Capa de transporte, Capa de sesión, Capa de presentación y la Capa de aplicación.
- **Comunicaciones S7:** Protocolo de comunicación inventado por Siemens para facilitar la comunicación entre sus diferentes dispositivos. Pertenece a la capa 7, nivel aplicación, en la escala OSI/ISO.
- **TCP/IP:** Es un protocolo de comunicación que trabaja en la capa 3 y la capa 4 de la escala OSI. Es un predecesor del actual internet que fue inicialmente desarrollado por el departamento de defensa de los Estados Unidos.

ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: IOT2040	9
Figura 2: Necesidad de una pasarela inteligente en la industria actual.....	10
Figura 3: PLC Simatic S7-1500.....	11
Figura 4: Imagen del Arduino.....	14
Figura 5: Raspberry pi 3 modelo B	15
Figura 6: IOT2040 imagen.....	16
Figura 7: Putty	19
Figura 8: Interfaz de Node-Red	20
Figura 9: Conjunto de PLCs en la industria	20
Figura 10: TIA Portal.....	22
Figura 11: Descripción de la solución.....	23
Figura 12: Escritura de la imagen en IOT.....	24
Figura 13: Inserción de la micro SD en el IOT.....	24
Figura 14: Subredes de las IP	25
Figura 15: Configuración IP del equipo	25
Figura 16: Conexión vía Putty con el IOT.....	26
Figura 17: Ventana de comandos IOT.....	26
Figura 18: Menú de configuración del IOT	26
Figura 19: Ejecución de Node-Red en la ventana de comandos.....	27
Figura 20: Situación inicial de Node-Red en el navegador	27
Figura 21: Esquema del programa de la escalera mecánica	28
Figura 22: Funcionamiento del programa PLC.....	31
Figura 23: Demostrador para S7.....	34
Figura 24: Variables accesibles y escribibles	34
Figura 25: Mecanismo de conexión PUT/GET	35
Figura 26: Menú configuración de Node-Ned	35
Figura 27: Instalación del paquete de nodos.....	36
Figura 28 :Nodos instalados para el protocolo S7.....	36
Figura 29: Localización de los nodos a usar en la programación	36
Figura 30: Disposición de nodos para lectura en S7	37
Figura 31: Configuración pestaña de conexión en nodo S7 in	37
Figura 32: Configuración de variables en nodo S7 in	38
Figura 33: Configuración pestaña de variables en nodo S7 in	38
Figura 34: Muestra de lectura de datos realizados.....	38
Figura 35: Disposición de nodos para escritura en S7	39
Figura 36: Configuración nodo [inject]	39
Figura 37: Configuración del nodo [S7 output]	39
Figura 38: Configuración pestaña connection en nodo [S7 out]	40
Figura 39: Configuración variable en nodo [S7 out]	40
Figura 40: Muestra del valor de la variable del PLC.....	40
Figura 41: Conexión TCP/IP	42
Figura 42: DB Conexión PLC.....	42
Figura 43: Configuración DB Pasivo para IOT2040.....	43
Figura 44: Demostrador para TCP/IP.....	44
Figura 45: Menú de configuración de Node-Red.....	44
Figura 46: Instalación de nodos	45
Figura 47: Nodos TCP	45
Figura 48: Nodos instalados para protocolo TCP/IP	45
Figura 49: Localización de los nodos TCP.....	46
Figura 50: Conexión TCP/IP entre SIMATIC IOT2040 y PLC.....	46

Figura 51: Configuración DB Pasivo para IOT2040.....	47
Figura 52: Disposición de los nodos de escritura Pasivo	47
Figura 53: Configuración Nodo Injet Pasivo	47
Figura 54: Configuración Nodo [TCP out].....	48
Figura 55: Lectura de datos desde el DB124	48
Figura 56: Envío de String	48
Figura 57: Lectura de datos en el DB124	49
Figura 58: Conexión TCP/IP entre SIMATIC IOT y PLC	49
Figura 59: Configuración DB activo.....	49
Figura 60: Nodos para Activo.....	50
Figura 61: Configuración nodo [TCP in]	50
Figura 62: Datos recibidos en el IOT	51
Figura 63: Página 1 del diagrama Gantt.....	53
Figura 64: Página 2 del diagrama Gantt.....	54
Figura 65: Reparto de los tipos de costes del presupuesto	56

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Características del Arduino	14
Tabla 2: Características Raspberry Pi 3	15
Tabla 3: Características Simatic IOT2040	16
Tabla 4: Criterios de selección de la mejor alternativa	17
Tabla 5: Variables del programa PLC.....	29
Tabla 6: Instanciación Escalera 1	30
Tabla 7: Instanciación Escalera 2	30
Tabla 8: Instanciación Escalera 3	30
Tabla 9: Tabla de equivalencia de Step7	38
Tabla 10: Valor enviada según el Byte 1 de entradas del PLC.....	50
Tabla 11: Amortizaciones	55
Tabla 12: Horas internas	55
Tabla 13: Gastos	55
Tabla 14: Resumen del presupuesto	55

1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el trabajo de fin de grado “Adquisición de datos desde plataforma IOT2040”, el cual realiza adquisiciones de datos desde un PLC utilizando el dispositivo Simatic IOT2040 de la marca Siemens, ver Figura 1. Este dispositivo permite la lectura y procesamiento de los datos generados por un sistema mediante diversos protocolos de comunicación, permitiendo así una comunicación entre los distintos elementos de una planta, lo que también se conoce como Internet of Things (IoT).

Primero, se detallarán los pasos a seguir para la instalación y configuración del IOT2040, desde la instalación de la imagen que contiene el sistema operativo Yocto Linux con el que trabaja el IOT2040 hasta como conectar el dispositivo a un ordenador para poder trabajar con él.



Figura 1: IOT2040

El dispositivo IOT2040 se empleará para la adquisición de datos generados por un proceso controlado por un PLC Simatic S7-1500. En este caso, el caso práctico corresponde al control una escalera mecánica, la cual generara datos que serán adquiridos por el IOT.

Se detallará cual es la configuración necesaria, tanto del PLC como del dispositivo IOT, para poder realizar correctamente la recogida de datos generados por el proceso que se está supervisando, así como la escritura en las variables que emplea el PLC (operaciones de Read & Write).

En el proyecto se trabaja con distintos protocolos de comunicación que se emplean en la actualidad. En este caso, se va a trabajar con los protocolos S7 y TCP/IP.

2. CONTEXTO

Debido a la continua expansión y desarrollo de la industria 4.0, la integración de los sistemas de producción dentro de la red IT de las empresas es algo que cada vez ocurre con mayor frecuencia. Esto permite que los datos generados en la producción de productos puedan guardarse en la nube para su posterior análisis, pudiendo así tener un mayor control de los procesos de producción. Además, el uso de estos datos que gracias a estas nuevas tecnologías resultan más accesibles que nunca, permitirán optimizar el funcionamiento de las empresas y sus recursos, lo que supone una fuerte ventaja competitiva frente a otras de empresas que no empleen este tipo de tecnologías. Todas las organizaciones que no se adapten en un futuro a estas nuevas tendencias quedaran fuera de mercado, ya que dejaran de ser competitivas frente a las que si lo hagan.

Dentro de este contexto aparece la siguiente problemática: los sistemas de producción de las empresas están formados por diversas máquinas de distintos fabricantes que a menudo emplean distintos protocolos de comunicación. Es necesario un dispositivo que permita el acceso a dichas maquinas empleando los protocolos que cada una de ellas utiliza de forma separada, permitiendo así que los datos generados sean accesibles por parte de la empresa.

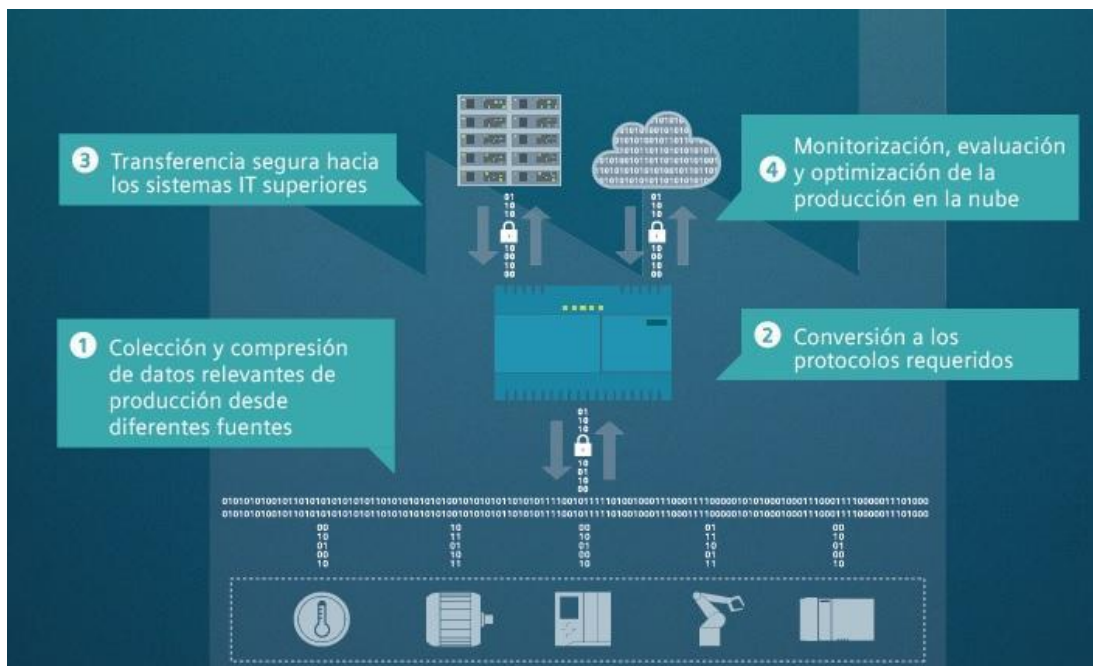


Figura 2: Necesidad de una pasarela inteligente en la industria actual

Otro problema que surge con la llegada de la generalización de las comunicaciones en el mundo IT es la seguridad informática. Esta interconexión entre los distintos sistemas de las empresas genera vulnerabilidades que podrían ocasionar fallos en la producción o incluso la parada de la misma. Un dispositivo que además de armonizar todas las conexiones, sirviendo como traductor entre distintos sistemas, sea capaz de hacer una función de cortafuegos entre las redes IT y OT de las empresas, sería una solución ideal para el desarrollo del Internet of Things en el sector industrial.

3. ALCANCE DEL PROYECTO

La naturaleza de esta tecnología permite al proyecto la opción de realizar un alcance muy amplio, más aún con la tendencia actual del Internet of Things a interconectar todos los dispositivos. Aunque en este proyecto se ha enfocado más en el sector industrial y los beneficios que podría suponer la implementación de esta tecnología en dicho sector, los usos que se podrían dar en el entorno doméstico son incontables, desde la domótica hasta la eficiencia energética dentro de nuestros hogares.

Sin embargo, en este trabajo se ha querido estudiar el uso de estas tecnologías en el sector industrial, debido al impacto que está teniendo la cuarta revolución industrial. Por tanto, se va a estudiar cómo se podrían implementar estas tecnologías en un proceso controlado por un PLC, el controlador más común en la industria a día de hoy.

El proyecto, se centrará en la adquisición de datos generados en el control de un proceso en un PLC, diseñado para controlar una escalera mecánica. Se van a utilizar dos protocolos distintos para realizar funciones de escritura y lectura, S7 y TCP-IP. El primero, es un protocolo de comunicación privado de Siemens, integrado en todos los controles SIMATIC S7 Y C7, mientras que el segundo es uno de los protocolos más empleados.

El PLC que se utiliza en el control de la escalera es un SIMATIC S7-1500 como el que se muestra en la Figura 3.



Figura 3: PLC Simatic S7-1500

En este trabajo, se va a estudiar la viabilidad de lo que se pretende hacer y la mejor forma de llevarlo a cabo. Para ello, será necesario estudiar los protocolos que se pretenden utilizar, así como la forma de implantarlos en el proyecto que se está planteando.

Aunque en este proyecto no se alcanza a realizar, los datos recogidos de los procesos de producción se suelen almacenar en la nube de las empresas, de forma que queden a mejor disposición.

4. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Debido a las múltiples aplicaciones en las que podría emplearse este tipo de tecnología, los beneficios que podrían obtenerse son muy numerosos. Las nuevas ciencias emergentes como el Big Data permiten, a día de hoy, ser capaces de manejar y utilizar cantidades de datos que antes eran impensables. De ahí viene la importancia de ser capaces de recoger todos los datos que sean posibles con la llegada de la industria 4.0.

Estos datos podrían utilizarse para realizar controles de calidad de la producción a superiores. Se podrán realizar seguimientos mucho más profundos en los productos fabricados, de manera que si se detectasen fallos en la producción se sabría cuáles han sido las partidas perjudicadas. Identificar fallos en la producción desde el momento en el que se originan y saber exactamente que partidas han sido las afectadas, puede suponer una reducción importante de costes en las empresas, además de mejorar su imagen de cara al cliente.

Permitirían optimizar procesos, obteniendo una eficiencia máxima en cuanto a tiempos de producción y recursos empleados, lo que supondría una reducción de costes que aumentaría la competitividad de la empresa.

Además, esa optimización de recursos a la hora de producir, supone un paso adelante en la lucha contra el cambio climático. La reducción de energía y materiales empleados en los procesos de fabricación reduciría las emisiones de CO₂, haciendo que la industria sea más limpia.

Este proyecto se centra en la labor de la recopilación de datos en los procesos de fabricación, datos que permitirían todo lo mencionado anteriormente. El IOT2040, dentro de esa labor de obtención de información, nos proporciona una solución ideal para ambientes industriales debido a la robustez, fiabilidad y durabilidad que garantiza. Es un dispositivo programable desde varios lenguajes de alto nivel, de manera que permita trabajar con él a personas no acostumbradas a este tipo de tecnologías, pero que si tengan conocimientos de programación. Entre las diversas formas de programación del IOT que puede haber, destaca Node-Red, una plataforma de programación gráfica, muy sencilla de utilizar, que facilita mucho el uso de este dispositivo.

En cuanto al consumo eléctrico, debido al procesador de ahorro energético Intel Quark del que dispone, se puede decir que tener un dispositivo como el IOT2040 en funcionamiento supone un coste energético mínimo.

El IOT2040, está basado en el sistema operativo Linux, un sistema de código abierto en el que cualquiera puede modificar su código gracias a la licencia GPL (General Public License). Esto supone que todo trabajo realizado en el dispositivo es una contribución para la comunidad Open Source, permitiendo que terceras personas también puedan beneficiarse.

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

A la hora de decidir que dispositivo utilizar para realizar el objetivo de este proyecto, surgen varias opciones, cada una con sus ventajas frente al resto. Se busca que el dispositivo que se emplee en el proyecto sea fácil de implementar, tenga fiabilidad, tenga un diseño robusto que le permita resistir ambientes industriales, y por supuesto, que sea económico. Entre todas las alternativas, destacan el Arduino, Raspberry pi y el IOT2040. A continuación, se comenzará a describir una por una las opciones mostradas.

5.1 ARDUINO

Arduino es una plataforma para prototipado de electrónica basada en hardware y software libre y fácil de utilizar. Realmente cumplen la función de microcontrolador programable, capaz de ejecutar programas específicos. Estos dispositivos son fácilmente programables a través de un lenguaje de programación específico de Arduino, similar al lenguaje C.

