



Universidad de Oviedo

Memoria del Trabajo Fin de Máster realizado por

LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

para la obtención del título de

Máster en Ingeniería de Automatización e Informática Industrial

**SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD PARA
TÚNEL FERROVIARIO**

FEBRERO-2016

PARTE 1: INDICE

1 Índice de proyecto.

PARTE 1: INDICE

1	Índice de proyecto	2
2	Índice de tablas y figuras	7

PARTE 2: MEMORIA DESCRIPTIVA

1	Antecedentes	10
2	Objetivo	12
3	Destinatario	12
4	Situación y emplazamiento	13
5	Breve explicación del proyecto	13
5.1	Introducción	13
5.2	Tecnología de automatización y equipos	13
5.3	Estructura de comunicaciones	15
5.4	Adquisición y visualización de datos	17
6	Solución adoptada	18
6.1	Equipos de medida a instalar	18
6.1.1	Opacímetro	18
6.1.2	Sensor de metano	19
6.1.3	Anemómetro	19
6.2	Equipos de monitorización y gestión a instalar	20
6.2.1	Central de Gases	20
6.2.2	Central de Detección	20
6.2.3	Central de Extinción	21
7	Autómatas programables	22
7.1	Elección del autómata programable	22
7.2	Autómata Beckhoff CX-9020-0111	23
7.2.1	Descripción del equipo	23
7.2.2	Características principales	24
7.3	Autómata Beckhoff CX-5020-0111	25
7.3.1	Descripción del equipo	25
7.3.2	Características principales	25
7.4	Módulos I/O	26
7.4.1	Módulo de 16 entradas digitales	26
7.4.1.1	Descripción del módulo	26
7.4.1.2	Características principales	26
7.4.2	Módulo de 16 salidas digitales	27
7.4.2.1	Descripción del módulo	27
7.4.2.2	Características principales	27
7.4.3	Módulo de 4 entradas analógicas	27
7.4.3.1	Descripción del módulo	27

7.4.3.2	Características principales	28
7.4.4	Módulo de 8 entradas analógicas	28
7.4.4.1	Descripción del módulo	28
7.4.4.2	Características principales	29
7.5	Módulo de comunicaciones	29
7.5.1	Módulo rs485/rs422	29
7.5.1.1	Descripción de equipo	29
7.5.1.2	Características principales	29
7.6	Módulo de alimentación	30
7.6.1	Descripción del equipo	30
7.6.2	Características principales	30
7.7	Módulo memoria externa	30
7.7.1	Descripción del equipo	30
7.7.2	Características principales	31
8	Equipos de conexionado al PLC	31
8.1	Módulo de interfaz de cableado rápido de entradas	31
8.1.1	Descripción del equipo	31
8.1.2	Características principales	31
8.2	Módulo de interfaz de cableado rápido de salidas	32
8.2.1	Adaptador de 8 canales	32
8.2.1.1	Descripción del equipo	32
8.2.1.2	Características principales	32
8.2.2	Relés de salida	32
8.2.2.1	Descripción de equipo	32
8.2.2.2	Características principales	33
8.2.3	Cable Ribbon	33
8.2.3.1	Descripción de equipo	33
9	Instalación en cuadro automatismo eléctrico	34
9.1	Instalación cuadro CX-5020 (ERU)	34
9.1.1	Montaje del PLC y módulos en el cuadro	34
9.1.2	Espacio de ventilación	34
9.1.3	Reglas de cableado y puesta a tierra	35
9.1.4	Equipos de protección y alimentación	36
9.2	Instalación cuadro CX-9020 (UCD)	37
9.2.1	Montaje del PLC y módulos en el cuadro	37
9.2.2	Espacio de ventilación	37
9.2.3	Reglas de cableado y puesta a tierra	38
9.2.4	Equipos de protección y alimentación	39
9.3	Conexionado y Montaje central de gas Dräger	40
9.3.1	Montaje opacímetro VISIC100SF	40
9.3.2	Montaje sensor de metano PIR3000	41
9.3.3		42
10	Pantalla táctil SCADA	42
10.1	Interfaz hombre-máquina	42
10.2	Beckhoff-Wonderware HMI	42
10.3	Pantalla CP-2612	43
10.3.1	Descripción de equipo	43
10.3.2	Características principales	43

11	Entorno de programación	44
11.1	Entorno de programación TwinCat2	44
11.1.1	Plc Control	44
11.1.2	System Manager	46
11.2	Entorno de programación Indusoft	47
11.2.1	Ventana de proyecto	49
11.2.2	Explorador de proyecto	50
11.2.3	Barra de herramientas	52
11.2.3.1	Inicio	52
11.2.3.2	Vista	53
11.2.3.3	Insertar	53
11.2.3.4	Proyecto	53
12	Comunicaciones	55
12.1	Tipos de comunicaciones empleadas	55
12.1.1	Ethernet Real Time	55
12.1.2	Modbus RTU	56
12.1.3	ADS	57
12.2	Comunicaciones entre equipos	57
12.2.1	Central de Gases-UCD	58
12.2.2	UCD-ERU	58
12.2.3	Pantalla-ERU	58
<u>PARTE 3: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS Y PROGRAMACIÓN</u>		59
1	Cálculo de alimentación de equipos	59
1.1	Alimentación cuadros CX-9020-1 y 2	59
1.2	Alimentación cuadro CX-5020	59
1.3	Alimentación de otros equipos	60
2	Programación del PLC	60
2.1	Versión de programa	60
2.2	Identificación de ficheros	60
2.3	Librerías del proyecto	61
2.4	Estructura de programación de los PLC	61
2.4.1	Estructura de programación de una ERU	62
2.4.1.1	TwinCat2-Plc Control	62
2.4.1.1.1	Módulo POU	62
2.4.1.1.2	Módulo Data Type	66
2.4.1.1.3	Módulo de variables globales	70
2.4.1.2	TwinCat2-System Manager	70
2.4.1.2.1	Configuración	70
2.4.2	Estructura de programación de una UCD	75
2.4.2.1	TwinCat2-Plc Control	75
2.4.2.1.1	Módulo POU	75
2.4.2.1.2	Módulo Data Type	77
2.4.2.1.3	Módulo variables globales	81
2.4.2.2	TwinCat2-System Manager	81
2.4.2.2.1	Configuración	81
2.5	Variables de programación	87

2.5.1	Data Types	87
2.5.1.1	Equipos y sistemas	87
2.5.1.2	Comunicación PLC	88
2.5.2	Variables globales	89
2.5.2.1	Variables globales ERU	89
2.5.2.2	Variables globales UCD	90
3	SCADA Indusoft	91
3.1	Versión de programa	91
3.2	Identificación de ficheros	91
3.3	Estructura de programación software SCADA	91
3.4	Programación de pantallas	91
3.4.1	Asignación de variables	91
3.4.2	Creación de una tabla de alarmas	93
3.5	Pantallas SCADA	94
3.5.1	Pantalla Mantenimiento	94
3.5.2	Pantalla ERU1	94
3.5.3	Pantalla UCD2	95
3.5.4	Pantalla UCD3	95
3.5.5	Pantalla Histórico	95
<u>PARTE 4: ANEXOS</u>		97
1	Manual SCADA	97
	1 INTRODUCCIÓN	99
	2 INICIO SCADA	99
	3 MODO DE FUNCIONAMIENTO	100
	3.1 MODO DE LECTURA DE TEMPERATURAS	100
	3.1.1 PANTALLA DE TEMPERATURAS	101
	3.1.2 PANTALLA DE TEMPERATURAS TÚNEL	102
	3.2 MODO DE MANTENIMIENTO	103
	3.2.1 PANTALLA DE MANTENIMIENTO	103
	3.2.2 PANTALLA HISTÓRICO DE ALARMAS	105
	3.2.3 PANTALLA ERU/PANTALLA UCD	105
	4 GESTIÓN/ VISUALIZACIÓN DE ALARMAS	110
	4.1 ALARMAS ONLINE	111
	4.2 HISTÓRICO DE ALARMAS	111
	5 FLUJOGRAMA DE PANTALLAS	112
2	Código y variables MODBUS_RTU (PRG)	113
<u>PARTE 5: PLANIFICACIÓN</u>		118
1	Planificación mes de Septiembre	118
1.1	Semana 1	118
1.2	Semana 2	118
1.3	Semana 3	118
1.4	Semana 4	118
1.5	Semana 5	118
2	Planificación mes de Octubre	118

2.1	Semana 5	118
2.2	Semana 6	118
2.3	Semana 7	118
2.4	Semana 8	118
2.5	Semana 9	119
3	Planificación mes de Noviembre	119
3.1	Semana 10	119
3.2	Semana 11	119
3.3	Semana 12	119
3.4	Semana 13	119
3.5	Semana 14	119
4	Planificación mes de Diciembre	119
4.1	Semana 14	119
4.2	Semana 15	119
4.3	Semana 16	119
4.4	Semana 17	120
4.5	Semana 18	120
5	Planificación mes de Enero	120
5.1	Semana 18	120
5.2	Semana 19	120
5.3	Semana 20	120
5.4	Semana 21	120
5.5	Semana 22	120
6	Diagrama de planificación	120
<u>PARTE 6: PRESUPUESTO</u>		121
1	Presupuesto equipos PLC	121
1.1	Presupuesto ERU Tipo4	121
1.2	Presupuesto UCD Tipo3	122
1.3	Presupuesto pantalla SCADA	123
2	Presupuesto relés de salida	123
3	Presupuesto equipos exteriores	123
4	Presupuesto programación	123
5	Presupuesto montaje	124
6	Presupuesto final	124
<u>PARTE7: CONCLUSIONES</u>		125
<u>PARTE 8: PLANOS</u>		126
1	Localización de la obra	127
2	Localización dentro de la Variante de Pajares	128
3	Distribución dentro del túnel	129
4	Montaje cuadro UCD	130
5	Alimentación cuadro UCD	131
6	Conexión CPU UCD	132
7	Conexión módulo 1 DI UCD	133

8	Conexión módulo 2 DI UCD	134
9	Conexión módulo 1 DO UCD	135
10	Conexión módulo 2 DO UCD	136
11	Conexión módulo 1 AI UCD	137
12	Conexión módulo RS-485 UCD	138
13	Conexión salidas a relé 1 UCD	139
14	Conexión salidas a relé 2 UCD	140
15	Listado de materiales UCD	141
16	Listado de cableado 1 UCD	142
17	Listado de cableado 2 UCD	143
18	Montaje cuadro ERU	144
19	Alimentación cuadro ERU	145
20	Conexión CPU ERU	146
21	Conexión módulo 1 di ERU	147
22	Conexión módulo 2 di ERU	148
23	Conexión módulo 1 do ERU	149
24	Conexión módulo rs-485 ERU	150
25	Conexión Pantalla-PLC ERU	151
26	Conexión salidas a relé 1 ERU	152
27	Listado de materiales ERU	153
28	Listado de cableado 1 ERU	154
29	Listado de cableado 2 ERU	155

2 Índice de tablas y figuras.

Figura 1	Tren Alvia de LAV (Línea de Alta Velocidad).	10
Figura 2	Túneles pertenecientes a la Variante de Pajares.	11
Figura 3	Esquema conexionado equipos ERU.	14
Figura 4	Esquema conexionado equipos ERU.	14
Figura 5	Esquema conexionado equipos a Central de Gas.	15
Figura 6	Alcance del proyecto sobre plano de Adif.	16
Figura 7	Esquema conexionado Red UCD.	17
Figura 8	Opacímetro del fabricante SICK.	18
Figura 9	Vista interna del opacímetro SICK.	18
Figura 10	Sensor de metano del fabricante DRÄGER.	19
Figura 11	Anemómetro casa SICK.	19
Figura 12	Central de Gas del fabricante DRÄGER.	20
Figura 15	Central de detección del fabricante HONEYWELL.	20
Figura 16	Central de Extinción del fabricante HONEYWELL.	21
Figura 17	PLC Beckhoff modelo CX9020.	23
Figura 18	PLC Beckhoff modelo CX5020.	23
Figura 19	PLC Beckhoff modelo CX9020-0111.	24
Figura 20	PLC Beckhoff modelo CX5020-0111.	25
Figura 21	Módulo 16 entradas digitales EL1809.	26
Figura 22	Módulo 16 salidas digitales EL2889.	27
Figura 23	Módulo 4 Entradas Analógicas EL3024.	28
Figura 24	Módulo 8 Entradas Analógicas EL3058.	28
Figura 25	Módulo Comunicaciones RS485/RS422 EL6022.	29

Figura 26	Módulo Alimentación MEANWELL MDR-100-24.	30
Figura 27	Módulo memoria externa.	31
Figura 28	Mód. Cableado rápido de entradas 704-2054 de WAGO.	31
Figura 29	Mód. Adaptador 8 canales 857-982 de WAGO.	32
Figura 30	Mód. Relé de salida 857-304 de WAGO.	32
Figura 31	Cable Ribbon de ServifferXXI.	33
Figura 32	Distribución cuadro PLC tipo ERU.	34
Figura 33	Distribución de cableado alimentación y datos ERU.	35
Figura 34	Distribución protecciones y alimentaciones dentro del cuadro ERU.	36
Figura 35	Distribución cuadro PLC tipo UCD.	37
Figura 36	Distribución de cableado alimentación y datos UCD.	38
Figura 37	Distribución protecciones y alimentaciones dentro del cuadro UCD.	39
Figura 38	Esquema de distribución de la Central de Gas Dräger.	40
Figura 39	Esquema de conexionado ficha interna del opacímetro	41
Figura 40	Conexionado sensor de Metano-Central de Gas Dräger.	41
Figura 41	Pantalla táctil modelo CP-2612 del fabricante Beckhoff.	43
Figura 42	Ubicación pantalla táctil dentro del cuadro.	43
Figura 43	Pantalla principal PLC Control	44
Figura 44	Barra de herramientas PLC Control	44
Figura 45	Explorador de proyecto PLC Control	45
Figura 46	Ventana de notificaciones PLC Control	46
Figura 47	Pantalla principal System Manager.	46
Figura 48	Barra de herramientas System Manager.	46
Figura 49	Indusoft V7.1.	47
Figura 50	Ventana de proyecto Indusoft Web Studio.	49
Figura 51	Vista del Explorador de proyecto.	50
Figura 52	Vista pestaña global del Explorador de proyecto.	50
Figura 53	Vista pestaña gráficos del Explorador de proyecto.	51
Figura 54	Vista pestaña tareas del Explorador de proyecto.	51
Figura 55	Vista pestaña comm del Explorador de proyecto.	51
Figura 56	Barra de herramientas Indusoft Web Studio.	52
Figura 57	Pantalla de Administrador remoto.	52
Figura 58	Pantalla módulo vista de la barra de herramientas.	53
Figura 59	Pantalla módulo insertar de la barra de herramientas.	53
Figura 60	Pantalla módulo proyecto de la barra de herramientas.	54
Figura 61	Pantalla módulo gráficos de la barra de herramientas.	54
Figura 62	Esquema del protocolo Ethernet.	55
Figura 63	Esquema comunicación ModBus.	58
Figura 64	Esquema comunicación Ethernet RT.	58
Figura 65	Esquema comunicación ADS.	58
Figura 66	Versión TwinCat2.	60
Figura 67	Librerías Beckhoff empleadas en la programación .	61
Figura 68	Módulo de POU de una ERU.	62
Figura 69	Data Types de programación de una ERU.	67
Figura 70	Pantalla principal System Manager ERU.	70
Figura 71	Pantalla de búsqueda para .tpy ERU.	71
Figura 72	Pantalla de selección de equipo ERU.	71
Figura 73	Pantalla principal para configuración E/S ERU.	72
Figura 74	Ilustración desplegable de terminales ERU.	72
Figura 75	Ilustración desplegable de BOX para comunicación Ethernet ERU.	73

Figura 76	Pantalla de selección de Box ERU.	73
Figura 77	Pantalla de selección de Network Variable ERU.	74
Figura 78	Elementos de la variable de red del subscriptor ERU.	74
Figura 79	Elementos de la variable de red del publicador ERU.	74
Figura 80	Módulo de POU de una UCD.	75
Figura 81	Function Block para Central de Detección.	75
Figura 82	Data Types de programación de una UCD.	77
Figura 83	Pantalla principal System Manager UCD.	81
Figura 84	Pantalla de búsqueda para .tpy UCD.	82
Figura 85	Pantalla de selección de equipo UCD.	82
Figura 86	Pantalla principal para configuración E/S UCD.	83
Figura 87	Ilustración desplegable de terminales UCD.	83
Figura 88	Ilustración desplegable de BOX para comunicación Ethernet UCD.	84
Figura 89	Pantalla de selección de Box UCD.	84
Figura 90	Pantalla de selección de Network Variable UCD.	85
Figura 91	Elementos de la variable de red del subscriptor UCD.	85
Figura 92	Elementos de la variable de red del publicador UCD.	86
Figura 93	Variables globales de la ERU.	90
Figura 94	Variables globales de la UCD.	90
Figura 95	Versión de software Indusoft.	91
Figura 96	Archivos generados por el software Indusoft.	91
Figura 97	Integración de Tags desde el archivo .tpy.	92
Figura 98	Asignación de Tags.	92
Figura 99	Creación grupo de alarmas.	93
Figura 100	Creación de alarmas.	93
Figura 101	Pantalla principal de mantenimiento del SCADA.	94
Figura 102	Pantalla ERU1 del SCADA.	94
Figura 103	Pantalla UCD2 del SCADA.	95
Figura 104	Pantalla UCD3 del SCADA.	95
Figura 105	Pantalla Histórico del SCADA.	96
Figura 106	Diagrama de planificación.	120
Tabla 1	Comparativas precios PLC.	22
Tabla 2	Protecciones y alimentaciones ERU.	36
Tabla 3	Protecciones y alimentaciones UCD.	39
Tabla 4	Tabla de direccionamiento ModBus RTU.	57
Tabla 5	Consumos equipos cuadro CX-9020-1 y 2.	59
Tabla 6	Consumos equipos cuadro CX-5020.	59
Tabla 7	Alimentación de equipos distintos a PLC.	60
Tabla 8	Señales de equipos y sistemas.	87
Tabla 9	Variables de programación internas.	88
Tabla 10	Presupuesto ERU.	121
Tabla 11	Presupuesto UCD.	122
Tabla 12	Presupuesto pantalla SCADA	123
Tabla 13	Presupuesto relés de salida.	123
Tabla 14	Presupuesto equipos exteriores.	123
Tabla 15	Presupuesto programador.	123
Tabla 16	Presupuesto montaje.	124
Tabla 17	Presupuesto final.	124

PARTE 2: MEMORIA DESCRIPTIVA

1 Antecedentes

El Sistema ferroviario de la Línea de Alta Velocidad en España cuenta con un total de 3100 Km repartidos por toda la geografía siendo uno de los tramos más importantes el de Madrid-Asturias.

Dada la importancia de la LAV (Línea de Alta Velocidad) Adif, empresa estatal encargada del mantenimiento y obra de las mismas, emplea un elevado número de recursos en ellas para velar por su correcto funcionamiento.

Uno de los puntos en los que hace más incapié es el de Protección Civil y Seguridad tanto de los pasajeros como de los empleados de mantenimiento de las vías.

En la actualidad los accidentes ferroviarios en España son escasos por no decir nulo, el problema proviene de la elevada siniestralidad cuando ocurre, los trenes de la LAV denominados ALVIA tienen capacidad para más de 200 pasajeros como el tren accidentado en Angrois Santiago de Compostela, contaba en su interior con un total de 218 pasajeros de los cuales más de 80 fallecieron.



Figura 1: Tren Alvia de LAV (Línea de Alta Velocidad).

Después de este terrible accidente las medidas ferroviarias de la LAV se incrementaron.

Una de las medidas principales tomadas por Adif a partir de estos sucesos fue el incremento de Sistemas de Protección Civil y Seguridad en túneles de nueva construcción o modernos de más de 1Km de la LAV.

En la actualidad la obra de la Variante de Pajares es la 2º de Europa a nivel de dificultad técnica y el 2º túnel ferroviario más largo de España después de Guadarrama, por ello Adif va a destinar un elevado número de recursos para el Sistema de Protección Civil y Seguridad.

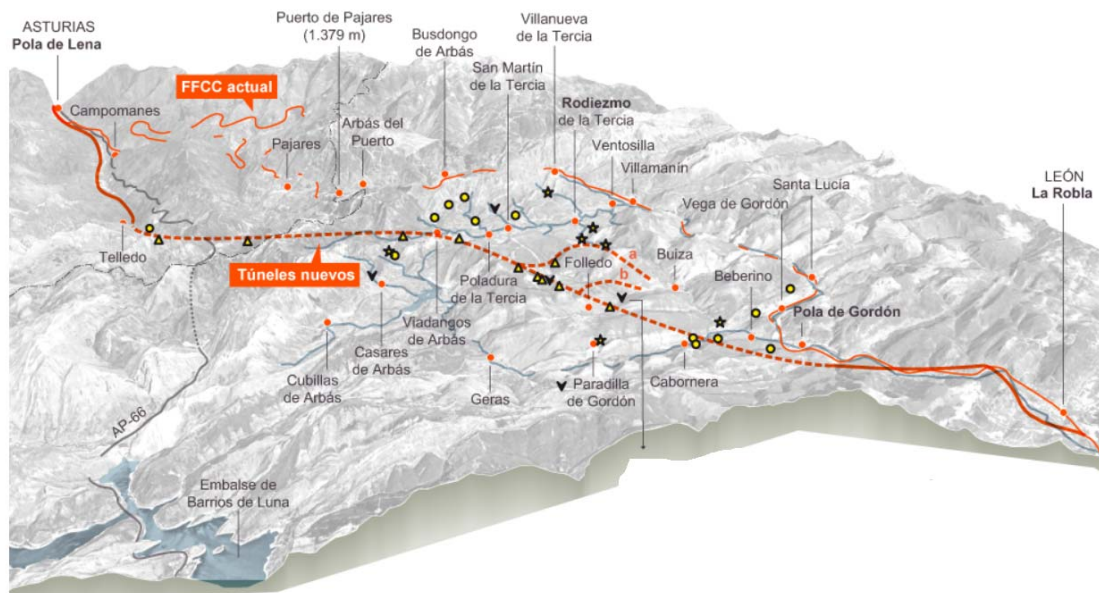


Figura 2: Túneles pertenecientes a la Variante de Pajares.

Como antecedente se cuenta con el Sistema de Protección Civil y Seguridad implementado en el túnel bitubo de Guadarrama ubicado entre Madrid y Segovia con 28Km de longitud, siendo el túnel ferroviario con más longitud de España

El Sistema de Protección Civil y seguridad de Guadarrama cuenta con elementos de detección de incendio como son:

- Opacímetros.
- Centrales de Detección de Gases.
- Sensores de Dióxido de Carbono.
- Sensores de NO
- Sensores de Metano
- Anemómetros

Estos equipos anteriormente mencionados se conectan con PLC (Programable Logic Controller) del fabricante Siemens ubicados en las galerías de comunicación de los tubos y salas técnicas de los túneles para enviar valores de los gases, visibilidad y viento en el interior de los túneles a partir de diferentes sensores ubicados a lo largo del túnel.

Los PLC que recogen la información a su vez funcionan con servidores para los SCADAS situados en el CPS (Centro de Protección y Seguridad) ubicado en Segovia donde los operarios toman las decisiones a partir de los datos.

Este Sistema cumple con la normativa exigida por Adif referente a las instalaciones y equipos de los Sistemas de Protección Civil y Seguridad dentro de túnel:

- UNE 23007-2: Sistemas de Detección y de Alarmas de Incendios.
- UNE 23007-82: Componentes de los Sistemas de Detección Automática de Incendios.
- UNE-EN 54-1: Sistemas de Detección y Alarmas de Incendios.
- UNE-EN 54-12: Detectores de Humos.

- UNE-EN 54-13: Evaluación de la compatibilidad de los componentes de un Sistema .
- UNE-EN 54-18: Dispositivos de Entrada/Salida.
- UNE-EN 54-21: Equipos de transmisión de alarma y aviso de fallo.

El Sistema de Protección Civil y Seguridad implementado en el túnel Guadarrama consiguió reducir el riesgo para las personas u operarios producido por un accidente de tren ALVIA, siendo el Sistema más moderno implementado en España y en una gran parte de Europa solo superado por el túnel bitubo subacuático del Canal de la Mancha

2 Objetivo.


El objetivo de este proyecto es el de implementar un Sistema de Protección Civil y Seguridad contra incendios en túnel ferroviario mediante PLCs basado en el Sistema que se encuentra en el túnel de Guadarrama.

Con este Sistema se intenta aumentar la seguridad ante posibles accidentes ferroviarios dentro de los túneles de la Variante de Pajares, evitando en pocos segundos la propagación de incendios o gases producidos en la combustión como son Dióxido de Carbono, Metano o NO (Monóxido de Nitrógeno).

También se pretende una disminución en el tiempo de reacción ante alarma de incendio de los cuerpos de Seguridad como el cuerpo de Bomberos.

Para poder supervisar y controlar el sistema antincendios se emplea un SCADA en el cual podremos observar cualquier incidencia, alarmas producidas en tiempo real e interactuar con diferentes dispositivos.

3 Destinatario.

Este proyecto ha sido requerido por la empresa , empresa dedicada al mantenimiento, desarrollo y obra de sistemas de protección civil y seguridad dentro de túneles ferroviarios de líneas de alta velocidad, en la actualidad trabaja para diferentes UTEs formadas por empresas multinacionales de gran envergadura como Sice, Alston ó Indra.

Se encargan del mantenimiento y obra del túnel de Guadarrama, uno de los más exigentes con respecto a seguridad y protección civil.

En la actualidad ServiferXXI se encuentra inmerso conjuntamente con Alston/Indra en el diseño y puesta en marcha del Sistema de Protección Civil y seguridad de la nueva variante de Pajares ubicada en la frontera entre Asturias y León formada por un entramado de túneles de 49,7 Km.

ServiferXXI es una empresa en constante desarrollo y expansión optando mantenimiento y obra ferroviaria en toda la península ibérica y fuera de nuestras fronteras, así mismo, cuenta con un equipo de desarrolladores de su propia aplicación de mantenimiento ferroviario denominada mImO®.

4 Situación y emplazamiento.

El Sistema de Protección Civil y Seguridad contra incendios estará ubicado en el interior del túnel de Pajares, túnel bitubo, el cual forma parte de la Variante de Pajares.

La variante de Pajares se encuentra entre Telleo (Principado de Asturias) y Pola de Gordon (León) entre los PK (Punto Kilométrico) 9+440 y 34+900 de la línea ferroviaria siendo el Sistema de Túneles Ferroviarios más importante de España.

El proyecto se ubica en el túnel de Pajares entre los PK's 28+500 y 29+000 de la variante donde se encuentran las galerías de interconexión 45 y 46 y la sala técnica 9 entre ellas como se indica en el **PLANO 2**.

Las galerías y salas técnicas mencionadas conectan los dos tubos del túnel para favorecer evacuaciones de emergencia y albergar diferentes sistemas y equipos como los que abarca este proyecto que se describen a continuación-

5 Breve explicación del proyecto.

5.1 Introducción

Todo túnel ferroviario de la línea de alta velocidad debe cumplir las medidas legisladas contra incendios y seguridad, por ese motivo se implementa en el túnel de Pajares un Sistema de Protección Civil y Seguridad.

Para cumplir con los requisitos se ubican a lo largo del túnel grupos de sensores (CO, NO, Opacímetros, Metan, Anemómetros, Fibrolaser) y equipos (Central de Gas, Central de Extinción, Central de Detección de gases, a partir de ahora denominada Central de Detección, y anemómetro).

Los diferentes PLC y SCADA ubicados a lo largo del túnel son los encargados de la monitorización y gestión de estos sensores y equipos gestionando a su vez las alarmas producidas por niveles de gases o sus estados de funcionamiento.

5.2 Tecnología de automatización y equipos

Existen dos tipos de PLC según proyecto, cada uno de ellos con sus correspondientes equipos como se describe a continuación:

- ERU (Estación Remota Universal) (Beckhoff modelo CX-5020), es el maestro. Este PLC se encarga de la obtención de datos de los sensores y equipos conectados a las UCD (Unidad de Control Distribuido) y de enviar órdenes tanto de comunicación como de maniobra a las mismas, es el encargado de generar los testigos para la comunicación de las UCD.

A su vez el PLC tipo ERU tiene conectada una Central de Extinción para la extinción de incendios dentro de galerías y salas técnicas como condición impuesta por Adif, el funcionamiento de la central es independiente de la programación de los PLC, solo proporciona datos para la visualización en el SCADA, como se muestra en la *Figura 3*, esta central le enviará variables de estado.

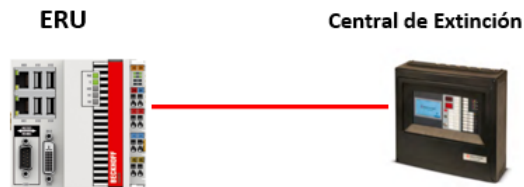


Figura 3: Esquema conexionado equipos ERU.

La Central de Extinción se ubicará en las sala técnicas del túnel donde se encuentra la ERU.

- UCD (Unidad de Control Distribuido) (Beckhoff modelo CX-9020), es el PLC esclavo. A este PLC se encuentran conectados diversos sensores y equipos colocados a lo largo de la sección de túnel que controlan. Es el encargado de enviar la información y valores cuando el maestro la solicite.

Las UCD tienen conectados tres equipos, anemómetro, Central de Gas y Central de Detección de incendios dentro de galería como se indica en la *Figura 4*.

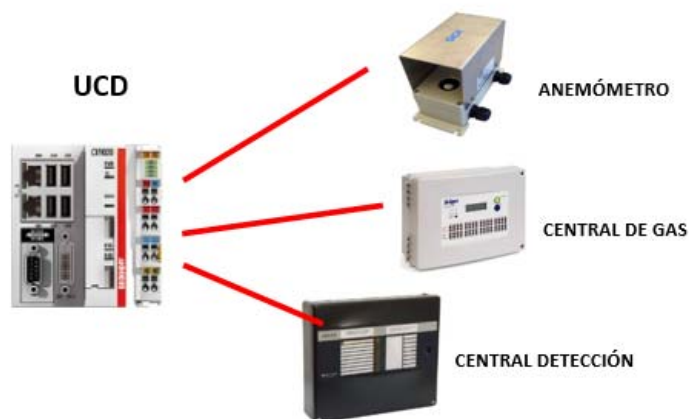


Figura 4: Esquema conexionado equipos UCD.

Tanto la central de Gas como la central de detección se ubicarán en las galerías y salas técnicas del túnel.

A su vez la Central de Gas conectada a una UCD tiene diferentes equipos asociados a ella, los cuales también envían su información a la memoria de la UCD, como se muestra en la siguiente *Figura 5*.



Figura 5: Esquema conexionado equipos a Central de Gas.

5.3 Estructura de comunicaciones

Cada PLC tipo ERU (Beckhoff modelo CX-5020) está unido a dos redes, una red correspondiente con la red ERU donde se encuentran todos los PLC tipo ERU interconexionadas mediante protocolo ModBus TCP , a su vez, también se encuentra conectada a su propia red de UCD mediante protocolo Real Time Ethernet donde se encuentran los PLC tipo UCD (PLC Beckhoff modelo CX-9020), como se muestra en la *Figura 4*.

La *Figura 4* Muestra la arquitectura de comunicaciones que se va a emplear en los túneles ferroviarios de alta velocidad cedido por Adif.

El alcance de este proyecto solo llega hasta la Red de UCD compuesta por 2 UCD conectada a una ERU como se muestra en la *Figura 6* y en la *Figura 7*.

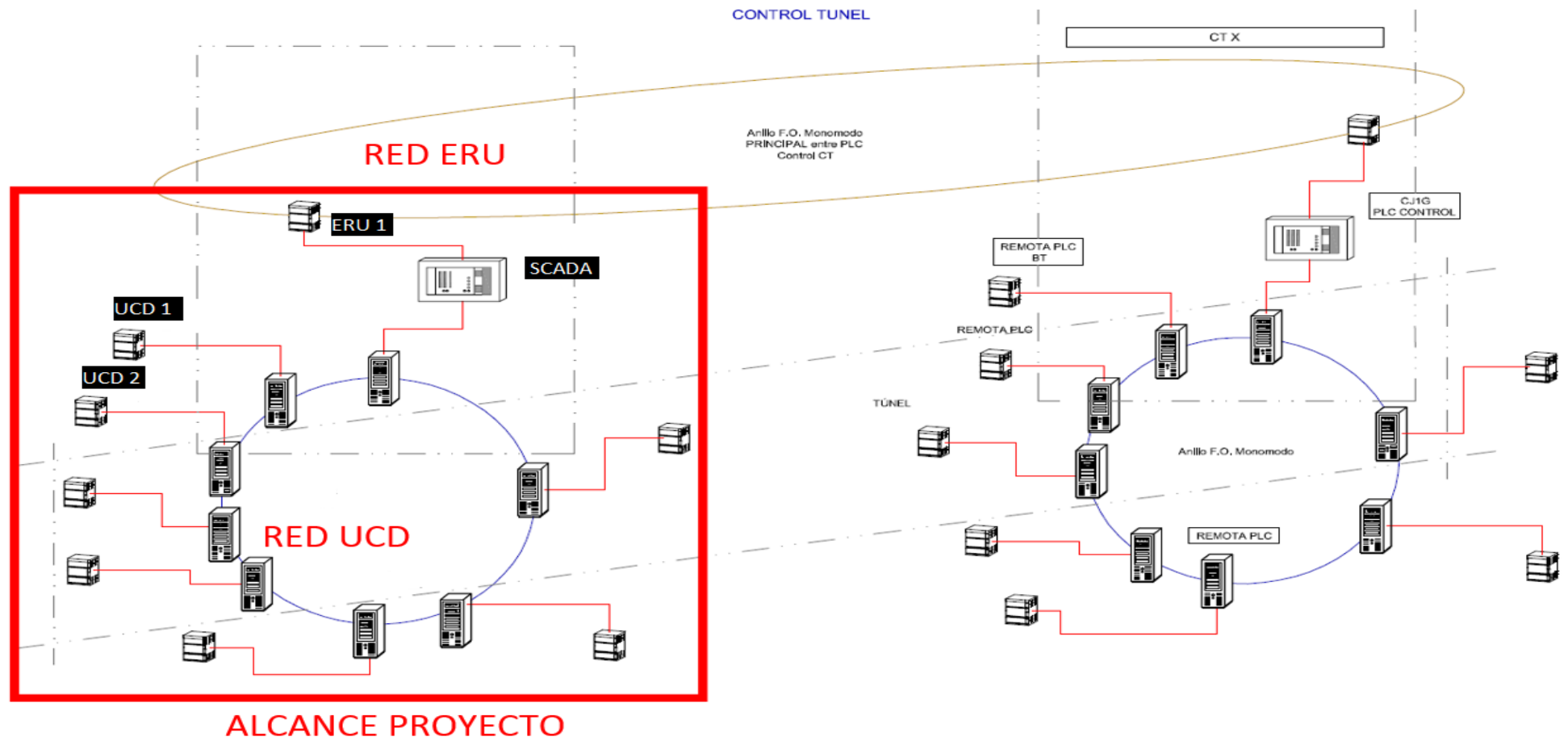


Figura 6: Alcance del proyecto sobre plano de Adif.