Es posible dar funcionalidades extra al dispositivo a través de los denominados Shields. Estos son placas de circuitos modulares que se montan encima del propio Arduino dado que son apilables. Dos ejemplos de Shields que se suelen utilizar son los Arduino Ethernet Shield Ethernet y Arduino Wifi Shield. Estos permiten al Arduino conectarse vía ethernet o vía wifi con el exterior.

En cuando a los puntos fuertes de este dispositivo, destaca lo económico, ya que son dispositivos muy simples en cuanto a hardware. Permiten una gran versatilidad en cuanto a funcionalidad, pudiendo aumentarla aún más con los mencionados Shields.

Un punto negativo de este tipo de dispositivos es su programación, la cual, a pesar de ser sencilla, requiere cierto conocimiento del entorno Arduino por el hecho de tener un lenguaje específico de programación. Sin embargo, existe una gran comunidad entorno a Arduino, la cual pone a disposición una gran cantidad de información.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones del dispositivo:

	ARDUINO UNO
Dimensiones	68.6 x 53.4 mm
Peso	25 gr
Precio	20 €
Microcontrolador	ATmega 328P (16MHz)
Memoria RAM	2 KB

Memoria Flash	32 KB
Pines de E/S digitales	14 (6 de ellos compatibles con PWM)
Pines de entrada analógicos	6

Tabla 1: Características del Arduino



Figura 4: Imagen del Arduino

5.2 RASPBERRY PI

Este dispositivo se trata de un ordenador de placa reducida de bajo coste debido a su simplicidad. Inicialmente fue desarrollada por la empresa “Fundación Raspberry Pi” con el objetivo didáctico de ayudar a los estudiantes de Reino Unido.

Con la aparición de la industria 4.0, este dispositivo ha ganado gran popularidad entre las compañías que se dedican a realizar proyectos automatizados. En la actualidad, Raspberry pi es utilizada en proyectos de automatización industrial y en el desarrollo del Internet of Things.

Es un producto de propiedad registrada, lo cual le permite mantener un control sobre la plataforma, sin llegar a ser de hardware abierto. Todas sus versiones constan de un procesador Broadcom, una memoria RAM, una GPU, puertos USB, HDMI, Ethernet, 40 pines GPIO y un conector para cámara. No incluye memoria, para ello emplea consta de una ranura para tarjetas SD o MicroSD dependiendo del modelo.

En cuanto al software, sí que se trata de código abierto, siendo su sistema operativo una versión adaptada del Debian (Raspbian), aunque permite el uso de otros sistemas operativos.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de la Raspberry pi 3 modelo B, uno de los últimos modelos de Raspberry pi y también uno de los más usados en la actualidad.

	RASPBERRY PI 3 (Modelo B)
Dimensiones	86.9 x 58.5 x 19.1 mm
Peso	41.2 gr
Precio	40 €
Microcontrolador	Broadcom BCM2837 64bit (4 núcleos x 1.2GHz)
Memoria RAM	1 GB
Memoria Flash	Ranura para MicroSD
Pines de E/S digitales	40 (1 compatible con PWM)
Pines de entrada analógicos	0

Tabla 2: Características Raspberry Pi 3



Figura 5: Raspberry pi 3 modelo B

5.3 SIMATIC IOT2040

El Simatic IOT2040 es una pasarela inteligente de fácil implantación que permite adquirir los datos de diferentes fuentes para su posterior redirección. Constituye un nexo idóneo entre La Nube, los sistemas IT y sistemas de producción. Esta es la solución de Siemens ante la llegada del Internet of Things de mano de la cuarta revolución industrial.

Este equipo combina un microprocesador Intel Quark X1020 SoC, una potente alternativa a los equipos tipo Raspberry Pi y que además incorpora un controlador compatible con el IDE de

Arduino y todas sus placas de expansión. De esta forma tenemos integrados en un mismo equipo un Sistema Operativo completo, basado en Linux, con los populares Arduino.

Las características del Simatic IOT2040 son las que se muestran continuación:

	SIMATIC IOT2040
Dimensiones	144 x 90 x 53 mm
Precio	180 €
Interfaces Ethernet	2 x Ethernet (RJ45)
Microcontrolador	Intel Quark x 1020
Memoria RAM	1024 MB
Puertos de serie	2 x RS232/485
Temperatura de operación	0°C – 50°C

Tabla 3: Características Simatic IOT2040



Figura 6: IOT2040 imagen

5.4 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA:

Para poder ver cuál de las alternativas propuestas anteriormente mencionadas es la más idónea, se comparan sus distintas características. Dependiendo de la importancia dentro del proyecto, cada característica tiene asignado un valor de ponderación. Cada apartado tiene una puntuación del 0 al 10, dependiendo de lo bien que cumple cada alternativa con dicha función. La puntuación de cada característica junto a su ponderación da lugar a una puntuación, la cual

unida al resto de puntuaciones, muestra como de bien se ajusta cada alternativa al proyecto que se está realizando. La opción que más puntuación obtenga en la tabla 4 será la solución.

CARACTERISTICA	PONDERACION	ARDUINO	RASPBerry PI	SIMATIC IOT2040
Precio	2	10	7	2
Fiabilidad	4	3	7	9
Facilidad de programación	3	6	6	8
Tamaño y peso	1	10	10	8
Diseñado para el ámbito industrial	4	2	4	10
Soporte técnico	2	3	4	8
Potencia computacional	3	6	8	7
	TOTAL	92	118	149

Tabla 4: Criterios de selección de la mejor alternativa

Viendo los resultados de la comparación realizada entre las tres alternativas, se llega a la conclusión de que el Simatic IOT2040 es el dispositivo que mejor se ajusta al proyecto que se pretende realizar. Esto se debe a que en el ámbito industrial que se está considerando, el precio no es tan importante como la fiabilidad que nos pueda llegar a dar el dispositivo. Hay que tener en cuenta los grandes costes económicos que podrían suponer a la empresa que un sistema de control quede sin supervisión porque un elemento ha fallado. Por tanto, lo que más se ha valorado es que el dispositivo sea capaz de trabajar en condiciones industriales y ofrezca la seguridad de que no va a ocasionar problemas de operatividad.

6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

6.1 IOT 2040

Es la solución de Siemens a la tendencia emergente del Internet of Things que ha llegado con la aparición de la cuarta revolución industrial.

El IOT2040 es una plataforma para la recogida de datos capaz de garantizar la seguridad y fiabilidad que la industria requiere. Este dispositivo fue ideado para cumplir como enlace entre la nube en la que se almacenan los datos y las redes IT de las empresas. Es capaz de funcionar en ambos sentidos, recogiendo los datos que se originan en la producción para enviarlos a la nube, o también enviando datos ya analizados desde la nube hasta los sistemas de control de la planta. La gran variedad de protocolos y lenguajes de programación de alto nivel que es capaz de soportar, permite crear numerosas soluciones a los de problemas que se puedan encontrar en la realidad.

El IOT2040 es el tercer dispositivo de la familia Simatic IOT que salió a la venta. Antes de él estuvieron el Simatic IOT2000 y el Simatic IOT2020, siendo el Simatic IOT2040 la versión más avanzada de esta apuesta por el internet de las cosas que está haciendo Siemens.

Características y ventajas:

- Compatible con la mayoría de los bocetos de Arduino
- Soporte de Yocto Linux
- Intel Quark x 1020 (+Secure Boot)
- Capacidad para integrar el hardware y los sensores a través de Ethernet o serie a través del adaptador USB
- Compatible con los escudos Arduino y lenguajes de programación, incluyendo lenguajes de alto nivel como Java, C++ y Python
- 1 GB de RAM
- Ranura para tarjeta microSD incorporada
- 2 interfaces Ethernet, 2 interfaces RS232/485
- El IOT dispone de LED, RTC con búfer, vigilante
- Un alto grado de robustez
- Diseño compacto y elegante
- Es posible un funcionamiento integrado sin mantenimiento

El IOT2040 tendrá la siguiente función dentro del proyecto que se va a realizar: almacenar los datos que se van a generar durante el funcionamiento de la escalera mecánica.

6.2 PUTTY

PuTTY, es un programa software de acceso remoto a máquinas informáticas de cualquier tipo mediante SSH, Telnet o RLogin, para plataformas Windows 32bits y UNIX. Esta herramienta permite el acceso remoto a otros sistemas compatibles o no con el formato que estamos ejecutando.

Su nombre proviene de las siglas PU: Port Unique y TTY: Terminal Type, es decir, puerto único de tipo terminal.

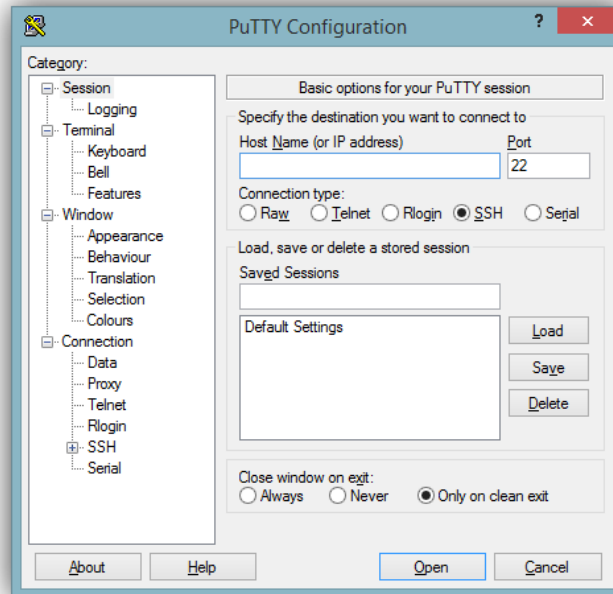


Figura 7: Putty

Usando esta herramienta es posible acceder a un dispositivo remoto con tan solo conocer su IP y estando conectados mediante un cable ethernet.

El IOT2040 no dispone de ningún display, teclado o pantalla que permita la interacción con el dispositivo, por lo que en este proyecto se empleara PuTTY como forma de acceso al dispositivo desde de un ordenador.

6.3 NODE RED:

Es una herramienta de programación visual que permite programar sin tener conocimientos de lenguajes de programación como pueden ser Python, C++ o JavaScript. Node-RED es un editor de flujo basado en el navegador donde se puede añadir o eliminar nodos y conectarlos entre sí con el fin de hacer que se comuniquen entre ellos.

Programar utilizando lenguajes de texto siempre es una opción que muestra buenos resultados. Sin embargo, la capacidad de expresar programas de manera visual a menudo es deseable. Ser capaz de diseñar un flujo de información a través de diversos componentes hace que la programación y el uso del propio programa resulte muy intuitivo, algo que se valora en gran medida dentro de las empresas.

En Node-Red, existen nodos de dos tipos: **nodos de inyección** y **nodos función**. Los nodos de inyección producen un mensaje sin necesidad de entrada y lanzan el mensaje al siguiente nodo conectado a éste. Los nodos función, por el contrario, tienen una entrada y realizan algún trabajo en él. Con una gran cantidad de estos nodos para elegir, Node-Red hace que el conectar los dispositivos de hardware, APIs y servicios en línea sea más fácil.

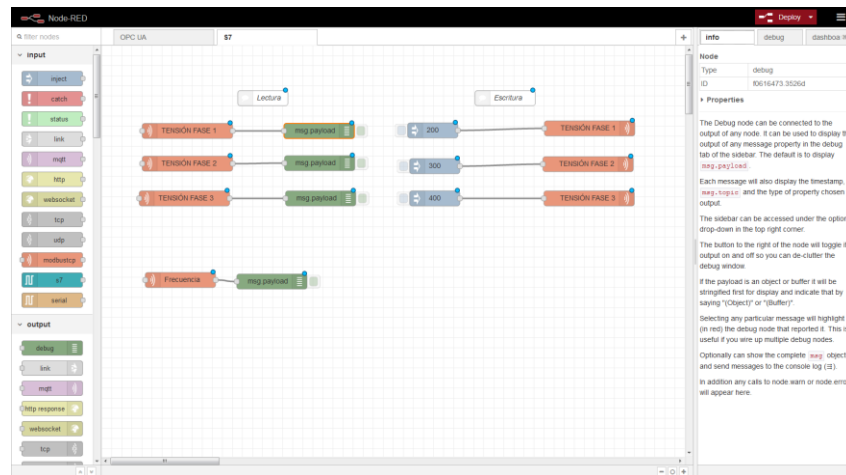


Figura 8: Interfaz de Node-Red

Node-red será la forma de programación de protocolos de comunicación que se va a emplear en este proyecto.

6.4 PLC

Un controlador lógico programable, más conocido como PLC por sus siglas en inglés, es un dispositivo programable muy utilizado en el ámbito de la automatización industrial.

Estos dispositivos, a diferencia de un ordenador, tienen que ser capaces de soportar condiciones ambientales adversas, como pueden ser altas temperaturas, vibraciones, polvo, ruido eléctrico, etc... Además, disponen de un número elevado de entradas y salidas, lo que les permite controlar las múltiples señales que pueda haber en un proceso industrial. La Figura 9 muestra un ejemplo de cómo se disponen los PLC dentro de un entorno industrial.



Figura 9: Conjunto de PLCs en la industria

Inicialmente fueron diseñados para reemplazar los sistemas de relés lógicos que se empleaban en la industria. Por ello, la programación de estos dispositivos tenía que ser sencilla, de manera que un operario acostumbrado a tratar con circuitos eléctricos fuera capaz de usarlos sin mucha dificultad. Esta es la razón por la que los primeros lenguajes de programación para PLC tienen muchas similitudes con los sistemas eléctricos que se utilizaban en aquella época.

Hoy en día los PLCs han evolucionado hasta ser capaces de incluir el control de movimiento, control de procesos, sistemas de control distribuido y comunicación por red. Las capacidades de manipulación, almacenamiento, potencia de procesamiento y de comunicación de algunos PLCs modernos son aproximadamente equivalentes a las computadoras de escritorio.

A nivel de software, estos autómatas programables tienen un sistema operativo mucho más estable que el que pueda tener un ordenador de sobremesa. Esto unido a que su hardware está diseñado para soportar los ambientes industriales que se pueden encontrar en plantas industriales, hace que los PLCs tengan una fiabilidad mucho mayor a la que pueda tener un ordenador. Poder garantizar en gran medida que el controlador no falle ocasionando la parada de la producción de una planta, algo de gran valor en la industria que conocemos hoy en día.

Para realizar el control y ejecutar el programa que gobierna la escalera mecánica, en este proyecto se va a emplear un PLC Simatic S7-1500 de la marca Siemens.

6.5 TIA PORTAL V15

Para la programación del PLC SIMATIC S7-1500 se optará por utilizar la herramienta de programación TIA Portal (Totally Integrated Automation) de SIEMENS. TIA Portal es el innovador sistema de que permite configurar de forma intuitiva y eficiente los procesos de ingeniería. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

La principal utilidad que TIA Portal ofrece es la posibilidad de integrar distintas aplicaciones de software industrial para procesos de producción en un mismo interfaz lo que facilita enormemente el aprendizaje, la interconexión y la operación. No importa si se trata de la programación de un controlador, de la configuración de una pantalla HMI o de la parametrización de los accionamientos: con esta nueva arquitectura de software tanto los usuarios nuevos como los expertos trabajan de una forma intuitiva y efectiva ya que no necesitan operar una amplia variedad de sistemas de diferentes orígenes.

TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7 para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación.

Este software se comercializó con la versión v10.5 en el año 2009, desde entonces se han hecho mejoras continuas y se han añadido más funcionalidades. En este trabajo, se ha dispuesto de la versión V15.

Se trata de una aplicación modular a la que se le pueden ir añadiendo nuevas funcionalidades según las necesidades concretas de cada sector industrial.

Esta última versión de SIEMENS se centra principalmente en tres aspectos fundamentales:

Las aplicaciones han sido mejoradas con una programación de lenguaje de alto nivel. Además, se han integrado sistemas de accionamiento adicionales y funciones de manejo.

En el ámbito de la digitalización se ha ampliado la cartera con funciones mejoradas para funcionalidades OPC UA y la poderosa característica de la puesta en marcha de los sistemas.

TIA Portal v 15 garantiza una mayor eficiencia de la ingeniería con el trabajo en equipo y el diagnóstico ampliado a máquina y sistemas.

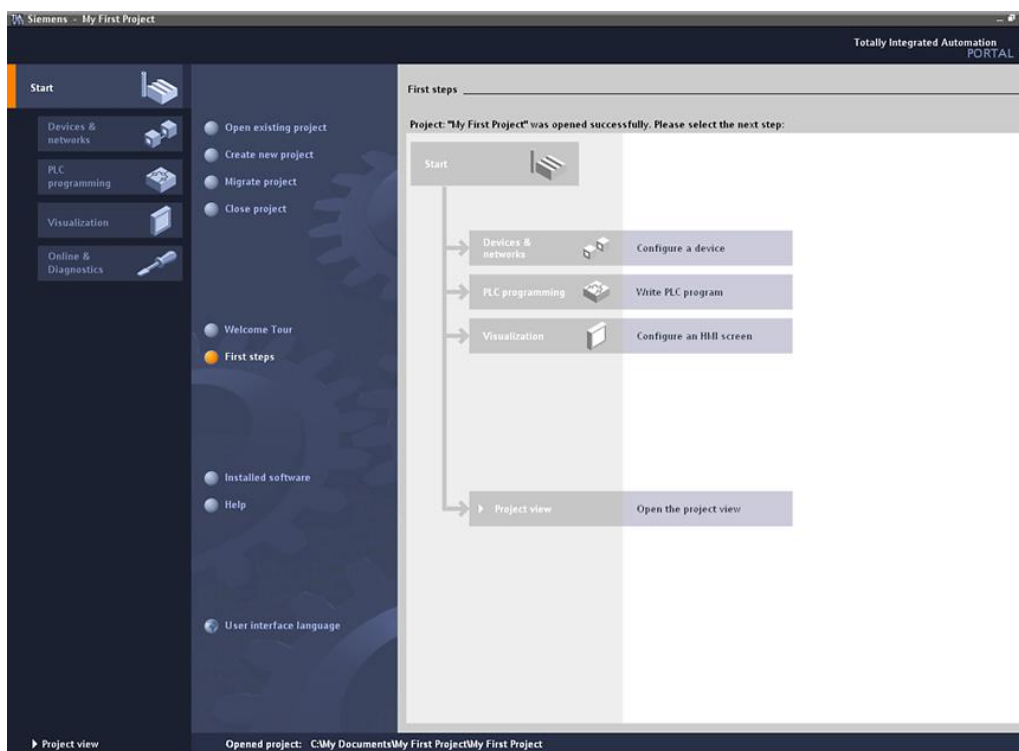


Figura 10: TIA Portal

6.6. SOLUCIÓN

A continuación, se procede a describir la solución final que se va a emplear en este proyecto. Dicha solución consta de una escalera mecánica controlada por un PLC. Este controlador genera datos que se van a recoger con un dispositivo IOT2040, el cual emplea protocolos de comunicación programados mediante Node-Red. Se accede al dispositivo de adquisición de datos a través de un ordenador usando la herramienta Putty.

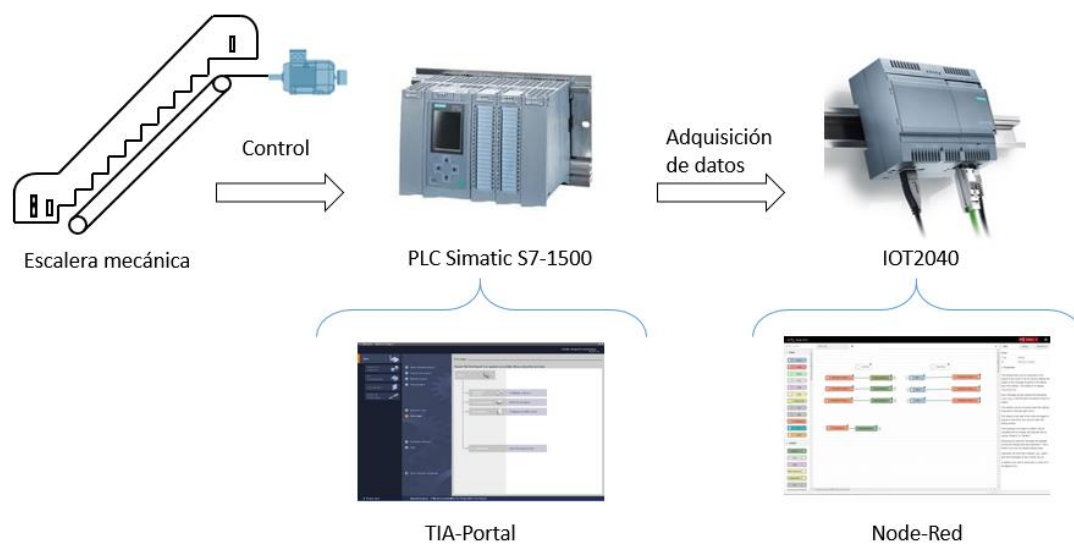


Figura 11: Descripción de la solución

7. METODOLOGÍA. DISEÑO.

7.1. ASPECTOS GENERALES

7.1.1. CONFIGURACION DEL SIMATIC IOT2040

En primer lugar, se realiza el registro en el foro de siemens para tener al alcance toda la información necesaria acerca del funcionamiento y manejo del dispositivo SIMATIC IOT2040. La dirección del foro se puede encontrar en: <https://support.industry.siemens.com/tf/ww/en/conf/60/>

Una vez realizado el registro, se puede comenzar a grabar la imagen de firmware que contiene el sistema operativo Yocto Linux con algunas configuraciones propias del IOT. La descarga de la imagen se puede realizar desde el propio foro de Siemens: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741799/simatic-iot2000-sd-card-exampleimage?dti=0&lc=en-WW>

La imagen se graba en una tarjeta SD mediante el programa Win32 Disc Imager. Para ello, se abre el programa, se selecciona el archivo que contiene la imagen y se especifica la unidad en la que se encuentra la tarjeta SD, ver Figura 12.

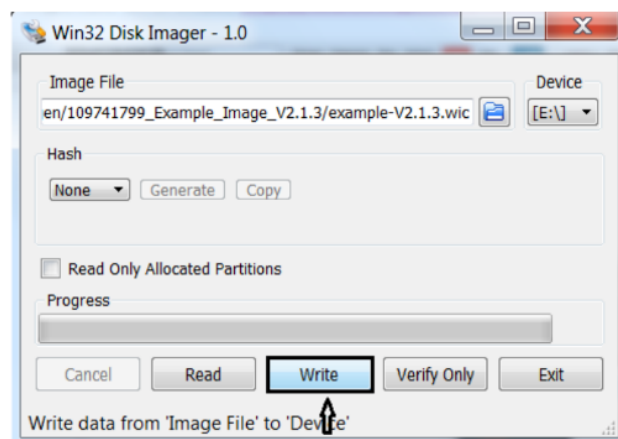


Figura 12: Escritura de la imagen en IOT

Una vez instalada la imagen en la tarjeta, se introduce en el IOT (ver Figura 13) y se procede a su configuración.



Figura 13: Inserción de la micro SD en el IOT

Para acceder al IOT hay que asegurar que el equipo y el dispositivo se encuentran en la misma red. El IOT2040 trae por defecto la IP 192.168.200.1. Usando la máscara de subred 255.255.255.0, se requerirá que el equipo tenga una IP que sea 192.168.200.X, tal y como se puede ver en la Figura 14.

<u>IOT:</u>	<u>EQUIPO:</u>
192.168.200.1	192.168.200.100
& 255.255.255.0	& 255.255.255.0
<hr/>	<hr/>
192.168.200.0	192.168.200.0

Figura 14: Subredes de las IP

Para cambiar la IP del equipo se han de seguir los siguientes pasos:

1. Panel de control-> Redes e Internet-> Centro de redes y recursos compartidos.
2. En el menú de la izquierda se accede a “Cambiar configuración del adaptador”.
3. Click con el botón derecho en “Conexión de área local”-> Propiedades.
4. “Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)” y entrar en Propiedades.
5. Seleccionar “Usar la siguiente IP”, como se muestra en la Figura 15.
6. Introducir la IP que más convenga.

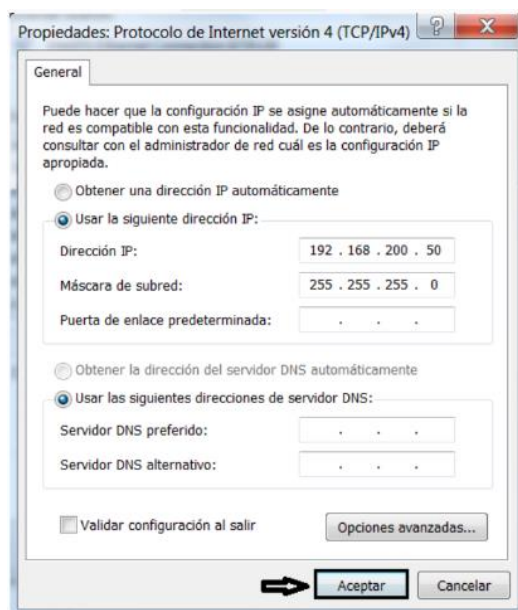


Figura 15: Configuración IP del equipo

La conexión al IOT se realiza mediante una conexión SSH, usando una aplicación llamada Putty, de la forma que se muestra en la figura 16. Antes de conectar con el dispositivo, asegurar que está conectado con un cable ethernet al equipo.

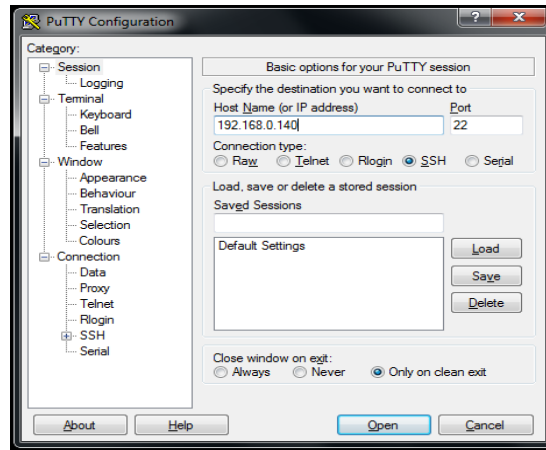


Figura 16: Conexión vía Putty con el IOT

Una vez conectado con el IOT se pide iniciar sesión con el usuario root (Figura 17). Por defecto no hay contraseña, pero es posible configurar una por razones de seguridad.

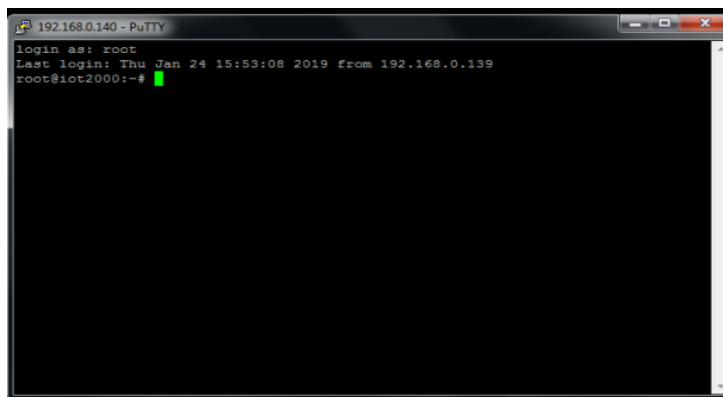


Figura 17: Ventana de comandos IOT

A través del comando lot2000setup se accede a un menú que permite la configuración del IOT. Se puede cambiar la IP y la contraseña para iniciar sesión con el dispositivo si se deseara.

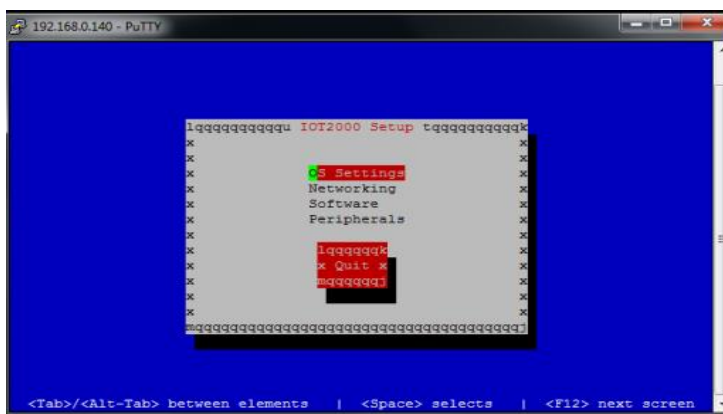
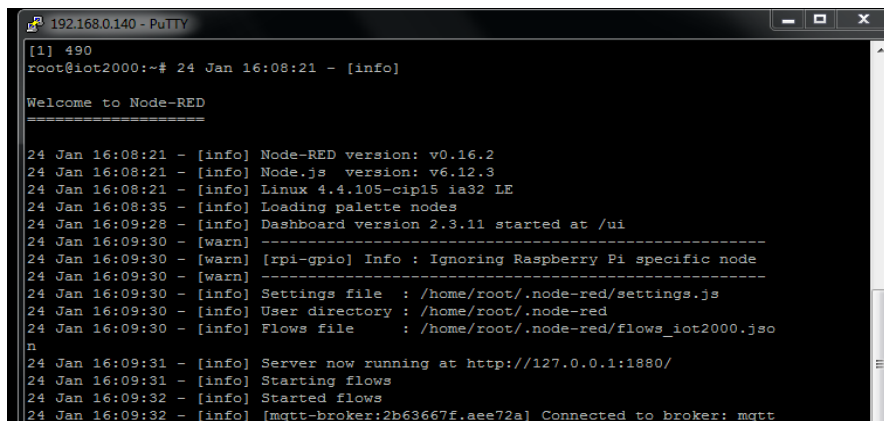


Figura 18: Menú de configuración del IOT

En este caso se ha adjudicado la dirección IP: 192.168.0.140 al dispositivo IOT, en la misma subred del ordenador para que se puedan conectar correctamente.