El alcance de este proyecto cuenta con la siguiente estructura de conexionado entre equipos:

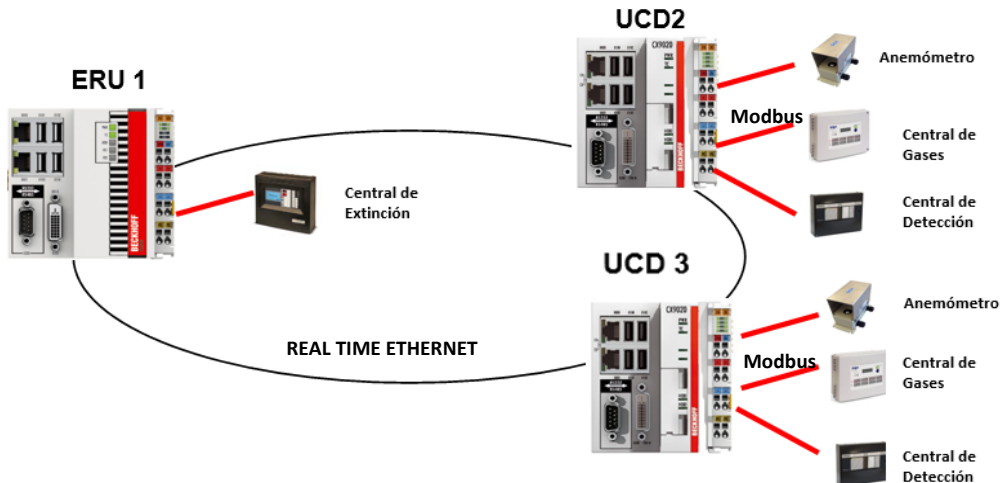


Figura 7 : Esquema conexionado Red UCD.

La comunicación se va a implementar mediante Real Time Ethernet como se describe en el capítulo **12 Comunicaciones**, esta red une los PLC tipo UCD con el PLC tipo ERU.

La comunicación se realiza mediante paso de testigo, cada uno de las UCD tiene asignado el suyo.

La ERU activará el testigo de cada UCD, dando permiso de comunicación, cada 70 mseg tiempo en el cual las UCD deben enviar la estructura de datos que posee en su memoria donde se recogen los valores y estados de los equipos y sensores de campo.

Esta estructura de datos se copiará en la memoria de la ERU para que el SCADA del CPS de León tenga acceso a los datos al igual que los SCADAS propios que se encuentran ubicados dentro de los túneles.

A su vez la ERU tiene sus equipos conectados que envían directamente los estados y valores a la memoria de la misma con el mismo objetivo mencionado en el párrafo anterior.

La comunicación con estos equipos es ModBus para la Central de Gase y cableado para los demás equipos.

5.4 Adquisición y visualización de datos

La visualización de los datos, estados de los equipos de campo tanto como el de los PLC que se encuentran en galerías o salas técnicas se realiza en dos SCADAS diferentes.

- SCADA CPS: Este SCADA es el principal ubicado en el Centro de Protección y Seguridad de León al cual no tenemos acceso.
- SCADA de campo: Este SCADA se contempla en este proyecto. Se corresponde con los SCADAS ubicados en galerías y salas técnicas dentro de los túneles de la línea de alta velocidad. Estos SCADAS muestran los valores de mediciones y estado de los diferentes equipos eléctricos, el SCADA es visualizado en la pantalla Beckhoff CP-2612 con Windows Embedded conectado mediante ADS (Automation Devide System) a la ERU y empleando como herramienta de programación InduSoft de Wonderware.

6 Solución adoptada

6.1 Equipos de medida a instalar.

6.1.1 Opacímetro

El sensor opacímetro que se va a emplear es el modelo VISIC100SF de la casa Sick como se indica en la *Figura 8*.



Figura 8: Opacímetro del fabricante SICK

Este opacímetro cuenta internamente con sensores de opacidad, CO, NO, *Figura 9*.

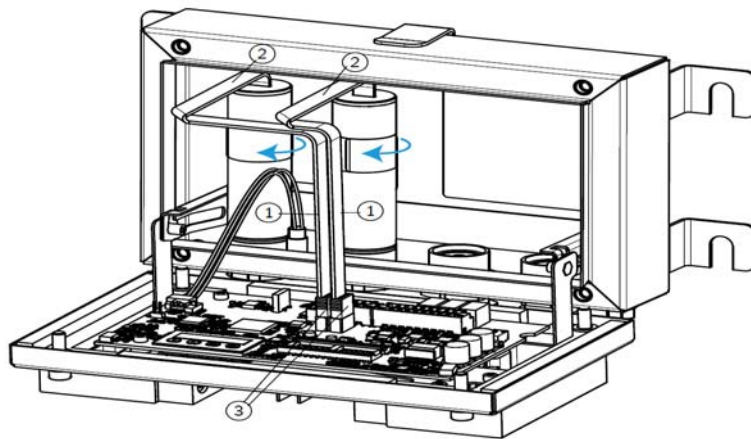


Figura 9: Vista interna del opacímetro SICK.

El modo de comunicación que emplea es Modbus RTU.

Características:

- Alimentación: 18-28 Vdc.
- Consumo máx: 1 A.
- Protección: IP6K9K.
- Manejo mediante teclas en display interno.
- 3 salidas analógicas aisladas 4-20 mA.
- 2 salidas digitales 48 Vdc-0,5mA.

6.1.2 Sensor de Metano

El sensor de metano a emplear en este proyecto es el modelo PIR3000 de la casa Dräger como se indica en la *Figura 10*.



Figura 10: Sensor de metano del fabricante DRÄGER.

Este sensor de Metano es un sensor con tecnología de infrarrojos antideflagrante, se puede emplear con entornos con humedad relativa entre 0-100% como es el caso de los túneles ferroviarios donde la humedad relativa es muy elevada.

Características:

- Alimentación: 10-30Vdc.
- Salida: 4-20mA.
- Señal de fallo: 1mA.
- Consumo: 2W.

6.1.3 Anemómetro.

El anemómetro a emplear en el proyecto corresponde con el modelo VM400S de la casa SICK como se indica en la *Figura 11*.

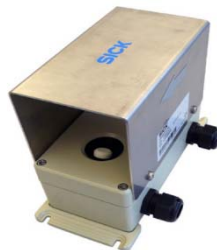


Figura 11: Anemómetro casa SICK.

El anemómetro se conecta directamente al PLC correspondiente mediante cable conectado a una entrada analógica.

La comunicación se realiza mediante protocolo serie RS-232.

Características:

- Alimentación: 24Vdc.
- Consumo: 1,7W.
- Protección: IP67.
- 1 salida analógica aislada eléctricamente 4-20mA.
- 2 salidas a relé de 48Vdc-0,5mA.

6.2 Equipos de monitorización y gestión a instalar.

6.2.1 Central de Gases.

Se ha seleccionado una Central de Gases o Central de Gas modelo REGARD 3800 de la casa Dräger como se indica en la *Figura 12*.



Figura 12: Central de Gases del fabricante DRÄGER.

La central se encarga de recibir y gestionar los datos enviados del opacímetro y del sensor de Metano activando las alarmas y comunicando con el PLC.

La comunicación de la central se realiza mediante ModBus.

Características:

- Alimentación: 230Vac
- Protección: IP65

6.2.2 Central de Detección.

Para la Central de Detección de incendios se elige el modelo NFS SUPRA de la casa Honeywell como se indica en la *Figura 13*.



13: Central de detección del fabricante HONEYWELL.

Este modelo de Central de Detección de Incendios cuenta con un microprocesador capaz de controlar hasta 12 zonas con 32 sensores cada una.

La central NFS Supra cuenta con un bloque de indicadores de estado de sistema, indicadores de estado por zona (Avería/Alarma/Anulado/Pruebas), 1 tecla por zona para anular/prueba/habilitar zona y 5 teclas de control.

Características:

- Alimentación: 250 Vac.
- Corriente máxima entrada: 4A.
- Tensión de salida: 29,4Vdc.
- Corriente de salida: 2,4A.

6.2.3 Central de Extinción.

Para la central de extinción se ha optado por el modelo RP1r-SUPRA de la casa Honeywell como se indica en la *Figura 14*.



Figura 14: Central de Extinción del fabricante HONEYWELL.

Central de detección y extinción con pantalla TFT táctil de 4,3" y 480x272 pixels. Compuesta de un microprocesador de 32 bits de última generación y controlada por doble circuito microprocesado. Incluye circuito de control y señalización, fuente de alimentación conmutada con circuito de cargador de baterías y espacio para 2 baterías de 12V 7Ah. Dispone de 42 leds indicadores de estado de sistema y visualizador con dos dígitos del tiempo de descarga y letrero de "Gas disparado" y llave para la selección de modos manual, automático o fuera de servicio. Funciones programables de tiempo de pausa y espera, temporización de descarga, zona cruzada, secuencia de extinción, etc. Incorpora circuitos de entrada de alarma para conexión de detectores convencionales, pulsador de paro, pulsador disparo y dispositivos de supervisión; Circuitos de salida para indicación de salida de sirenas con tres fases, letrero de "Gas disparado", doble circuito de extinción controlado mediante temporización programable y circuitos para cierre de compuertas y señalización del estado del sistema. Homologada EN-12094.

Características:

- Alimentación: 90-264Vac.
- Consumo máximo en reposo: 125mA.
- Corriente máxima de salida: 1A.
- Protección: IP30.
- Conexión directa de detectores convencionales.
- 1 entrada analógica para supervisión de flujo.
- 3 relés de estado (Preactivo, Activo, Extinción).
- 3 relés de modo (Anulado, Manual, Automático).
- 1 relé de avería.

7 Autómatomas programables

7.1 Elección del autómatas programable

La necesidad de la búsqueda de autómatas para este proyecto es una de las partes indispensables tanto económicamente como a nivel técnico siempre cumpliendo el pliego de condiciones.

En el mercado existe un gran número de fabricantes de PLC como son Siemens, ABB, Phoenix Contact, Schneider, Beckhoff, Omrom.

Para tomar la decisión referente a que marca de PLC emplear se realiza un estudio económico de diferentes marcas tomando como referencia el precio de cada PLC y las entradas que se necesita para el proyecto, siendo obligatorio el empleo del standard de programación IEC- en su software de desarrollo.

Los presupuestos que se recibieron son los del fabricante Beckhoff y Omrom, en la siguiente *Tabla 1* se muestran los precios unitarios de los componentes:

OMROM		BECKHOFF	
DESCRIPCIÓN	PRECIO UNI.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNI.
CPU 2560	825 €	CPU CX 5020	932,23 €
ID211 Mód. 16 entradas digitales	105,60 €	EL 1862 Mód. 16 entradas digitales	49,87 €
OD212 Mód. 16 salidas digitales	125,40 €	EL2872 Mód. 16 salidas digitales	49,21 €
SCU41 Mód. RS232/RS485	330 €	EL6020 Mód. RS232/RS485	170,97 €
ADO41 Mód. 4 entradas analógicas	346,3	EL3058 Mód. 8 entradas analógicas	137,00 €

Tabla 1: Comparativa precios PLC.

Los fabricantes aportaron un presupuesto con su PLC estrella y los módulos necesarios para el proyecto.

La elección del fabricante Beckhoff es debida a que los precios de la CPU son muy similares a iguales prestaciones, en cambio el precio de los módulos es considerablemente más bajo, en torno al 60%.

Según la experiencia obtenida a lo largo de años de mantenimiento de túneles de LAV se llega a la conclusión de que lo que encarece la obra y el posterior mantenimiento son los módulos I/O y módulos de comunicación susceptibles de problemas cada cierto tiempo mientras que los PLC no suelen generar averías que obliguen a la sustitución del mismo.

Tras el estudio se toma la decisión de emplear los autómatas del fabricante Beckhoff modelos CX9020 para las UCD (*Figura 15*) y CX5020 para la ERU (*Figura 16*) según recomendación del mismo, estos PLC dentro del fabricante cuentan con potentes CPU a 1GHz y Sistema Operativo Windows Embedded para conexión a pantallas SCADA con software InduSoft.

A su vez su estructura modular permite la rápida sustitución o adición de un nuevo módulo.

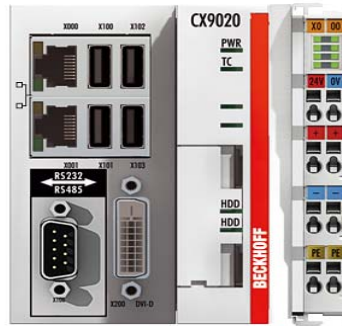


Figura 15: PLC Beckhoff modelo CX9020.

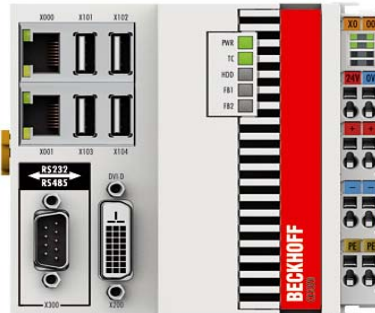


Figura 16: PLC Beckhoff modelo CX5020.

7.2 Autómata Beckhoff CX9020-0111.

7.2.1 Descripción del equipo.

Este modelo de autómata que se va a emplear como UCD, tiene las funciones de esclavo, recibiendo órdenes de la ERU, datos de los diferentes equipos de campo y transmitiendo datos y estados de equipos a la ERU.

La CPU CX9020, *Figura 17* es un módulo compacto, con montaje en carril DIN. Dispone de una alta potencia de computación basada en la plataforma ARM. El módulo CPU incorpora identificación automática del BUS (K-bus or E-bus) e interruptores para el modo correspondiente. El sistema operativo es Microsoft Windows Embedded Compact 7 con el software de automatización TwinCAT 2 lo que lo convierte en un potente sistema de control que puede ser operado con y sin visualización gracias a su interfaz DVI-D.

La ventaja de contar con un PLC con Windows embebido es la posible instalación de aplicaciones como puede ser CerHost para poder acceder al escritorio y al sistema operativo mediante IP.

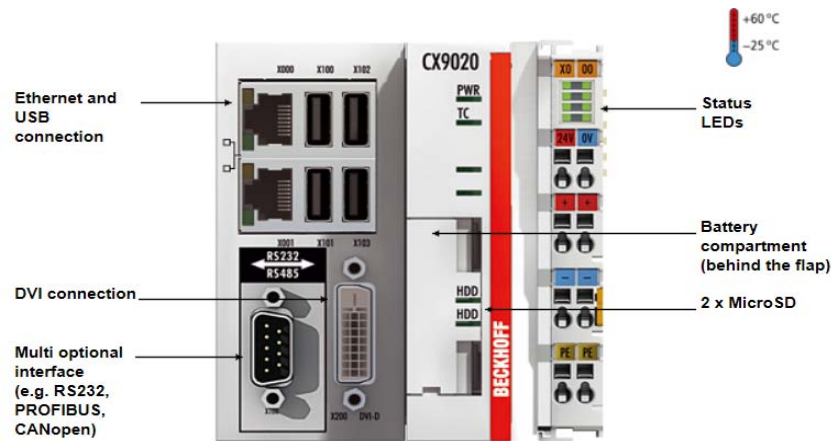


Figura 17: PLC Beckhoff modelo CX9020-0111.

7.2.2 Características principales:

Alimentación.

- Fuente de alimentación 24Vdc.
- Fuente de corriente E-Bus/K-Bus 2ªA.
- Pérdida máxima de 5W.

Procesador.

- ARM Cortex A8, 1GHz (TC3:30).

Sistema Operativo.

- Windows Embedded Compact 7

Memoria interna.

- 1Gb DDR3 RAM.
- 128Kb NOVRAM.

Memoria externa.

- 512Mb microSD.
- Card Slot opcional.

Comunicaciones.

- 2x RJ45 (Ethernet, internal switch) 10/100 Mbit/seg.
- 4x USB 2.0.
- DVI-D

Protecciones y normativa.

- Resistencia a vibraciones/impactos EN 60068-2-6/EN 60068-2-27.
- Emisiones EN 61000-6-2/EN 61000-6-4.
- Protección IP20.

7.3 Autómata Beckhoff CX5020-0111.

7.3.1 Descripción del equipo.

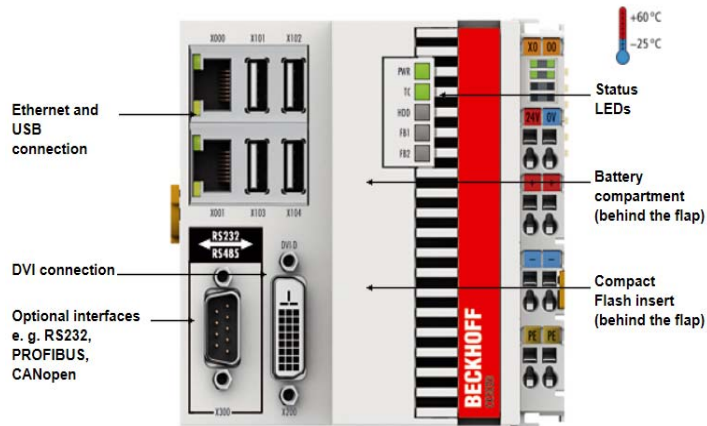


Figura 18: PLC Beckhoff modelo CX5020-0111.

La CPU CX5020 es un módulo compacto, con montaje en carril DIN. Dispone de una alta potencia de computación basada en la plataforma intel Atom™.

El módulo CPU incorpora hyperthreading technology, lo que permite reducir los tiempos de ejecución. El sistema operativo es Microsoft Windows Embedded Compact 7 con el software de automatización TwinCAT 2 lo que lo convierte en un potente sistema de control que puede ser operado con y sin visualización gracias a su interfaz DVI-D.

7.3.2 Características principales:

Alimentación.

- Fuente de alimentación 24Vdc.
- Fuente de corriente E-Bus/K-Bus 2ªA.
- Pérdida máxima de 12,5W.

Procesador.

- Intel Atom Z530 1,6GHz (TC3:40).

Sistema operativo.

- Windows Embedded CE 6.

Memoria interna.

- 512Mb RAM ampliables.
- Integrated 1 second UPS (1Mb on Compact Flash Card).

Memoria externa.

- 128Mb microSD.
- Card Slot opcional.

Comunicaciones.

- 2x RJ45 (Ethernet, internal switch) 10/100/1000 Mbit/seg.

- 4x USB 2.0.
- DVI-D

Protecciones y normativa.

- Resistencia a vibraciones/impactos EN 60068-2-6/EN 60068-2-27.
- Emisiones EN 61000-6-2/EN 61000-6-4.
- Protección IP20.

7.4 Módulos I/O.

7.4.1 Módulo de 16 Entradas Digitales

7.4.1.1 Descripción del módulo

Para el módulo de entradas se optó por el modelo EL1809 de la casa Beckhoff, *Figura 19*.

Las unidades de entradas digitales actúan de interfaz del sistema embebido para lograr un control de secuencia rápido y fiable.

Las unidades de entradas de alta densidad están equipadas con conexiones rápidas. Para la selección del módulo adecuado se ha atendido a las especificaciones y necesidades del proyecto.

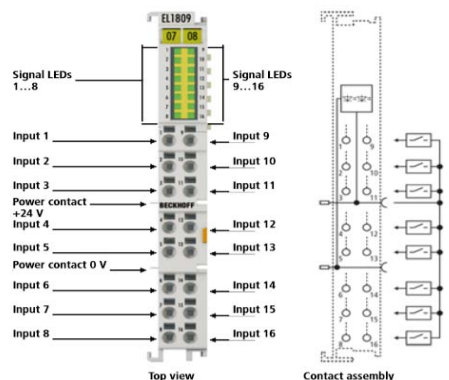


Figura 19: Módulo 16 entradas digitales EL1809.

7.4.1.2 Características principales.

- Nº Entradas digitales: 16 entradas
- Tensión nominal: 24 VDC (-15% / +20%).
- Rango para nivel bajo: -3 V a +5 V.
- Rango para nivel alto: +15 V a +30 V.
- Corriente de entradas: 3 mA (típica).
- Consumo de corriente en el bus: 100 mA.
- Temperatura de trabajo: 0°C a +55°C / -25°C a +85°C.

7.4.2 Módulo de 16 Salidas Digitales.

7.4.2.1 Descripción del módulo

Para el módulo de salidas se optó por el modelo EL2889 de la casa Beckhoff, *Figura 20*.

Las unidades de salidas digitales actúan de interfaz del sistema embebido para lograr un control de secuencia rápido y fiable.

Las unidades de salidas de 16 puntos de alta densidad están equipadas con conexiones rápidas.

Para la selección del módulo adecuado se ha atendido a las especificaciones y necesidades del proyecto.

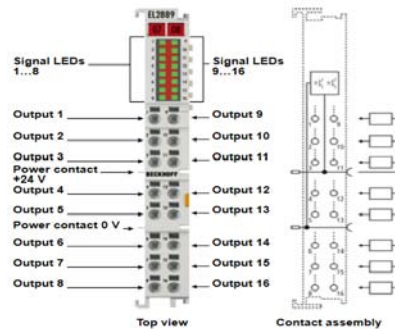


Figura 20: Módulo 16 salidas digitales EL2889.

7.4.2.2 Características principales.

- N.º Salidas digitales: 16 salidas.
- Tensión nominal: 24 VDC (-15% / +20%).
- Corriente máx. de salida: 0,5 A (típica).
- Consumo de corriente en el bus: 140 mA.
- Temperatura de trabajo: -25°C a +60°C / -40°C a +85°C.

7.4.3 Módulo de 4 Entradas Analógicas.

7.4.3.1 Descripción del módulo.

La unidad de entradas analógicas EL3024 se utiliza para la conexión de señales con rango de 4 a 20mA. La corriente se digitaliza a 12 bits y es transmitida de forma eficaz a la CPU. Los canales de entradas son diferenciales y poseen un terminal de referencia común.

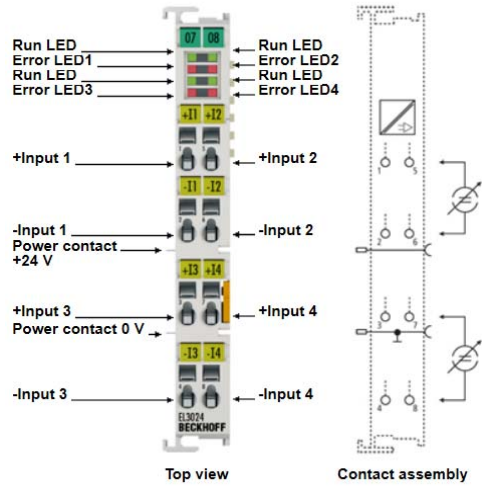


Figura 21: Módulo 4 Entradas Analógicas EL3024.

7.4.3.2 Características principales.

- Número de entradas: 4 entradas en modo diferencial.
- Alimentación: A través del E-bus.
- Resistencia interna: 85 ohmios + diodo de voltaje.
- Límite de frecuencia de entrada: 1kHz.
- Resolución: 12 bits.
- Tiempo de conversión: 0,625ms (configurable).
- Error de medida: $< \pm 0,3\%$ a fondo de escala.
- Consumo: typ 130 mA.
- Temperatura de trabajo: $-25 \dots +60^{\circ}\text{C} / 40 \dots +85^{\circ}\text{C}$.

7.4.4 Módulo de 8 Entradas Analógicas.

7.4.4.1 Descripción del módulo.

La unidad de entradas analógicas EL3058 se utiliza para la conexión de señales con rango de 4 a 20mA. La corriente se digitaliza a 12 bits y es transmitida de forma eficaz a la CPU. Los canales de entradas son diferenciales y poseen un terminal de referencia común.

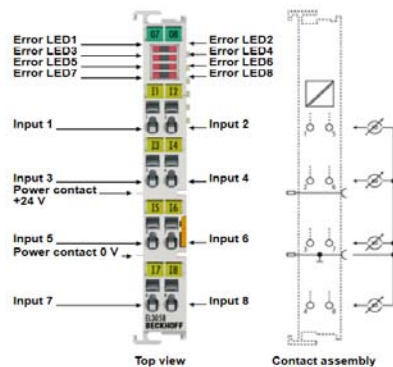


Figura 22: Módulo 8 Entradas Analógicas EL3058.

7.4.4.2 Características principales.

- Número de entradas: 4 entradas en modo diferencial.
- Alimentación: A través del E-bus.
- Resistencia interna: 85 ohmios + diodo de voltaje.
- Límite de frecuencia de entrada: 1kHz.
- Resolución: 12 bits.
- Tiempo de conversión: 0,625ms (configurable).
- Error de medida: $< \pm 0,3\%$ a fondo de escala.
- Consumo: typ 130 mA.
- Temperatura de trabajo: $-25 \dots +60^{\circ}\text{C} / 40 \dots +85^{\circ}\text{C}$.

7.5 Módulo comunicaciones.

7.5.1 Módulo RS485/RS422

7.5.1.1 Descripción de equipo.

Las unidades serie EL6022 permiten la conexión de dos interfaces RS422/RS485. El canal de comunicación activo opera en full Dúplex con una velocidad de entre 300 baudios hasta los 115 kbaudios.

Para la selección del módulo adecuado se ha atendido a las especificaciones y necesidades del proyecto.

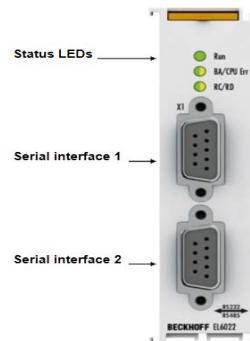


Figura 23: Módulo Comunicaciones RS485/RS422 EL6022.

7.5.1.2 Características principales.

- Tipo de conector: D-sub 9-pin
- Número de canales: 2 puertos RS422/485
- Velocidad de transmisión: 9600 baudios (típica), hasta 115kbaudios
- Max. Longitud: aproximadamente 1.000 metros con par trenzado.
- Buffer de datos: 128 bytes para transmisión, 864 bytes para recepción.
- Temperatura de trabajo: $0 \dots +55^{\circ}\text{C} / -25 \dots +85^{\circ}\text{C}$.

7.6 Módulo de alimentación PLC.

7.6.1 Descripción del equipo.

Para la alimentación de los dos modelos de PLC, tanto CX5020 como CX9020, se ha buscado una fuente de alimentación de 24V de colocación mediante carril DIN y capaz de alimentar los PLC y los equipos externos que se detallan en siguientes apartados como mochilas de relés o mochilas de entradas.

El modelo seleccionado es el MDR-100-24 de la casa MeanWell como se muestra en la *Figura 24*.



Figura 24: Módulo Alimentación MEANWELL MDR-100-24.

7.6.2 Características principales.

Valores de salida.

- Tensión de salida 24Vdc.
- Corriente de salida 4A.
- Potencia máxima entregada 96W.
- Ruído máximo 150mVp-p.

Valores de entrada.

- Tensión de entrada DC 130-370Vdc.
- Tensión de entrada AC 85-264Vac.
- Corriente alterna 0,8 A.

7.7 Módulo memoria externa

7.7.1 Descripción del equipo.

Tarjeta de memoria flash en formato μ SD de uso industrial. Su construcción amplía el rango de temperaturas de las tarjetas tradicionales dando una mayor fiabilidad en usos de producción. Tiene una capacidad de almacenamiento de 2 GB (CX1900-0027) para las UCD's y 4GB (CX1900-0125) para las ERU's. El modelo C9900-H801 de 4GB se corresponde con el HMI.

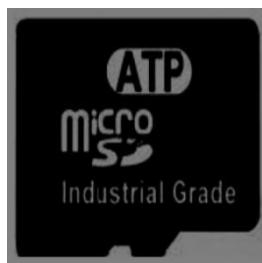


Figura 25: Módulo memoria externa.

7.7.2 Características principales.

- Almacenamiento: 2G y 4 GB.
- Voltaje de funcionamiento: 2,7 V a 3,6 V.

8 Equipos de conexionado al PLC.

Algunas entradas o salidas de los PLC irán cableadas directamente a los sensores o equipos mediante cables eléctricos sin emplear buses de comunicación, estas conexiones se realizan mediante diferentes módulos distribuidos conectados a los PLC, mediante bus agrupado de señales modelo Ribbon, que se ubicarán dentro de la caja eléctrica.

8.1 Módulo de interfaz de cableado rápido de entradas.

Las entradas físicas provenientes de los equipos de campo cuya comunicación no es mediante bus se conectan a los terminales de este módulo, modelo 704-2054 de la marca Wago, como se indica en la Figura--, su función es la protección de las entradas del PLC y de agrupar todas las señales externas.

8.1.1 Descripción del equipo.

Para la conexión de las entradas físicas al PLC se opta por un módulo de entradas a relé con protección mediante fusible de 1 A

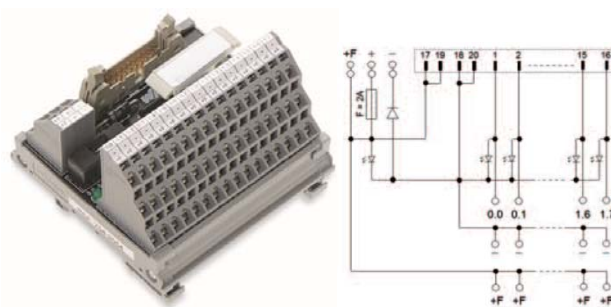


Figura 26 : Mód. Cableado rápido de entradas 704-2054 de WAGO

8.1.2 Características principales.

- Alimentación: 24Vdc.
- Corriente continua máxima: 1ª por canal.
- Corriente total máxima: 2A.
- Consumo: 5mA.

8.2 Módulo de interfaz de cableado rápido de salida

Las salidas del PLC se conectarán a los relés de salida mediante adaptadores de 8 canales unidos por cable Ribbon. Estos elementos son el modelo 857-982 para el adaptador y de la marca Wago. A continuación se realizará una breve descripción de los equipos.

8.2.1 Adaptador de 8 canales

8.2.1.1 Descripción del equipo

Para la conexión de las salidas físicas al PLC a los relés de salida se opta por un adaptador de 8 canales modelo 857-982 del fabricante Wago.

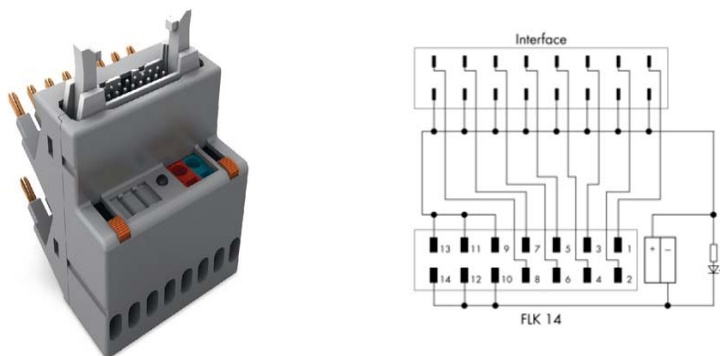


Figura 27: Mód. Adaptador 8 canales 857-982 de WAGO

8.2.1.2 Características principales

- Conexión de entrada de 14 pines.
- Alimentación 24Vdc.
- Corriente máxima 3^a.
- Resistencia de contacto < 20mΩ.

8.2.2 Relés de salida

8.2.2.1 Descripción de equipo

Las salidas del PLC no actúan directamente sobre los actuadores sino que lo hacen a través de relés. En este proyecto se empleará el modelo 857-304 del fabricante Wago.



Figura 28: Mód. Relé de salida 857-304 de WAGO

8.2.2.2 Características principales

- Alimentación: 24Vdc.
- Corriente nominal: 10mA.
- Corriente máxima de continua: 6A.
- Tensión máxima contacto: 250 Vac.

8.2.3 Cable Ribbon

8.2.3.1 Descripción de equipo

Para la conexión entre el módulo de salidas del PLC el adaptador de 8 canales conectado a los relés se emplea un cable modelo Ribbon diseñado por el departamento de ingeniería de ServiferXXI.



Figura 29: Cable Ribbon de ServiferXXI.