7.1.2. PROGRAMACIÓN DEL IOT

La forma más sencilla e intuitiva de programar el IOT2040 es a través de una herramienta de programación por entorno grafico llamada Node-Red, la cual viene instalada por defecto. Para ejecutar la aplicación y poder comenzar a programar, solo hace falta introducir lo siguiente en la ventana de comandos del IOT: `node /usr/lib/node_modules/node-red/red &`. Cuando termine de cargarse el programa, se mostrará en la pantalla lo siguiente:



```
192.168.0.140 - PuTTY
[1] 490
root@iot2000:~# 24 Jan 16:08:21 - [info]

Welcome to Node-RED
-----

24 Jan 16:08:21 - [info] Node-RED version: v0.16.2
24 Jan 16:08:21 - [info] Node.js version: v6.12.3
24 Jan 16:08:21 - [info] Linux 4.4.105-cip15 ia32 LE
24 Jan 16:08:35 - [info] Loading palette nodes
24 Jan 16:09:28 - [info] Dashboard version 2.3.11 started at /ui
24 Jan 16:09:30 - [warn] -----
24 Jan 16:09:30 - [warn] [rpi-gpio] Info : Ignoring Raspberry Pi specific node
24 Jan 16:09:30 - [warn] -----
24 Jan 16:09:30 - [info] Settings file : /home/root/.node-red/settings.js
24 Jan 16:09:30 - [info] User directory : /home/root/.node-red
24 Jan 16:09:30 - [info] Flows file : /home/root/.node-red/flows_iot2000.js
n
24 Jan 16:09:31 - [info] Server now running at http://127.0.0.1:1880/
24 Jan 16:09:31 - [info] Starting flows
24 Jan 16:09:32 - [info] Started flows
24 Jan 16:09:32 - [info] [mqtt-broker:2b63667f.aee72a] Connected to broker: mqtt
```

Figura 19: Ejecución de Node-Red en la ventana de comandos

Se puede observar como el dispositivo devuelve una confirmación de que la aplicación Node-Red se ha ejecutado sin problema. Además, muestra donde se está ejecutando el programa, en este caso en el servidor `http://127.0.0.1:1880`. La dirección 127.0.0.1. la dirección que usa un equipo para referirse a sí mismo, por lo que la aplicación Node-Red se está ejecutando en la IP del IOT (192.168.0.140) y en el puerto 1880. Para acceder a ella y poder empezar a programar, basta con introducir en el navegador la dirección en la que se esté ejecutando el Node-Red.

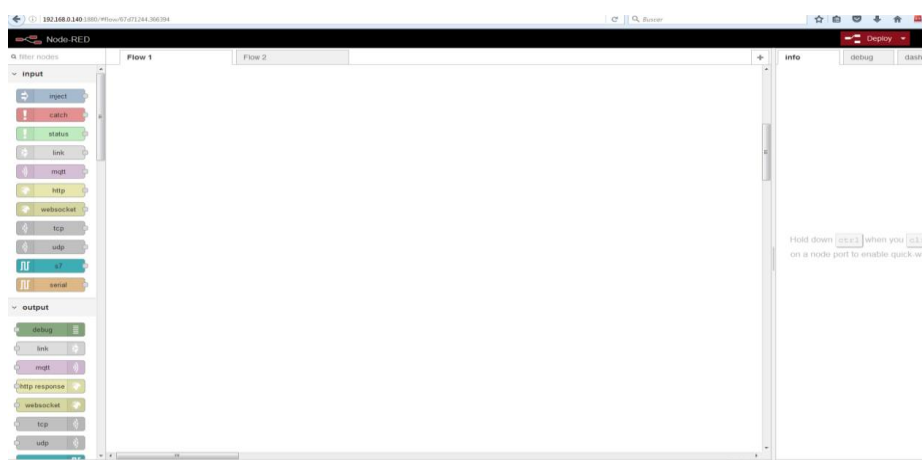


Figura 20: Situación inicial de Node-Red en el navegador

Con esto quedaría todo listo para poder comenzar a trabajar con el IOT2040, el siguiente paso sería comenzar a programar mediante la aplicación de Node-Red los protocolos de comunicación con sus correspondientes parámetros.

7.1.3. PROGRAMA DE CONTROL EN EL PLC

El programa utilizado para la de generación de datos en el PLC consiste en el control en tres escaleras mecánicas como la que se muestra en la Figura 21. En esta figura, se muestran los dispositivos utilizados en el control de la misma: un interruptor de puesta en servicio, un sensor de temperatura para detectar la temperatura de los bobinados de del motor y evitar que se quemen, y una célula fotoeléctrica a la entrada de la escalera para detectar el paso de personas. Además, se hay dos pulsadores de emergencia para detener la instalación, uno arriba y otro abajo.

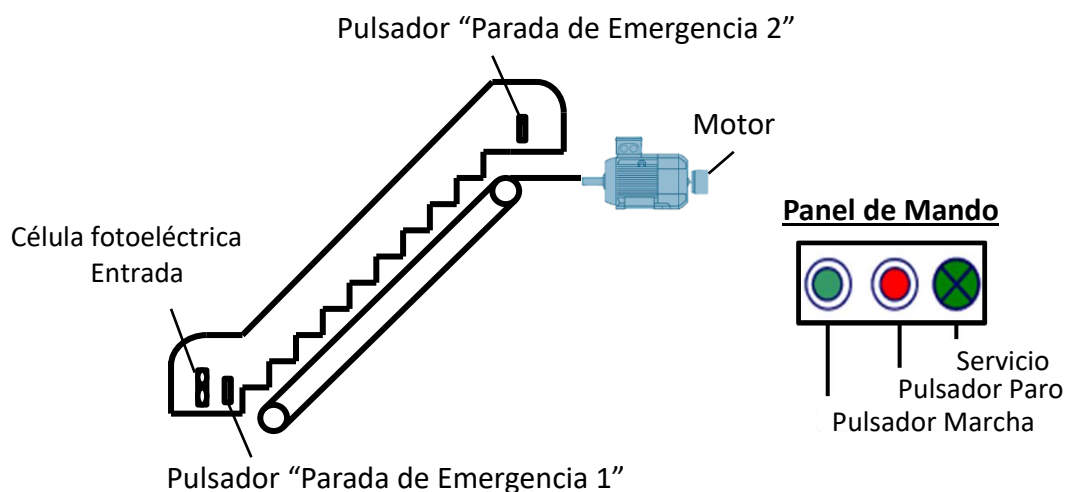


Figura 21: Esquema del programa de la escalera mecánica

DISEÑO DEL PROGRAMA:

El programa de control de la escalera se encuentra dentro de un bloque de funciones FB1. Su funcionamiento se describe a continuación.

Antes de nada, cabe mencionar que el pulsador de paro, el sensor térmico y el paro de emergencia son normalmente cerrados. El pulsador de marcha, sin embargo, es normalmente abierto.

La instalación se pondrá en servicio con la activación del pulsador de marcha. Una vez la escalera se encuentre en servicio, el motor de la escalera mecánica comenzará a funcionar y un led del panel de control se activará indicando que la instalación se encuentra en servicio. El PLC que controla la escalera mecánica, hará uso de dos contadores para llevar el registro del tiempo de funcionamiento (en segundos) y del número de personas que hacen

uso de la instalación. El contador de personas detectará las personas que se suben a la escalera por medio de una célula fotoeléctrica.

El paro de la escalera se puede realizar de dos formas diferentes:

- Tras una conexión del pulsador paro (normalmente cerrado). Su efecto no es inmediato, tarda 5 segundos en desconectarse, el tiempo que necesita una persona en ir desde el comienzo de la escalera hasta su final.
- Tras una conexión del Relé Térmico (normalmente cerrado) o del pulsador de emergencia (normalmente cerrado). En este caso el efecto de paro será inmediato.

A continuación, se muestra la función de cada una de las variables que participan en el programa:

Variables	Tipo	Descripción
P_Marcha	Bool	Pulsador que pone la instalación en servicio
P_Paro	Bool	Pulsador que deja la instalación fuera de servicio. Su efecto no es inmediato, tarda 5 segundos en desconectarse, el tiempo que necesita una persona en ir desde el comienzo de la escalera hasta su final.
C_Entrada	Bool	Variable que indica la entrada de un nuevo usuario a la escalera
S_Térmica	Bool	Medida de seguridad que hace desconectar la escalera en caso de ocurrir un fallo.
P_Emergencia	Bool	Pulsador que permite al usuario parar la escalera con efecto inmediato
Temporizador1	Timer	Temporizador de 5 segundos
Temporizador2	Timer	Contador del tiempo de funcionamiento de la escalera
Servicio	Bool	Indica que la instalación se encuentra operativa
Motor	Bool	Muestra si la escalera está en funcionamiento
N_Personas	Word	Contador para las personas que han hecho uso de la escalera
T_Funcionamiento	Word	Muestra el tiempo que ha estado la escalera en funcionamiento

Tabla 5: Variables del programa PLC

El bloque de funciones (FB1) necesita un módulo de memoria (DB) asociado en el que ser instanciado. El FB1 se instancia tres veces, una por cada motor, en los correspondientes DB10, DB11 y DB12. Hay variables que nos son de especial interés, *N_Personas* y *T_Funcionamiento*, las mismas que se procederá a leer con el dispositivo IOT mas adelante. Estas variables se guardarán en un DB aparte para para diferenciarlas del resto de las variables. Para ello, el módulo de datos que se va a emplear es el DB2. Para realizar la instanciación del FB1 para cada uno de los tres motores, se emplea el FC10. En las tablas que se presentan a continuación, se muestra la como se realiza la instancia del FB1 para el funcionamiento de las tres escaleras mecánicas.

Variables FB1	Variables DB10	Dirección
P_Marcha	"PM_E1"	%I.0.0
P_Paro	"PP_E1"	%I.0.1
C_Entrada	"CF_E1"	%I.0.2
S_Térmico	"ST_E1"	%I.0.3
P_Emergencia	"PE_E1"	%I.0.4
Temporizador1	"T1_E1"	%T1
Temporizador2	"T2_E1"	%T2
Servicio	"Servicio_E1"	%Q0.0
Motor	"Motor_E1"	%Q0.1
N_Personas	"DB2".Personas_E1	%DB2.DBW0
T_Funcionamiento	"DB2".Tiempo_E1	%DB2.DBW2

Tabla 6: Instanciación Escalera 1

Variables FB1	Variables DB11	Dirección
P_Marcha	"PM_E2"	%I.1.0
P_Paro	"PP_E2"	%I.1.1
C_Entrada	"CF_E2"	%I.1.2
S_Térmico	"ST_E2"	%I.1.3
P_Emergencia	"PE_E2"	%I.1.4
Temporizador1	"T1_E2"	%T3
Temporizador2	"T2_E2"	%T4
Servicio	"Servicio_E2"	%Q1.0
Motor	"Motor_E2"	%Q1.1
N_Personas	"DB2".Personas_E2	%DB2.DBW4
T_Funcionamiento	"DB2".Tiempo_E2	%DB2.DBW6

Tabla 7: Instanciación Escalera 2

Variables FB1	Variables DB12	Dirección
P_Marcha	"PM_E3"	%I.2.0
P_Paro	"PP_E3"	%I.2.1
C_Entrada	"CF_E3"	%I.2.2
S_Térmico	"ST_E3"	%I.2.3
P_Emergencia	"PE_E3"	%I.2.4
Temporizador1	"T1_E3"	%T5
Temporizador2	"T2_E3"	%T6
Servicio	"Servicio_E3"	%Q2.0
Motor	"Motor_E3"	%Q2.1
N_Personas	"DB2".Personas_E3	%DB2.DBW8
T_Funcionamiento	"DB2".Tiempo_E3	%DB2.DBW10

Tabla 8: Instanciación Escalera 3

El programa de control, por tanto, queda estructurado como se indica a continuación:

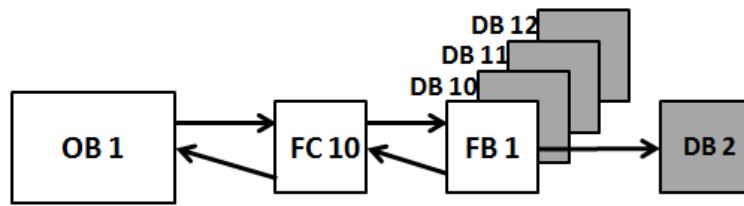


Figura 22: Funcionamiento del programa PLC

Por último, un bloque de organización para la ejecución cíclica del programa (OB1) será el encargado de llamar al FC10.

1	CALL "Bloque_1"	FC10
2		

Figura 23: Llamada del FC10 desde OB1

7.2. PROTOCOLOS S7

7.2.1 INTRODUCCIÓN

Por protocolos S7 se entienden un conjunto de protocolos de comunicaciones, específicos de Siemens, diseñados inicialmente para comunicar equipos de control y herramientas de ingeniería de este fabricante, para realizar labores de programación, diagnóstico, etc. Adicionalmente, este fabricante deja libres a los usuarios de sus equipos de control, un conjunto de servicios de manejo de datos que utilizan estos protocolos.

Los servicios S7 son servicios del nivel de aplicación del modelo OSI/ISO. Inicialmente estos protocolos a nivel físico están soportados sobre MPI, Profibus y Ethernet. MPI es una comunicación vía RS-485 que fue muy utilizada en las CPUs Simatic S7 300/400 como puerto de comunicación con las herramientas de ingeniería, aunque también se utilizaba para la comunicación con HMI y, en menor medida, para la comunicación entre CPUs de PLCs. También se pueden utilizar estos protocolos a través de los puertos Profibus DP que han soportado y soportan actualmente las CPUs de los PLCs de Siemens. En este caso, desde el nivel de aplicación de modelo OSI/ISO, se accede directamente a los servicios que ofrece la capa 2 (enlace) de Profibus.

Sin embargo, actualmente y también en el pasado, la arquitectura de comunicaciones más utilizada en la automatización industrial es Ethernet. Los servicios de las comunicaciones S7 también se pueden ejecutar sobre Ethernet. A nivel de transporte de modelo OSI/ISO, fueron inicialmente sobre ISO y actualmente van sobre TCP/IP.

A nivel de usuario, están disponibles para poder ejecutar 4 servicios de comunicaciones S7 para el intercambio de datos entre CPUs de PLCs:

- Servicio de Envío-Recepción, con reconocimiento (BSEND y BRCV) y servicio de Envío-Recepción sin reconocimiento (USEND y URCV).
- Servicio de Lectura de datos en un dispositivo remoto (GET)
- Servicio de Escritura de datos en un dispositivo remoto (PUT)

El protocolo S7, tiene una gran importancia dentro de las comunicaciones de Siemens, su implementación de Ethernet se basa en ISO TCP que, por su diseño, está orientada a bloques. Cada bloque se denomina PDU (Unidad de datos de protocolo), su longitud máxima depende de los procesadores de comunicación y se negocia durante la conexión.

Los protocolos S7, ISO TCP y TCP/IP siguen la conocida regla de encapsulación: siendo cada telegrama la parte de "carga útil" del protocolo subyacente.

En este apartado se trabajará con el protocolo S7, que tiene múltiples usos: programación de PLC, intercambio de datos entre PLCs, acceso a datos de PLC desde sistemas SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) y fines de diagnóstico

7.2.2 DEMOSTRADOR

En la Figura 23 se presentan los dispositivos utilizados en el demostrador para probar y validar la comunicación entre el equipo IOT2040 y el PLC utilizando protocolos S7. Como se puede observar en la figura, se ha dispuesto un equipo IOT2040, un PLC Simatic S7 1516, un Hub de Cisco de 8 puertos y el PC.