9 Instalación de equipos

9.1 Instalación cuadro CX5020 (ERU)

9.1.1 Montaje del PLC y módulos en el cuadro

Dentro de la estructura del cuadro el PLC, sus periféricos y otros componentes pueden ir ubicados en diferentes posiciones. No obstante se seguirá el modelo indicado en la *Figura 30* para el montaje de todos los cuadros.

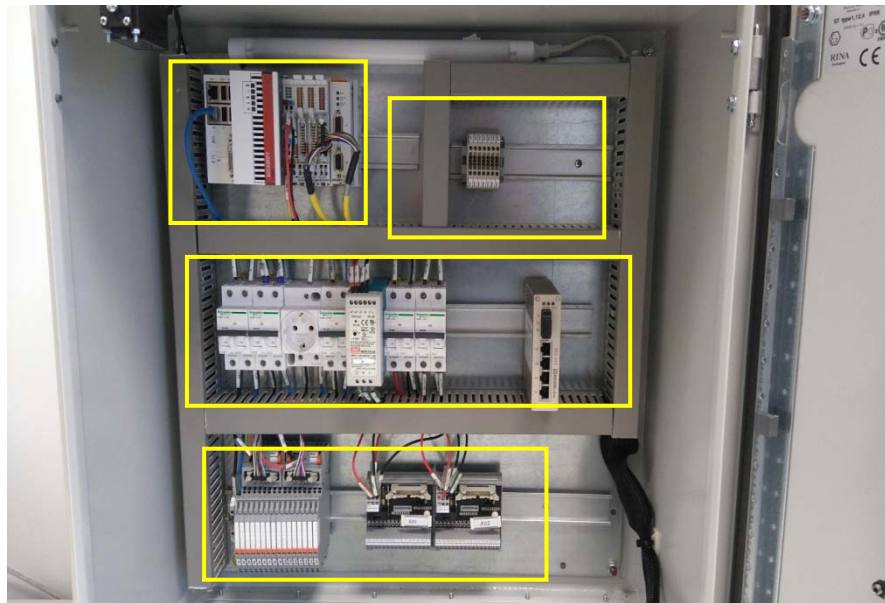


Figura 30: Distribución cuadro PLC tipo ERU.

- Zona superior izquierda: Ubicación de la CPU, módulos de entrada y salidas, módulo de alimentación y módulo de comunicaciones.
- Zona superior derecha: Ubicación del conector RS-485.
- Zona media: Magnetotérmicos, enchufes, fusibles y fuente de alimentación.
- Zona inferior: Relés de salida y módulos de conexionado rápido de entradas.

9.1.2 Espacio de ventilación

El PLC, CPU y periféricos se deben colocar en una zona fría y alejada de otros equipos electrónicos que generen calor durante su funcionamiento. En este proyecto no existen elementos que transfieran gran cantidad de calor, por lo tanto el conjunto PLC se situará en la parte superior izquierda del cuadro.

El funcionamiento de este equipo no será en un ambiente de alta temperatura, se ubica en una galería de túnel, por lo cual el factor de alta temperatura no acortará la vida útil del mismo.

Como normas de ubicación para favorecer una buena disipación por parte de los módulos y el propio PLC se seguirán las siguientes directrices:

- Margen mínimo de 50 mm por encima y por debajo de los diferentes equipos para garantizar su ventilación.
- Margen mínimo de 100mm entre la carcasa del equipo y la puerta del armario eléctrico.

9.1.3 Reglas de cableado y puesta a tierra.

Por las canaletas de guía de los cables se separarán los cables de alimentación de corriente alterna de los buses de datos para evitar así interferencias en las comunicaciones debidas a inducciones magnéticas entre los propios cables como se indica en la *Figura 31*.



Figura 31: Distribución de cableado alimentación y datos ERU.

En la *Figura 31* se observa claramente cómo los conductores de alimentación correspondientes con 230Vac color rojo no comparten canaleta con los buses de datos de las entradas y salidas color amarillo evitando así perturbaciones electromagnéticas.

En lo concerniente a la puesta a tierra se seguirán las siguientes normas:

- Se garantizará que todos los conductores Neutros y masa de los equipos y de todos los circuitos de entrada y salida conectados se pondrán a tierra en un mismo punto, este punto debe ir conectado directamente a la toma de tierra principal.
- Todos los cables de puesta a tierra deberán tener la menor longitud posible y una sección mayor de 2mm² correspondiente a 14 AWG.
- Al definir físicamente las tierras es necesario considerar los requisitos de puesta a tierra de protección y el funcionamiento correcto de los aparatos protectores.

9.1.4 Equipos de protección y alimentación.

Como equipos de protección y alimentación ubicados dentro del cuadro eléctrico se dispondrán de magnetotérmicos tanto de continua como de alterna, fusible y enchufes para que en caso necesario se pudiese conectar cualquier herramienta o equipo como se muestra en la *Figura 32*.

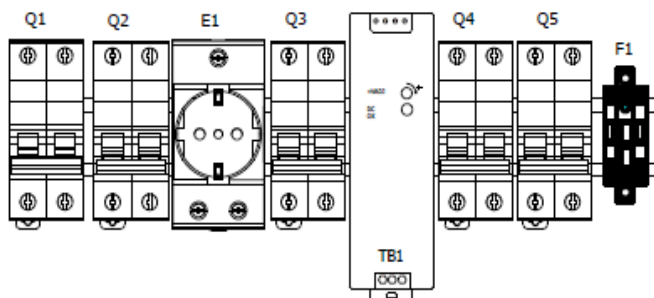


Figura 32: Distribución protecciones y alimentaciones dentro del cuadro ERU.

A continuación en la *tabla 1* se detalla cada elemento, tipo al que pertenece y acometido:

EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y ALIMENTACIÓN		
	TIPO	ACOMETIDO
Q1	Magnetotérmico	Corte alimentación general Protección 16A
Q2	Magnetotérmico	Corte alimentación enchufe Protección 10A
Q3	Magnetotérmico	Corte alimentación fuente 24V Protección 10A
Q4	Magnetotérmico	Corte alimentación PLC Protección 4A
Q5	Magnetotérmico	Corte alimentación módulos I/O Protección 4A
E1	Enchufe	Alimentación 230Vac supletoria
TB1	Fuente alimentación	Alimentación equipos 24Vdc Protección
F1	Fusible	Protección sobrecorrientes

Tabla 2: Protecciones y alimentaciones.

9.2 Instalación cuadro CX9020 (UCD)

9.2.1 Montaje del PLC y módulos en el cuadro

Dentro de la estructura del cuadro el PLC, sus periféricos y otros componentes pueden ir ubicados en diferentes posiciones. No obstante se seguirá el modelo indicado en la *Figura 33* para el montaje de todos los cuadros.

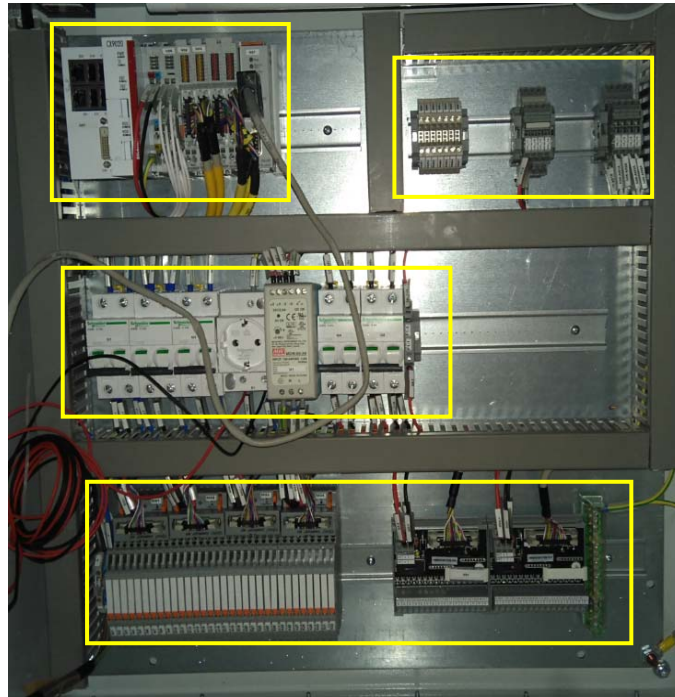


Figura 33: Distribución cuadro PLC tipo UCD.

- Zona superior izquierda: Ubicación de la CPU, módulos de entrada y salidas, módulo de alimentación y módulo de comunicaciones.
- Zona superior derecha: Ubicación del conector RS-485.
- Zona media: Magnetotérmicos, enchufes, fusibles y fuente de alimentación.
- Zona inferior: Relés de salida y módulos de conexionado rápido de entradas.

9.2.2 Espacio de ventilación.

El PLC, CPU y periféricos se deben colocar en una zona fría y alejada de otros equipos electrónicos que generen calor durante su funcionamiento. En este proyecto no existen elementos que transfieran gran cantidad de calor, por lo tanto el conjunto PLC se situará en la parte superior izquierda del cuadro.

El funcionamiento de este equipo no será en un ambiente de alta temperatura, se ubica en una galería de túnel, por lo cual el factor de alta temperatura no acortará la vida útil del mismo.

Como normas de ubicación para favorecer una buena disipación por parte de los módulos y el propio PLC se seguirán las siguientes directrices:

- Margen mínimo de 50 mm por encima y por debajo de los diferentes equipos para garantizar su ventilación.

- Margen mínimo de 100mm entre la carcasa del equipo y la puerta del armario eléctrico.

9.2.3 Reglas de cableado y puesta a tierra.

Por las canaletas de guía de los cables se separarán los cables de alimentación de corriente alterna de los buses de datos para evitar así interferencias en las comunicaciones debidas a inducciones magnéticas entre los propios cables como se indica en la *Figura 34*.

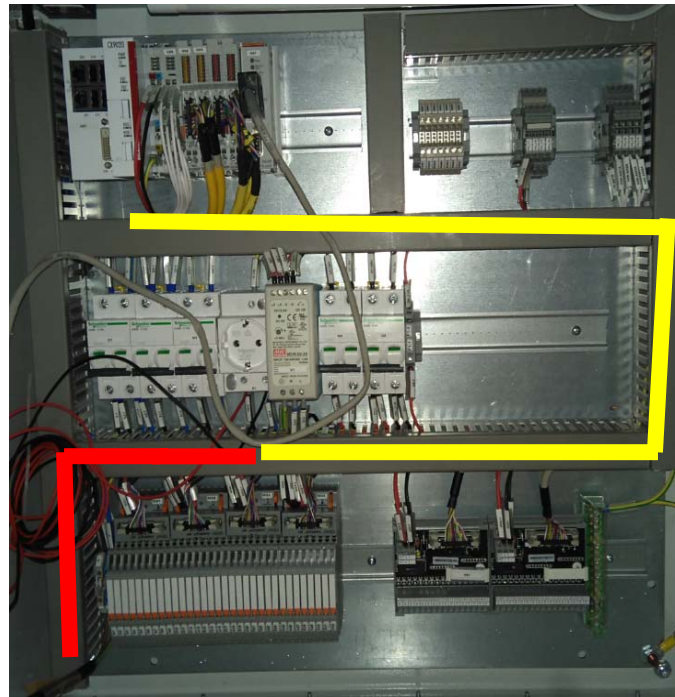


Figura 34: Distribución de cableado alimentación y datos.

En la Figura-- se observa claramente cómo los conductores de alimentación correspondientes con 230Vac color rojo no comparten canaleta con los buses de datos de las entradas y salidas color amarillo evitando así perturbaciones electromagnéticas, esto provocaría un falso valor de dato en el caso de las entradas analógicas, debido a su bajo valor.

En lo concerniente a la puesta a tierra se seguirán las siguientes normas:

- Se garantizará que todos los conductores Neutros y masa de los equipos y de todos los circuitos de entrada y salida conectados se pondrán a tierra en un mismo punto, este punto debe ir conectado directamente a la toma de tierra principal.
- Todos los cables de puesta a tierra deberán tener la menor longitud posible y una sección mayor de 2mm² correspondiente a 14 AWG.
- Al definir físicamente las tierras es necesario considerar los requisitos de puesta a tierra de protección y el funcionamiento correcto de los aparatos protectores.

9.2.4 Equipos de protección y alimentación.

Como equipos de protección y alimentación ubicados dentro del cuadro eléctrico se dispondrán de magnetotérmicos tanto de continua como de alterna, fusible y enchufes para que en caso necesario se pudiese conectar cualquier herramienta o equipo como se muestra en la *Figura 35*.

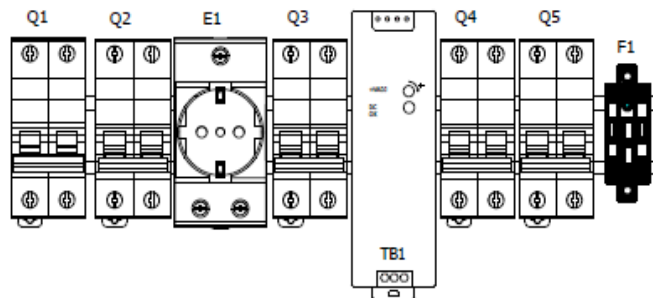


Figura 35: Distribución protecciones y alimentaciones dentro del cuadro UCD.

A continuación en la *tabla 3* se detalla cada elemento, tipo al que pertenece y acometido:

EQUIPOS DE PROTECCIÓN Y ALIMENTACIÓN		
	TIPO	ACOMETIDO
Q1	Magnetotérmico	Corte alimentación general Protección 16A
Q2	Magnetotérmico	Corte alimentación enchufe Protección 10A
Q3	Magnetotérmico	Corte alimentación fuente 24V Protección 10A
Q4	Magnetotérmico	Corte alimentación PLC Protección 4A
Q5	Magnetotérmico	Corte alimentación módulos I/O Protección 4A
E1	Enchufe	Alimentación 230Vac supletoria
TB1	Fuente alimentación	Alimentación equipos 24Vdc Protección
F1	Fusible	Protección sobrecorrientes

Tabla 3: Protecciones y alimentaciones UCD.

9.3 Conexión y montaje Central de Gas Dräger

La Central de Gas Dräger recibirá datos del opacímetro modelo VISIC100SF y del sensor de Metano PIR300, para ello es necesario realizar las conexiones pertinentes, las cuales se describen en los siguientes capítulos.

La central de Gases cuenta con dos módulos de conexión denominados Módulo 1 ubicado a la derecha y Módulo 2 ubicado a la izquierda como se muestra en la *Figura 36*.

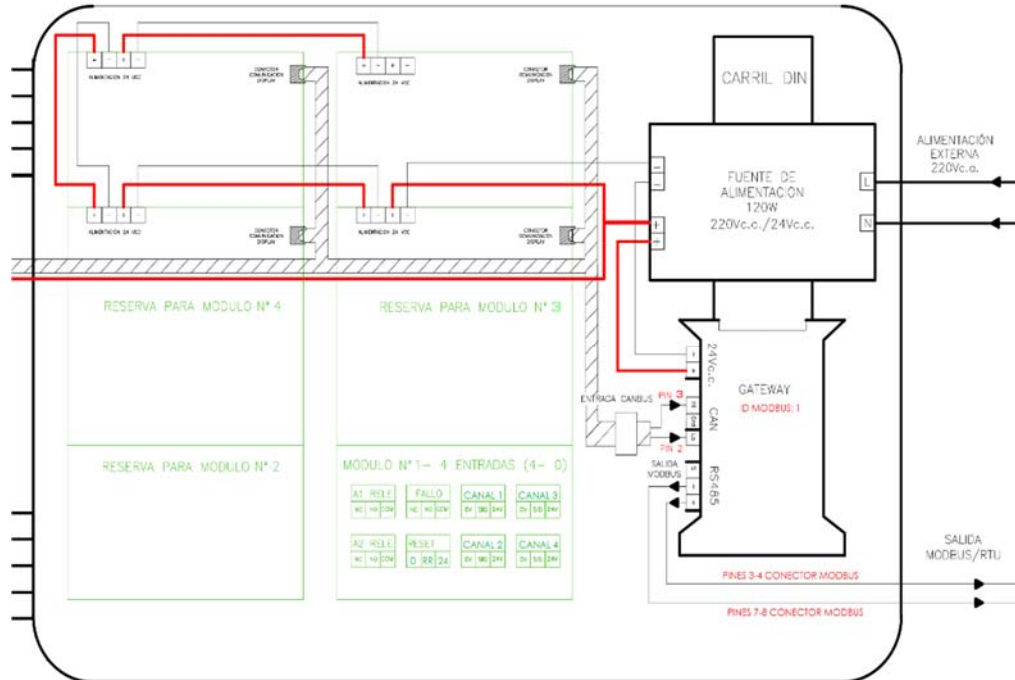


Figura 36: Esquema de distribución de la Central de Gas Dräger.

La Central de Gas debe ser instalada en la galería donde se encuentra la UCD lo más próximo a la entrada de la manguera con los cables de los sensores y opacímetro.

9.3.1 Montaje Opacímetro VISIC100SF

El opacímetro modelo VISIC100SF va a transmitir información de los niveles de CO, visibilidad y de NO dentro del túnel, para ello cuenta con unos detectores que se deben ubicar en el interior del opacímetro.

El opacímetro debe ir conectado a un módulo de la central de Gas en el Módulo 1 en los siguientes canales:

- CH1: Visibilidad.
- CH2: Sensor de NO
- CH3: Sensor de CO

Los conectores de cada sensor dentro de la ficha de conexiones del opacímetro se indican a continuación en la *Figura 37*.

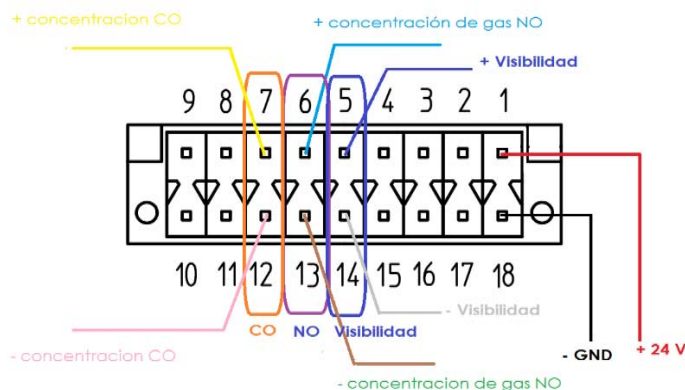


Figura 37: Esquema de conexionado ficha interna del opacímetro

El opacímetro debe ir instalado dentro del túnel en la ubicación indicada por la empresa encargada de realizar la colocación de las mangueras con cableado de alimentación y de datos.

9.3.2 Montaje Sensor de Metano PIR3000

Los sensores de metano se conectarán preferiblemente en el canal 4 del módulo 1.

Tardan 1 min y 10 seg en transmitir la medida valida, esto se corrige mediante software.

Como se muestra en la *Figura 38*, el cable rojo, se conecta desde las salida de 24V de la placa de la central a la entrada 3 del sensor, y se conecta un cable de señal (azul) desde la entrada marcada como “SIG” en la placa de la central, hasta el conector 2 del sensor de metano, y finalmente el de 0V a la numero 3 del sensor.

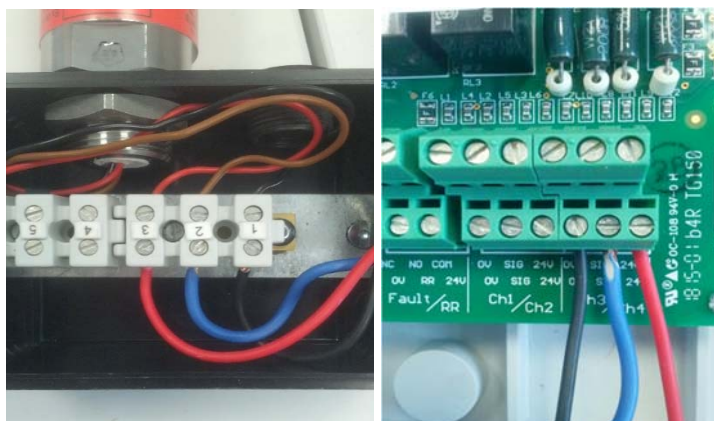


Figura 38: Conexionado sensor de Metano-Central de Gas Dräger.

9.3.3 Montaje ANEMÓMETRO.

Los cables del anemómetro debe ir conectado directamente al PLC Beckhoff CX-9020, el cable de medida debe ir conectado directamente a la entrada analógica asignada mientras que el cable de dirección de viento irá conectado a la entrada digital asignada.

Nota: esta parte esta por completar debido a la necesidad de datos ajenos.

10 Pantalla táctil SCADA

10.1 Interfaz hombre-máquina

Un interfaz hombre máquina o HMI (Human Machine Interface) es el equipo que presenta los datos a un operador o técnico de mantenimiento.

Los sistemas HMI podemos pensarlos como una ventana de proceso.

Esta interfaz se suele encontrar en dispositivos especiales como paneles de operador o en un ordenador industrial, en caso de encontrarse ubicado dentro de un ordenador se le conoce por el nombre de HMI Software, para este proyecto se va a emplear el HMI Software modelo Indusoft del desarrollador Wonderware.

Las señales del proceso o sistema son conducidas al HMI por medio de dispositivos de tarjetas de entrada/salida o módulos de comunicación en los PLC, esto implica que los propios PLC deben tener una comunicación que entienda el HMI.

Un sistema HMI tiene las funciones de:

- Representar sistema indicando actualizaciones de variables o de datos.
- Control del sistema pudiendo maniobrar sobre actuadores y diferentes equipos de campo.
- Emitir eventos de fallos críticos (por ejemplo el nivel alto de cualquier valor de gas).
- Archivar valores de eventos y alarmas des sistema para poder acceder a datos anteriores almacenados en un servidor para mejorar el mantenimiento del sistema obteniendo información de equipos.
- Visualización de valores en la pantalla como por ejemplo valores de gases o temperaturas en diferentes zonas definidas anteriormente.
-

10.2 Beckhoff-Wonderware HMI

La unión de estos dos fabricantes/programadores permite la creación de HMI de sistemas como en este caso el de Protección Civil y Seguridad de un túnel ferroviario de alta velocidad.

Beckhoff aporta sus pantallas táctiles con microprocesador integrado, que con la unión del entorno de programación de SCADA modelo Indusoft, se puedan crear HMI que permiten un mejor mantenimiento.

El HMI nos da la posibilidad de la monitorización de los valores captados por los sensores de campo en tiempo real, el estado de los diferentes equipos a lo largo del túnel y la temperatura en tramos seleccionados, también nos da la posibilidad de actuar sobre equipos y actuadores sin necesidad de desplazarnos hasta el equipo físico pudiendo realizarlo remotamente.

10.3 Pantalla CP2612

La pantalla que se insertará en el cuadro es el modelo CP-2612 del fabricante Beckhoff.

10.3.1 Descripción de equipo

Esta pantalla se va a ubicar en la puerta de cada cuadro de ERU para poder visualizar los valores de los diferentes sensores y equipos ubicados a lo largo del túnel o sector de túnel.



Figura 39 : Pantalla táctil modelo CP-2612 del fabricante Beckhoff.



Figura 40: Ubicación pantalla táctil dentro del cuadro.

10.3.2 Características principales

- Procesador ARM.
- Pantalla táctil de 19 pulgadas.
- Puerto serie RS232.
- Fuente de alimentación 24Vdc.
- 2 puertos USB 2.0.
- 1 puerto Ethernet.
- 1 puerto Ethercat.

11 Entorno de programación

11.1 Entorno de programación TwinCat2

11.1.1 PLC Control

PLC Control es la herramienta para la creación de programas mediante lenguaje de programación siguiendo el estándar IEC 61131-3.

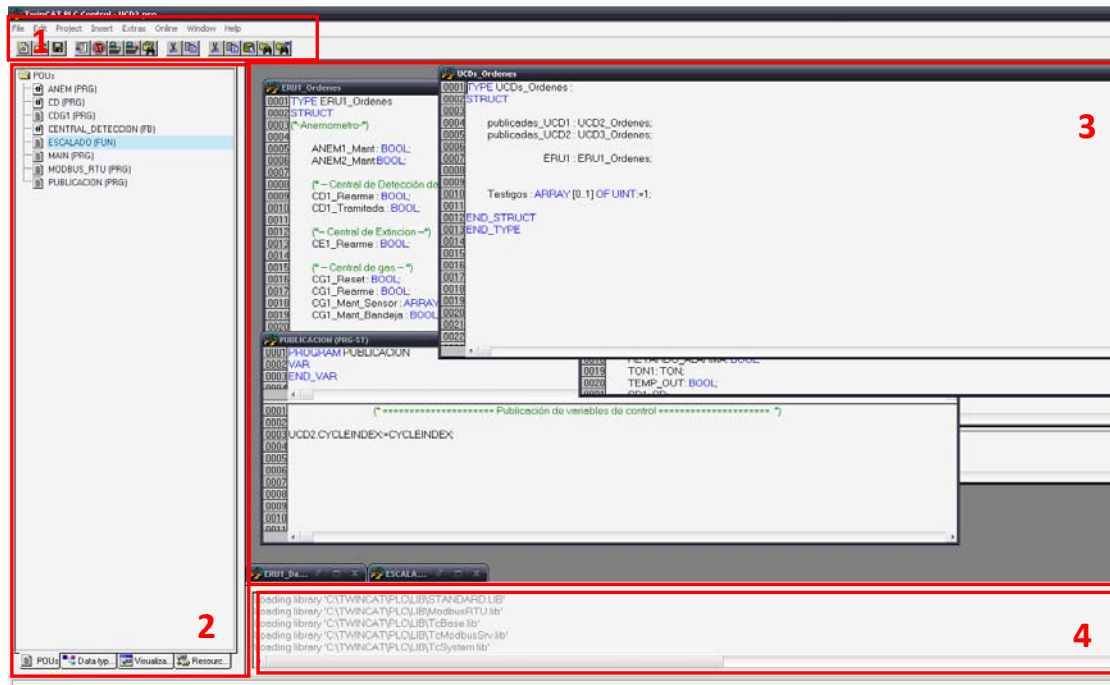


Figura 41: Pantalla principal PLC Control

- Barra de Herramientas (1):

La barra de herramientas nos proporciona las herramientas necesarias para la creación del programa y del archivo .tpy.

Contiene también las opciones para la depuración, construcción y ejecución de la programación creada, pudiendo modificar también la configuración del proyecto.

También es el software que permite la conexión y envío del programa al PLC al que nos encontramos conectados.

Estas opciones se muestran a continuación en la *Figura42*.



Figura 42: Barra de herramientas PLC Control

- Explorador de proyecto (2): el explorador de proyecto proporciona una visión clara del contenido del proyecto mediante sus 4 pestañas como se indica en la *Figura 43*.

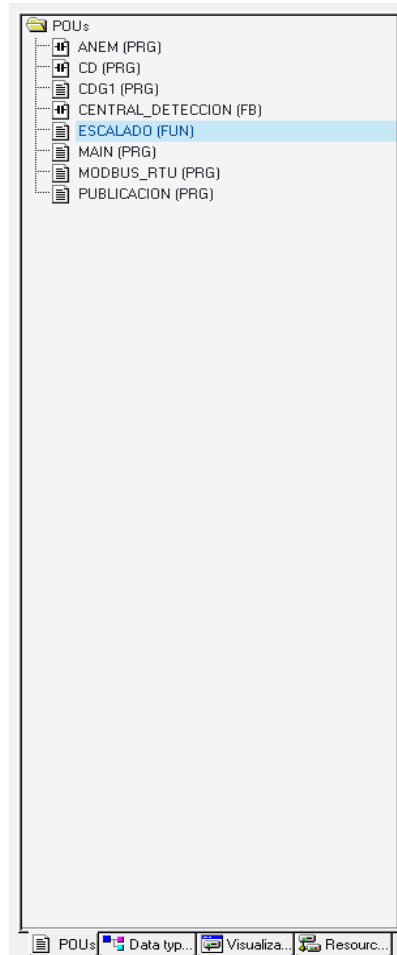


Figura 43: Explorador de proyecto PLC Control

Las pestañas son las siguientes:

- Listado de programas: Contiene las POU y las interrelaciones que existen como el encadenamiento.
 - Listado de datos: Muestra las estructuras de datos empleadas en el proyecto.
 - Visualizaciones: Muestran las partes visuales del proyecto en el caso de contar con un HMI.
 - Recursos: Parte de la configuración del proyecto se encuentra aquí. Contiene las variables globales, las librerías empleadas así como también cuenta el Task configuration que permite el control de la ejecución de los diferentes POU.
- Zona de ventanas de Edición (3): Por lo general aquí se encuentran las ventanas de cada POU donde se escribe el código en cualquiera de los lenguajes que contempla el standard como IL, ST, LD o STD.
 - Ventana de notificaciones (4): Aquí se muestran los resultados de las compilaciones de código señalando los errores y los warnings que puedan ocurrir en mencionado proceso o la carga de librerías del proyecto como se muestra en la *Figura 44*.

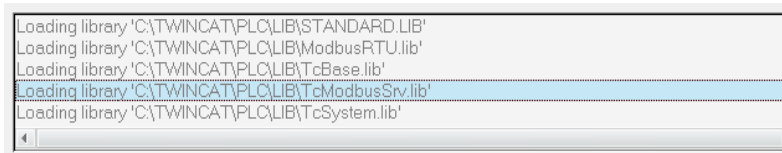


Figura 44: Ventana de notificaciones PLC Control

11.1.2 System Manager

System Manager es la Herramienta que proporciona el fabricante Beckhoff, esta herramienta está incluida en el paquete de desarrollo Twincat2. Nos permite realizar la unión entre las variables de programación y las propiedades del proyecto de desarrollo con el hardware del PLC.

En la siguiente *Figura 45* se muestra la pantalla principal:

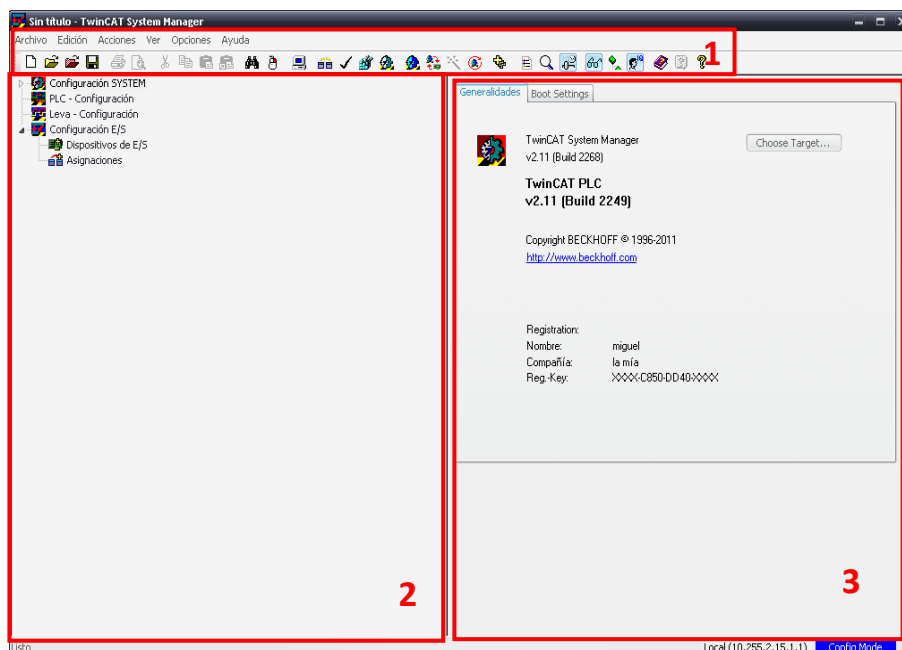


Figura 45: Pantalla principal System Manager.

Los módulos de la pantalla de System Manager son los que se describen a continuación:

- Barra de herramientas (1): En la barra de herramientas se encuentran la botonera y las opciones necesarias para la configuración del Hardware del PLC como las opciones de modo de configuración, modo run o el botón para guardar la configuración adecuada.

También cuenta con los iconos de edición como los de nuevo, abrir o guardar en disco, como se muestra en la siguiente *Figura 46*.



Figura 46: Barra de herramientas System Manager.

- **Árbol de proyecto (2):** El árbol de proyecto se compone de las opciones de configuración de los diferentes módulos Hardware, así com de la vinculación de las variables de programa.

Esta configuración viene detallada en el apartado **2.4.1.2** y **2.4.2.2** de la **PARTE 3: Cálculos justificativos y programación.**

- **Desplegable de características (3):** las características y propiedades de los elementos del árbol de proyecto se abren en esta zona facilitando la configuración. También desde aquí seleccionando las variables vinculadas como se expondrá en unos capítulos más adelante se podrán realizar forzados online de las mismas.

11.2 Entorno de programación InduSoft

Para la programación de las pantallas de SCADA se va a emplear el modelo de software Indusoft V7.1 del programador Wonderware como se muestra en la *Figura 47* el software cuenta con diversas opciones dentro de la familia de los SCADA como visualización en pantalla, vía servidor web o mediante tablet o smartphone.

Cuenta con un entorno gráfico de programación accesible con un amplio catálogo de funciones permitiendo diferentes programaciones de las pantallas como símbolo o VisualBasic Script.



Figura 47: Indusoft V7.1.

Para la creación del SCADA se opta por emplear el software de programación InduSoft Web Studio del desarrollador Wonderware.

InduSoft Web Studio, es un potente conjunto de herramientas de automatización totalmente modular para el desarrollo de cualquier tipo de aplicación, desde modernas interfaces Hombre-Máquina (HMI) hasta completos sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA), bajo cualquier plataforma basada en Windows como NT, 2000, XP, Windows 7, CE o CE.net y para Internet o Intranet. Su entorno de desarrollo le permitirá trasladar los más complejos comportamientos de sus procesos industriales a aplicaciones con tan solo simples arrastres y clics de ratón.