El dispositivo **IOT2040** tiene el puerto X2 conectado a Internet y el puerto X1 conectado al Hub. El puerto conectado a Internet se le ha parametrizado para que se le asigne la dirección IP mediante el protocolo DHCP y al puerto conectado al Hub se le ha asignado de forma manual la dirección IP, 192.168.0.140. En relación con el software instalado en este dispositivo, se hará uso del sistema operativo Yocto Linux.

El dispositivo **Simatic S7 1516** (PLC), tiene conectado el puerto X1 a otro puerto del Hub. A dicho puerto se le ha asignado de forma manual la dirección IP, 192.168.0.152. En relación con el software, indicar que no tiene ningún software preinstalado.

El dispositivo **PC**, tiene el puerto de la placa base conectado a Internet parametrizado para asignación dinámica de dirección IP mediante protocolo DHCP. Se le ha instalado una tarjeta de red Ethernet, cuyo puerto se ha conectado al Hub, a la que se le ha asignado de forma manual la dirección IP, 192.168.0.18.

En relación con el software instalado en este equipo indicar los siguientes:

- TIA Portal V15.1. Herramienta de ingeniería para el desarrollo de aplicaciones para el PLC.
- PUTTY:
- Node Red: Entorno gráfico de desarrollo de aplicaciones que se cargan y ejecutan en el equipo IOT2040.

El desarrollo de la aplicación va a tener dos partes:

- Desarrollo de un proyecto de automatización en TIA Portal para dejar la PLC preparado para la comunicación con protocolos S7.
- Desarrollo de una aplicación en Node-Red, que cargada en el equipo IOT2040 realice operaciones de Lectura y Escritura de datos de la memoria del PLC.

En la siguiente imagen se muestra las conexiones que se deben realizar entre el IOT2040, el PC y el PLC, todo ello acompañado de sus respectivas IPs y de las herramientas que se utilizan en cada caso (Node-red, TIA Portal, PuTTY). Por lo tanto, se deberá comenzar configurando el PLC SIMATIC S7 1500, para a continuación trabajar con Node-red.

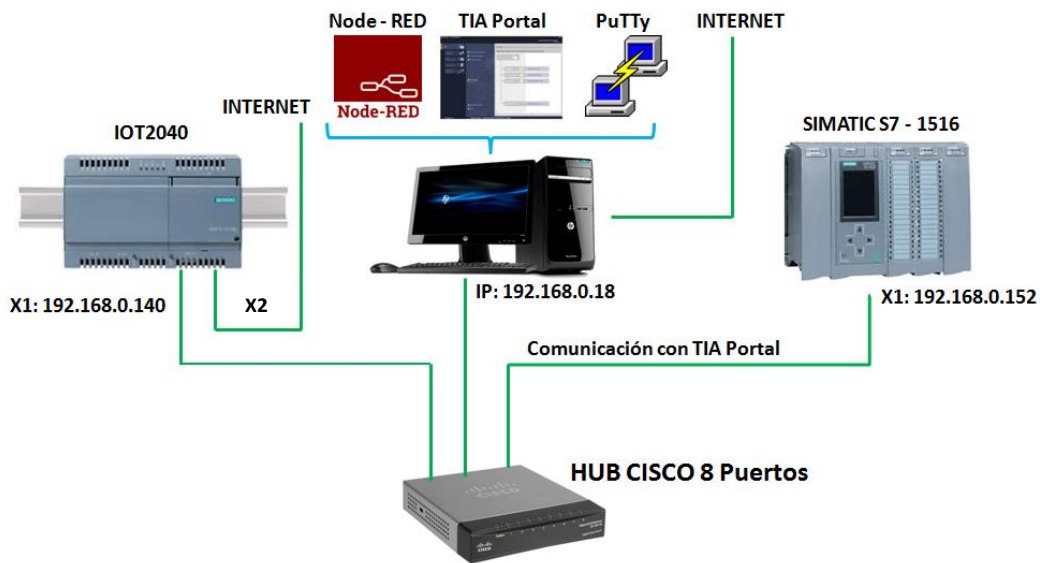


Figura 23: Demostrador para S7

7.2.3. PROYECTO TIA PORTAL PARA EL PLC

El primer trabajo es desarrollar un proyecto de automatización en TIA Portal para el PLC que permita la “lectura” y “escritura” de datos desde dispositivos externos. La funcionalidad del sistema de control será el control de las 3 cintas elevadoras descritas en el apartado 7.3, y aquí se indicará únicamente las parametrizaciones o configuraciones que hay que realizar para que se pueda acceder a los datos desde el IOT2040 en protocolo S7.

En la configuración se seguirán los siguientes pasos:

1. Se debe asegurar que las variables del proyecto a las que se quiere acceder tengan configurado permiso de acceso para la lectura y escritura. Se puede acceder a zonas de entradas, salidas, marcas declaradas en la tabla de variables y variables declaradas en DBs. En ambos casos, hay que acceder a las tablas y activar dos opciones, que sean “accesibles” y que sean “escribibles”, haciendo que sea posible acceder a las variables en tiempo de ejecución (ver Figura 24).

Variables PLC										
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Supervis...	Comentario
1	PM_E1	Tabla de variabl...	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	PP_E1	Tabla de variables_1	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	CF_E1	Tabla de variables_1	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	ST_E1	Tabla de variables_1	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	PE_E1	Tabla de variables_1	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	T1_E1	Tabla de variables_1	Timer	%T1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	T2_E1	Tabla de variables_1	Timer	%T2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8	Servicio_E1	Tabla de variables_1	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	Motor_E1	Tabla de variables_1	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 24: Variables accesibles y escribibles

2. Se debe activar el permiso de acceso para los servicios PUT/GET. Esta opción se puede encontrar dentro de la ventana de “Propiedades del PLC”, en la pestaña de “Protección &

Seguridad". El servicio GET realiza una operación lectura de datos en el PLC por parte del IOT2040. El servicio PUT realiza una operación de escritura de datos del IOT2040 en el PLC.

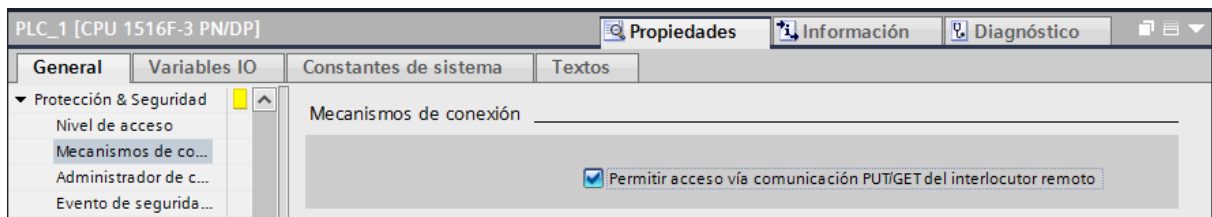


Figura 25: Mecanismo de conexión PUT/GET

Una vez realizada esta configuración, y cargada la misma en el PLC, el PLC estará preparado para comunicarse con el dispositivo IOT2040 mediante el protocolo S7.

7.2.4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN EN NODE RED PARA IOT2040

Para poder empezar a trabajar con este protocolo se necesitará instalar el siguiente nodo *node-red-contrib-s7* en el entorno Node-RED. La manera más fácil de realizarlo es haciendo clic en "Manage palette" desde el menú de configuración (ver figura 26) en la esquina superior derecha del entorno.

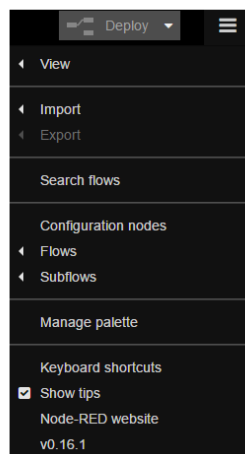


Figura 26: Menú configuración de Node-Ned

A continuación, se mostrará una barra lateral de administración de nodos en el editor. Se hace clic en la pestaña instalar y se procede a buscar "node-red-contrib-s7". En dicho paquete de nodos hay dos tipos de nodos:

- **S7 IN:** Se encarga de recoger información en el PLC, es decir, es el nodo que se emplea para la realizar la función de lectura.

- **S7 OUT:** Se encarga de enviar información al PLC, es el nodo que se utiliza para la función escritura.

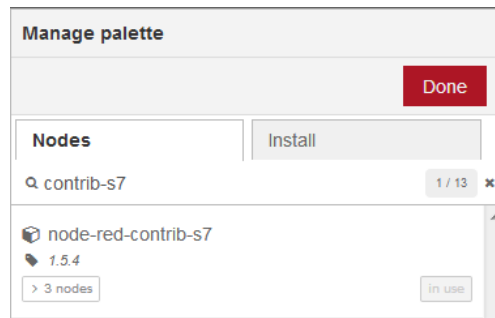


Figura 27: Instalación del paquete de nodos

Haciendo clic en el botón de instalación se procederá a la instalación del nodo. Una vez finalizada la instalación, se podrá hacer clic en “listo” para cerrar la barra lateral de administración de la paleta. Se debería ver en la parte izquierda donde se muestran todos los nodos instalados en nuestro Node-red si su instalación se ha realizado correctamente.

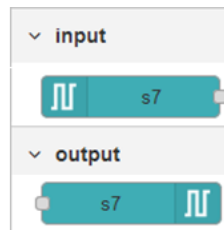


Figura 28 :Nodos instalados para el protocolo S7

Los nodos que se han utilizado en este protocolo son los siguientes:

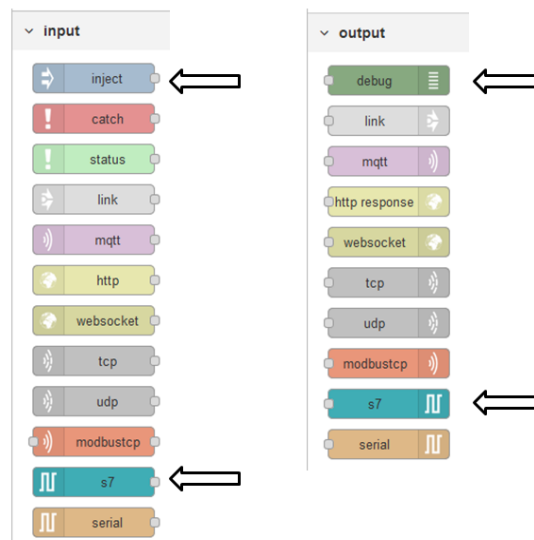


Figura 29: Localización de los nodos a usar en la programación

7.2.5 SERVICIO DE LECTURA DE DATOS

Para realizar este servicio mediante el protocolo S7 bastará con utilizar el nodo [S7 in] junto con cualquier otro nodo que muestre los datos leídos por el IOT2040. En este caso se ha realizado mediante un nodo [debug]. La Figura 30 muestra la disposición de estos nodos.

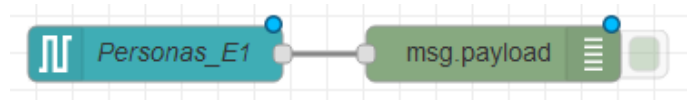


Figura 30: Disposición de nodos para lectura en S7

El nodo [S7 in] de entrada requiere información del PLC para poder comunicarse con él. Esta información será especificada en el denominado *s7 endpoint node*, en donde se definen los parámetros que previamente hay que configurar como la IP del PLC o las variables a las que se quiere acceder.

La configuración de este nodo contará con una pestaña relacionada con la comunicación con el PLC y otra con las variables a manipular (ver Figura 31). En la pestaña de conexión se configurará la IP del PLC de donde se lee la información solicitada/deseada, y el puerto (al estar trabajando con el protocolo S7 el puerto reservado es el 102). Además, se configurará el tiempo de ciclo en 500 milisegundos (0.5 segundos) y el tiempo muerto en segundo y medio, para que en caso de no recibir ninguna información en ese periodo de tiempo que la transmisión de información se paralice.

La imagen muestra la interfaz de configuración de un nodo 's7 in'. El título de la ventana es 's7 in > Edit s7 endpoint node'. Hay botones para 'Delete', 'Cancel' y 'Update'. Se muestran dos pestañas: 'Connection' (seleccionada) y 'Variables'. En la pestaña 'Connection', se configuran los siguientes parámetros: IP Address (192.168.0.152), Port (102), Mode (Rack/Slot), Rack (0) y Slot (1), Cycle time (500 ms), Timeout (1500 ms), Debug (Default (command line)) y Name (campo vacío).

Figura 31: Configuración pestaña de conexión en nodo S7 in

Accediendo a la pestaña de “variables”, se especifica las variables del PLC que se quieran leer. Para introducir el tipo de variables, se emplea un código muy similar al que se utiliza en Step7 en la programación de los PLC. En la siguiente tabla, se muestran las direcciones a introducir para los diferentes tipos de datos.

Dirección	Equivalente en Step7	Tipo de dato
I1.0 or E1.0	I1.0 or E2.1	Booleana de entrada
QB5 or AB5	QB5 or AB5	Byte de salidas
MW20	MW20	Word de marcas
DB5,X0.1	DB5.DBX0.1	Booleana
DB23,BYTE1	DB23.DBB1	Byte
DB57,WORD4	DB57.DBW4	Word
DB21,REAL7	DB21.DBD7	Real

Tabla 9: Tabla de equivalencia de Step7

De acuerdo con el programa que se está ejecutando en el PLC, se introducirá la variable que corresponde a las personas que acceden a la primera escalera, siendo un tipo de dato WORD, puesto que el contador de personas que se tiene funciona con este tipo de dato.

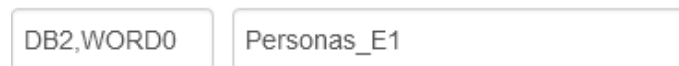


Figura 32: Configuración de variables en nodo S7 in

Además, se escribirá la dirección IP del PLC con el puerto correspondiente (102).

Con esto, quedaría definido el s7 endpoint node, que adquiere el nombre por defecto de la dirección a la que está referido. Una vez rellenada esta información, quedará el programa listo para realizar las lecturas que se le soliciten.

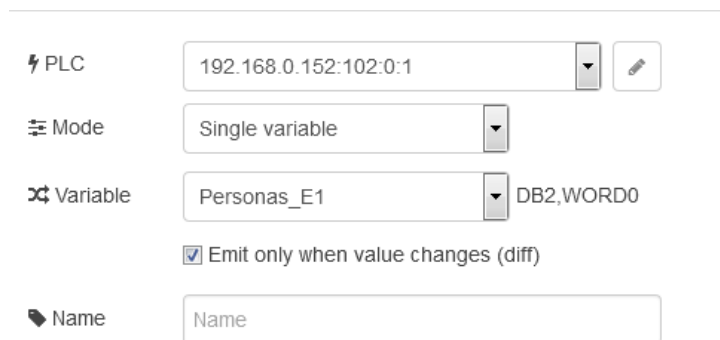


Figura 33: Configuración pestaña de variables en nodo S7 in

A continuación, se muestra la lectura de los datos realizados, y se comprueba su valor con el registrado en el módulo de datos (DB2) del programa del PLC.