Las aplicaciones de IWS (InduSoft Web Studio) se ejecutan en microcomputadoras conectadas a máquinas o procesadores mediante controladores programables, dispositivos E/S remotos y otros equipos de adquisición de datos en tiempo real.

Estas aplicaciones consisten en pantallas animadas que sirven de interfaz con el operador, drivers para PLC y otros dispositivos de E/S controlables, una base de datos de etiquetas

para aplicaciones, y módulos opcionales tales como monitores para alarmas, gráficas de tendencia, recetas, planificadores de tareas, y un sistema de seguridad.

Las aplicaciones de IWS interactúan con sistemas industriales de E/S y con otras aplicaciones de Windows durante la ejecución de la aplicación utilizando los siguientes protocolos:

- DDE (Dynamic Data Exchange)
- ODBC (Open Database Connectivity)
- NetDDE (Network Dynamic Data Exchange)
- OPC (Open Connectivity)
- TCP/ IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)

Ventajas:

- Ahorra Tiempo: Puedes ver desde tu escritorio el proyecto o desde tu teléfono móvil con web habilitado usando un navegador estándar (internet/intranet incluyendo soporte XML)
- Información Clara: Multi-lenguaje (UNICODE) para que los operadores entiendan inmediatamente
- Ahorra Dinero: Desarrolla una vez y despliega en cualquier plataforma soportada por Microsoft, incluyendo Windows CE, Mobile, XP Embebido, Windows 7 y versiones de Server
- Flexibilidad: Soporte para tu PLC o controlador, más de 240 drivers, OPC (cliente y servidor) y TCP/IP
- Arregla Problemas Rápidamente: Alarmas que se entienden rápidamente, visuales en la pantalla, o por medio de correo electrónico, PDA, celulares, navegadores web
- Integración de Empresas: Se liga fácilmente en ERP y a sistemas tras-tienda (backoffice) utilizando una conectividad de base de datos relacional integrada
- Reduce el tiempo muerto: Utiliza tecnologías abiertas (ActiveX, .NET) para visualizar documentación, reparar videos o mensajes de audio.

En este proyecto se emplea InduSoft Web Studio para la programación del SCADA que se incluirá en la pantalla modelo CP2612 del fabricante Beckhoff.

11.2.1 Ventana de proyecto

En la siguiente *Figura 48* se muestra la configuración de la ventana de proyecto.

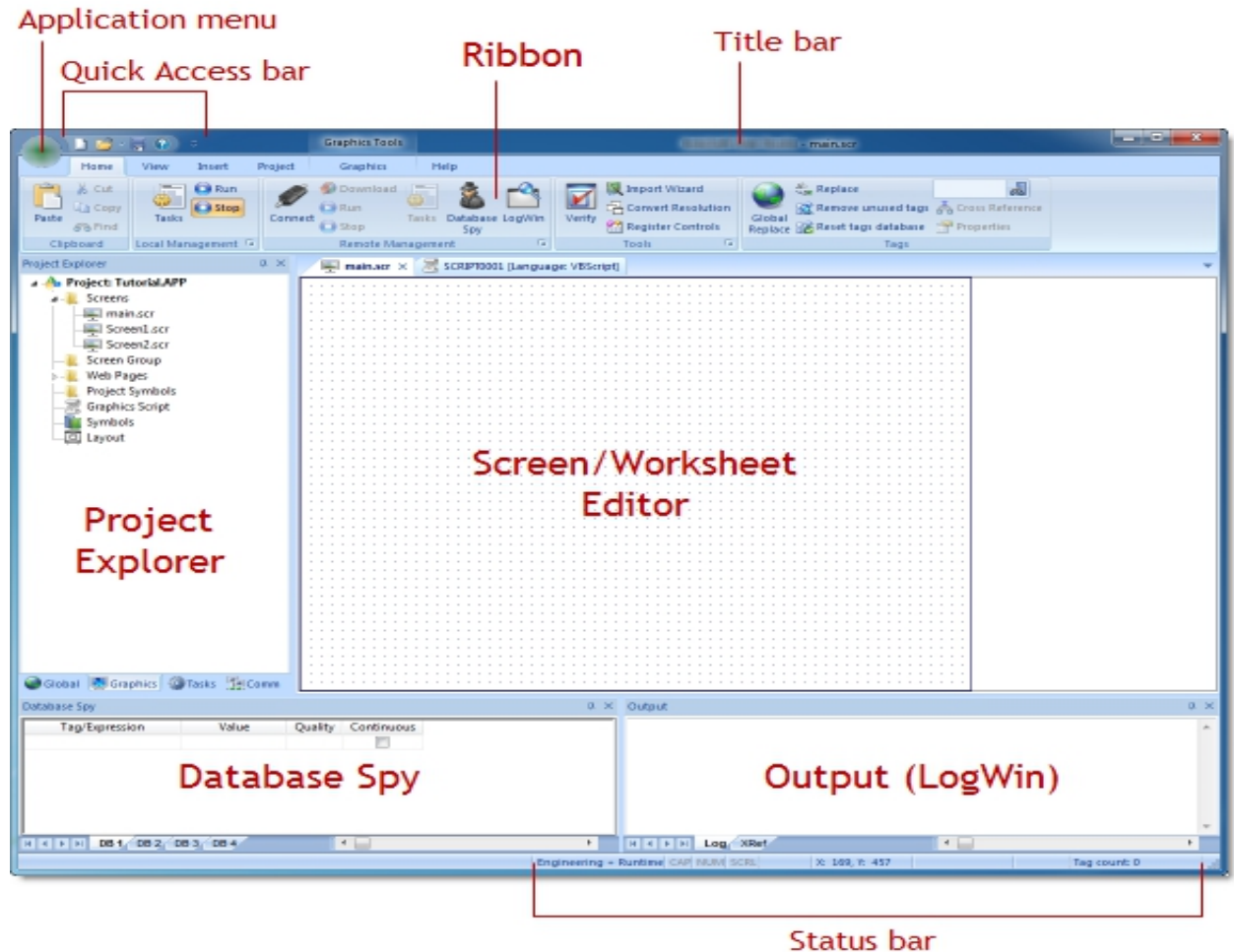


Figura 48: Ventana de proyecto Indusoft Web Studio.

- **Project Explorer:** El árbol se emplea para moverse por los distintos módulos del proyecto, módulo de pantallas, módulo de símbolos predefinidos, símbolos del proyecto.
- **Ribbon:** Barra de herramientas donde se encuentran los diferentes iconos de utilidades del software, esta barra se divide en diferentes modos:
 1. Inicio: Se encuentran los iconos principales como los de ejecución, verificación etc.
 2. Vista: Iconos de configuración de la vista de la ventana de proyecto.
 3. Insertar: Iconos de configuración de cliente/servidor, tablas de alarmas, etc.
 4. Proyecto: Iconos de configuración del proyecto.
 5. Gráficos: Iconos para el desarrollo de la pantalla del SCADA.
 6. Ayuda: Ofrece información acerca del entorno de programación y licencias del software.

- **Screen/ Worksheet editor:** Zona gráfica de desarrollo del SCADA.
- **Database Spy:** Zona de manipulación de variables de proyecto.
- **Output (Log win):** Zona de salida de resultados del proyecto.
- **StatusBar:** Barra de estado donde se indica el tipo de licencia del software y los Tags (variables de proyecto) empleados.

11.2.2 Explorador de proyecto

El explorador de proyecto se encuentra en la zona izquierda de la pantalla, el cual aporta la información de un árbol de proyecto como indica la *Figura 49*.

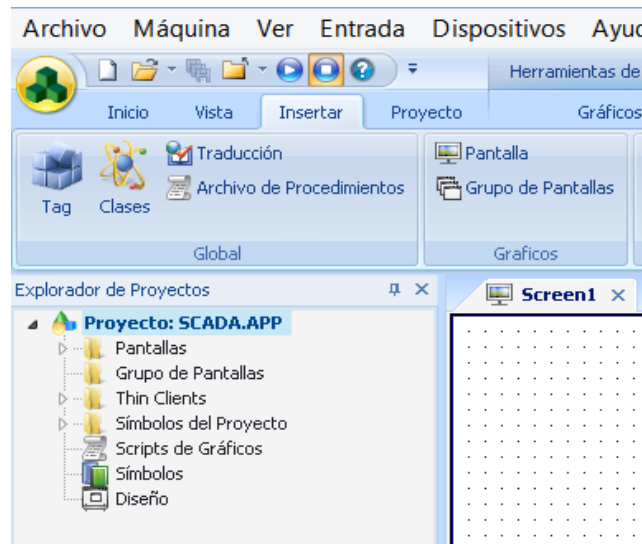


Figura 49: Vista del Explorador de proyecto.

Como se observa en la parte inferior del explorador de proyectos existen 4 pestañas correspondientes con:

- **Global:** Aporta una visión global del proyecto como se muestra en la *Figura 50*.

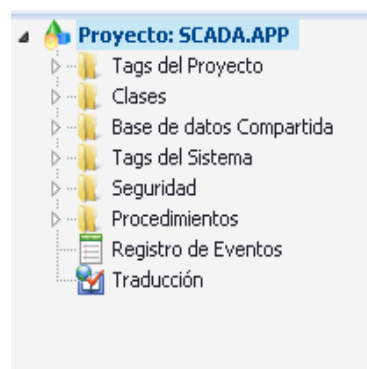


Figura 50: Vista pestaña global del Explorador de proyecto.

- **Gráficos:** Indica todo lo empleado y desarrollado en lo referente a la parte gráfica del SCADA como se indica en la *Figura 51*, esta es la pestaña del explorador de proyecto más relevante.

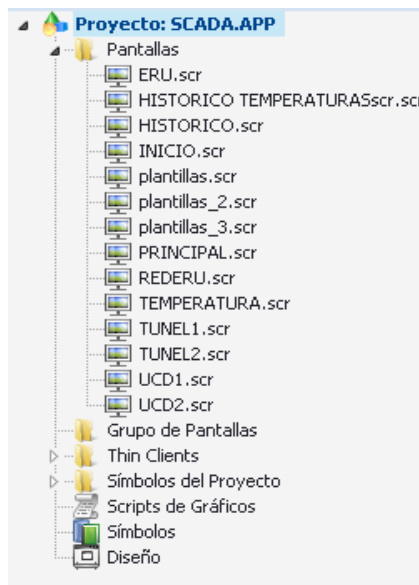


Figura 51: Vista pestaña gráficos del Explorador de proyecto.

- Tareas: Indica las tareas empleadas en el proyecto como son las alarmas, eventos, Scripts, recetas, etc. Como se muestra en la *Figura 52*.

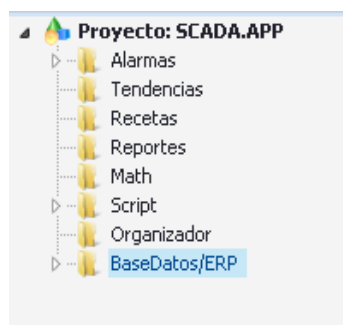


Figura 52: Vista pestaña tareas del Explorador de proyecto.

- Comm: Indica todo lo relacionado con el entorno de comunicaciones, desde drivers empleados por el software hasta diferentes protocolos, esto se muestra en la siguiente *Figura 53*.

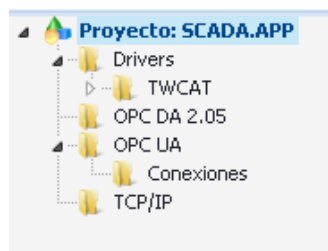


Figura 53: Vista pestaña comm del Explorador de proyecto.

11.2.3 Barra de herramientas

La barra de herramientas consta de varios módulos diferentes de utilidades como se indica en la *Figura 54*, a continuación se detalla la funcionalidad de cada uno de ellos.

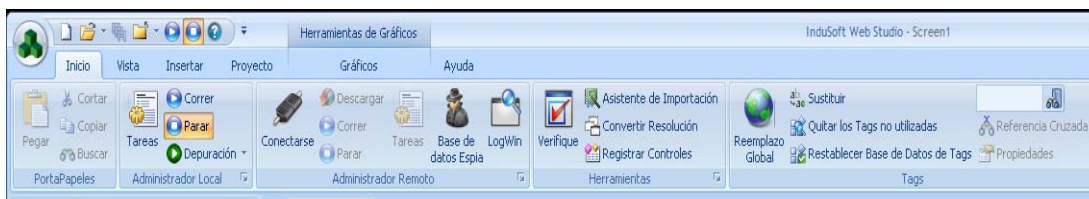


Figura 54: Barra de herramientas InduSoft Web Studio.

11.2.3.1 Inicio

Este módulo de inicio corresponde con el módulo inicial donde aparecen las opciones de ejecución y depuración del SCADA desde PC como se muestra en la *Figura 55*.

A su vez también se encuentra la opción de Conectarse, una vez accionada la función se abre la pantalla denominada Administrador Remoto como se muestra en la *Figura 55*.

En dicha pantalla aparecen las opciones de configuración para enviar el programa ejecutable a la pantalla hardware.

El propio entorno de diseño de SCADA InduSoft se encarga de la configuración e instalación del SCADA software dentro del sistema operativo de la pantalla, en este caso Windows CE.

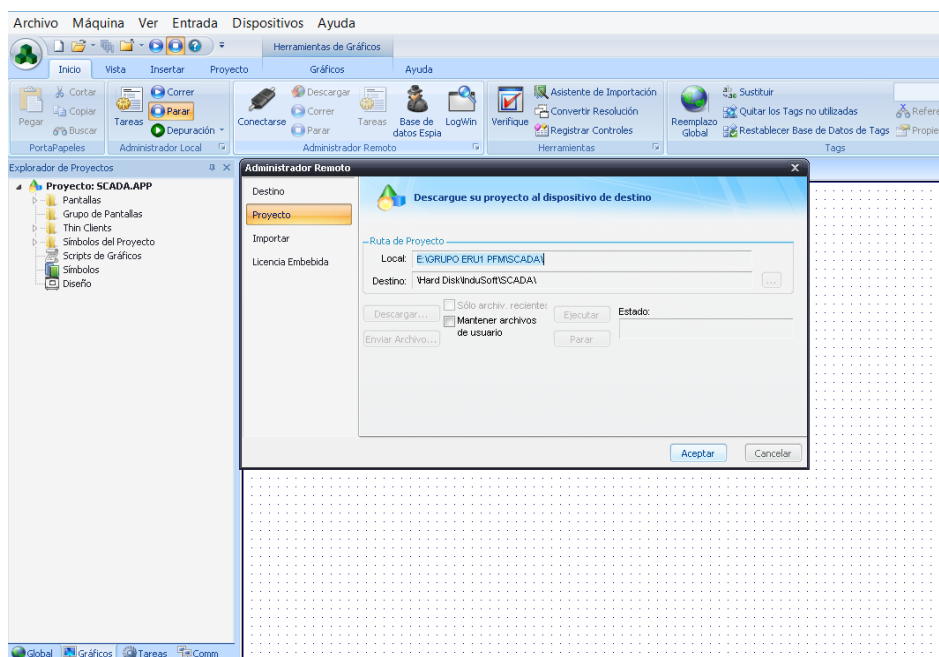


Figura 55: Pantalla de Administrador remoto.

También cuenta con la opción de Base de datos espía, esta opción nos permite activar sobre Tags (variables internas del programa realizado) importados o creados consultando su estado o modificándolo.

11.2.3.2 Vista

Este menú ofrece las posibilidades de configuración de la pantalla de creación del SCADA como se muestra en la *Figura 56*.

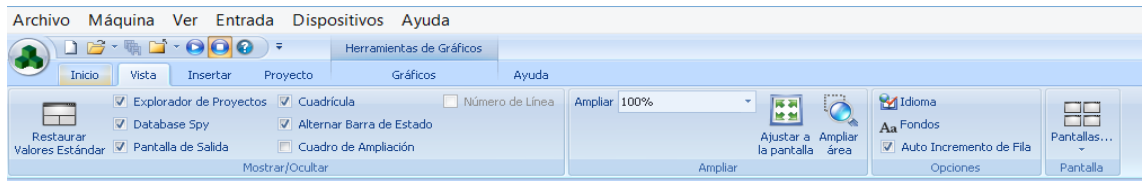


Figura 56: Pantalla módulo vista de la barra de herramientas.

11.2.3.3 Insertar

El módulo insertar permite la creación de diferentes tablas, en este proyecto esencialmente se empleará la tabla de alarmas para la visualización de las mismas en el SCADA.

Otras opciones que proporciona es poder trabajar con diferentes servidores y bases de datos, lo cual no contempla este proyecto.

En la *Figura 57* Se muestra el menú del módulo de Insertar con sus diferentes opciones.

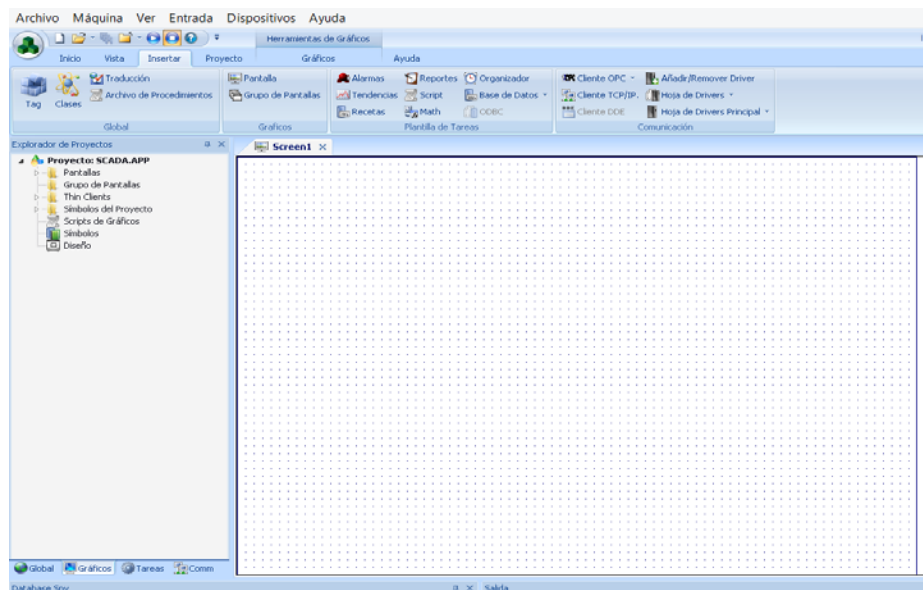


Figura 57: Pantalla módulo insertar de la barra de herramientas.

11.2.3.4 Proyecto

Con el módulo de proyecto se configuran los aspectos generales del proyecto de programación SCADA.

La parte más relevante concerniente con el proyecto es la de comunicación donde se abre una pantalla de configuración de proyecto donde se puede seleccionar la pantalla y mandar el programa del SCADA realizado.

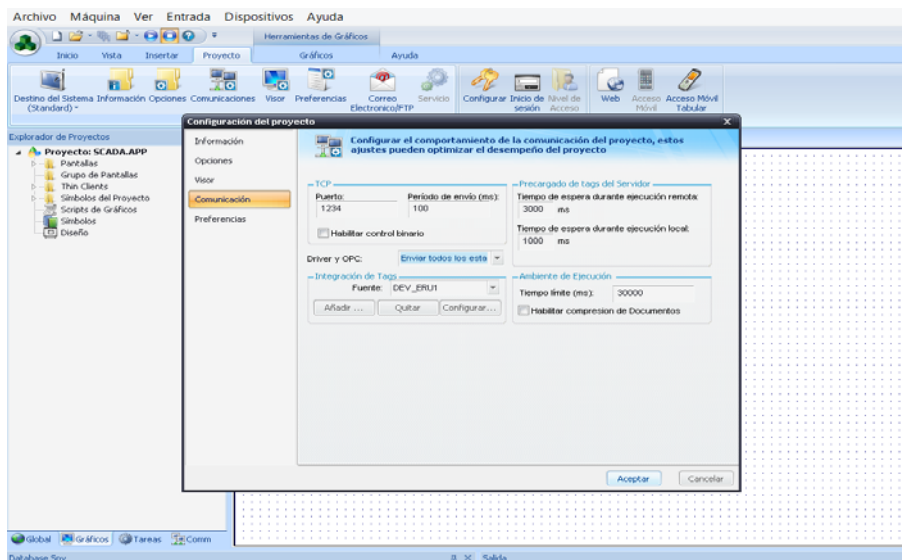


Figura 58: Pantalla módulo proyecto de la barra de herramientas.

11.2.3.5 Gráficos

Este menú corresponde con el menú de desarrollo gráfico de programación, desde los botones hasta las cajas que contendrán valores o estados de las variables pasando también por icono e imágenes y sus correspondientes propiedades como de muestra en la *Figura 59*.

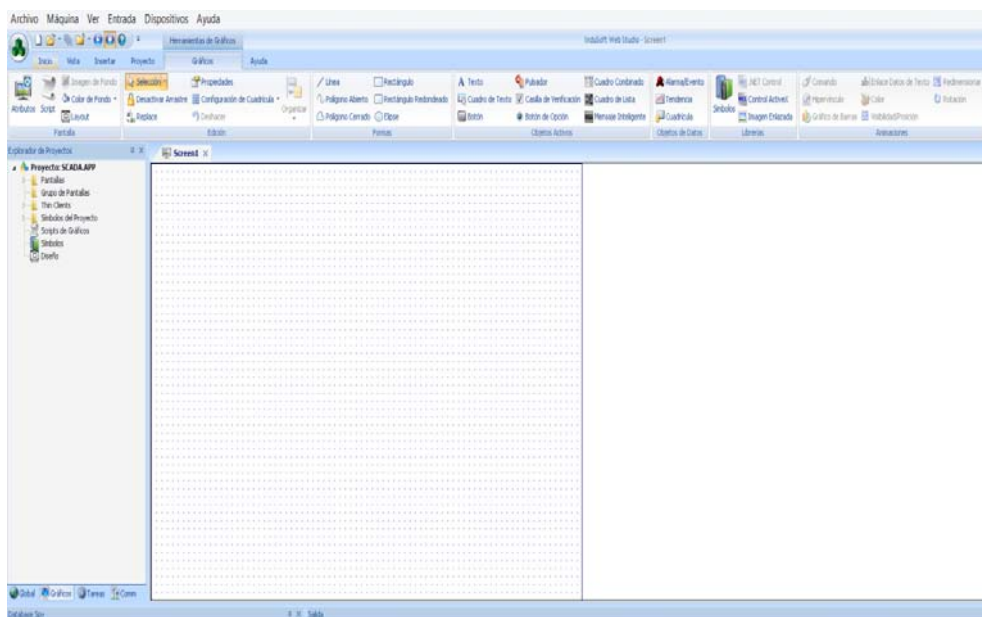


Figura 59: Pantalla módulo gráficos de la barra de herramientas.

12 Comunicaciones

12.1 Tipos de comunicaciones empleadas

12.1.1 Ethernet Real Time

A medida que la industria de medición y control adoptaron los estándares de la PC a lo largo de los últimos veinte años, como los sistemas operativos y las arquitecturas de bus interno, los ingenieros que requieren de inteligencia distribuida y E/S están aplicando tecnologías de comunicación estandarizada por la industria de la PC. Tradicionalmente, los vendedores creaban sus propias redes de comunicación para conectar sensores, y comunicarse con la empresa. Como resultado, la interoperabilidad era pobre, el equipo costoso, y las mejoras eran pocas. La industria de la PC ha estandarizado los buses de comunicación, haciendo fácil el diseñar un sistema de medición y control distribuido. Al usar software flexible, la instrumentación virtual extrae más los detalles de comunicación y ayuda a ingenieros y científicos a seleccionar el bus de datos que más se ajusta a sus necesidades – ya sea que elijan el PCI, PXI, GPIB, USB, FireWire, Ethernet, u otros buses de comunicación futuros.

Los ingenieros durante un largo periodo buscaron protocolos de conexión entre equipos válidos para solventar el siguiente problema:

Cada fabricante de PLC o equipos industriales tenían su protocolo de comunicación propietario con lo cual para los clientes o ingenieros aparecía la problemática de la imposibilidad de conectar equipos de diferentes fabricantes en una red con el mismo protocolo debido a las incompatibilidades.

Por ello el afán de un protocolo único cada vez se arraigaba más hasta que se tomó la decisión de optar por un protocolo ya extendido como es Ethernet y modificarlo para el uso en entornos industriales y en automática.

Ethernet se ha convertido en el estándar para sistemas altamente distribuidos. Existen cuatro beneficios básicos al usar Ethernet lo que ha permitido su adopción en automatización y medición distribuida.

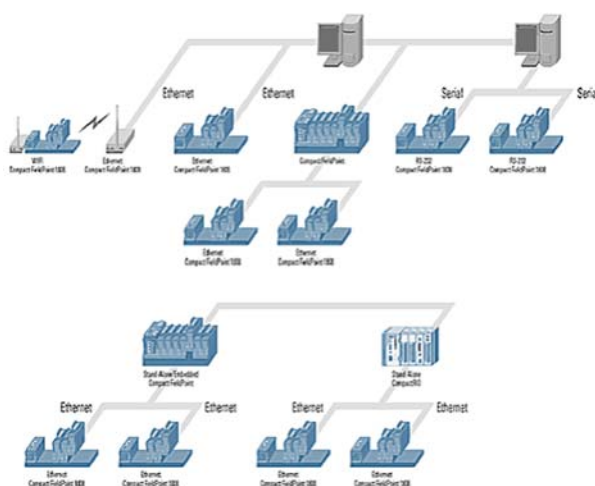


Figura 60: Esquema del protocolo Ethernet.

Las características principales del protocolo Ethernet son las siguientes:

- Topología: Bus lineal o bus en estrella.
- Tipo de arquitectura: Banda base.
- Tipo de acceso al medio: CSMA/CD.
- Especificación: IEEE 802.3.
- Velocidad de transferencia: 10 Mbps o 100 Mbps.
- Tipo de cable: Grueso, fino, UTP y STP.

12.1.2 ModBus RTU

ModBus un protocolo de comunicaciones situado en el nivel 7 del Modelo OSI, basado en la arquitectura /esclavo o cliente/servidor, diseñado en 1979 por Modicon para su gama de controladores lógicos programables (PLCs). Convertido en un protocolo de comunicaciones estándar de facto en la industria, es el que goza de mayor disponibilidad para la conexión de dispositivos electrónicos industriales. Las razones por las cuales el uso de ModBus es superior a otros protocolos de comunicaciones es:

- Es público.
- Su implementación es fácil y requiere poco desarrollo.
- Maneja bloques de datos sin suponer restricciones.

ModBus permite el control de una red de dispositivos, por ejemplo un sistema de medida de temperatura y humedad, y comunicar los resultados a un ordenador. ModBus también se usa para la conexión de un ordenador de supervisión con una unidad remota (RTU) en sistemas de supervisión adquisición de datos (SCADA). Existen versiones del protocolo ModBus para puerto serie y Ethernet (ModBus/TCP).

Existen dos variantes, con diferentes representaciones numéricas de los datos y detalles del protocolo ligeramente desiguales. ModBus RTU es una representación binaria compacta de los datos. ModBus ASCII es una representación legible del protocolo pero menos eficiente. Ambas implementaciones del protocolo son serie. El formato RTU finaliza la trama con una suma de control de redundancia cíclica (CRC), mientras que el formato ASCII utiliza una suma de control de redundancia longitudinal (LRC).

Cada dispositivo de la red ModBus posee una dirección única de 0 a 247. Cualquier dispositivo puede enviar órdenes ModBus, aunque lo habitual es permitirlo sólo a un dispositivo maestro. Cada comando ModBus contiene la dirección del dispositivo destinatario de la orden. Todos los dispositivos reciben la trama pero sólo el destinatario la ejecuta (salvo un modo especial denominado "Broadcast"). Cada uno de los mensajes incluye información redundante que asegura su integridad en la recepción. Los comandos básicos ModBus permiten controlar un dispositivo RTU para modificar el valor de alguno de sus registros o bien solicitar el contenido de dichos registros.

La representación de datos del protocolo ModBus usa el concepto de tablas de datos para almacenar la información en un esclavo, una tabla de datos no es más que un bloque de memoria usado para almacenar datos en el esclavo, las tablas de datos que usa en ModBus son cuatro y se muestran en la siguiente *tabla 3*:

DIRECCIÓN ModBus	DIRECCIÓN PROTOCOLO	NOMBRE DE LA TABLA
1-9999	0000-9998	OUTPUT COILS
10001-19999	0000-9998	INPUTS CONTACT
30000-39999	0000-9998	INPUT REGISTERS
40001-49999	0000-9998	HOLDING REGISTERS

Tabla 4: Tabla de direccionamiento ModBus RTU .

- **Output coils:** Valor Booleano para representar una salida, escritura/lectura.
- **Input contacts:** Valor Booleano para representar entradas, solo lectura.
- **Input registers:** Registro de 16 bits, solo lectura:
- **Holding registers:** Registro de 16 bits de escritura/lectura

Observese que hay dos direcciones, una es usada para diferenciar entre las tablas de datos, la llamamos dirección ModBus y la otra es la dirección usada en la comunicación entre el maestro y el esclavo, está es la dirección usada en la trama o paquetes de datos enviados entre maestros y esclavos.

12.1.3 ADS

Es un protocolo implementado para comunicaciones en el entorno de automatización, sus siglas provienen del Inglés *Automation Device Specifications*.

Este protocolo de comunicación forma parte de la capa de transporte y corre sobre el protocolo TCP/IP.

Este protocolo es implementado para la comunicación entre software desde el PC y el PLC o entre PLCs accediendo directamente a la posición de memoria donde se encuentran las variables, se va a emplear para la comunicación entre la pantalla SCADA y el PLC tipo ERU.

Para comunicar con cualquier equipo de la red es necesario su número de identificación denominado AMS.

12.2 Comunicaciones entre equipos

Para este proyecto se emplearán dos tecnologías o protocolos de comunicación desarrollados anteriormente, los cuales son:

- ModBus RTU
- Ethernet RT.

La elección de los protocolos de comunicación se realizó debido a las especificaciones que la empresa contratante, entre ellas destaca que el sistema de SCADA como los propios PLC deberán refrescar el valor de los sensores o equipos en su memoria interna con un plazo máximo de 500 mseg.

ModBus RTU es empleará para la comunicación entre la central de gas modelo Regard 3800 del fabricante Dräger con la UCD correspondiente, como se muestra en la Figura-. Esta elección viene impuesta por el propio fabricante de la central debido a que emplea como protocolo de comunicación propietario ModBus RTU.

12.2.1 Central de Gases-UCD

Modbus RTU se implementará como comunicación entre la UCD y la Central de Gases.

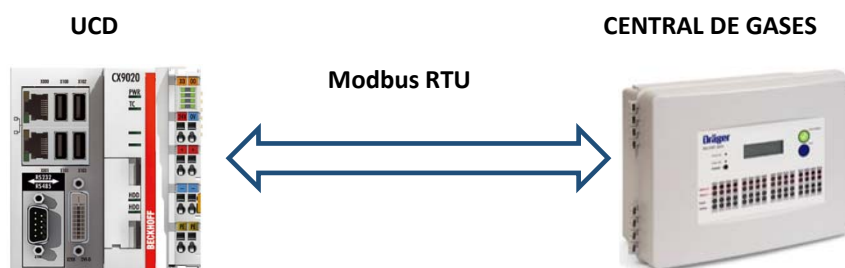


Figura 61: Esquema comunicación ModBus.

12.2.2 UCD-ERU

Esta comunicación es del tipo Publicador - Suscriptor en ambos sentidos y se configura en el Capítulo-- del proyecto.

El PLC tipo ERU es publicador de órdenes y testigos hacia las UCD y a su vez es suscriptor de los datos que le envía la UCD.

A su vez el PLC tipo UCD es publicador de los datos hacia la ERU y suscriptor de las órdenes que le envía la ERU.

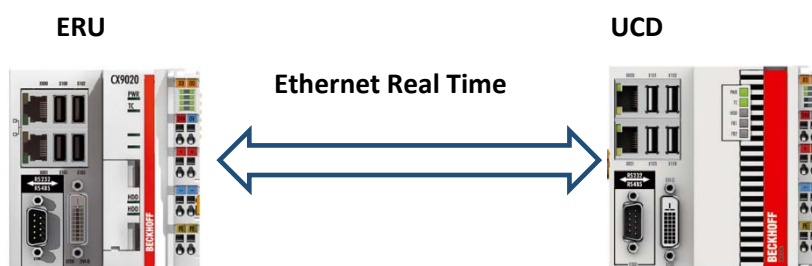


Figura 62: Esquema comunicación Ethernet RT.

12.2.3 Pantalla-ERU

El tipo de comunicación ADS va a ser implementada entre la pantalla y la ERU, ambos equipos del fabricante por lo que se puede implementar este protocolo de comunicación propietario donde se accede a la posición de memoria del equipo del que interesa obtener los datos.

Esto ocurre de la forma que la pantalla conociendo la dirección AMS de la ERU a la que está conectada y mediante la carga del archivo .tpy por el software Indusoft accede directamente a las variables necesarias para el Sistema SCADA.

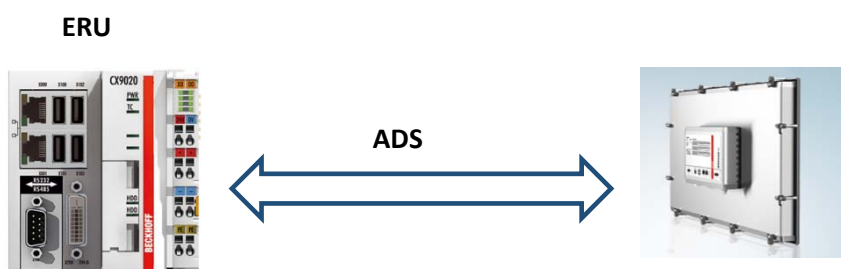


Figura 63: Esquema comunicación ADS.