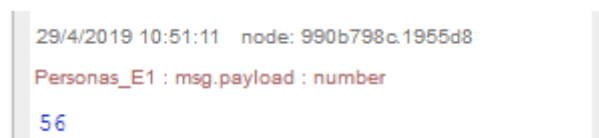


Figura 34: Muestra de lectura de datos realizados

7.2.6. SERVICIO DE ESCRITURA DE DATOS

Para realizar la escritura, se han configurado los nodos en la aplicación de programación visual Node-RED de la siguiente forma:



Figura 35: Disposición de nodos para escritura en S7

El primer nodo es de tipo [inject], que su única función es la de introducir el valor que queramos asignar a la variable que estemos escribiendo. La configuración de este nodo se muestra en la Figura 36. En la imagen adjunta, se observa que se ha de seleccionar el tipo de dato que se desea introducir. En este caso se ha optado por introducir un número para modificar el número de personas que han entrado por la escalera.

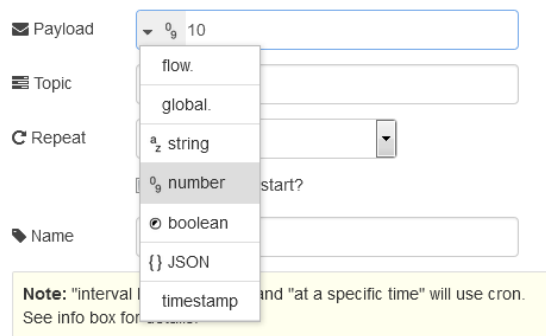


Figura 36: Configuración nodo [inject]

El nodo [S7 output] se ha tenido que configurar igual que [s7 input] para la lectura de datos.

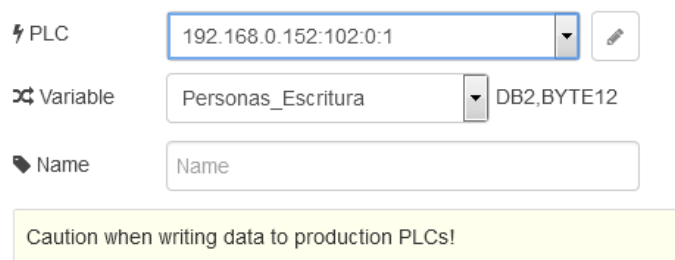


Figura 37: Configuración del nodo [S7 output]

Las configuraciones hechas dentro del apartado “connection” son las siguientes. En la Figura 38 se puede ver como no ha cambiado respecto de la lectura.

Connection	Variables		
IP Address	192.168.0.152	Port	102
Mode	Rack/Slot		
Rack	0	Slot	1
Cycle time	500	ms	
Timeout	1500	ms	
Debug	Default (command line)		
Name	Name		

Figura 38: Configuración pestaña “connection” en nodo [S7 out]

Se ha añadido una variable nueva para realizar la operación de escritura, y así no solapar el valor con el que trabajan las variables del programa de la escalera mecánica. Por lo tanto, se ha creado la variable *E_Personas1* con la que poder trabajar.

DB2, BYTE12	Personas_Escritura
-------------	--------------------

Figura 39: Configuración variable en nodo [S7 out]

La escritura del valor 10 se puede observar en el módulo de datos del programa del PLC, tal y como se muestra en la Figura 40. Cabe mencionar que el valor que se lee a través del módulo de datos DB2 del PLC se expresa en valor hexadecimal. Este valor es 0A que en sistema decimal se trata del valor 10.

E_Personass1	Byte	12.0	16#0	16#0A		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------	------	------	------	-------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------

Figura 40: Muestra del valor de la variable del PLC

7.3. TCP/IP

7.3.1. INTRODUCCIÓN

Los protocolos TCP/IP se desarrollan en 1972 por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, intentando dar solución a un problema práctico de ingeniería. Con este protocolo, el papel que realizan las redes en el proceso de comunicación se reduce, convirtiéndose en una posibilidad real para la comunicación entre diferentes redes.

El conjunto TCP/IP fue diseñado para tener un grado de fiabilidad alto, siendo adecuado para grandes redes de comunicaciones. Actualmente, es utilizado principalmente para conectarse a Internet a nivel mundial y a los servidores web. Además, es compatible con las herramientas estándar para el análisis del funcionamiento de la red

TCP/IP se basa en el modelo de operación envío/recepción. Sin embargo, un sistema tiene dos formas diferentes de entablar una conexión:

- **Activo:** A la hora de establecer la conexión, es el que toma el “rol activo” e inicia la conexión enviando un mensaje TCP para solicitar la conexión, el que toma la iniciativa.
- **Pasivo:** Al igual que el proceso anterior, pero en este caso toma el “rol pasivo”. Es decir, no toma la iniciativa la hora de establecer la conexión, se queda a la escucha hasta que el activo toma la iniciativa.

7.3.2. CONFIGURACIÓN DE PLC S7-1500 PARA COMUNICAR CON TCP/IP

Para el desarrollo de la comunicación, se comenzará estableciendo la una comunicación TCP/IP entre dos PLCs diferentes. Se emplea esta metodología ya que conectar dos PLCs resulta más sencillo. Una vez establecida una conexión TCP/IP que funcione, solo habría que sustituir el segundo PLC por el equipo IOT y nos aseguraríamos de que al menos la parte de la configuración del PLC es correcta.

Para evitar posibles problemas de conexión con la red, se va a utilizar el segundo puerto Ethernet (X2) de ambos PLCs para su comunicación, mientras que los puertos X1 servirán para conectarse al ordenador y poder cargar el programa de la escalera mecánica desde TIA PORTAL. Así, el primer equipo tendrá asignada la dirección IP 192.168.1.124 al puerto X2, mientras que al segundo se le asignará la dirección IP 192.168.1.125.

Se procede a la creación de una conexión TCP entre dos PLCs, utilizando el puerto X2 de los diferentes PLCs, como ya se mencionó anteriormente. La creación de esta conexión se realizará con los FBs TCON/TSEND/TRCV/TDISCON que nos proporciona TIA-PORTAL.

Funciones de los FBs del PLC para establecer conexión:

- **TCON:** Se utiliza para establecer una conexión TCP entre dos equipos. Dentro de este bloque tiene un parámetro para ajustar la funcionalidad como activo o pasivo, lo que le dará la iniciativa a la hora de establecer la conexión.
- **TSEND:** Se emplea para enviar datos una vez establecida la conexión.

- **TRCV:** Es el bloque encargado de recibir la información que el otro dispositivo con el que ya se ha establecido la conexión envía.
- **TDISCON:** Su funcionalidad consiste en deshacer la conexión una vez no sea necesario mantenerla.

El PLC configurado con la dirección IP 192.168.1.124 se parametriza como “Interlocutor Activo”, mientras que el PLC con dirección IP 192.168.1.125 se parametriza como “Interlocutor Pasivo”. En ambos dispositivos, se utilizará el puerto 2001.

Una vez realizada la conexión, se utilizará un módulo de datos (DB124) para transferir la información desde el “Interlocutor Activo” al “Interlocutor Pasivo”. Asimismo, se creará otro DB (DB125) para realizar la operación inversa.

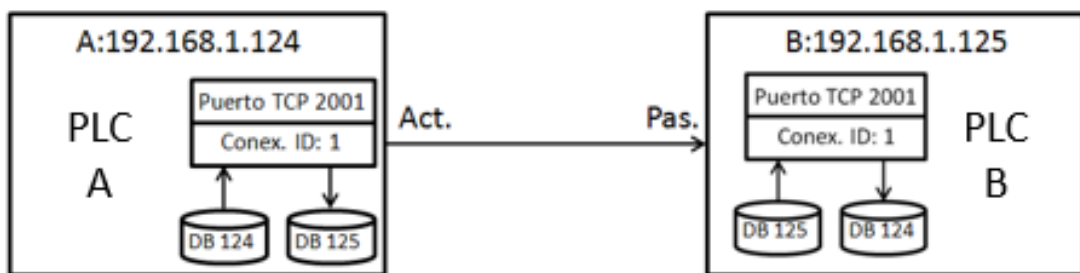


Figura 41: Conexión TCP/IP

Para parametrizar el bloque de funciones TCON, se transfiere su información a un bloque de datos (DB). La información disponible en este DB se muestra en la Figura 42. La estructura de tipo TCON_IP_V4 ya está predefinida, y contiene la información necesaria para solicitar una conexión TCP.

	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	DATOS_CON_1	TCON_IP_v4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Interfaceld	HW_ANY	72	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	ID	CONN_OUC	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ConnectionType	Byte	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	ActiveEstablished	Bool	true	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	RemoteAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	RemotePort	UInt	2001	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	LocalPort	UInt	2001	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 42: DB Conexión PLC

En él se distinguen:

- **Interface_ID:** Indica el interfaz por el que va a establecer el enlace, está podrá tener el valor 64 o 72 en función del puerto integrado en la CPU (X1 o X2).
- **ID:** Identificador de la conexión. Coincide con el parámetro ID de los FBs de comunicaciones.

- **Connection_type.** Tipo de conexión. Para TCP/IP (16#0B)
- **Active_established.** Iniciativa local: TRUE para activo/FALSE para pasivo.
- **Remote_Address:** IP remota (del interlocutor) como Array de 4 bytes.
- **Remote Port:** Puerto remoto
- **Local Port:** Puerto Local.

Una vez creada la conexión, se identificará siempre con su ID, que en este caso es 1.

Una vez, realizado el procedimiento anterior y habiendo comprobado que funciona el intercambio de datos entre ambos PLCs se procederá a eliminar el segundo de uno de ellos. El PLC con el que se va a seguir trabajando requiere un cambio en las IP que utiliza, ya que el IOT2040 tiene la IP 192.168.0.140 y para poder establecer comunicación con él es necesario estar en la misma subred (en este caso la 0). Por tanto, se cambian las IP con las que se estaba trabajando y se establecen las nuevas IP 192.168.0.125 para X2 y 192.168.1.150 para X1. Sera necesario también cambiar los parámetros introducidos a la función TCON. Hay que definir la dirección IP del nuevo dispositivo remoto, el IOT2040 que trabaja en 192.168.0.140.

	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Valor de observación	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a..	Supervis...
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	DATOS_CON_1	TCON_IP_v4			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Interfaced	HW_ANY	72		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	ID	CONN_OUC	1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	ConnectionType	Byte	11		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	ActiveEstablished	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	RemoteAddress	IP_V4			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	ADDR	Array[1..4] of Byte			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	ADDR[1]	Byte	192		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	ADDR[2]	Byte	168		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	ADDR[3]	Byte	0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	ADDR[4]	Byte	140		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	RemotePort	UInt	0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	LocalPort	UInt	2001		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 43: Configuración DB Pasivo para IOT2040

En la siguiente imagen se muestran las conexiones físicas realizadas entre los diferentes dispositivos para este protocolo, además también se representan las direcciones IPs que se han establecido para realizar el proyecto.

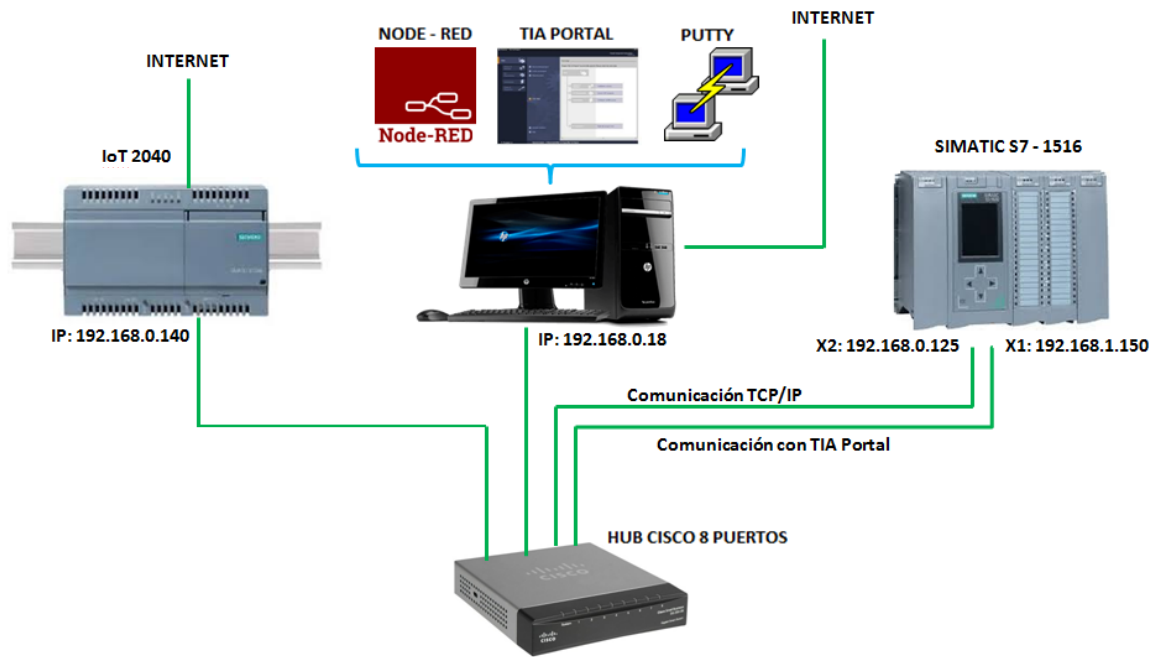


Figura 44: Demostrador para TCP/IP

7.3.3. CONFIGURACIÓN EN NODE-RED

Para poder empezar a trabajar con este protocolo se necesitará saber si los nodos TCP están habilitados en nuestro Node-RED. En caso de no estarlo, se debe clicar en “*Manage palette*” (ver Figura 45) desde el menú de configuración en la esquina superior derecha de la pantalla.

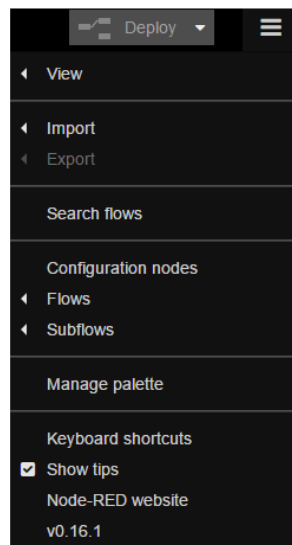


Figura 45: Menú de configuración de Node-Red

A continuación, se mostrará una barra lateral de administración de nodos en el lado izquierdo del editor. Se hace clic en la pestaña Nodos y se procede a buscar "Node-Red"

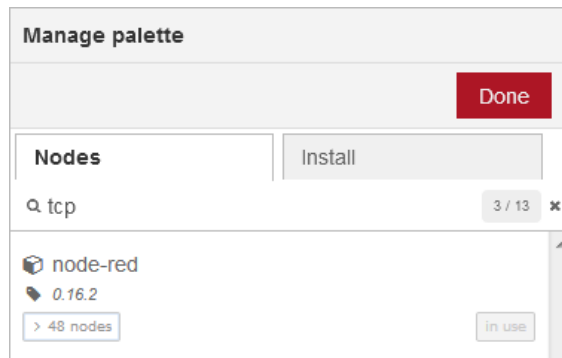


Figura 46: Instalación de nodos

Desplegamos la pestaña de 48 nodos que nos ofrece el paquete y comprobamos que los nodos [TCP in], [TCP out] y [TCP request] están activados. En caso de no estarlo, se activarán manualmente.