PARTE 3: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS Y PROGRAMACIÓN

1 Cálculo alimentación equipos

1.1 Alimentación cuadros CX-9020-1 y 2.

La alimentación en el cuadro de las UCD de tipo 3 estará compuesto por una fuente de alimentación de 24 V de continua alimentada desde el exterior por un sistema monofásico de 230V.

Para el cálculo de esta fuente se determinarán los consumos máximos de todos los equipos o módulos que se encuentran en el cuadro.

A continuación se detalla los consumos instantáneos de los equipos y módulos incluidos en el mencionado cuadro CX-9020, Tabla 4.:

EQUIPO / MÓDULO	UNIDADES	CONSUMO MÁX	TOTAL
Mod. CPU CX-9020	1	5 W	5W
Mod. RS-485 (EL6022)	1	7 W	7W
Mod. 16 Entradas Digitales (EL1862)	2	2,5 W	5W
Mod.16 Salidas Digitales (EL2872)	2	3,6W	7,2W
Mod. 4 Entradas Analógicas (EL3024)	1	3,2 W	3,2W
Base de relé + relé	32	0,24 W	7,68 W
CONSUMO TOTAL			35,08 W

Tabla 5: Consumos equipos cuadro CX-9020-1 y 2.

El modelo de la fuente necesaria para la alimentación debe aportar una potencia de 35, 08 W +/- 10% de margen de seguridad, por ello se opta por el modelo MDR-100-24 de 2A del fabricante MeanWell que aporta una potencia de 48W.

1.2 Alimentación cuadro CX-5020

La alimentación en el cuadro de las ERU de tipo 3 estará compuesto por una fuente de alimentación de 24 Vdc alimentada desde el exterior por un sistema monofásico de 230Vac.

Para el cálculo de esta fuente se determinarán los consumos máximos de todos los equipos o módulos que se encuentran en el cuadro.

A continuación se detalla los consumos instantáneos de los equipos y módulos incluidos en el mencionado cuadro CX-5020, Tabla 5:

EQUIPO / MÓDULO	UNIDADES	CONSUMO MÁX	TOTAL
Mod. CPU CX-5020	1	12 W	12 W
Mod. CPU CP-2612 (SCADA)	1	16 W	16 W
Mod. RS-485 (EL6022)	1	7 W	7 W
Mod. 16 Entradas Digitales (EL1862)	2	2,5 W	5 W
Mod.16 Salidas Digitales (EL2872)	1	3,6 W	3,6 W
Base relé + relé	16	0,24 W	3,84 W
CONSUMO TOTAL			47,44W

Tabla 6: Consumos equipos cuadro CX-5020.

El modelo de la fuente necesaria para la alimentación debe aportar una potencia de 47,44W +/- 10% de margen de seguridad, por ello se opta por el modelo MDR-100-24 de 4A del fabricante MeanWell que aporta una potencia de 96W.

1.3 Alimentación otros equipos.

Las alimentaciones de los demás equipos no son críticas por los que no es necesario el cálculo detallado.

A continuación, en la *Tabla 6* se muestra la alimentación que se aportará al resto de equipos y sensores:

EQUIPO	ALIMENTACIÓN	ORIGEN
Central de Gas	230Vac-24Vd	Red eléctrica 230V 50Hz
Central de Detección	230Vac	Red eléctrica 230V 50Hz
Central de Extinción	230Vac	Red eléctrica 230V 50Hz
Opacímetro	24Vdc	Central de Gas
Sensor de Metano	24Vdc	Central de Gas
Anemómetro	24 Vdc	Mód alimentación PLC

Tabla 7: Alimentación de equipos distintos a PLC.

2 Programación PLC

2.1 Versión de programa

La versión que se va a emplear para la programación es la V2.11

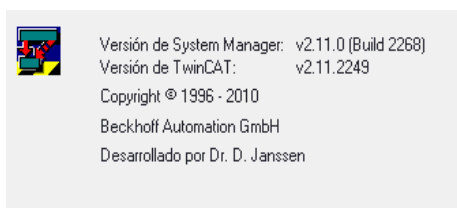


Figura 64: Versión TwinCat2.

2.2 Identificación de ficheros

TwinCat2 emplea tres tipos diferentes de ficheros:

- .pro : contienen la programación de los diferentes POU.
- .tpy : archivo que genera con los datos del proyecto y las variables.
- .tsm : Archivo que contiene la configuración hardware para System Manager

Los ficheros empleados en este proyecto y ejecutados son los siguientes:

- ERU1.pro
- UDC1.pro
- UCD2.pro
- ERU1.tpy
- UCD1.tpy
- UCD2.tpy
- ERU1.tsm
- UCD1.tsm
- UCD2.tsm

2.3 Librerías del proyecto

Para la ejecución de este proyecto se emplean las librerías que se indican en la Figura 65.

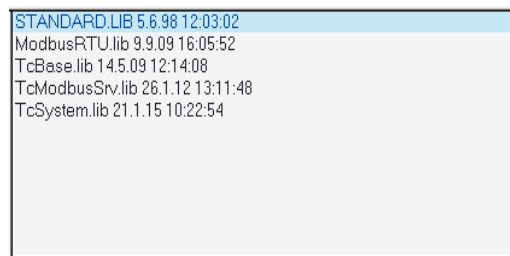


Figura 65: Librerías Beckhoff empleadas en la programación .

Las librerías STANDARD.lib, TcBase.lib y TcSystem.lib son incluidas en el propio software mientras que ModbusRTU.lib y TcModbusSrv.lib es necesaria la licencia del desarrollador Beckhoff.

2.4 Estructura de programación de los PLC

Para este proyecto se decide establecer dos líneas de programación paralelas, una línea de programación se encarga de la ERU mientras que la otra se encarga de la UCD.

Por cada equipo conectado a cada PLC existe al menos una POU, en caso de no ser necesario el empleo de un Function Block del proyecto.

Cada tipo de PLC tiene un cometido diferente como se muestra a continuación:

- Funciones ERU: Es el PLC encargado de recibir los datos obtenidos por las UCD desde los sensores. Envía los testigos de comunicación a cada UCD, que a su vez, gestiona los equipos a los que esta conectado.
- Funciones UCD: obtener datos de los sensores y equipos a los que está conectado y enviarlos cuando la ERU lo demanda mediante el paso de testigo.

Una vez programado cada uno de los equipos de adquisición se implementará la comunicación entre equipos mediante software.

2.4.1 Estructura de programación de una ERU:

La estructura de programación de la ERU está compuesta por diferentes módulos para el TwinCat PLC Control y el System Manager.

2.4.1.1 TwinCat2-PLC Control

2.4.1.1.1 Módulo POU

Este módulo contiene las diversas POU o programas implementados como se muestra en la *Figura 66*:

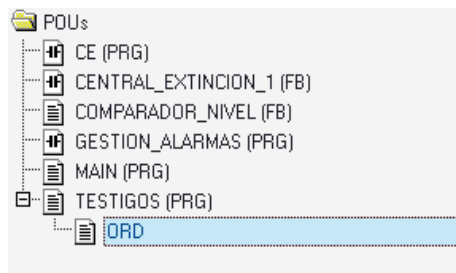


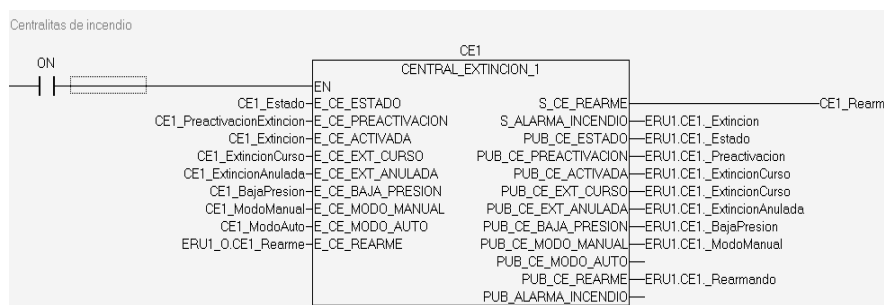
Figura 66: Módulo de POU de una ERU.

Los lenguajes de programación empleados son LD (Ladder) y ST (Structure Text).

Las funciones de cada POU se describen a continuación mediante código y variables globales siempre y cuando la importancia y la complejidad lo demande:

- CE (PRG): Programa de la Central de Extinción de incendios, llama a la función CENTRAL_EXTINCION_1, asignando las entradas y salidas.

El código correspondiente a esta POU es el siguiente:



En las entradas se colocan las variables de control de la Central de Extinción mientras que a la salida se implementan las variables de estados de la misma.

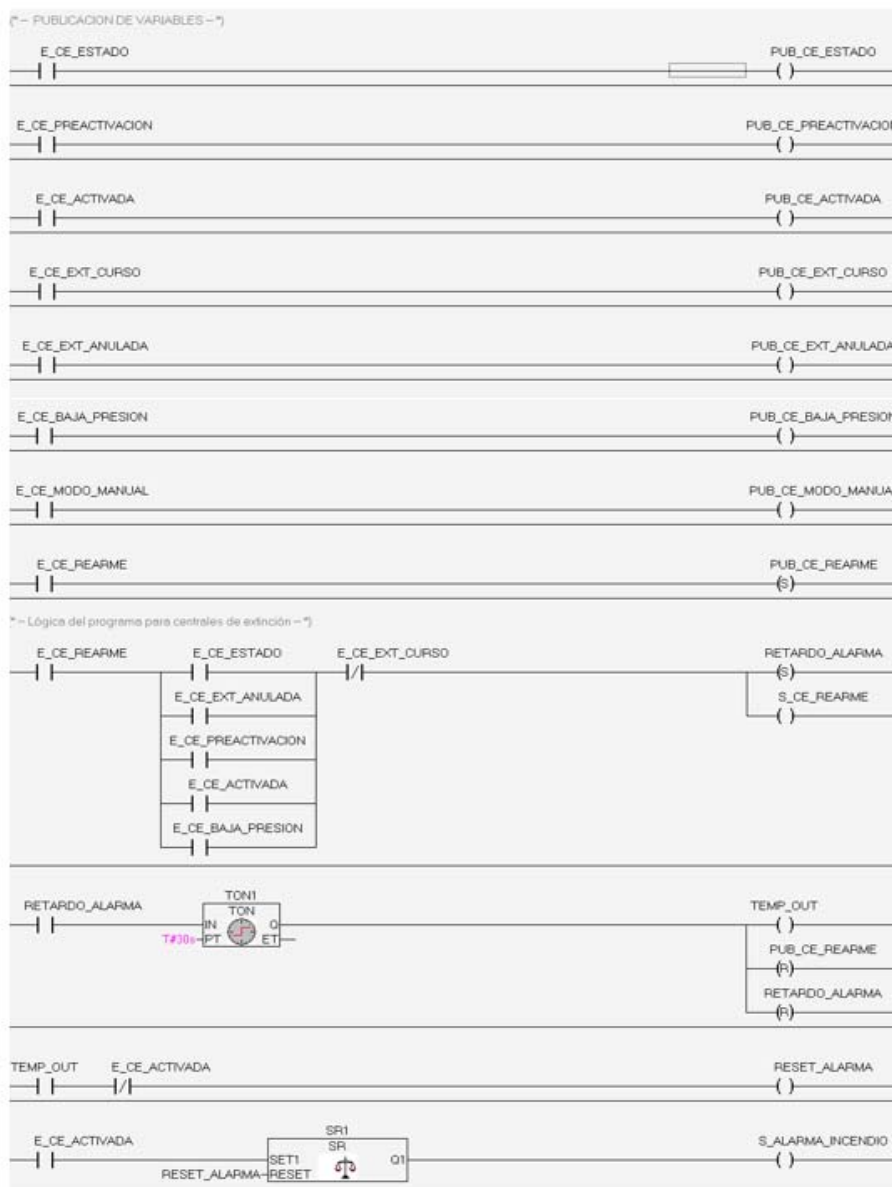
Las variables locales que posee esta POU corresponden con la declaración del bloque función de llamada al Function Block CENTRAL_EXTINCION_1.

```

VAR
    CE1: Central_extincion_1;
END_VAR
    
```

- **CENTRAL_EXTINCIÓN_1 (FB):** Este bloque función contiene la lógica de programación encargada de recibir varias variables de entrada y generar las correspondientes de salida para el equipo de extinción de incendios.

El código correspondiente a este POU se muestra a continuación:



La parte de código que cabe resaltar es la del rearme de la alarma el cual se puede activar siempre y cuando la extinción no se encuentre en curso.

Con el Set/Reset (SR1) se consigue que cuando el rearme de alarma se activa al mismo tiempo que la variable de activación de la alarma de la Central de Extinción se de prioridad a la segunda condición.

La funcionalidad de este Function Block es en esencia tomar como entradas las señales provenientes de la central de extinción y a la salida copiar el valor en las variables que van a ser publicadas hacia el SCADA de León y controlar el rearme de la alarma.

Las variables que se emplean en este Function Block se declaran como locales y se muestran a continuación.

```
VAR_INPUT
    E_CE_ESTADO : BOOL;
    E_CE_PREACTIVACION : BOOL;
    E_CE_ACTIVADA : BOOL;
    E_CE_EXT_CURSO : BOOL;
    E_CE_EXT_ANULADA : BOOL;
    E_CE_BAJA_PRESION : BOOL;
    E_CE_MODO_MANUAL : BOOL;
    E_CE_MODO_AUTO : BOOL;
    E_CE_REARME : BOOL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    S_CE_REARME : BOOL;
    S_ALARMA_INCENDIO : BOOL;
    PUB_CE_ESTADO : BOOL;
    PUB_CE_PREACTIVACION : BOOL;
    PUB_CE_ACTIVADA : BOOL;
    PUB_CE_EXT_CURSO : BOOL;
    PUB_CE_EXT_ANULADA : BOOL;
    PUB_CE_BAJA_PRESION : BOOL;
    PUB_CE_MODO_MANUAL : BOOL;
    PUB_CE_MODO_AUTO : BOOL;
    PUB_CE_REARME : BOOL;
    PUB_ALARMA_INCENDIO : BOOL;
END_VAR
VAR
    RETARDO_ALARMA: BOOL;
    TON1: TON;
    TEMP_OUT: BOOL;
    SR1: SR;
    RESET_ALARMA: BOOL;
END_VAR
```

- **TESTIGOS (PRG):** Este programa realiza la gestión de la generación de testigos para la comunicación de las UCD, estos testigos son enviados con el Data Type de UCDs_ordenes. Los testigos van vinculados en el System Manager de cada UCD a la variable de control de escritura denominada Varctrl mediante su obtención a través de variable de red .

- ORD (PRG):

Esta subfunción de TESTIGOS realiza el control de publicación de las ordenes tanto locales como las ordenes a las UCD.

A continuación se muestra un extracto del código al ser de relevancia:

```

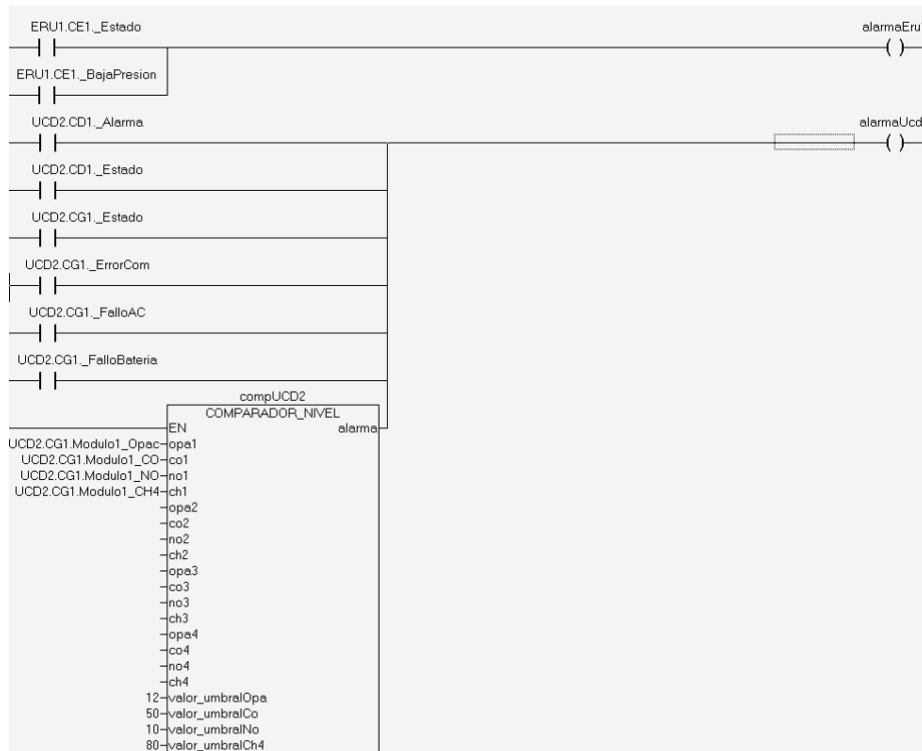
IF UCD3.Cycleindex<>CycleindexUCD3_ANT THEN
(* Asociado al testigo 1*)

    puntero1:=ADR(Ordenes_SCADA.publicadas_UCD3)-1;
    puntero2:=ADR(Ordenes_UCD.publicadas_UCD3)-1;
    FOR posicion:=0 TO SIZEOF(Ordenes_SCADA.publicadas_UCD3) BY 1 DO
        puntero1:=puntero1+1;
        puntero2:=puntero2+1;
        puntero1^:=puntero1^AND(NOT(puntero1^AND puntero2^));
    END_FOR;
    Ordenes_UCD.publicadas_UCD3:=Ordenes_SCADA.publicadas_UCD3;
    cycleindexUCD3_ant:=UCD3.Cycleindex;
    ERU1.StatusComunicacion[1]:=1;
    cT1:=0;
    ELSE
        IF Ordenes_ugd.TESTIGOS[1]=0 AND A=1 THEN
            cT1:=cT1+1;
            IF cT1 > ndint THEN
                ERU1.StatusComunicacion[1]:=0;
                cT1:=0;
            END_IF;
        END_IF;
    END_IF;
    (* -- Borrado de las ordenes locales -- *)
    puntero1:=ADR(Ordenes_SCADA.ERU1)-1;
    puntero2:=ADR(Ordenes_UCD.ERU1)-1;
    FOR posicion_1:=0 TO SIZEOF(Ordenes_SCADA.ERU1) BY 1 DO
        puntero1:=puntero1+1;
        puntero2:=puntero2+1;
        puntero1^:=puntero1^AND(NOT(puntero1^AND puntero2^));
    END_FOR;
    Ordenes_UCD.ERU1:=Ordenes_SCADA.ERU1;

```

- GESTION_ALARMAS (PRG): Esta POU es creada específicamente para el control de alarmas desde el software SCADA.

A continuación se muestra un fragmento del código:



Las variables locales son las siguientes:

VAR

compUCD2: COMPARADOR_NIVEL;

compUCD3: COMPARADOR_NIVEL;

END_VAR

- **COMPARADOR (FB):** Este bloque funcional es el encargado de comparar los valores de entrada de la central con los valores umbral para activar las alarmas del SCADA.

2.4.1.1.2 Módulo Data Type

Las variables para los equipos se encuentran implementadas dentro de estructuras buscando así una programación de PLC orientada a objeto donde sea sencilla la modificación de un equipo por otro diferente o la adhesión de uno nuevo. Todos los PLC cuentan con un mismo Data Type debido al protocolo de comunicación que se siguen entre equipos, en caso de no tener las mismas estructuras se generan fallos debido a posiciones de memoria incorrectas tanto en tamaño como en ubicación.

Estos Data Types contienen las variables que se van a comunicar en cualquiera de las dos direcciones, tanto ERU-UCD como UCD-ERU.

Los Data Types de los PLC son iguales debidos a que la estructura de datos que se envía tiene que coincidir en una ERU y en una UCD, en caso contrario se genera un mal funcionamiento del sistema por problemas con el direccionamiento de las variables.

En la *Figura 67* Se muestran los Data Types correspondientes a una ERU:

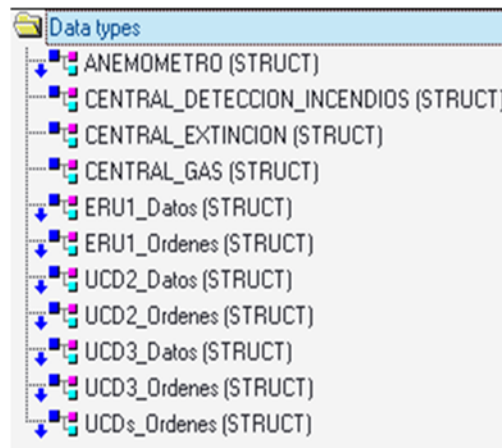


Figura 67: Data Types de programación de una ERU.

El contenido de cada Data Type se describe a continuación:

Los Data Types que se describen a continuación contienen las variables de entrada o salida de cada equipo hardware distribuido por el túnel y galerías conectado a una UCD.

- ANEMÓMETRO

TYPE ANEMOMETRO :

STRUCT

_Direccion : BOOL;
 _Estado : BOOL :=TRUE ;
 _Medida : INT;
 _Anem_Mant: BOOL;

END_STRUCT

END_TYPE

- CENTRAL_DETECCIÓN_INCENDIOS

TYPE CENTRAL_DETECCION_INCENDIOS :

STRUCT

_Estado : BOOL;
 _Alarma: BOOL;

END_STRUCT

END_TYPE

- CENTRAL_EXTINCIÓN

TYPE CENTRAL_EXTINCION :

STRUCT

_Estado : BOOL;
 _Extincion : BOOL;
 _PreactivacionExtincion : BOOL;
 _ExtincionCurso: BOOL;
 _ExtincionAnulada : BOOL;
 _ModoManual : BOOL;

```
_ModoAuto : BOOL;  
_BajaPresion : BOOL;  
_Rearmando : BOOL;  
_Preactivacion : BOOL;
```

```
END_STRUCT
```

```
END_TYPE
```

- **CENTRAL_GAS**

```
TYPE CENTRAL_GAS :
```

```
STRUCT
```

```
Modulo1_Opac : INT;  
Modulo1_Opac_Status : INT;  
Modulo1_CO : INT;  
Modulo1_CO_Status : INT;  
Modulo1_NO : INT;  
Modulo1_NO_Status : INT;  
Modulo1_CH4 : INT;  
Modulo1_CH4_Status : INT;  
Modulo2_Opac : INT;  
Modulo2_Opac_Status : INT;  
Modulo2_CO : INT;  
Modulo2_CO_Status : INT;  
Modulo2_NO : INT;  
Modulo2_NO_Status : INT;  
Modulo2_CH4 : INT;  
Modulo2_CH4_Status : INT;  
Modulo3_Opac : INT;  
Modulo3_Opac_Status : INT;  
Modulo3_CO : INT;  
Modulo3_CO_Status : INT;  
Modulo3_NO : INT;  
Modulo3_NO_Status : INT;  
Modulo3_CH4 : INT;  
Modulo3_CH4_Status : INT;  
Modulo4_Opac : INT;  
Modulo4_Opac_Status : INT;  
Modulo4_CO : INT;  
Modulo4_CO_Status : INT;  
Modulo4_NO : INT;  
Modulo4_NO_Status : INT;  
Modulo4_CH4 : INT;  
Modulo4_CH4_Status : INT;  
_ErrorCom : BOOL;
```

```

_Estado : BOOL;
_FalloAC : BOOL;
_FalloBateria : BOOL;
_Tramitada : BOOL;
_Mant_Gas: BOOL;
END_STRUCT
END_TYPE

```

Los Data Types que se indican a continuación muestran los datos que obtiene cada PLC, en su interior contiene los equipos que forman parte de su sistema.

- ERU1_Datos

```

TYPE ERU1_Datos :
STRUCT
(* -- Definidos --*)
Cycleindex : UINT;
CD1 : Central_Deteccion_Incendios;
CE1 : Central_Extincion;
CG1 : Central_gas;
ANEM_1: Anemometro;
ANEM_2:Anemometro;
(* -- Matriz de estado de comunicaciones con las UCDS -*)
StatusComunicacion:ARRAY[0..1] OF BOOL:=0;
END_STRUCT
END_TYPE

```

- UCD2_Datos

```

TYPE UCD2_Datos :
STRUCT
(* -- Definidos --*)
Cycleindex : UINT;
CD1 : Central_Deteccion_Incendios;
CG1 : Central_gas;
ANEM_1: Anemometro;
END_STRUCT
END_TYPE

```

- UCD3_Datos

```

TYPE UCD3_Datos :
STRUCT
(* -- Definidos --*)
Cycleindex : UINT;
CD1 : Central_Deteccion_Incendios;
CG1 : Central_gas;

```

```
ANEM_1: Anemometro;
END_STRUCT
END_TYPE
```

Los Data Types restantes contienen las órdenes que son enviadas a cada PLC, tanto tipo ERU como tipo UDC desde el SCADA que se sitúa en el CPS de León. Este proyecto no contempla esta comunicación por lo que solo se menciona pero no aparece la programación.

2.4.1.1.3 Módulo de variables globales

En este módulo se incluyen las variables empleadas en la comunicación o en diferentes partes de los programas cuya importancia y uso es tan elevado que se imposibilita crearlas de manera local en cada POU.

Las variables globales en una UCD se muestran en el apartado **2.5.2 Variables globales**.

2.4.1.2 TwinCat2-System Manager

La configuración y vinculación de las entradas y salidas físicas del PLC tanto por medio de borneros o módulo de I/O y módulo de comunicaciones se realiza mediante System Manager. Este entorno de programación se une al PLC control mediante el archivo .tpy que se genera siempre que se construye un programa en el PLC Control.

La configuración del System Manager es diferente para cada equipo, este programa detecta los elementos o módulos de los que cuenta el PLC así como las variables y datos del sistema que incluye el anteriormente mencionado archivo .tpy.

2.4.1.2.1 Configuración

A continuación se realiza la configuración de System Manager. Este software propietario de Beckhoff es el encargado de la gestión y vinculación de las variables de programación con los módulo I/O y los módulos de comunicación.

En la *Figura 68* se observa la pantalla principal .

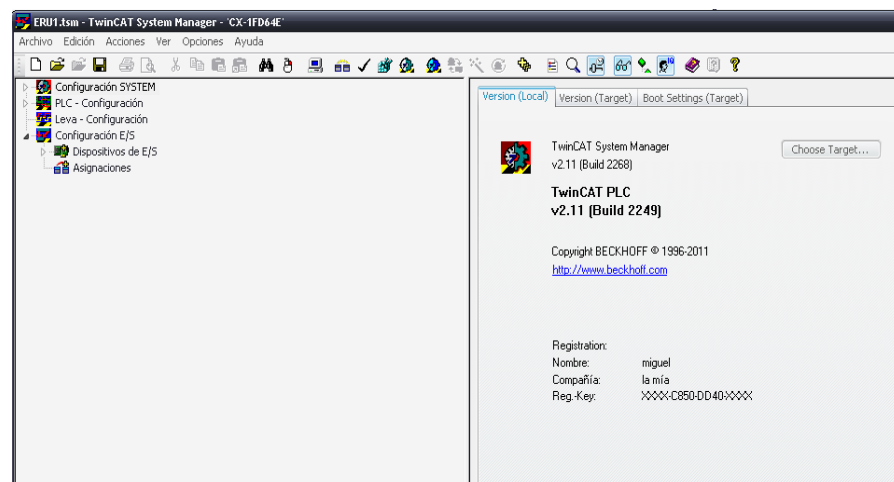


Figura 68: Pantalla principal System Manager ERU.

El primer paso para la configuración es el cargado del archivo .tpy generado por el software PLC Control mediante PLC-Configuration. Este procedimiento es mostrado en la *Figura 69*.

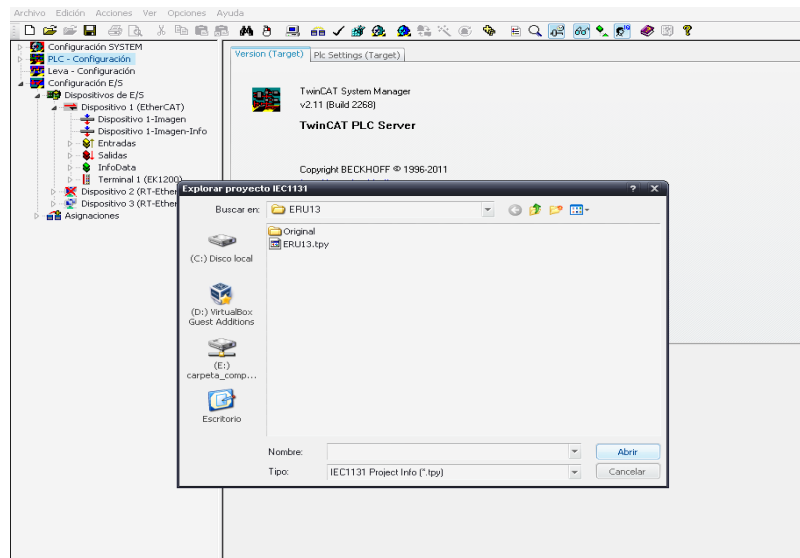


Figura 69: Pantalla de búsqueda para .tpy ERU.

El segundo paso es la configuración Hardware buscando en red el equipo a emplear y buscando el hardware y módulos que lo componen mediante el Wizard que posee System Manager.

Para conectarnos al equipo es necesario introducimos en Choose Target y ahí seleccionar dicho equipo como se expone a continuación en la *Figura 70*.

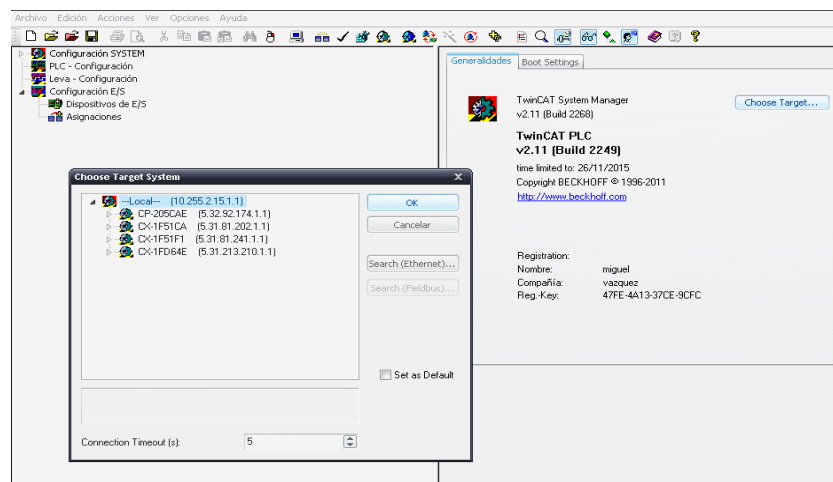


Figura 70: Pantalla de selección de equipo ERU.

Una vez seleccionado el Target o equipo en el que se va a cargar la programación se buscan los módulos que tiene para que el software los reconozca y pueda trabajar con ellos, para ello es necesario ponerse en modo configuración en el correspondiente icono de la barra de herramientas.

System Manager una vez conectado a un equipo PLC reconoce los módulos que tiene conectado automáticamente. Esta opción se encuentra en el árbol desplegable en Configuración E/S botón derecho y Explorar Dispositivos como se muestra en la *Figura 71*.

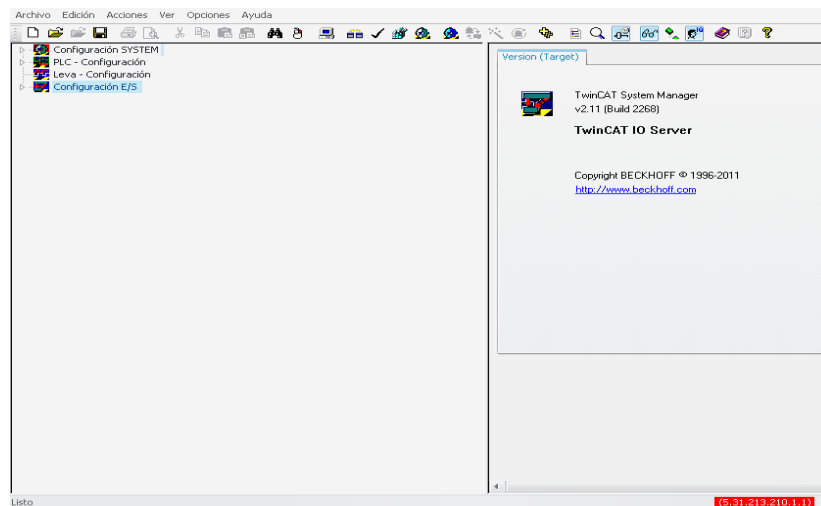


Figura 71: Pantalla principal para configuración E/S ERU.

Una vez detectados los dispositivos para una ERU por el System Manager el árbol de Configuración de E/S quedará de la siguiente forma según la *Figura 72*.

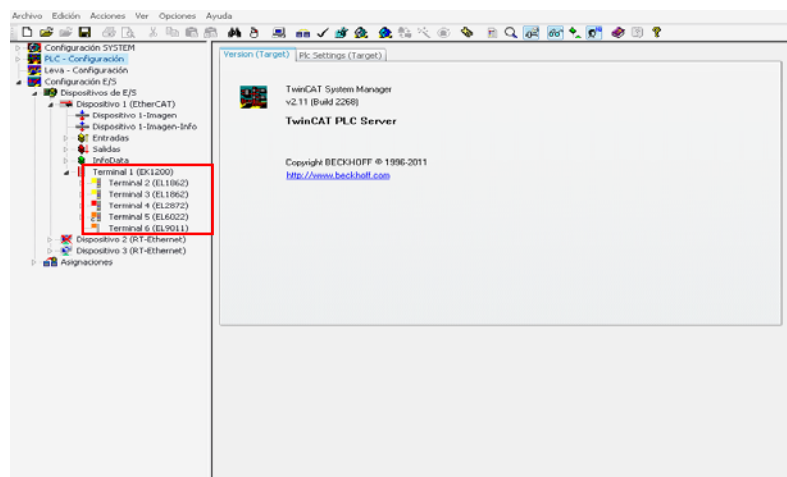


Figura 72: Ilustración desplegable de terminales ERU.

Reconociendo dos dispositivos, uno Ethercat que contiene los dispositivos o terminales unidos a la CPU mediante Ethercat como se observa en la figura anterior dentro del rectángulo coloreado de rojo.

Configurada la parte Hardware de la programación mediante System Manager se inicia la vinculación de las variables de programación, esta vinculación permite la unión de las variables de programación desde PLC Control a las entradas y salidas digitales de los módulos Hardware del PLC, en el caso de este proyecto la vinculación se realiza mediante Variables de Red.

Estas variables de red son creadas y seleccionadas desde el propio System Manager en el Terminal Ethernet como se muestra en la *Figura 73*.

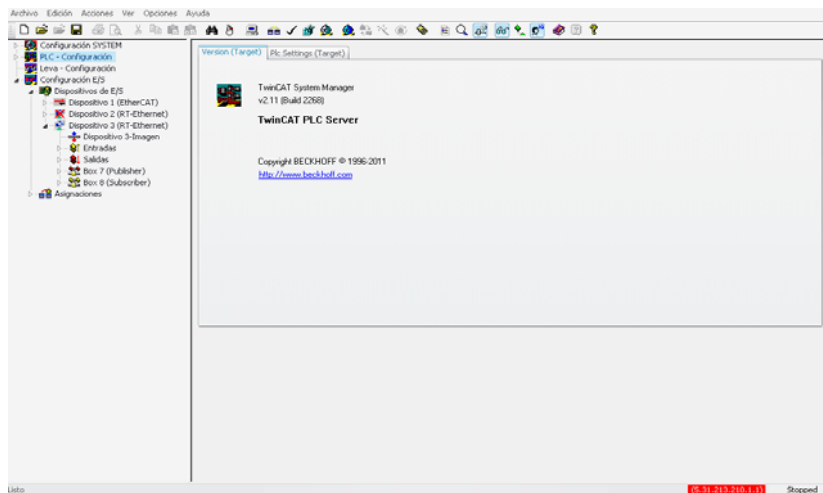


Figura 73: Ilustración desplegable de BOX para comunicación Ethernet ERU.

Para crear estas variables de red los pasos a seguir son los siguientes:

1. Agregar BOX.

Se realiza mediante botón derecho sobre Dispositivo 2 (RT Ethernet).

Es necesario agregar dos BOX, una para suscribirse y otra para publicar.

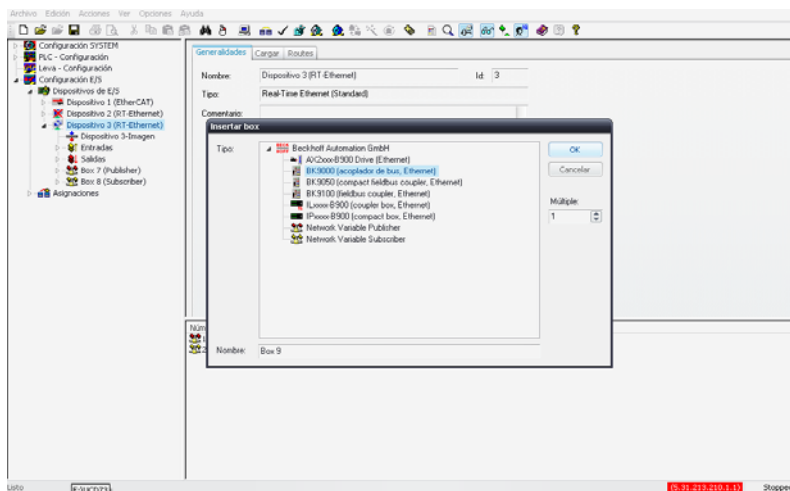


Figura 74: Pantalla de selección de Box ERU.

2. Insertar variable de red.

Una vez ubicados dentro de la BOX botón derecho y seleccionamos Insert Network Variable, esta variable tiene que estar anteriormente publicada en la red desde el otro PLC, en este caso una UCD.

Las variables de red corresponde con las variables que se van a comunicar entre equipos.

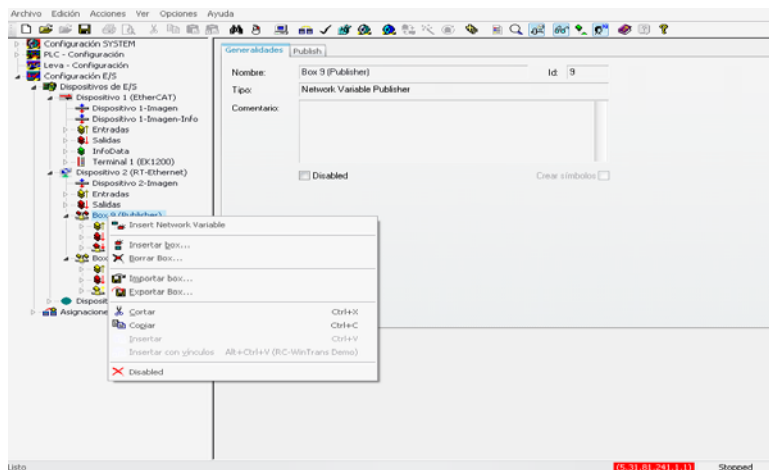


Figura 75: Pantalla de selección de Network Variable ERU.

3. Vinculación de variables de la BOX suscriptor

Una vez añadida la variable de red al suscriptor, se despliega y se observa que existen entradas y salidas, al ser suscriptor las variables serán de entrada con lo cual la vinculación se debe realizar en ese lugar como se muestra en la *Figura 76*.

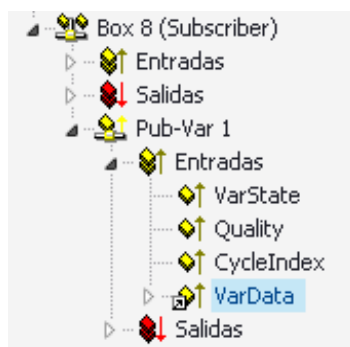


Figura 76: Elementos de la variable de red del suscriptor ERU.

- VarData se debe vincular los datos enviados por la UCD, corresponde con los datos que recibe.

4. Vinculación de variables de la BOX publicador

Una vez creada la variable de red del publicador se despliega y se observa que existen entradas y salidas, al ser publicador las variables que interesan son las de salida por lo que la vinculación se va a realizar en salidas como se muestra en la *Figura 77*.



Figura 77: Elementos de la variable de red del publicador ERU.

- VarCtrl en este caso no se vincula porque interesa que la ERU envíe órdenes en tiempo real.
- VarData se debe vincular a los datos que va a enviar la ERU correspondiente con las órdenes hacia la UCD.

2.4.2 Estructura de programación de una UCD:

La estructura de programación de la UCD está compuesta por diferentes módulos para el TwinCat PLC Control:

2.4.2.1 TwinCat2-PLC Control

2.4.2.1.1 Módulo POU

Este módulo contiene las diversas POU o programas implementados como se muestra en la *Figura 78*:

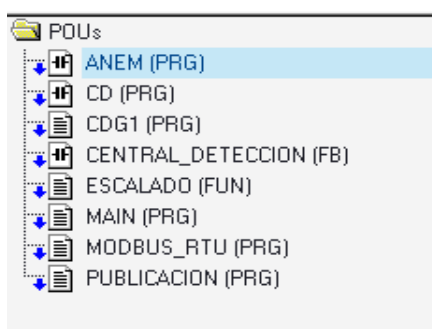


Figura 78: Módulo de POU de una UCD.

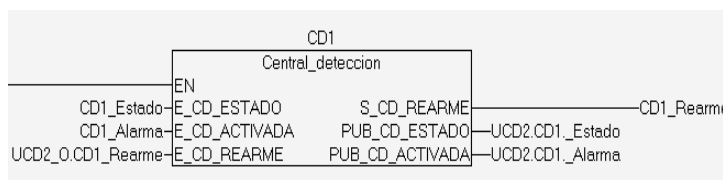
Las funciones de cada POU se describen a continuación:

- ANEM (PRG): Programa de supervisión y adquisición de datos del anemómetro. No actúa sobre él, solo se encarga de leer los valores suministrados por el mismo, escalarlos y mostrar el estado de funcionamiento del anemómetro.

Almacenando todo ello en UCD_Datos.

- CD (PRG): Programa de la Central de Detección de incendios. Llama a la función CENTRAL_DETECCIÓN, asignando las entradas y salidas.

La llamada al Function Block CENTRAL_DETECCIÓN es la siguiente.



La variable global correspondiente con esta POU es la siguiente:

```

VAR
    ON: BOOL:=TRUE;
    CD1 : Central_deteccion;
END_VAR

```

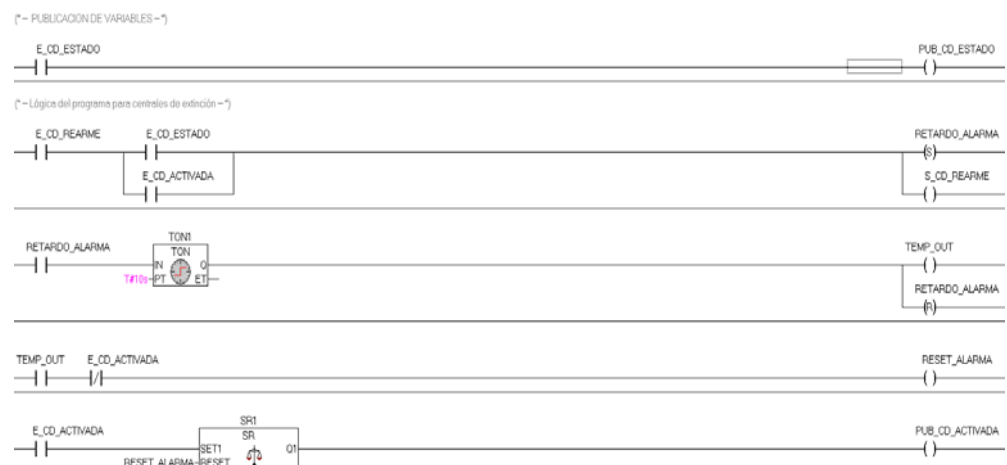
- CDG1(PRG): Programa para la adquisición de datos, rearme y mantenimiento de la Central de Gases del fabricante Dragër.

Estos datos se obtienen mediante la lectura de los registros de memoria de la Central de Gas.

Las variables locales de esta POU corresponden con entradas y salidas, las entradas son obtenidas de la Central de Gases através de la comunicación Modbus.

- CENTRAL_DETECCIÓN (FB): Este bloque función contiene la lógica de programación encargada de recibir varias variables de entrada y generar las correspondientes de salida para el equipo de detección de incendios.

El código de esta POU corresponde con el siguiente:



La parte de código que cabe resaltar es la del rearme de la alarma el cual se puede activar siempre y cuando la extinción no se encuentre en curso.

Con el Set/Reset (SR1) se consigue que cuando el rearme de alarma se activa al mismo tiempo que la variable de activación de la alarma de la Central de Extinción se de prioridad a la segunda condición.

- MODBUS_RTU (PRG): Este programa se encarga del funcionamiento y gestión de la comunicación ModBus con la bandeja de gases Dräger, intercambio de información entre ambos equipos de diferentes valores de lecturas de gases realizado por el departamento de Ingeniería de ServiferXXI.

También es el encargado de la inhibición de la alarma debido al UnderRange que se produce en la central de gas.

Para la revisión del código es necesario ir al capítulo 2 del **ANEXO**.

- **PUBLICACIÓN (PRG):** Este programa realiza la gestión de la publicación de las variables hacia la ERU dependiendo del valor del Cycleindex que es una variable interna de sistema.
- **ESCALADO (PRG):** Realiza el escalado de los valores que llegan al PLC con un rango diferente al real.

El código corresponde con el siguiente

```
GANANCIA:=RANGO_SALIDA/RANGO_ENTRADA;
ESCALADO:=REAL_TO_INT(((ENTRADA*GANANCIA)-VALOR_MIN)*100);
```

Las variables locales son las siguientes:

```
VAR_INPUT
    RANGO_ENTRADA:REAL;
    RANGO_SALIDA:REAL;
    ENTRADA:INT;
    VALOR_MIN:REAL;
END_VAR
VAR
    GANANCIA:REAL;
END_VAR
```

2.4.2.1.2 Módulo Data Type

Las variables para los equipos se encuentran implementadas dentro de estructuras buscando así una programación de PLC orientada a objeto donde sea sencilla la modificación de un equipo por otro diferente o la adhesión de uno nuevo. Todos los PLC cuentan con un mismo Data Type debido al protocolo de comunicación que se siguen entre equipos, en caso de no tener las mismas estructuras se generan fallos debido a posiciones de memoria incorrectas tanto en tamaño como en ubicación.

Estos Data Types contienen las variables que se van a comunicar en cualquiera de las dos direcciones, tanto ERU-UCD como UCD-ERU.

Los Data Types de los PLC son iguales debidos a que la estructura de datos que se envía tiene que coincidir en una ERU y en una UCD, en caso contrario se genera un mal funcionamiento del sistema por problemas con el direccionamiento de las variables.

En la *Figura 80* Se muestran los Data Types correspondientes a una UCD:

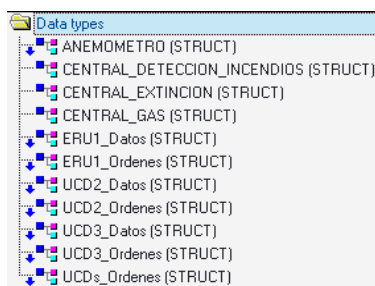


Figura 80: Data Types de programación de una UCD.

El contenido de cada Data Type se describe a continuación:

Los Data Types que se describen a continuación contienen las variables de entrada o salida de cada equipo hardware distribuido por el túnel y galerías conectado a una UCD.

- ANEMÓMETRO

```
TYPE ANEMOMETRO :  
STRUCT  
    _Direccion : BOOL;  
    _Estado : BOOL :=TRUE ;  
    _Medida : INT;  
    _Anem_Mant: BOOL;  
END_STRUCT  
END_TYPE
```

- CENTRAL_DETECCIÓN_INCENDIOS

```
TYPE CENTRAL_DETECCION_INCENDIOS :  
STRUCT  
    _Estado : BOOL;  
    _Alarma: BOOL;  
END_STRUCT  
END_TYPE
```

- CENTRAL EXTINCIÓN

```
TYPE CENTRAL_EXTINCION :  
STRUCT  
    _Estado : BOOL;  
    _Extincion : BOOL;  
    _PreactivacionExtincion : BOOL;  
    _ExtincionCurso: BOOL;  
    _ExtincionAnulada : BOOL;  
    _ModoManual : BOOL;  
    _ModoAuto : BOOL;  
    _BajaPresion : BOOL;  
    _Rearmando : BOOL;  
    _Preactivacion : BOOL;  
END_STRUCT  
END_TYPE
```

- CENTRAL_GAS

```
TYPE CENTRAL_GAS :  
STRUCT  
    Modulo1_Opac : INT;  
    Modulo1_Opac_Status : INT;
```

```
Modulo1_CO : INT;
Modulo1_CO_Status : INT;
Modulo1_NO : INT;
Modulo1_NO_Status : INT;
Modulo1_CH4 : INT;
Modulo1_CH4_Status : INT;
Modulo2_Opac : INT;
Modulo2_Opac_Status : INT;
Modulo2_CO : INT;
Modulo2_CO_Status : INT;
Modulo2_NO : INT;
Modulo2_NO_Status : INT;
Modulo2_CH4 : INT;
Modulo2_CH4_Status : INT;
Modulo3_Opac : INT;
Modulo3_Opac_Status : INT;
Modulo3_CO : INT;
Modulo3_CO_Status : INT;
Modulo3_NO : INT;
Modulo3_NO_Status : INT;
Modulo3_CH4 : INT;
Modulo3_CH4_Status : INT;
Modulo4_Opac : INT;
Modulo4_Opac_Status : INT;
Modulo4_CO : INT;
Modulo4_CO_Status : INT;
Modulo4_NO : INT;
Modulo4_NO_Status : INT;
Modulo4_CH4 : INT;
Modulo4_CH4_Status : INT;
_ErrorCom : BOOL;
_Estado : BOOL;
_FalloAC : BOOL;
_FalloBateria : BOOL;
_Tramitada : BOOL;
_Mant_Gas: BOOL;
END_STRUCT
END_TYPE
```

Los Data Types que se indican a continuación muestran los datos que obtiene cada PLC, en su interior contiene los equipos que forman parte de su sistema.

- ERU1_Datos

```

TYPE ERU1_Datos :
STRUCT
(* -- Definidos --*)
Cycleindex : UINT;
CD1 : Central_Deteccion_Incendios;
CE1 : Central_Extincion;
CG1 : Central_gas;
ANEM_1: Anemometro;
ANEM_2:Anemometro;
(* -- Matriz de estado de comunicaciones con las UCDS --*)
StatusComunicacion:ARRAY[0..1] OF BOOL:=0;
END_STRUCT
END_TYPE

```

- UCD2_Datos

```

TYPE UCD2_Datos :
STRUCT
(* -- Definidos --*)
Cycleindex : UINT;
CD1 : Central_Deteccion_Incendios;
CG1 : Central_gas;
ANEM_1: Anemometro;
END_STRUCT
END_TYPE

```

- UCD3_Datos

```

TYPE UCD3_Datos :
STRUCT
(* -- Definidos --*)
Cycleindex : UINT;
CD1 : Central_Deteccion_Incendios;
CG1 : Central_gas;
ANEM_1: Anemometro;
END_STRUCT
END_TYPE

```

Los Data Types restantes contienen las órdenes que son enviadas a cada PLC, tanto tipo ERU como tipo UDC desde el SCADA que se sitúa en el CPS de León. Este proyecto no contempla esta comunicación por lo que solo se menciona pero no aparece la programación.

2.4.2.1.3 Módulo de variables globales

En este módulo se incluyen las variables empleadas en la comunicación o en diferentes partes de los programas cuya importancia y uso es tan elevado que se imposibilita crearlas de manera local en cada POU.

Las variables globales en una UCD se muestran en el apartado **2.5.2 Variables globales**.

2.4.2.2 TwinCat2-System Manager

La configuración y vinculación de las entradas y salidas físicas del PLC tanto por medio de borneros o módulo de I/O y módulo de comunicaciones se realiza mediante System Manager. Este entorno de programación se une al PLC control mediante el archivo .tpy que se genera siempre que se construye un programa en el PLC Control.

La configuración del System Manager es diferente para cada equipo. Este programa detecta los elementos o módulos de los que cuenta el PLC así como las variables y datos del sistema que incluye el anteriormente mencionado archivo .tpy.

2.4.2.2.1 Configuración

A continuación se realiza la configuración de System Manager. Este software propietario de Beckhoff es el encargado de la gestión y vinculación de las variables de programación con los módulo I/O y los módulos de comunicación.

En la *Figura 81* se observa la pantalla principal .

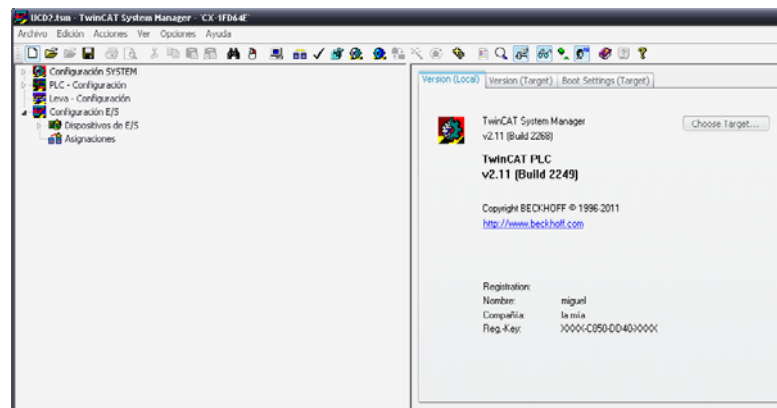


Figura 81: Pantalla principal System Manager UCD.

El primer paso para la configuración es el cargado del archivo .tpy generado por el software PLC Control mediante PLC-Configuración. Este procedimiento es mostrado en la *Figura 82*.

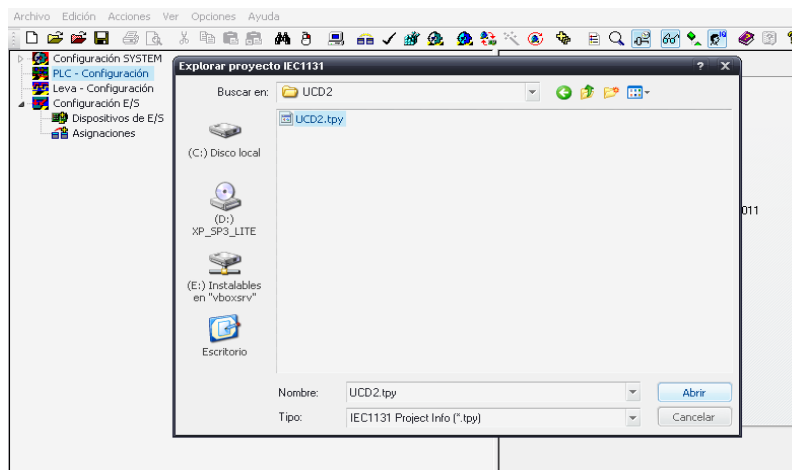


Figura 82: Pantalla de búsqueda para .tpy UCD.

El segundo paso es la configuración Hardware buscando en red el equipo a emplear y buscando el hardware y módulos que lo componen mediante el Wizard que posee System Manager.

Para conectarnos al equipo es necesario introducirnos en Choose Target y ahí seleccionar dicho equipo como se expone a continuación en la Figura 83.

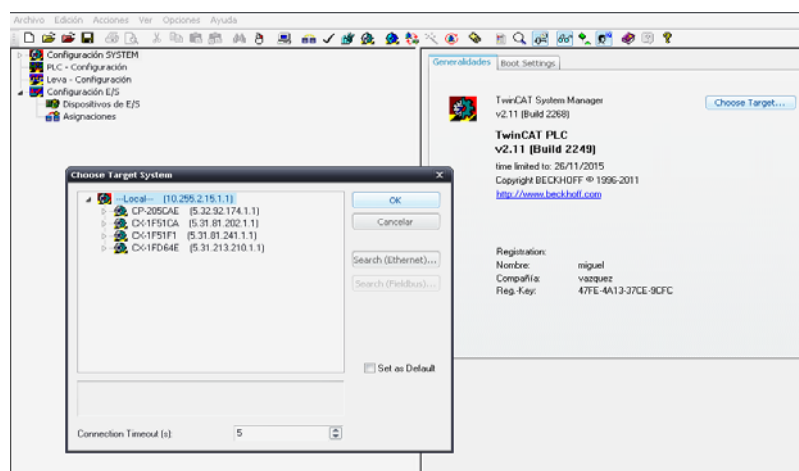


Figura 83: Pantalla de selección de equipo UCD.

Una vez seleccionado el Target o equipo en el que se va a cargar la programación se buscan los módulos que tiene para que el software los reconozca y pueda trabajar con ellos. Para ello es necesario ponerse en modo configuración en el correspondiente icono de la barra de herramientas.

System Manager una vez conectado a un equipo PLC reconoce los módulos que tiene conectado automáticamente. Esta opción se encuentra en el árbol desplegable en Configuración E/S botón derecho y Explorar Dispositivos como se muestra en la Figura 84.

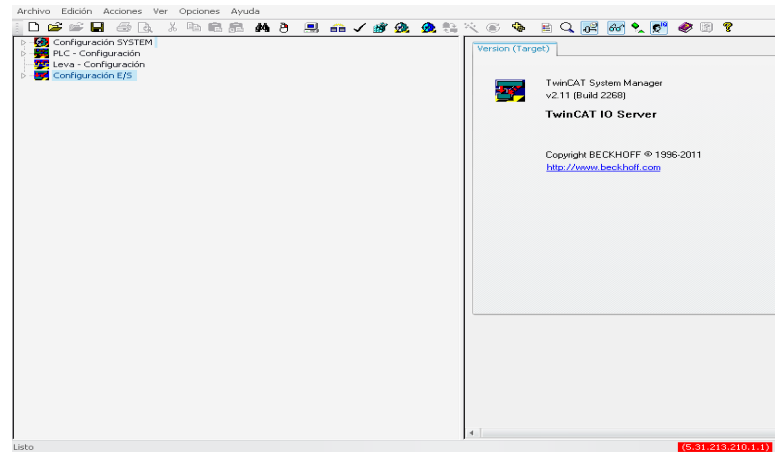


Figura 84: Pantalla principal para configuración E/S UCD.

Una vez detectados los dispositivos para una UCD por el System Manager el árbol de Configuración de E/S quedará de la siguiente forma según la *Figura 85*.

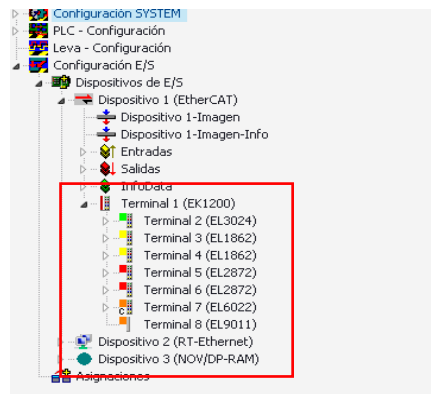


Figura 85: Ilustración desplegable de terminales UCD.

Reconociendo dos dispositivos, uno Ethercat que contiene los dispositivos o terminales unidos a la CPU mediante Ethercat como se observa en la figura anterior dentro del rectángulo coloreado de rojo.

En el caso de las UCD van hacer uso de ModBus debido a la comunicación con la Central de Gases, por ello también es necesaria la configuración dentro del propio System Manager eligiendo la velocidad de transmisión y el modo de transmisión en este caso HalfDuplex.

Configurada la parte Hardware de la programación mediante System Manager se inicia la vinculación de las variables de programación, esta vinculación permite la unión de las variables de programación desde PLC Control a las entradas y salidas digitales de los módulos Hardware del PLC, en el caso de este proyecto la vinculación se realiza mediante Variables de Red.

Estas variables de red son creadas y seleccionadas desde el propio System Manager en el Terminal Ethernet como se muestra en la *Figura 86*.

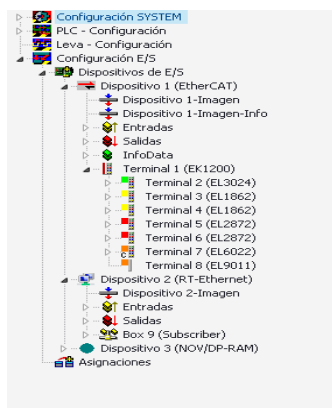


Figura 86: Ilustración desplegable de BOX para comunicación Ethernet UCD.

Para crear estas variables de red los pasos a seguir son los siguientes:

5. Agregar BOX.

Se realiza mediante botón derecho sobre Dispositivo 2 (RT Ethernet).

Es necesario agregar dos BOX, una para suscribirse y otra para publicar.

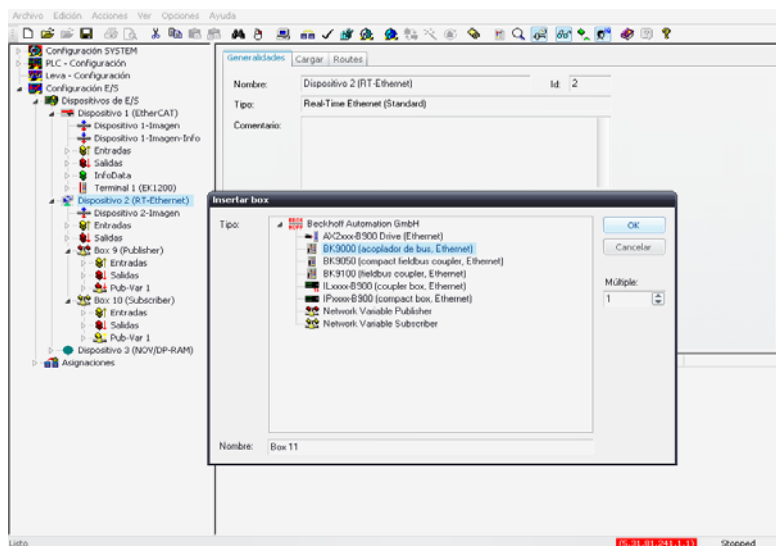


Figura 87: Pantalla de selección de Box UCD.

6. Insertar variable de red.

Una vez ubicados dentro de la BOX botón derecho y seleccionamos Insert Network Variable, esta variable tiene que estar anteriormente publicada en la red desde el otro PLC, en este caso una ERU.

Las variables de red corresponde con las variables que se van a comunicar entre equipos.

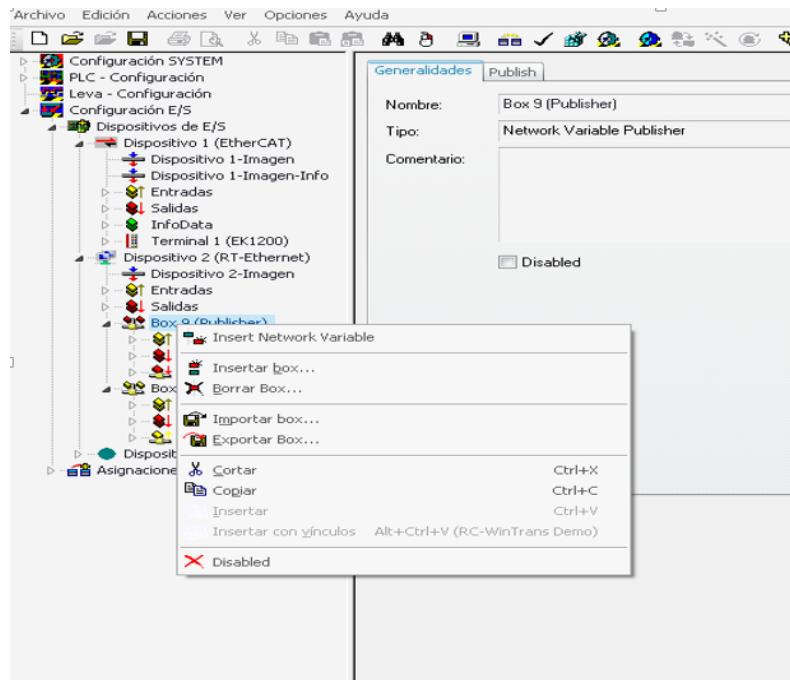


Figura 88: Pantalla de selección de Network Variable UCD.

7. Vinculación de variables de la BOX suscriptor

Una vez añadida la variable de red al suscriptor, se despliega y se observa que existen entradas y salidas, al ser suscriptor las variables serán de entrada con lo cual la vinculación se debe realizar en ese lugar como se muestra en la *Figura 89*.

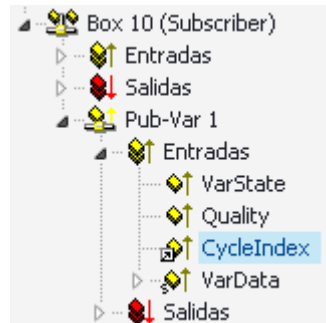


Figura 89: Elementos de la variable de red del suscriptor UCD.

- CycleIndex se debe vincular al Cycleindex de programación, esta variable se incrementa en cada ciclo de publicación.
- VarData se debe vincular las órdenes de la ERU, corresponde con los datos que recibe.

8. Vinculación de variables de la BOX publicador

Una vez creada la variable de red del publicador se despliega y se observa que existen entradas y salidas, al ser publicador las variables que interesan son las de salida por lo que la vinculación se va a realizar en salidas como se muestra en la *Figura 90*.



Figura 90: Elementos de la variable de red del publicador UCD.

- VarCtrl se debe vincular al testigo correspondiente a cada UCD generado y enviado por la ERU, esta variable permite el control sobre la publicación.
- VarData se debe vincular a los datos que va a enviar la UCD.

2.5 Variables de programación:

El software de programación de PLC Twincat2 permite el empleo de diferentes tipos de variables de programación siguiendo el standard IEEE, los empleados en este proyecto son variables locales, variables globales y Data types los cuales se describen a continuación.

2.5.1 Data types:

Es un tipo de dato almacenado en estructuras comunes a equipos o sistemas, con ello se reduce notablemente la complejidad del código y su legibilidad por parte de programadores ajenos al desarrollo. En la Tabla--. se describen estos Data Types así como las variables que contienen.

2.5.1.1 Equipos y Sistemas:

Los Data Types reflejan la variable de los equipos, tanto las que se emplean para envío de información (medidas, estados,etc.) como las que se emplean para actuar sobre los propios equipos (rearmes, activación,etc.)