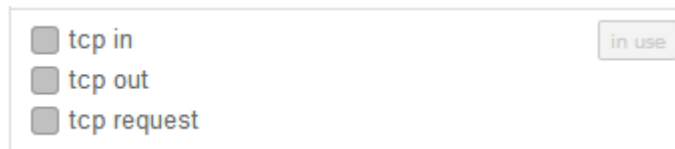


Figura 47: Nodos TCP

Una vez activados, se nos presentan en la pantalla principal de Node-RED los siguientes nodos:

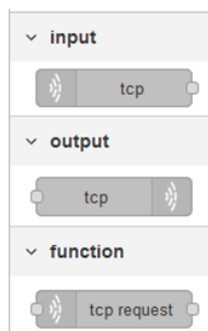


Figura 48: Nodos instalados para protocolo TCP/IP

Los nodos que se van a utilizar en este protocolo TCP/IP se pueden encontrar en la ventana izquierda de Node-Red, junto con el resto de nodos instalados:

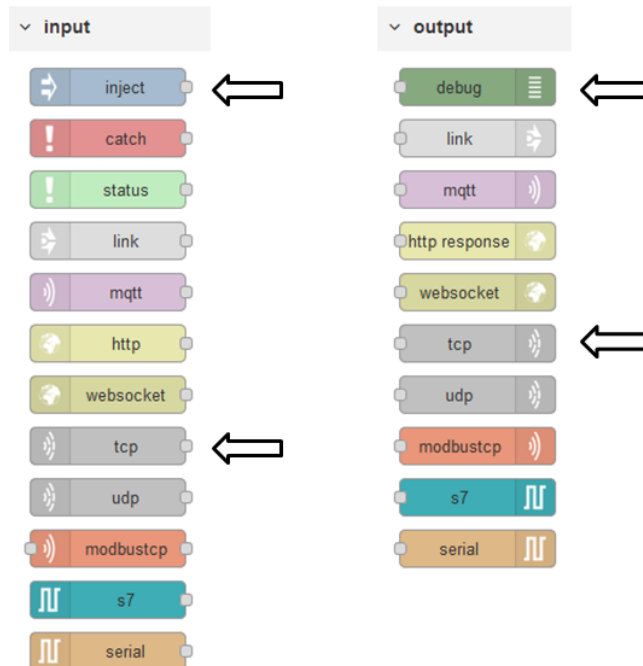


Figura 49: Localización de los nodos TCP

7.3.4. FUNCIONAMIENTO DEL PLC COMO PASIVO Y IOT2040 COMO ACTIVO

En este primer caso, se procederá al intercambio de datos cuando el PLC trabaja como pasivo y el dispositivo SIMATIC IOT2040 como activo. Para este caso en el que el IOT es el activo vamos a programar un servicio de envío. Por lo tanto, desde Node-RED se enviarán datos que posteriormente se recibirán en el PLC.

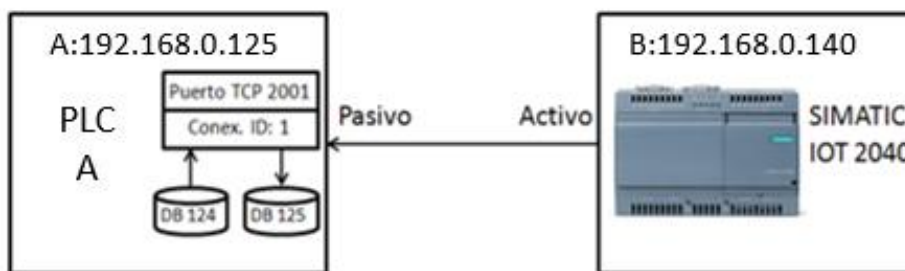


Figura 50: Conexión TCP/IP entre SIMATIC IOT2040 y PLC

Primeramente, se deben realizar los cambios necesarios en el módulo de datos DB de conexión, para se cree un enlace:

- La iniciativa local tiene que adoptar el valor FALSE (para que sea pasivo).
- La dirección remota tendrá la IP del IOT2040.
- El puerto remoto tendrá el valor 0 o se dejará vacío.
- El puerto local tendrá el valor 2001.

	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Valor de observación	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visibl...
1	Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	DATOS_CON_1	TCON_IP_v4			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Interfaceld	HW_ANY	72		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	ID	CONN_OUC	1		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	ConnectionType	Byte	11		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	ActiveEstablished	Bool	FALSE		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	RemoteAddress	IP_V4			<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	RemotePort	UInt	0		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	LocalPort	UInt	2001		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 51: Configuración DB Pasivo para IOT2040

Una vez configurado el DB para su funcionamiento como pasivo, se realizará la configuración de los nodos en la herramienta de programación visual Node-RED (ver Figura 45).



Figura 52: Disposición de los nodos de escritura Pasivo

Al inicio, se arrastra un nodo [Inject] para poder enviar información al PLC. Este nodo, se configura para que trabaje con variables string y/o number. En primer lugar, se procederá a insertar un número (12), como se muestra en la imagen siguiente:

Edit inject node

Payload

Topic

Repeat

Inject once at start?

Name

Note: "interval between times" and "at a specific time" will use cron. See info box for details.

Figura 53: Configuración Nodo [Injet] Pasivo

La configuración del nodo [TCP out], que nos permite conectarnos a un puerto TCP remoto se configurará de la siguiente manera:

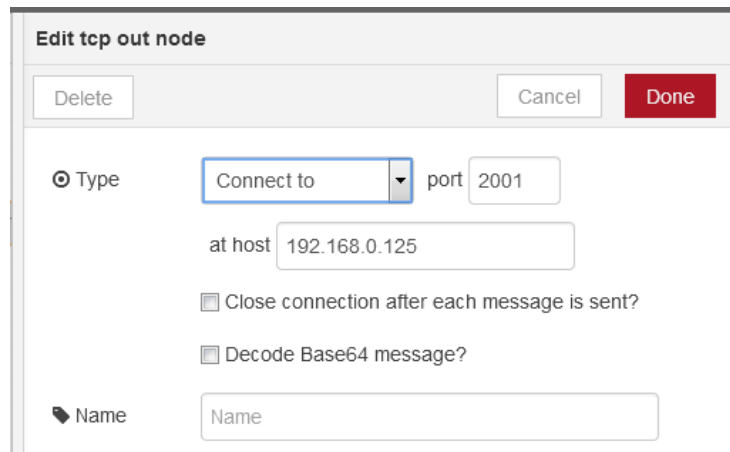


Figura 54: Configuración Nodo [TCP out]

En este nodo, se selecciona el tipo de acción que se desea realizar: *Listen to*, *Connect on* o *Reply to TCP*. En el caso que se está tratando, se elige la opción de *Connect to* para hacer funcionar al dispositivo SIMATIC IOT2040 como activo. Además, se debe especificar el puerto con el que se establece la conexión, en este caso se ha asignado el 2001 de acuerdo a la configuración que previamente realizada en el PLC. Posteriormente, se especifica la IP del anfitrión (Host) que funciona como pasivo durante la conexión, para así proceder a la conexión de ambos nodos.

La comprobación del funcionamiento de la conexión realizada se llevará a cabo a través del bloque de datos DB124, lugar donde se almacenan los datos recibidos en el PLC. En este DB se puede observar la siguiente disposición de números.

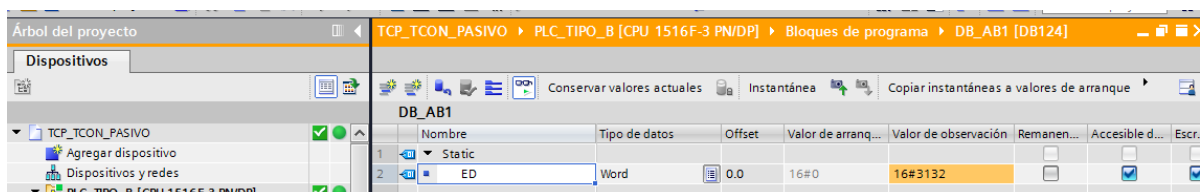


Figura 55: Lectura de datos desde el DB124

El valor de observación ha adoptado la secuencia 16#3132. El número 31 en ASCII corresponde al 1, mientras que el 32 corresponde al 2. Ambos forma el numero 12 que hemos enviado.

De la misma forma, se pueden introducir caracteres tipo string desde Node-RED.



Figura 56: Envió de String

Desde el programa en TIA Portal, se genera a la lectura de los valores anteriores, como se puede observar en la siguiente imagen:

DB_AB1								
	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranq...	Valor de observación	Remanen...	Accesible d...	Escre...
1	Static					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	ED	Word	0.0	16#0	16#6161	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 57: Lectura de datos en el DB124

El valor de observación ha adoptado la secuencia 16#6161. En este caso, el 61 corresponde a la letra a en ASCII, solo que la muestra dos veces ya que le hemos definido en el programa PLC que el valor que se le va a enviar es de tipo WORD y solo le hemos enviado un BYTE.

7.3.5. FUNCIONAMIENTO DEL PLC COMO ACTIVO Y IOT2040 COMO PASIVO

En este segundo caso, el PLC funcionará como activo mientras que el dispositivo SIMATIC IOT2040 tendrá la función de pasivo. Ahora se va a proceder a realizar un servicio de recepción, solo que se cambian los roles y ahora el que tiene la iniciativa es el PLC y no el IOT. Es decir, los datos se enviarán desde el PLC y mediante las configuraciones necesarias en Node-RED se mostrará la información en pantalla.

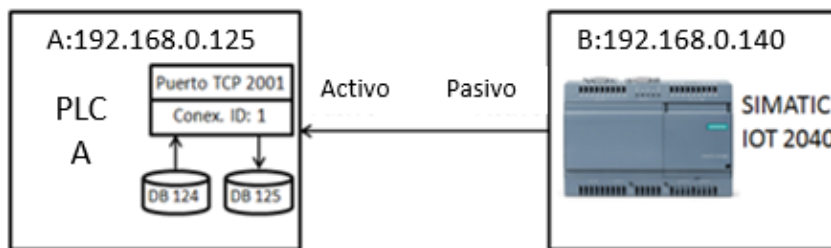


Figura 58: Conexión TCP/IP entre SIMATIC IOT y PLC

En primer lugar, se debe configurar el PLC de forma que sea activo tal y como se ha explicado en apartados anteriores. Además, para este segundo caso, el puerto con el que se establece la conexión tendrá el valor 3000, y se deberá especificar tanto en el puerto remoto como en el puerto local. La dirección remota llevará el valor de la IP del IOT2040, la misma que en el caso anterior. Una vez realizado los cambios mencionados, procederemos a cargar el programa en el PLC.

CONEXION_1								
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	DATOS_CON_1	TCON_IP_v4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Interfacelc	HW_ANY	72	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	ID	CONN_OUC	1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	ConnectionType	Byte	11	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	ActiveEstablished	Bool	TRUE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	RemoteAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	ADDR	Array[1..4] of Byte		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	ADDR[1]	Byte	192	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	ADDR[2]	Byte	168	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	ADDR[3]	Byte	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	ADDR[4]	Byte	140	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	RemotePort	UInt	3000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	LocalPort	UInt	3000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 59: Configuración DB activo

La configuración de los nodos de Node-RED se hará de acuerdo a la figura siguiente. En ella, se muestra un nodo [TCP in], que será el responsable de captar la información proporcionada por el PLC y un nodo [debug] para que muestre en pantalla la información transmitida.

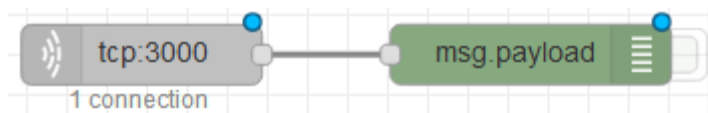


Figura 60: Nodos para Activo

Para la configuración de nodo [TCP in], primeramente, se deberá seleccionar el tipo de acción que va a realizar el nodo. En el caso que nos ocupa, se elegirá la opción de “Listen to”, es decir

Figura 61: Configuración nodo [TCP in]

se quedará escuchando al puerto previamente definido (3000).

Terminada la configuración en Node-Red, se procederá a la transmisión de información. Se ha configurado el programa del PLC de forma que dependiendo del valor del Byte 1 de entradas, se manden los valores definidos por la siguiente tabla.

Entrada digital	Valor decimal	
I 1.0	2^0	1
I 1.1	2^1	2
I 1.2	2^2	4
I 1.3	2^3	8
I 1.4	2^4	16
I 1.5	2^5	32
I 1.6	2^6	64
I 1.7	2^7	128

Tabla 10: Valor enviada según el Byte 1 de entradas del PLC

En este caso, hemos activado la salida I1.1 que nos mostrará por pantalla el valor decimal 2.

```
7/6/2019 8:59:55 node: f55ae9f5.d31a18  
msg.payload : buffer[2]  
▶ [ 2, 2 ]
```

Figura 62: Datos recibidos en el IOT

De nuevo, al igual que sucedía anteriormente, solo se envía el valor de un Byte cuando está configurado en el programa PLC que se va a enviar una WORD. Por tanto, duplica el valor que ha recibido, tal y como se observa en la Figura 62.

8. DESCRIPCION DE LAS TAREAS. DIAGRAMA GANTT

La planificación del proyecto se puede dividir en los siguientes apartados:

1. Definir el proyecto

En este apartado se define bien la finalidad y el alcance que va a tener el proyecto que se plantea. Se realiza un análisis de alternativas y se busca cual es la mejor solución para llevar a cabo la labor que se pretende.

2. Estudio de viabilidad

Consiste en ver si de verdad se puede realizar el proyecto. Se realiza el presupuesto y se analiza si económicamente es viable seguir adelante con lo planificado. También se realiza un estudio de la materia que se va a abordar, un aprendizaje del funcionamiento de las comunicaciones y los tipos de protocolos de comunicación que se emplean en la actualidad. De esta forma, lo que se pretende es ver si el proyecto es técnicamente realizable.

3. Puesta en marcha

Una vez confirmada la viabilidad del proyecto, comienza la puesta en marcha. Esto consiste en instalar todos los softwares que se van a emplear, conectar todos los dispositivos correctamente para que puedan establecer conexión, instalar la nueva tarjeta de red que permita al ordenador conectarse con el IOT y diseñar el programa del PLC que controla la escalera mecánica.

4. Protocolo S7

En esta fase se pasa a programar en Node-Red el protocolo S7 que permita la lectura y escritura de datos del PLC. Para ello, primero hay una fase de investigación acerca de cómo se realiza este tipo de conexiones, luego se para a la fase de programación, y por ultimo una fase de pruebas en la que se verifica que el trabajo ha sido bien realizado.

5. Protocolo TCP/IP

Para realizar la conexión mediante el protocolo TCP/IP, se siguen los pasos que se dieron con el protocolo S7. Primero hay una fase de investigación para ver cómo llevar a cabo el trabajo, seguido de una implantación del protocolo en el sistema de automatización y por ultimo una fase de pruebas que corrobore su correcto funcionamiento.

6. Memoria

Por último, se realiza la memoria del Trabajo de Fin de Grado que recoja todo lo que se ha logrado durante los meses de trabajo.

El trabajo tiene una duración de total de 148 días laborales, habiendo trabajado cada día un poco más de dos horas, 340h hora en total. Este será el valor que se utilizará más adelante para calcular el presupuesto del trabajo.