RELACIÓN DE SEÑALES CONTROLADAS								
SISTEMA	EQUIPO	DATA TYPE	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SEÑAL	TAMAÑO BITS	TIPO	
	Centralita Detección	CENTRAL_DETECCIÓN_INCENDIOS	_Estado	Estado normal/Fallo	ED	1	Bool	
			_Alarma	Alarma reposo/activada	ED	1	Bool	
			_Rearme	Rearme Centralita.	SD	1	Bool	
	Centralitas Extinción	CENTRAL_EXTINCION	_Estado	Estado normal/Fallo	ED	1	Bool	
			_Extinción	Extincion disparada	ED	1	Bool	
			_PreactivaciónExtinción	PreActivación excinción	ED	1	Bool	
			_ExtincionCurso	Extinción en curso	ED	1	Bool	
			_ExtincionAnulada	Extinción Anulada	ED	1	Bool	
			_ModoManual	Modo Manual	ED	1	Bool	
			_ModoAutomático	Modo Automático	ED	1	Bool	
			_BajaPresión	Alarma baja presión	ED	1	Bool	
			_Preactivación	PreActivación excinción	SD	1	Bool	
			_Rearmado	Rearme Centralita.	SD	1	Bool	
	CENTRAL DE GAS	Central de gas	CENTRAL_GAS	_ErrorCom	Error comunicación	COM RS485	1	Bool
				_Estado	Estado normal/Fallo	COM RS485	1	Bool
				_FalloAC	Fallo Alimentación	COM RS485	1	Bool
				_FalloBateria	Fallo Batería	COM RS485	1	Bool
				_Tramitada	Tramitada	COM RS485	1	Bool
_Mant_Gas				Mantenimiento de la central	COM RS485	1	Bool	
Opacimetro		CENTRAL_GAS	ModuloX_Opac	Estado normal/Fallo	COM RS485	1	Bool	
			ModuloX_Opac_Status	Medida opacimetro	COM RS485	16	Integer	
CO		CENTRAL_GAS	ModuloX_CO	Estado normal/Fallo	COM RS485	1	Bool	
			ModuloX_CO_Status	Medida CO	COM RS485	16	Integer	
NO		CENTRAL_GAS	ModuloX_NO	Estado normal/Fallo	COM RS485	1	Bool	
			ModuloX_NO_Status	Medida NO	COM RS485	16	Integer	
CH4		CENTRAL_GAS	ModuloX_CH4	Estado normal/Fallo	COM RS485	1	Bool	
			ModuloX_CH4_Status	Medida CH4	COM RS485	16	Integer	
Anemómetro	ANEMOMETRO	_Dirección	Dirección del viento	ED	1	Bool		
		_Estado	Estado de funcionamiento del anemómetro	ED	1	Bool		
		_Medida	Medida de la velocidad del viento	EA	16	Integer		
		_Anem_Mant	Mantenimiento anemómetro	SD	1	Bool		

Tabla 8: Señales de equipos y sistemas.

2.5.1.2 Comunicación PLC

Estos Data Types contienen la información y la declaración de variables del tipo equipo para realizar las comunicaciones entre diferentes PLC y SCADA del CPS de León, el cual envía y obtiene datos de la ERU.

RELACIÓN DE SEÑALES CONTROLADAS						
EQUIPO	DATA TYPE	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	TIPO DE SEÑAL	TAMAÑO BITS	TIPO
ERU1	ERU1_Datos	Cycleindex	Cycleindex	Variable del Sistema Twincat	1	Bool
		Status Comunicación	Estado comunicación UCD	COM RS485	2	Bool
		CD1				Central_Deteccion_incendios
		CE1				Central_Extinción
		CG1				Central_Gas
		ANEM_1				Anemometro
	ANEM_2				Anemometro	
	ERU1_Ordenes	ANEM1_Mant	Mantenimiento anem1	COM RS485	1	Bool
		ANEM1_Mant	Mantenimiento anem2	COM RS485	1	Bool
		CD1_Rearme	Rearme Central Detección	COM RS485	1	Bool
		CD1_Tramitada	Tramitar Central Detección	COM RS485	1	Bool
		CE1_Rearme	Rearme Central Extinción	COM RS485	1	Bool
		CG1_Reset	Reset Central de Gas	COM RS485	1	Bool
		CG1_Rearme	Rearme Central de Gas	COM RS485	1	Bool
		CG1_Mant_Sensor	Mantenimiento	COM RS485	1	Bool
CG1_Mant_Bandeja		Mantenimiento	COM RS485	1	Bool	
UCD1		UCD1_Datos	Cycleindex	Cycleindex	Variable del Sistema Twincat	1
	CD1					Central_Deteccion_incendios
	CE1					Central_Extinción
	CG1					Central_Gas
	ANEM_1					Anemometro
	ANEM_2					Anemometro
	UCD1_Ordenes	ANEM1_Mant	Mantenimiento anem1	COM RS485	1	Bool
		ANEM1_Mant	Mantenimiento anem2	COM RS485	1	Bool
		CD1_Rearme	Rearme Central Detección	COM RS485	1	Bool
		CD1_Tramitada	Tramitar Central Detección	COM RS485	1	Bool
		CE1_Rearme	Rearme Central Extinción	COM RS485	1	Bool
		CG1_Reset	Reset Central de Gas	COM RS485	1	Bool
		CG1_Rearme	Rearme Central de Gas	COM RS485	1	Bool
		CG1_Mant_Sensor	Mantenimiento	COM RS485	1	Bool
		CG1_Mant_Bandeja	Mantenimiento	COM RS485	1	Bool
UCD2		UCD2_Datos	Cycleindex	Cycleindex	Variable del Sistema Twincat	1
	CD1					Central_Deteccion_incendios
	CE1					Central_Extinción
	CG1					Central_Gas
	ANEM_1					Anemometro
	ANEM_2					Anemometro
	UCD2_Ordenes	ANEM1_Mant	Mantenimiento anem1	COM RS485	1	Bool
		ANEM1_Mant	Mantenimiento anem2	COM RS485	1	Bool
		CD1_Rearme	Rearme Central Detección	COM RS485	1	Bool
		CD1_Tramitada	Tramitar Central Detección	COM RS485	1	Bool
		CE1_Rearme	Rearme Central Extinción	COM RS485	1	Bool
		CG1_Reset	Reset Central de Gas	COM RS485	1	Bool
		CG1_Rearme	Rearme Central de Gas	COM RS485	1	Bool
		CG1_Mant_Sensor	Mantenimiento	COM RS485	1	Bool
		CG1_Mant_Bandeja	Mantenimiento	COM RS485	1	Bool
UCD		UCD_Ordenes	publicadas_UCD1	Ordenes publicadas	COM RS485	
	publicadas_UCD2		Ordenes publicadas	COM RS485		UCD2_Ordenes
	ERU1			COM RS485		ERU1_Ordenes
	Testigos		Testigos publicados	COM RS485	2	Uint

Tabla 9: Variables de programación internas.

2.5.2 Variables Globales:

Las variables globales están implementadas de esta manera porque son variables necesarias en diversos puntos de la programación por lo que se optó por implementarlas de este modo, a continuación se detallan las variables globales tanto de la ERU como de la UCD.

2.5.2.1 Variables globales ERU

Las variables globales se emplean para guardar los datos que se van intercambiar entre ERU y UCD y para direccionar las variables a los módulos de entrada/salida lógicos del PLC.

Los datos que se comunican de la UCD a la ERU son los valores de los diferentes sensores que se encuentran a lo largo del túnel.

La ERU como PLC maestro y punto de unión entre las UCD y el SCADA ubicado en le CPS de León debe tener almacenado en su memoria los datos de cada una de las UCD suscritas a él y las suyas propias, estas variables son declaradas como entradas.

Las direcciones en las que se guardan estos datos son las siguientes:

- A partir de la 500: Datos ERU1
- A partir de la 1000: Datos UCD2
- A partir de la 1500: Datos UCD 3

Los datos de la UCD2 y de la UCD3 corresponden con los datos publicados.

Por otro lado la ERU es la encargada de enviar las órdenes procedentes del SCADA hacia las UCD, ya que estas no cuentan con comunicación directa al CPS de León.

Estos datos se guardan como salidas en las direcciones:

- A partir de la 2000: Ordenes del SCADA
- A partir de la 2500: Ordenes de la UCD

Las ordenes de las UCD son las que va a publicar, en ellas contiene los testigos y las órdenes para que cada UCD comience su comunicación.

Las órdenes del SCADA se encuentran sin implementar a la espera de que el CPS de León envíe un listado de las órdenes sobre las que pretende tener maniobra o control.

Las demás variables son direccionadas a salidas o entradas digitales hardware de los diferentes módulos del PLC, en este caso de la ERU.

En la siguiente *Figura 91* se muestran las variables globales de la ERU.

```

VAR_GLOBAL
ERU1_O AT %IB500 : ERU1_Ordenes;

UCD2 AT %IB1000 : UCD2_Datos;
UCD3 AT %IB1500 : UCD3_Datos;

ERU1 AT %QB500 : ERU1_Datos;

Ordenes_SCADA AT %QB2000 : UCDs_Ordenes;
Ordenes_UCD AT %QB2500 : UCDs_Ordenes;

Inicio : BOOL := TRUE;

Id_Modulo1 AT %IW0 : WORD;
Id_Modulo2 AT %IW2 : WORD;

Od_Modulo1 AT %QW0 : WORD;
Od_Modulo2 AT %QW2 : WORD;

CE1_Rearme AT %IX0.0 : BOOL;
CE1_Estado AT %IX0.1 : BOOL;
CE1_Extingcion AT %IX0.2 : BOOL;
CE1_PreactivacionExtingcion AT %IX0.3 : BOOL;
CE1_ExtingcionCurso AT %IX0.4 : BOOL;
CE1_ExtingcionAnulada AT %IX0.5 : BOOL;
CE1_ModoManual AT %IX0.6 : BOOL;
CE1_ModoAuto AT %IX0.7 : BOOL;
CE1_BajaPresion AT %IX0.8 : BOOL;

alarmaEru1 : BOOL;
alarmaUcd2 : BOOL;
alarmaUcd3 : BOOL;

END_VAR

```

Figura 91: Variables globales de la ERU.

2.5.2.2 Variables globales UCD

Para el caso de la UCD en memoria solo va a aguardar los datos propios que va a publicar y las ordenes a las que se encuentra suscrita.

Los datos provienen de los diferentes sensores que se encuentran en los túneles y de la central de gas, de la cual mediante comunicación Modbus recibe un matriz de datos denominada DatosCDG del tamaño 16x5 word.

Los datos se guardan a partir de la posición de memoria 500 como salida y las ordenes se almacenan a partir de la posición 1000 como entrada.

Las demás variables son direccionadas a salidas o entradas digitales hardware de los diferentes módulos del PLC, en este caso de la UCD.

En la siguiente *Figura 92* se muestran las variables globales de la UCD.

```

VAR_GLOBAL
UCD2 AT %QB500 : UCD2_Datos;
UCD2_O AT %IB1000 : UCD2_Ordenes;

Inicio : BOOL := TRUE;

Id_Modulo1 AT %IW0 : WORD;
Id_Modulo2 AT %IW2 : WORD;

Od_Modulo1 AT %QW0 : WORD;
Od_Modulo2 AT %QW2 : WORD;

CycleIndex : UINT;

CD1_Estado AT %IX0.0 : BOOL;
CD1_Alarma AT %IX0.1 : BOOL;
CD1_Rearme AT %IX0.2 : BOOL;

ANEM1_Estado AT %IX1.0 : BOOL;
ANEM1_Medida AT %IW30 : INT;
ANEM1_Direccion AT %IX1.1 : BOOL;

ANEM2_Estado AT %IX1.2 : BOOL;
ANEM2_Medida AT %IW32 : INT;
ANEM2_Direccion AT %IX1.3 : BOOL;

DatosCDG : ARRAY [0..15, 0..4] OF WORD;
CG1_Reset AT %IX0.2 : BOOL;

END_VAR

```

Figura 92: Variables globales de la UCD.

3 PROGRAMACIÓN SCADA CON INDUSOFT

3.1 Versión de programa



Figura 93: Versión de software Indusoft.

3.2 Identificación de ficheros

El entorno de programación Indusoft genera un elevado número de carpetas y archivos, el número de archivos va a depender de la complejidad del proyecto, en este caso es de complejidad media.

A continuación en la *Figura 94*. Se muestran los archivos que se generaron en la carpeta raíz del proyecto.

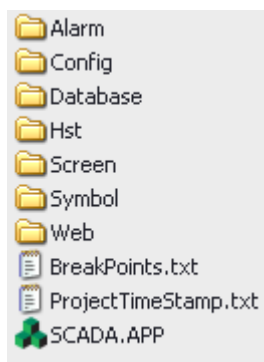


Figura 94: Archivos generados por el software Indusoft.

3.3 Estructura de programación del Software SCADA

La programación del software SCADA se basa en diferentes pantallas como se muestra en el capítulo **3.4 Pantallas SCADA**.

Cada pantalla es configurada por separado cogiendo las variables del .tpy mediante las herramientas que proporciona Indusoft.

3.4 Programación de pantallas

3.4.1 Asignación de variables

Indusoft ofrece la posibilidad de crear diferentes imágenes o importarlas desde archivos. También es posible la creación de botones y zonas donde visualizar datos, tanto numéricos como alfanuméricos que provienen de programas PLC.

Para la asignación de estas variables lo primero que se debe hacer es la carga del archivo .tpy desde donde Indusoft y el sistema SCADA va a obtener los valores.

Para este proyecto solo es necesario cargar el .tpy del PLC ERU ya que el contiene una copia de los datos de las UCD.

Dicha carga se realiza desde PROYECTO>COMUNICACIONES>Integración de tags como se indica en la siguiente *Figura 95*.

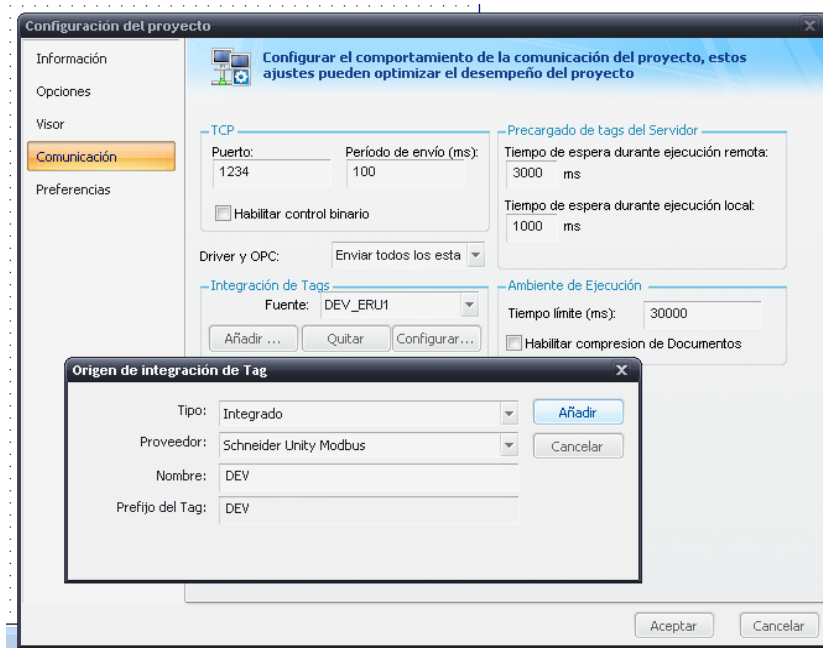


Figura 95: Integración de Tags desde el archivo .tpy.

Una vez integrados los tags de programación PLC en el proyecto de Indusoft ya podemos seleccionar los tags del proyecto para asignarlos a botones o ventanas de visualización mediante doble pulsación abriendo la pantalla de propiedades como se indica en la siguiente *Figura 96*.

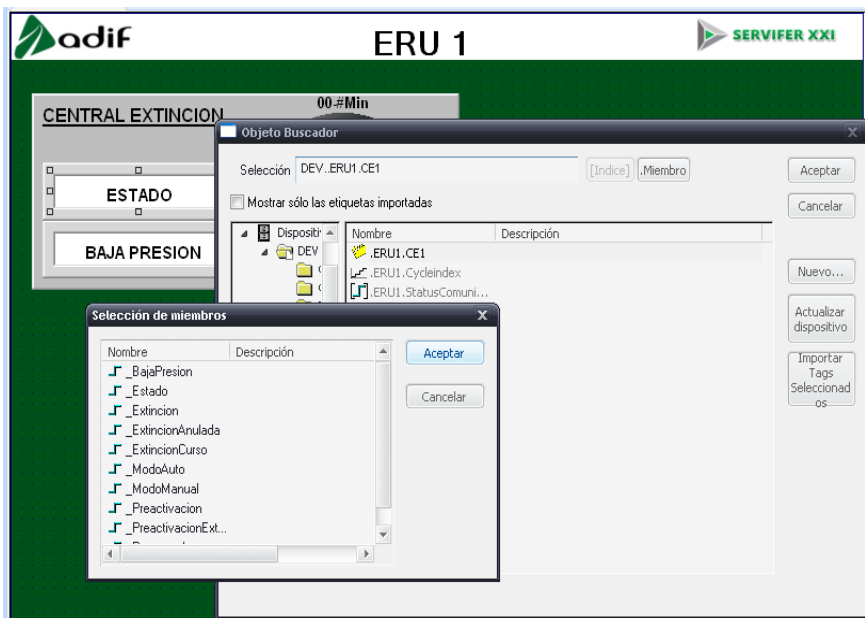


Figura 96: Asignación de Tags.

3.4.2 Creación de una tabla de alarmas

Una de las características importantes para este proyecto proporcionada por Indusoft es la posibilidad de la creación de la tabla de alarmas, para ello es necesario crearla con anterioridad en INSERTAR>ALARMAS como se muestra en la *Figura 97*.

Antes de crear la tabla de alarmas de cada PLC, tanto de la ERU como de las UCD es recomendable crear un grupo por cada uno de ellos para poder dividir las alarmas dependiendo del grupo al que pertenece.

Para crear los grupos en el EXPLORADOR DE PROYECTO>TAREAS.

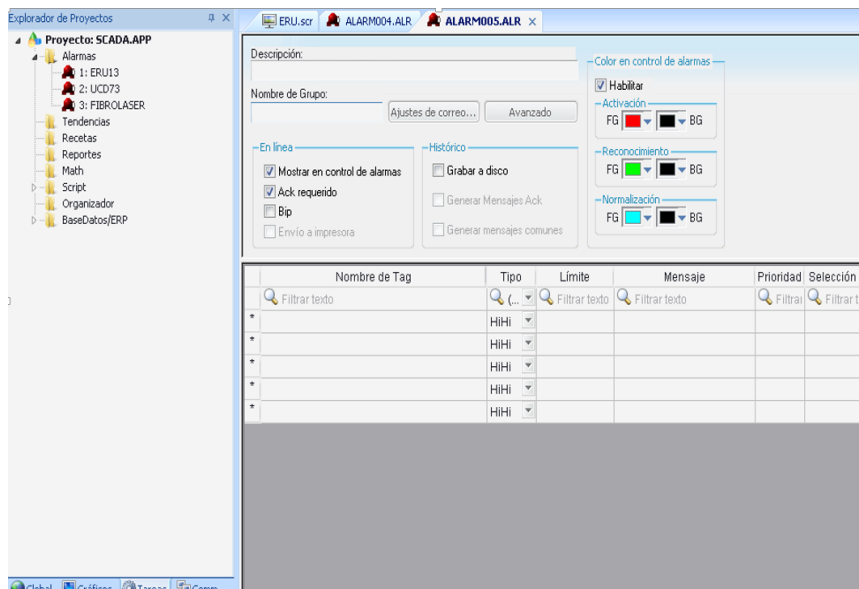


Figura 97: Creación grupo de alarmas.

Las alarmas que se contemplan en este proyecto son las alarmas generales de los PLC, las alarmas de las variables de funcionamiento y las alarmas de los valores de medidas de los sensores.

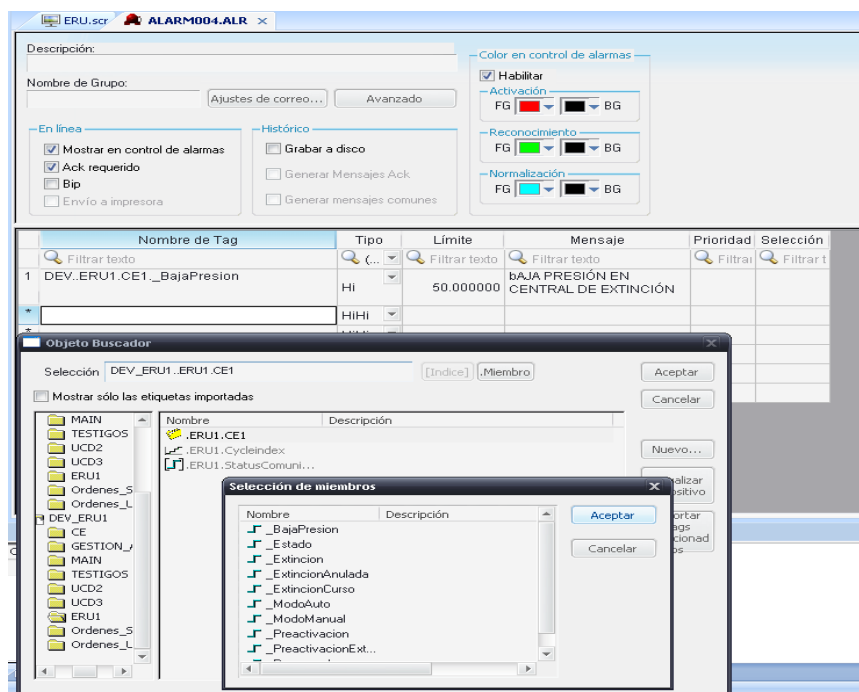


Figura 98: Creación de alarmas.

3.5 Pantallas SCADA

El SCADA cuenta con diferentes pantallas por las que se puede navegar de una a otra obteniendo información de diferentes equipos en campo.

En el ANEXO 1. Se detalla el funcionamiento del SCADA mediante el manual del mismo.

3.5.1 Pantalla Mantenimiento

Esta pantalla es la pantalla principal y de inicio del SCADA, en ella se visualiza el estado de los PLC y la tabla de alarmas como se indica en la *Figura 99*.

Esta pantalla debe dar información inmediata a cualquier operario o técnico de campo del estado del sistema de Protección Civil y Seguridad en túnel.

La información que da es la de alarmas y fallos de comunicación con los PLC.

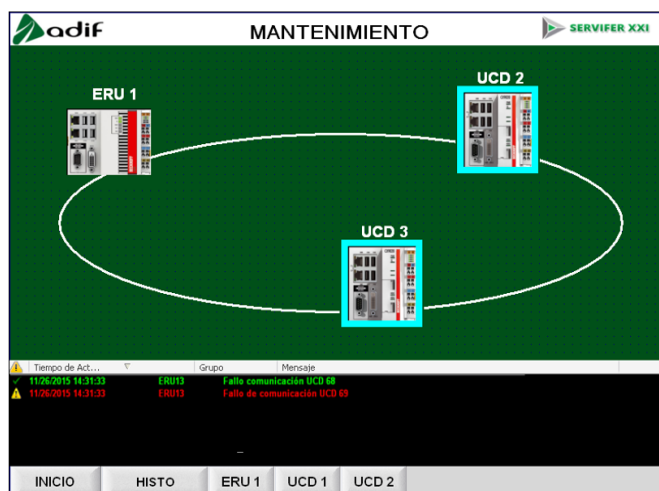


Figura 99: Pantalla principal de mantenimiento del SCADA.

En la parte inferior de esta pantalla al igual que en el resto de pantallas se encuentra el teclado de navegación del SCADA.

3.5.2 Pantalla ERU1

Esta pantalla está diseñada para mostrar los valores de los equipos conectados a la ERU1, en este caso es la Central de Extinción como se indica en la *Figura 100*.

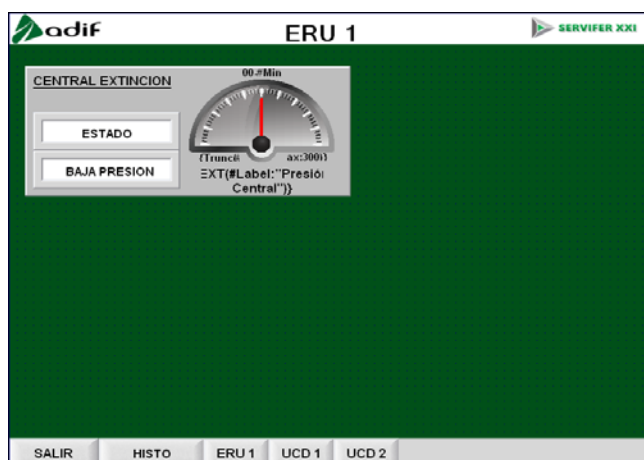


Figura 100: Pantalla ERU1 del SCADA.

3.5.3 Pantalla UCD2

Esta pantalla está diseñada para mostrar los valores de los equipos conectados a la UCD2; en este caso es la Central de Detección y la Central de Gases como se indica en la *Figura 101*.

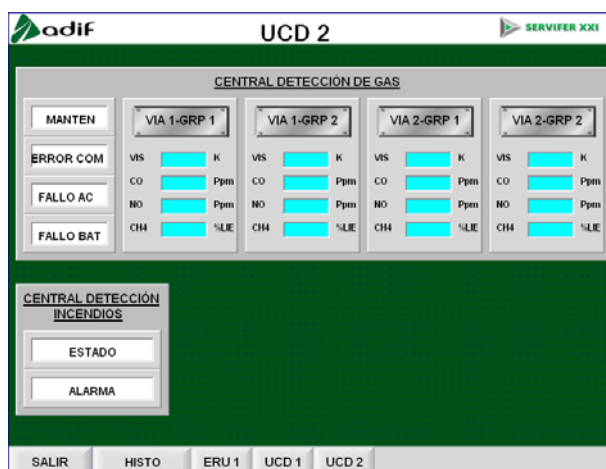


Figura 101: Pantalla UCD2 del SCADA.

3.5.4 Pantalla UCD3

Esta pantalla está diseñada para mostrar los valores de los equipos conectados a la UCD2, en este caso es la Central de Detección y la Central de Gases como se indica en la *Figura 102*.

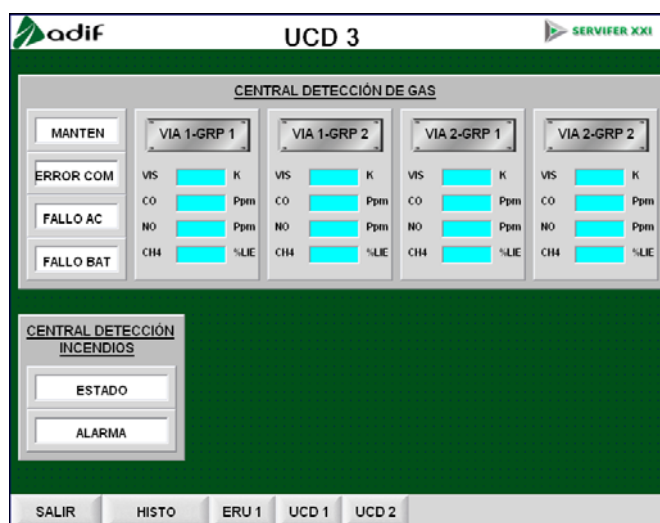


Figura 102: Pantalla UCD3 del SCADA.

3.5.5 Pantalla Histórico

En esta pantalla se recogen todas las alarmas surgidas en un periodo de 7 días, una vez transcurrido dicho número de días se borran las alarmas de la memoria del PLC que ocurriesen en ese periodo de tiempo mediante la configuración del proyecto desde Indusoft Web Studio.

La pantalla de alarmas se muestra en la *Figura 103*:



Tiempo de Act...	Grupo	Mensaje	Estado
11/26/2015 14:31:33	ERU13	Fallo de comunicación UCD 68	UNACK
11/26/2015 14:31:33	ERU13	Fallo de comunicación UCD 69	UNACK
11/26/2015 08:48:31	ERU13	Fallo de comunicación UCD 69	UNACK
11/26/2015 08:48:31	ERU13	Fallo de comunicación UCD 68	UNACK
11/26/2015 08:48:31	ERU13	Fallo de comunicación UCD 69	UNACK
11/26/2015 08:48:31	ERU13	Fallo de comunicación UCD 68	UNACK
11/26/2015 08:48:31	ERU13	Fallo de comunicación UCD 69	UNACK
11/26/2015 08:48:31	ERU13	Fallo de comunicación UCD 68	UNACK
11/26/2015 08:48:31	ERU13	Fallo de comunicación UCD 69	UNACK
11/26/2015 08:48:31	ERU13	Fallo de comunicación UCD 68	UNACK

SALIR HISTO ERU 13 UCD 68 UCD 69 UCD 70 UCD 71 UCD 72 UCD 73

Figura 103: Pantalla Histórico del SCADA.

PARTE 4: ANEXOS

1 Manual SCADA

A continuación se adjunta el manual del SCADA. En él se contemplan una serie de pantallas que no se mencionan en el proyecto, debido a que el manual corresponde con una beta del SCADA definitivo que se implantará en los túneles.

MANUAL PARA OPERARIO DEL SISTEMA SCADA.



EMPRESA PETICIONARIA: ServiferXXI s.l.

AUTOR: Luis Miguel Vázquez Ferro

FECHA: Diciembre 2015

1.- INTRODUCCIÓN.

Para la supervisión, control y adquisición de datos se emplea un SCADA modelo CP2612 de la marca Beckhoff conectado a su correspondiente ERU (Equipo Remoto Universal).

Este SCADA muestra diferentes pantallas donde se puede visualizar los estados y datos de los PLCs, tanto ERU como UCD.

Así mismo se visualizan los estados y datos enviados por los siguientes equipos

- Central de extinción.
- Central de detección de incendios.
- Fibrolaser.

2.- INICIO SCADA.

Una vez arrancado el SCADA aparece la pantalla de inicio del mismo, en la cual se debe seleccionar el modo de funcionamiento mediante unos botones. Estos modos son lectura de temperaturas o mantenimiento, como se muestra en la *Figura 1*.

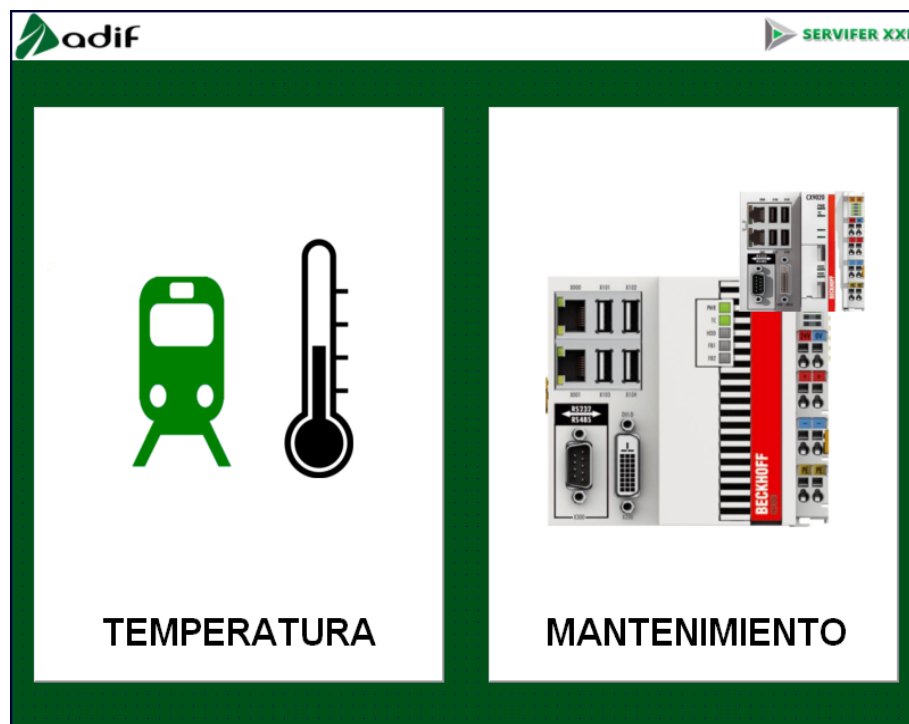


Figura 1.

NOTA:

En caso de que no exista comunicación con la ERU se visualiza la siguiente pantalla de INICIO, *Figura 2*:



Figura 2.

3.- MODOS DE FUNCIONAMIENTO.

3.1.- MODO DE LECTURA DE TEMPERATURAS.

En este modo el SCADA muestra los valores de temperatura proporcionados por el fibrolaser. Las medidas mostradas son las correspondientes a la zona delimitada para cada ERU, no pudiendo visualizar temperaturas de otros PK externos

3.1.1.- PANTALLA TEMPERATURAS.