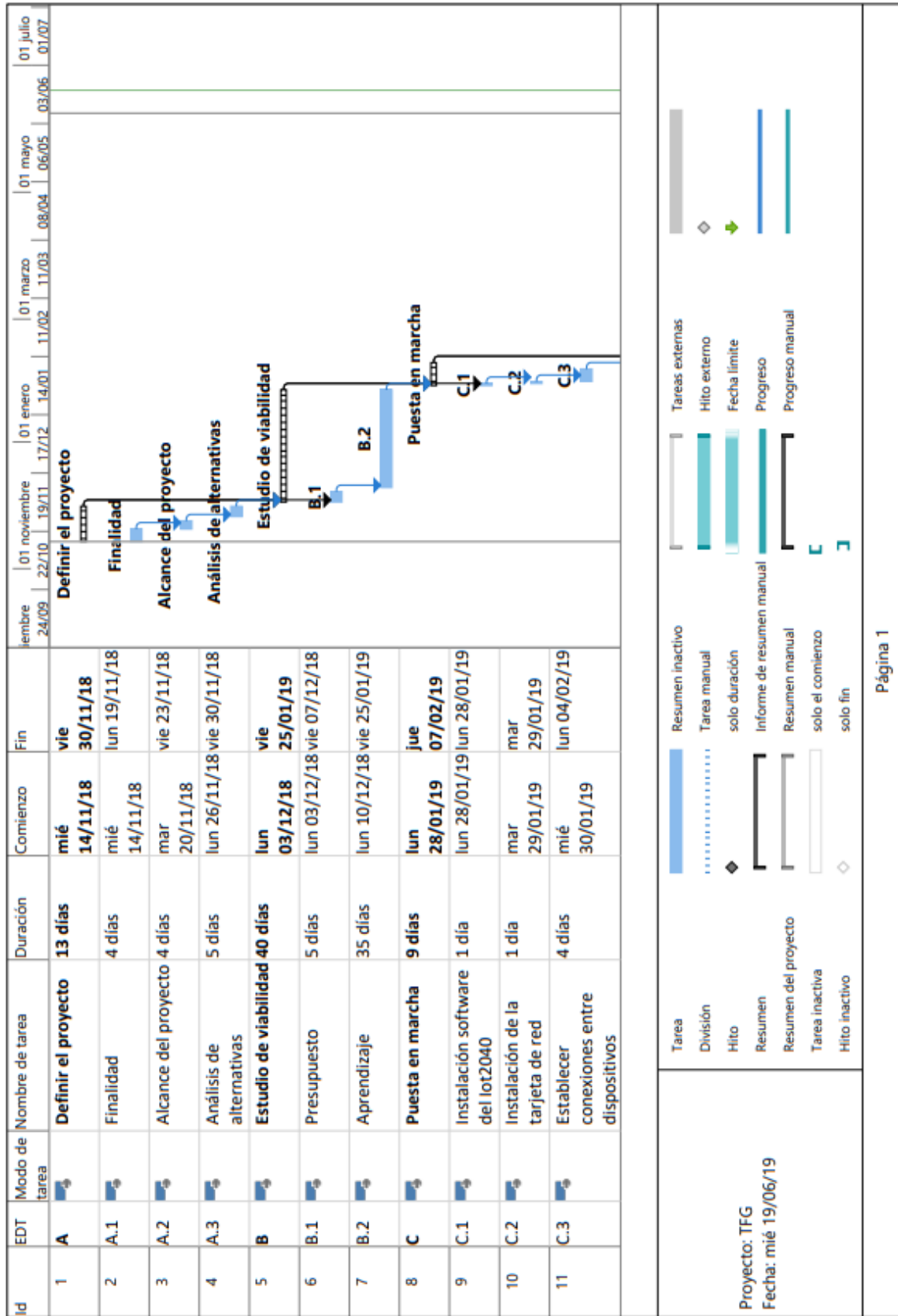


Figura 63: Página 1 del diagrama Gantt

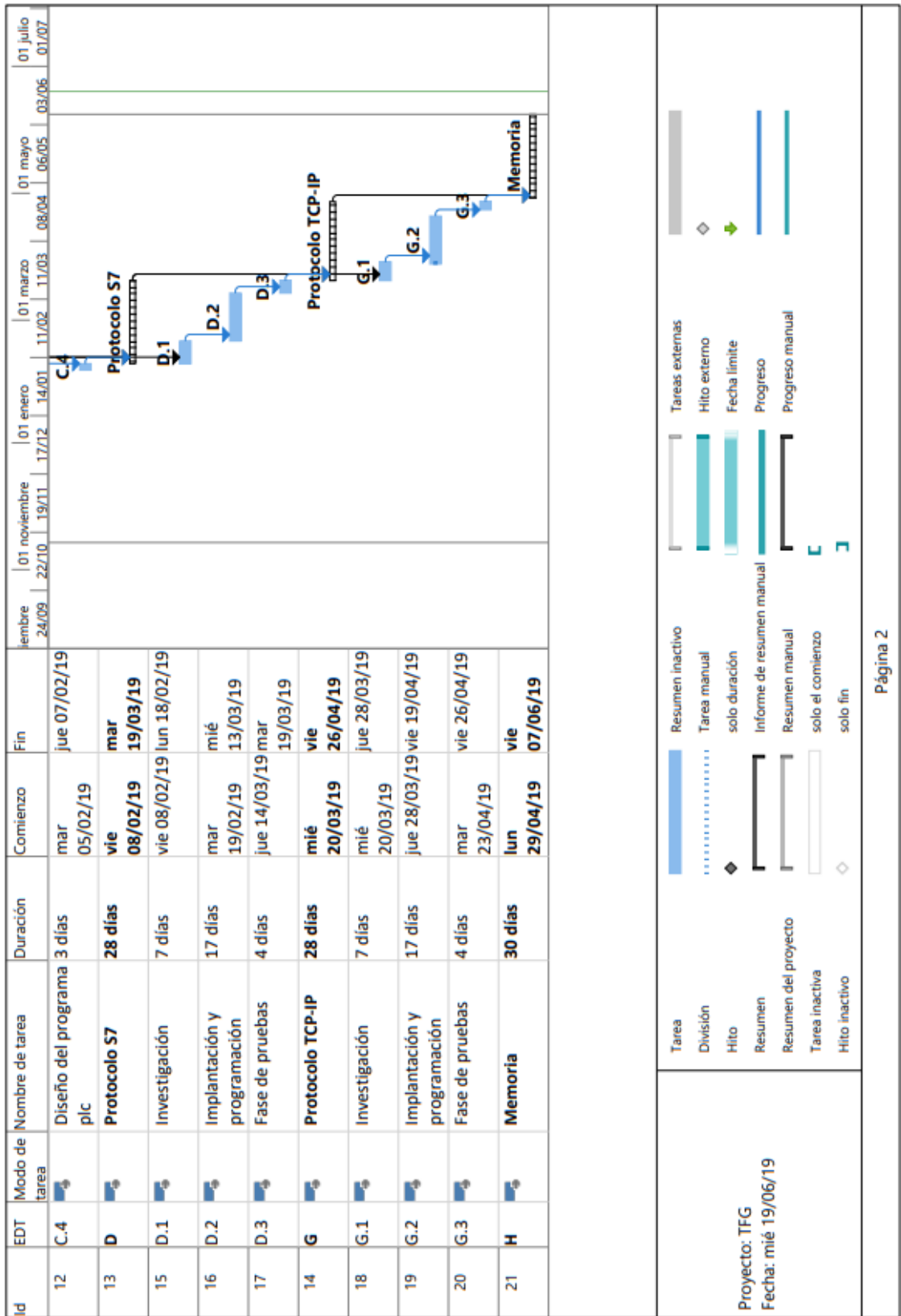


Figura 64: Página 2 del diagrama Gantt

9. PRESUPUESTOS

A continuación, se muestra el presupuesto necesario para llevar a cabo el proyecto. Se ha dividido en tres partidas: amortizaciones, horas internas y gastos.

AMORTIZACIONES				
Concepto	Coste (€)	Vida útil	Número de horas (h)	Coste
Ordenador Dell optiplex 7010	295,00	5 años	340	2,29 €
Teclado	17,80	7 años	340	0,10 €
Ratón	15,00	2 años	340	0,29 €
PLC Simatic S7-1500 + módulos	3.842,80	20 años	340	7,46 €
Total				10,14 €

Tabla 11: Amortizaciones

HORAS INTERNAS			
Concepto	Precio hora (€/h)	Número de horas	Coste
Ingeniero técnico	30,00	340	10.200,00 €
Total			10.200,00 €

Tabla 12: Horas internas

GASTOS	
Concepto	coste (€)
Hub 8 puertos Cisco SF110D-08	37,49 €
Fuente de alimentación 12V	24,83 €
TP-Link TG-3468	9,99 €
Simatic IOT2040	260,00 €
Total	332,31 €

Tabla 13: Gastos

Todos estos gastos se recogen en un resumen. Los gastos mostrados hasta ahora forma un subtotal del presupuesto final, el cual se ve incrementado por gastos indirectos estimados en un 5% del presupuesto total. Estos gastos indirectos cubren costes no indicados como pueden ser costes eléctricos, licencias y desplazamientos.

RESUMEN	
Amortizaciones	10,14 €
Horas Internas	10.200,00 €
Gastos	332,31 €
Subtotal	10.542,45 €
Costes derivados 5%	527,12 €
Total	11.069,57 €

Tabla 14: Resumen del presupuesto

Para poder visualizar mejor como está repartido el presupuesto, se ha realizado el siguiente gráfico:

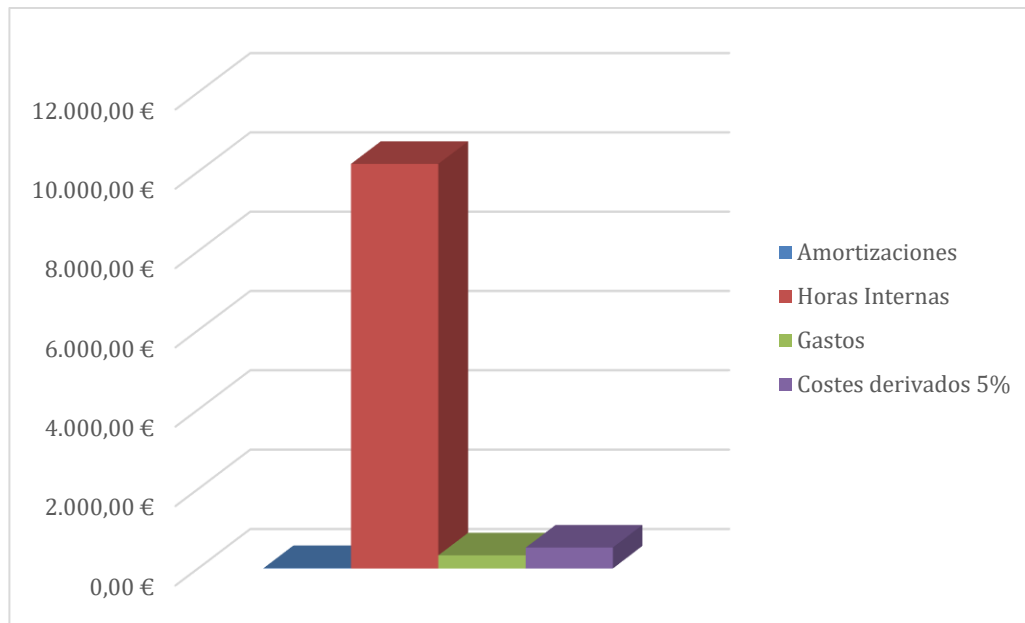


Figura 65: Reparto de los tipos de costes del presupuesto

Se puede observar como la gran cantidad de los costes van dirigidos a horas internas, en concreto a labor de ingeniería. Esto se debe al elevado coste/hora de ingeniería y a la gran cantidad de horas invertidas para realizar el proyecto. Por otro lado, los gastos y las amortizaciones son bastante asequibles, apenas corresponden un 3% del coste total.

10. CONCLUSIONES

En este documento se han detallado los pasos a seguir para establecer una conexión con un PLC por medio de diferentes protocolos de comunicación. Dicho PLC, controla una escalera mecánica, y el hecho de tener un enlace de comunicación, permite poder leer diferentes variables de interés en tiempo real. También está la opción de poder enviar información al controlador, ya que las conexiones establecidas permiten un flujo bidireccional de datos.

El proyecto forma parte de lo hoy en día se conoce como el internet de las cosas, IOT por sus siglas en inglés, que consiste en la interconexión digital de objetos cotidianos con el Internet. Es una tendencia que ha llegado junto con la industria 4.0 y que poco a poco se ve cada vez más necesaria. Su aplicación en la industria resulta muy interesante, ya que permitiría la obtención de datos generados en los procesos de producción, algo que con la aparición del Big Data cada vez tiene más valor.

El dispositivo que se emplea para realizar la interconexión digital con el PLC es el Simatic IOT 2040, la propuesta que realiza Siemens para este tipo de aplicaciones. Es un dispositivo económico, fiable y seguro, lo que lo convierte en la perfecta solución para la aplicación que se pretende llevar a cabo. Además, su programación es muy sencilla, facilitando la puesta en marcha del sistema de recogida de datos.

El IOT2040 funciona como pasarela entre las redes IT de las empresas y la nube donde se almacenarán los datos. El dispositivo soporta múltiples lenguajes de programación, así como numerosos protocolos de comunicación, dotándolo de una gran flexibilidad que le permite conectarse con diferentes máquinas y sistemas de producción.

La cuarta revolución industrial es ya una realidad, y se prevé que toda empresa industrial que no se adapte quedara fuera de mercado debido a la fuerte ventaja competitiva que tendrán los competidores que si lo hagan. En cada momento se están generando millones de datos que podrían llegar a ser de gran utilidad, pero que no se llegan a aprovechar. El Big Data hace que sea posible analizar y manejar esta gran cantidad de datos, pero es necesario establecer los sistemas que permitan su captación. Por medio de estas técnicas, se podrán llegar a optimizar en gran medida los procesos de fabricación, se obtendrán productos de mejor calidad y habrá un mayor control de lo sucede en cada momento.

11. FUENTES DE INFORMACIÓN

- [1] Siemens. SIMATIC IOT2040: La pasarela inteligente para las soluciones de IoT industrial
https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/PC_industriales/Pages/SIMATIC-IOT2040.aspx
- [2] Siemens. SIMATIC IOT2000 support forums
<https://support.industry.siemens.com/tf/ww/en/conf/60/>
- [3] Siemens. Primeros pasos y programación del primer programa node-red
<https://w5.siemens.com/spain/web/es/.../IoT2040-Primeros-pasos-programacion.pdf>
- [4] Wikipedia. Industria 4.0
https://es.wikipedia.org/wiki/Industria_4.0
- [5] Xataka. Arduino
https://www.google.com/search?ei=YvQJXfKvMOHuxgPktplBw&q=arduino&oq=arduino&gs_l=psy-ab.3.35i39l2j0i67l7j0.69923.70894.71810...0.0..0.218.1231.0j5j2.....0....1..gws-wiz.....0i131.0aZQZASkNWg#
- [6] Wikipedia. Arduino
<https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>
- [7] Wikipedia. Raspberry pi 3
https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- [8] Node-Red. Comunicaciones S7
<https://www.npmjs.com/package/node-red-contrib-s7>
- [9] IBM Knowledge centre. TCP/IP
https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/ssw_aix_72/com.ibm.aix.networkcom/tcpip_protocols.htm
- [10] Wikipedia. Modelo OSI
https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI
- [11] Siemens. Tia Portal
https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia_portal/pages/tia-portal.aspx