Una vez arrancado el modo de *Lectura de temperaturas* se visualiza la pantalla correspondiente con la *Figura 3*:

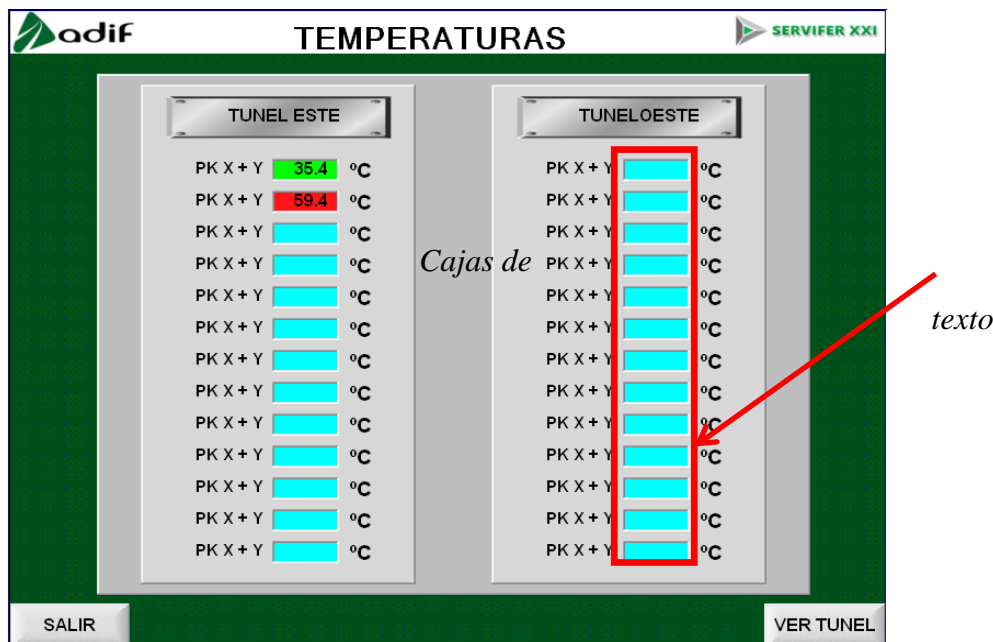


Figura 3

Esta pantalla consta de dos columnas de datos con cajas de texto donde se visualizan los valores de la temperatura; el fondo de cajas indica el estado de la temperatura en cada PK según la *Tabla 1*:

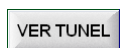
COLOR DE FONDO	ESTADO
Verde	Temperatura correcta
Rojo	Temperatura por encima del límite (58°C)
Cian	Sin comunicación con el fibrolaser

Tabla 1

En las esquinas inferiores se encuentran los botones de menú de la pantalla de TEMPERATURAS:



Al pulsar este botón se retrocede a la pantalla anterior de INICIO.



Al pulsar este botón se accede a la pantalla o pantallas de TEMPERATURAS TUNEL, detalladas a continuación.

3.1.2.- PANTALLA TEMPERATURAS TÚNEL:

En esta pantalla se visualiza la disposición geográfica de las medidas de la temperatura dentro del túnel, en cada una de las vías como se indica en la *Figura 4*, mostrándose a su vez las galerías y salas técnicas con sus correspondientes PKs.

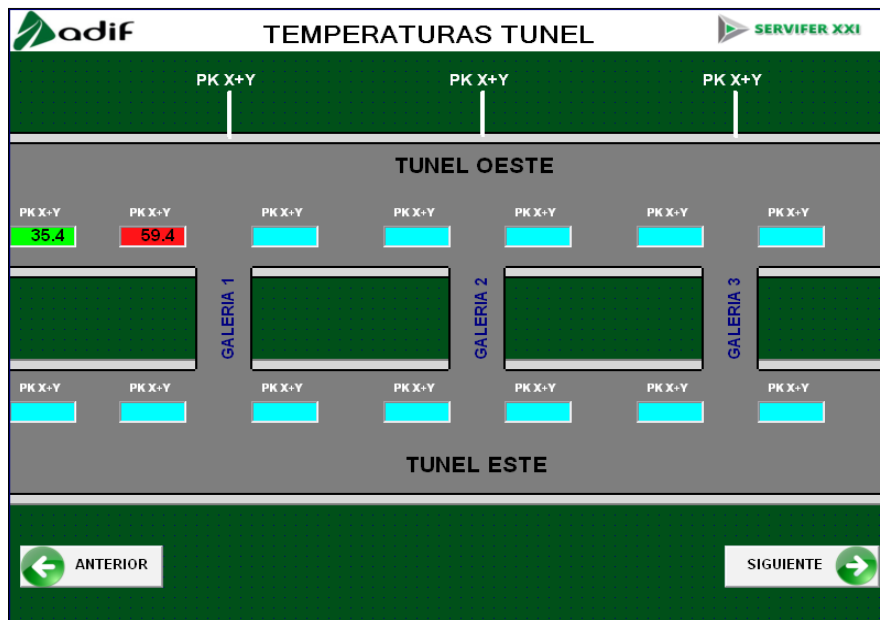


Figura 4.

Esta pantalla consta de varias cajas de texto a lo largo del descriptivo del túnel donde se visualizan los valores de la temperatura, el fondo de las cajas indican el estado de la temperatura en cada PK según la *Tabla 2*:

COLOR DE FONDO	ESTADO
	Temperatura correcta
	Temperatura por encima del límite (58°C)
	Sin comunicación con el fibrolaser

Tabla 2.

Cada SCADA puede contener varias pantallas de TEMPERATURAS TUNEL según la longitud del tramo sobre el que adquiere datos la ERU, un ejemplo de ello es la *Figura 5*:

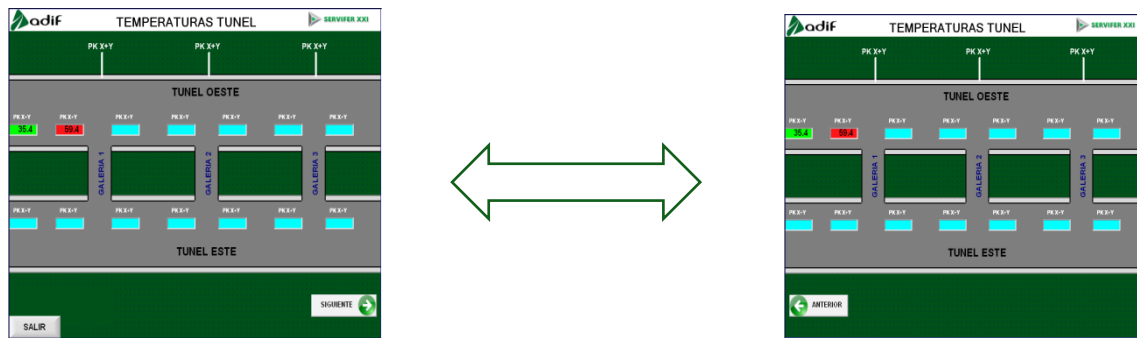


Figura 5.

En la zona de la botonera, zona inferior de la pantalla, se encuentran los botones para el avance y retroceso en las pantallas de TEMPERATURAS TUNEL así como el botón de salir de pantalla.



Al pulsar el botón se abre la pantalla TEMPERATURAS TUNEL anterior, visualizando el siguiente tramo del túnel.



Al pulsar el botón se abre la pantalla TEMPERATURAS TUNEL posterior, visualizando el siguiente tramo del túnel.



Al pulsar el botón se regresa a la pantalla anterior de TEMPERATURAS.

3.2.- MODO DE MANTENIMIENTO:

En este modo se tiene acceso a las pantallas del SCADA necesarias para el mantenimiento del sistema de Protección y Seguridad Civil contra incendios, obteniendo información de los distintos PLC que componen la red/redes.

3.2.1.- PANTALLA MANTENIMIENTO:

Esta pantalla muestra el estado de funcionamiento y comunicación general de los PLC tanto de la ERU correspondiente como de las UCD asociadas a ella *Figura 6*.

También se visualizan las alarmas Online (tiempo real); esto significa que solo se van a visualizar las alarmas en ese momento. Más adelante se profundiza en el funcionamiento de las Tabla de Alarmas en el capítulo **4 GESTION DE ALARMAS**.

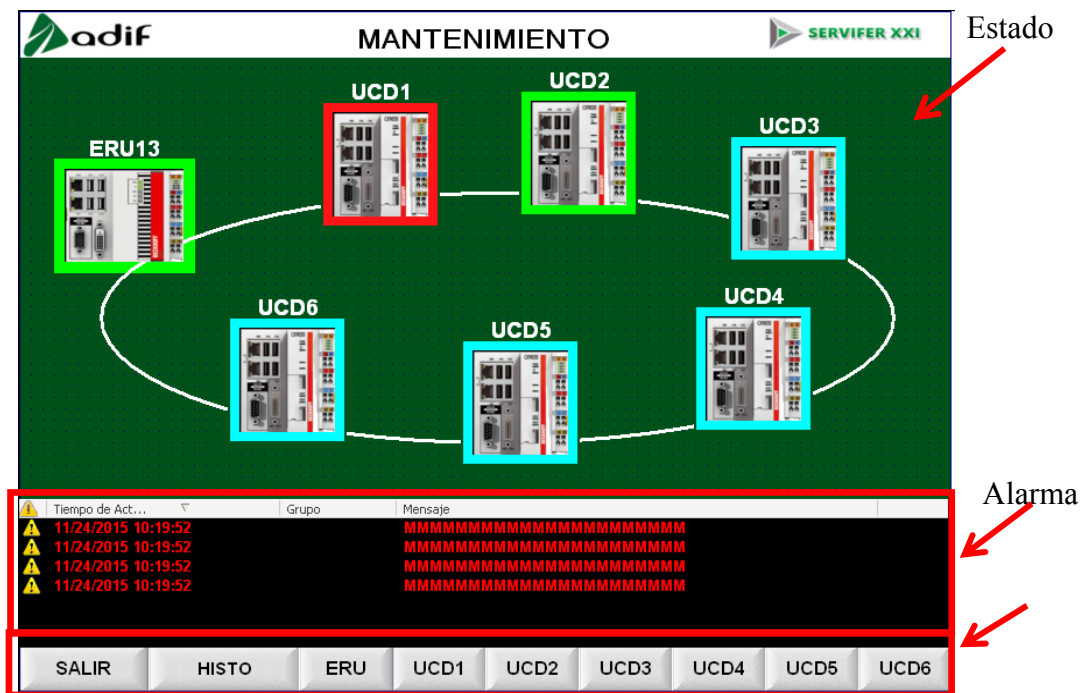


Figura 6.

En la zona de visualización de estado de los PLCse reconoce el estado de funcionamiento y comunicación, esto se indica mediante el color del marco que se encuentra alrededor de la imagen de cada PLC como se observa en la Figura 7.

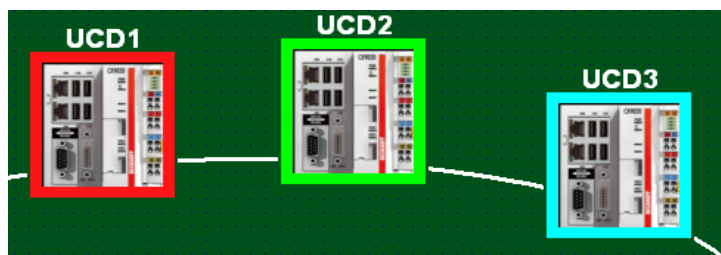


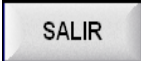

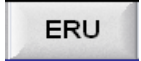

Figura 7

El código de colores del estado de cada PLC viene indicado en la Tabla 3.

COLOR DEL MARCO	ESTADO
Verde	Funcionamiento sin alarma
Rojo	Alarma de sensor
Cian	SCADA sin comunicación con el PLC

Tabla 3.

En la zona de botonera se encuentran los botones para navegar por las diferentes pantallas. Esta botonera se mantiene a lo largo de las distintas pantallas de mantenimiento. El funcionamiento de cada uno de ellos se detalla a continuación:

ALARMAS.		Al pulsar el botón se regresa a la pantalla anterior.
		Al pulsar el botón se accede a la pantalla de HISTORICO
		Al pulsar el botón se accede a la pantalla ERU.
		Al pulsar el botón se accede a la pantalla UCD correspondiente.

NOTA:

En caso de que no exista comunicación con la UDC a la que se dese acceder aparece un Message Box en la pantalla como se muestra en la *Figura 8*.

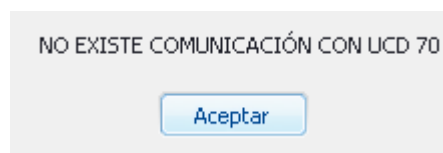


Figura 8.

3.2.2.- PANTALLA HISTORICO ALARMAS:

En esta pantalla se va a tratar las alarmas así como su gestión, para más información mirar el capítulo **4 GESTIÓN DE ALARMAS**.

3.2.3.- PANTALLA ERU / PANTALLA UCD:

Esta pantalla *Figura 9* visualiza los valores y los estados de los diferentes equipos conectados a la ERU, los equipos contemplados en el SCADA son los siguientes:

- Central de extinción de incendios.
- Central de detección de incendios.
- Central de detección de gases.

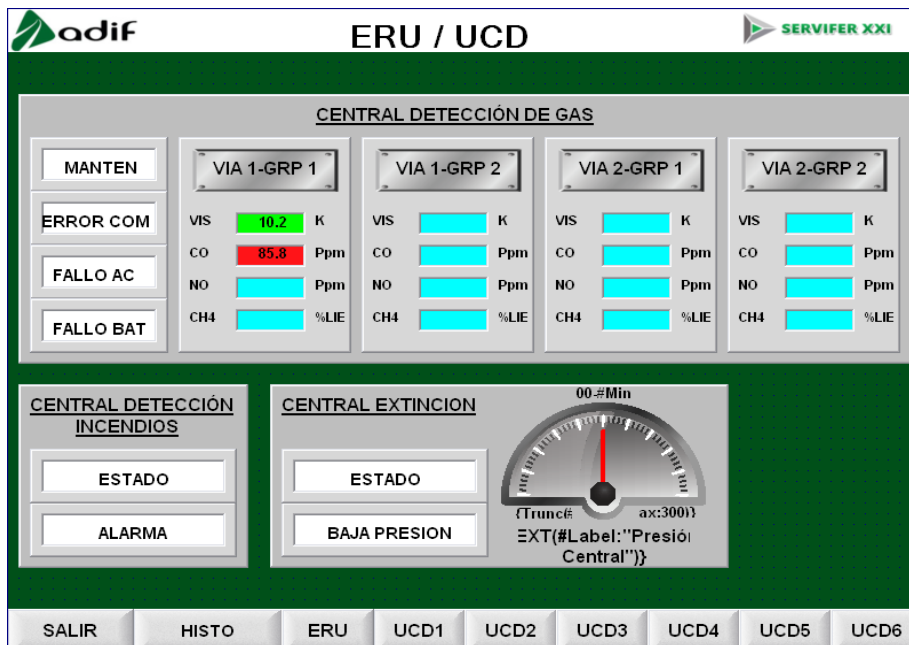


Figura 9.

Al pulsar en la zona superior de la pantalla donde se encuentra el identificativo del PLC se despliega un MessageBox donde se indican los datos y ubicación del mismo como se muestra en la Figura 10.



Figura 10

Bloque Central Detección de Gas *Figura 11:*

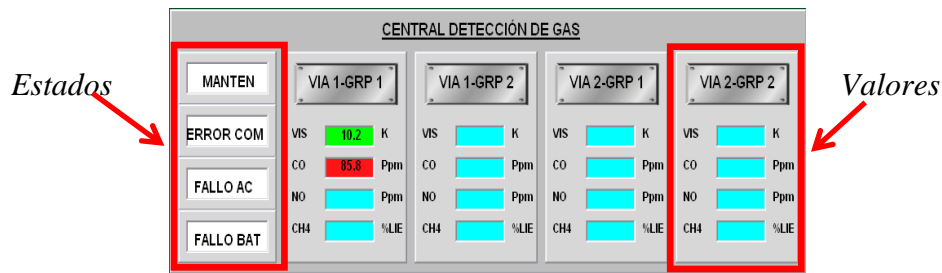


Figura 11

La visualización de los *Estados* de la Central de Detección de Gas se realiza en la izquierda del bloque donde aparecen las siguientes variables de equipo:

- MANTENIMIENTO: indica cuando el equipo está en mantenimiento, no envía datos.
- ERROR COM: Error de comunicación con la central de detección de gas.
- FALLO AC: Fallo alimentación en la alimentación de la central de detección de gas.
- FALLO BAT: Fallo de la batería interna de la central de detección de gas.

El código de colores del estado de cada variable viene indicado en la *Tabla 4*.

COLOR DE FONDO	ESTADO
	Funcionamiento correcto
	Funcionamiento incorrecto o alarma
COLOR MANTEN	ESTADO
	Equipo en mantenimiento

Tabla 4.

La visualización de los *Valores* enviados por los sensores a la central de detección de gas son los siguientes:

- Opacidad del aire (VIS) en k.
- Concentración de CO (CO) en Ppm.
- Concentración de NO (NO) en Ppm.
- Valor de Metano (CH4) en %LIE.

El código de colores del estado de cada PLC viene indicado en la *Tabla 5*.

COLOR DE FONDO	ESTADO
	Valor variable correcto
	Valor variable por encima del límite
	Sin comunicación con la Central

Tabla 5.

En el SCADA pueden aparecer hasta cuatro módulos de lectura de valores dependiendo del número de los mismos que están integrados en la Central de Detección de Gas.

Bloque Central Detección de Incendios *Figura 12*:



Figura 12

La visualización de los *Estados* de la Central de Detección de Incendios se realiza en la izquierda del bloque donde aparecen las siguientes variables:

- ESTADO: indica cuando el equipo está en mantenimiento, no envía datos.
- ALARMA: Indica la alarma de incendio en las inmediaciones.

El código de colores del estado de cada variable viene indicado en la *Tabla 6*.

COLOR DE FONDO	ESTADO
	Funcionamiento correcto
	Funcionamiento incorrecto o alarma

Tabla 6.

Bloque Central de Extinción *Figura 13*:



Figura 13

La visualización de los *Estados* de la Central de Extinción se realiza en la izquierda del bloque donde aparecen las siguientes variables:

- ESTADO: indica cuando el equipo está en mantenimiento, no envía datos.
- ALARMA: Indica la alarma de incendio en las inmediaciones

La visualización de los *Valores* se realiza en la derecha del bloque donde se ubica un manómetro virtual que indica la presión de la Central de Extinción.

El código de colores del estado de cada variable viene indicado en la *Tabla 7*.

COLOR DE FONDO	ESTADO
	Funcionamiento correcto
	Funcionamiento incorrecto o alarma

Tabla 7.

Otra información que aporta la pantalla ERU/UCD son los datos del PLC tanto el tipo al que pertenece como la ubicación como se muestra en la *Figura...*:

4.- GESTIÓN / VISUALIZACIÓN DE ALARMAS.

El SCADA cuenta con una gestión de alarmas donde se gestionan y visualizan las alarmas en tiempo real *Figura 14* y en histórico *Figura 15*.

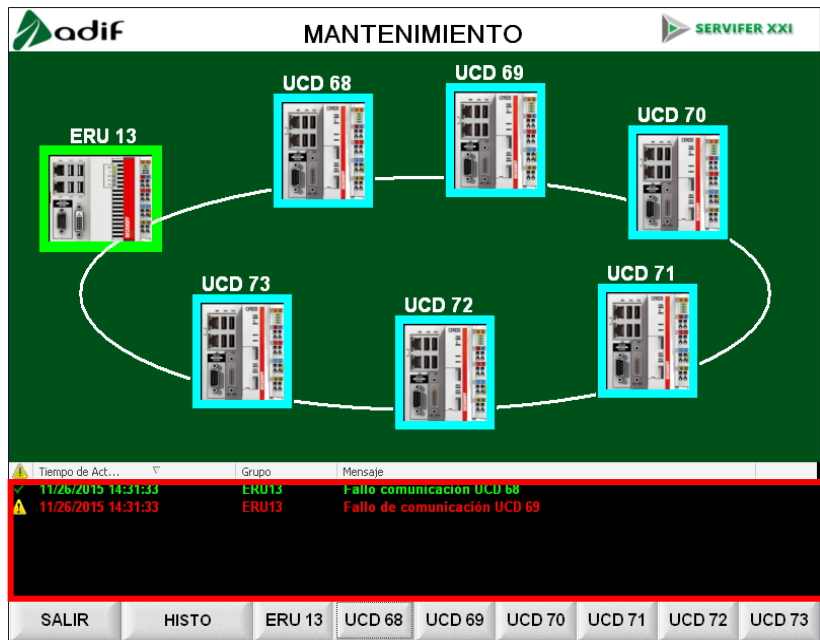


Figura 14

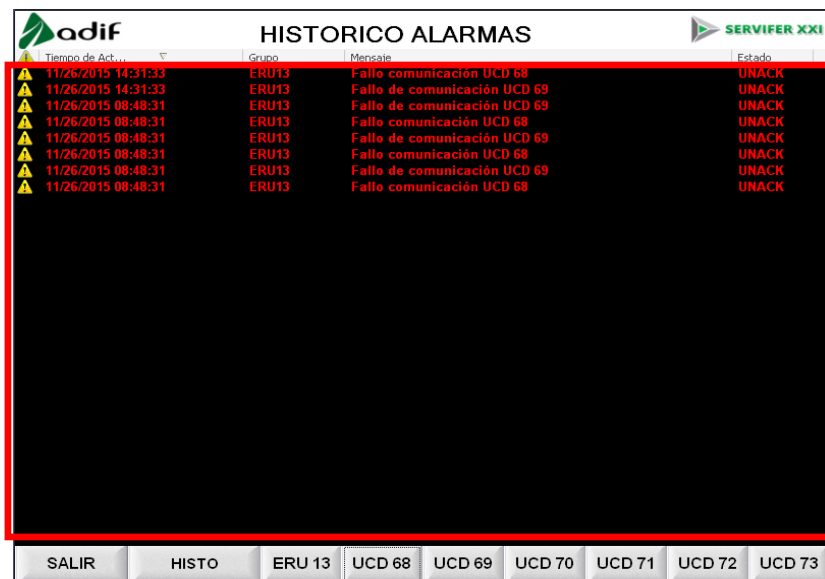


Figura 15

4.1.- ALARMAS ONLINE:

Las alarmas online se tratan en la pantalla de MANTENIMIENTO como se indica en la Figura 12. Estas alarmas son las alarmas que se encuentran activas en cualquier de sus tres estados posibles.

Los estados de alarma tratados son tres:

COLOR DE MENSAJE	ESTADO DE ALARMA
	Alarma en estado reposo
	Alarma activa

Tabla 8.

- **Alarma Activa:** La alarma de estado o de valor de sensor se encuentra activa existiendo riesgo de seguridad civil, en la pantalla se visualiza en color rojo.
- **Alarma Tramitada:** La alarma se encuentra activa pero haciendo doble click en el SCADA sobre el mensaje se pondrá en color verde indicativo de que el operario la ha tramitado aun estando la alarma activa.
- **Alarma Desactivada:** La alarma no se encuentra en estado activo, esto indica la vuelta a la normalidad de un estado de equipo o de un valor de sensor, en la pantalla se visualiza en color cian, en este caso no existe riesgo de seguridad civil.

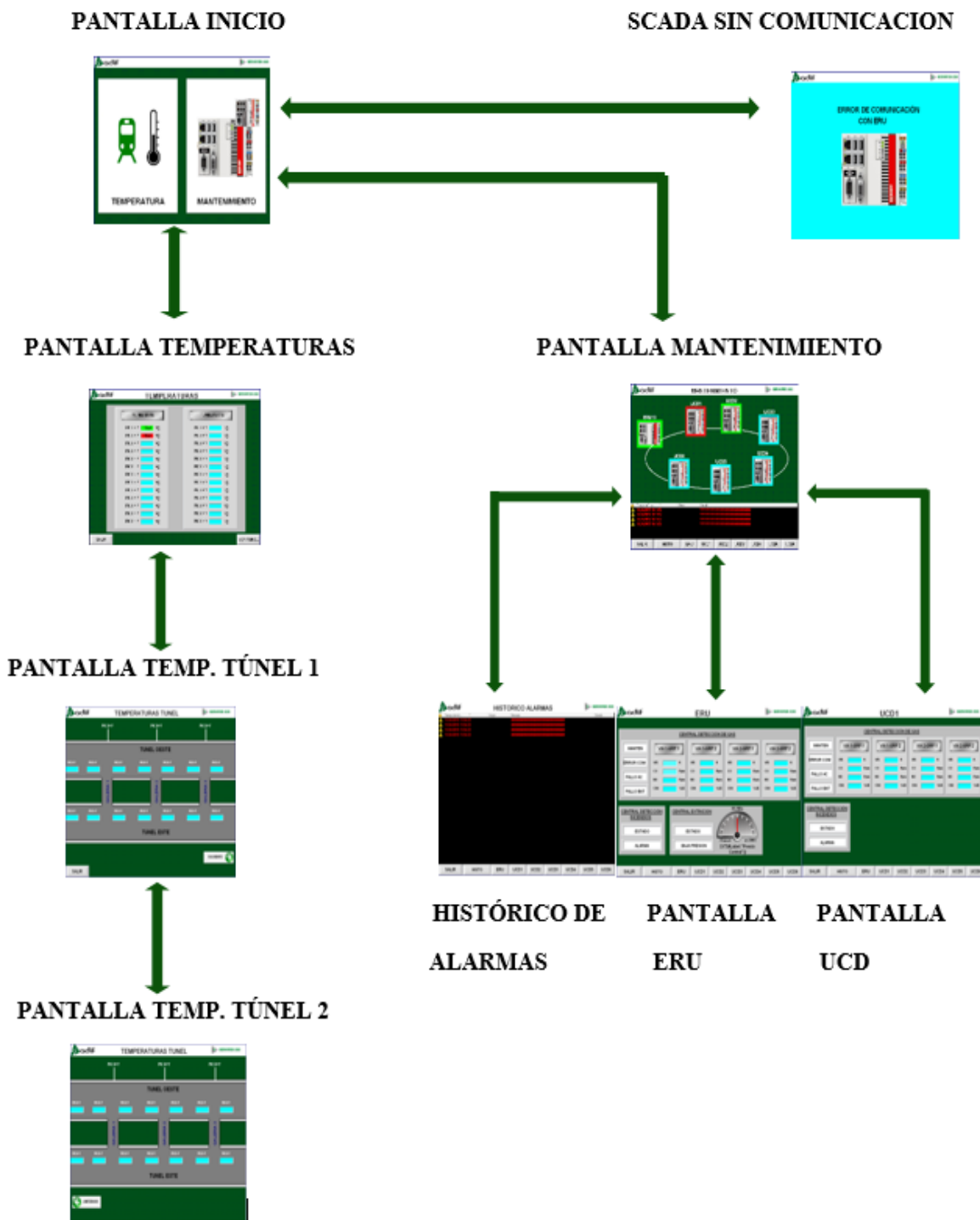
Los mensajes en pantalla de la alarma online nos indica los siguientes valores:

- Hora y fecha en la que se activa la alarma por primera vez.
- Grupo al que pertenece la alarma coincidente con el PLC que gestiona dicha alarma.
- Mensaje explicativo de la alarma.
- Estado de la propia alarma *Tabla 8.*

4.2.- HISTÓRICO DE ALARMAS:

El histórico de alarmas se visualiza en la pantalla de HISTORICO como se muestra en la *Figura 13*, muestra un registro de alarmas almacenado en la memoria de la ERU y que se borra cada semana. Sobre estas alarmas no se puede actuar ya que su estado es único, únicamente se pueden visualizar para revisión de posibles fallos de equipos de campo.

5.- FLUJOGRAMA DE PANTALLAS.



2 Código y variables MODBUS_RTU (PRG)

A continuación se adjunta el código de la POU MODBUS_RTU diseñada por el departamento de ingeniería de ServiferXXI con la colaboración del departamento de desarrollo software de Beckhoff España.

```
(*===== Programa de control comunicaciones de equipos MODBUS del PLC V.5===== *)
(* --Asignacion de las Ordenes a los equipos ModBus-- *)
(* Ordenes a Central de Gases *)

IF UCD2_O.CG1_Rearme=1 OR ucd2.CG1_Tramitada=1 THEN
    UCD2.CG1_Tramitada:=1; (* Se activa la tramitación*)
END_IF
IF UCD2.CG1_Mant_Gas=0 THEN
    equipo:=1;
ELSE
    equipo:=2;
END_IF;

(*===== Rutina de Comunicación on los equipos ModBus ===== *)
CASE Equipo OF (*Se recorren todos los equipos que tendrán comunicación Modbus: 1 => CENTRAL GASES 1 *)
1: (*Gestion de la Central de Deteccion de Gases*)
    IF busy=FALSE THEN
        Tiempo(timeLoDW=>Tiempo1);
        IF UCD2.CG1_TRAMITADA=1 THEN (* Comprovación de orden de aceptación de señal *)
            lectura:=2;
        ELSE
            lectura:=1;
        END_IF
    END_IF
(*===== RUTINA CENTRAL DE GASES DRAGUER REGARD 3900 =====*)

(*Según se requiere en la documetación , deben estar contemplados los estados siguientes:l Estado normal fallo, Estado Alarma, Señal de Rearme*)
(*Estado normal: siempre que el bit de estado no se encuentre en F1 o F2, en cuyo caso se encontrará en estado de Fallo
Estado de Alarma: Se encontrará en estado de alarma cuando este activo el Bit correspondiente a las alarmas A1, A2, A3
Señal de Rearme: Cuando se active remotamente el rearme, se escribirá el valor 1 en la dirección de memoria 40251 de la central*)

(*Fucionamiento del Algoritmo:
Constará de 2 pasos:
1º Actualización de los valores de la centralita en la memoria del plc.
2º Transmitir estos valores a la ERU*)
ModBusID_Central_Gases:=1; (* Identificador de esclavo ModBus de la central de gases REGARD 3900 *)
(*----- Consulta de todas las areas de memoria de la centralita REGARD390-----*)
```

CASE state OF (* state: Indicadora del estado de comunicacion *)

0:

MB.ReadInputRegs(Execute:= FALSE); (*Inicializa *)

MB.WriteSingleRegister(Execute:=FALSE); (*Inicializa*)

Offset1:=1+15*(cont);

(* La dirección 30002 para los Input registers es la primera aumentando 15 de cada vez *)

state :=1;

busy:=FALSE;

1:

CASE lectura OF

(* La variable lectura se utiliza para activar una función ModBus en cada momento únicamente *)

1:

MB.ReadInputRegs(

UnitID:= ModBusID_Central_Gases,

(* Direccion ModBus de la Central *)

Quantity:= 5, (* WORDs *)

MBAAddr:= Offset1,

cbLength:= 10,

pMemoryAddr:= ADR(DATOSCDG[cont,0]),

Execute:= TRUE,

Timeout:= timeoutvalue,

Busy => busy);

FtrigBusy(CLK:=mb.BUSY);

IF FtrigBusy.Q THEN

IF mb.Error THEN

LastModbusError := mb.ErrorDiagnostics;

CounterError := CounterError + 1;

UCD2.CG1._ERRORCOM:=0;

ELSE

CounterSuccess := CounterSuccess + 1;

UCD2.CG1._ERRORCOM:=1;

END_IF

END_IF

IF cont=15 THEN (* En caso de que se hayan leído todos los registros de la central *)

cont:=0;

(* Reinicio del contado General *)

estado_comunicaciones:=0; (* Se libera el estado de comunicaciones *)

(* UCD2.CG1._ERRORCOM:=1; Comunicacion correcta *)

equipo:=2;

state:=0;

END_IF

```
IF busy=FALSE THEN
```

```
(*Una vez que el puerto ha dejado de estar ocupado, se actualizan las variables para avanzar un paso*)
```

```
cont:=cont+1;
```

```
State:=0;
```

```
IF UCD2.CG1._TRAMITADA=1 THEN
```

```
(* Comprobación de orden de aceptación de señal *)
```

```
lectura:=2;
```

```
ELSE
```

```
lectura:=1;
```

```
state:=0;
```

```
END_IF
```

```
END_IF
```

```
2:
```

```
MB.WriteSingleRegister(
```

```
UnitID:=ModBusID_Central_Gases,
```

```
(* Dirección del esclavo*)
```

```
Quantity:= 1,  
(* WORD *)
```

```
MBAAddr:= 250,
```

```
cbLength:= 2,
```

```
pMemoryAddr:= ADR(UCD2.CG1._TRAMITADA),
```

```
Execute:= TRUE,
```

```
Timeout:= timeoutvalue,
```

```
Busy => busy);
```

```
FtrigBusy(CLK:=mb.BUSY );
```

```
IF FtrigBusy.Q THEN
```

```
(* Comprobación de errores *)
```

```
IF mb.Error THEN
```

```
LastModbusError := mb.ErrorDiagnostics;
```

```
LastErrorstate := state;
```

```
CounterError := CounterError + 1;
```

```
ELSE
```

```
CounterSuccess := CounterSuccess + 1;
```

```
END_IF
```

```
END_IF
```

```
IF busy=FALSE THEN
```

```
MB.WriteSingleRegister(Execute:= FALSE);
```

```
state := 0;  
(* Reinicio de estados *)
```

```
lectura:=1;
```

```
UCD2.CG1._TRAMITADA:=0;
```

```
(*Se ha realizado la tramitación*)
```

```
UCD2.CG1._ESTADO:=0;
(*Se borra el estado de Aviso*)
```

```
END_IF
```

```
END_CASE
```

```
(* -----Bit de estatus TABLADatos_REGARD[6] significado:-----
```

valor bit	STATUS
0	A1
1	A2
2	A3
3	F1
4	F2
5	MANTENIMIENTO
6	UNDERRANGE
7	OVERRANGE

```
el resto de bit`s del word sera imagen especlar *)
```

```
Tiempo(timeLoDw=>tiempo2);
```

```
(* Adquisicion de la horas actual en el que se va a hacer la comprobacion del retraso de comunicaciones *)
```

```
IF busy=1 AND (tiempo2-tiempo1)>20000000 THEN
```

```
(* Se compara la diferencia de tiempos, en este caso no debe superar los 1s, ( la unidad es nano segundo *)
```

```
equipo:=equipo+1;
```

```
state:=0;
```

```
MB.ReadInputRegs(Execute:= FALSE);
```

```
MB.WriteSingleRegister(Execute:= FALSE);
```

```
busy:=FALSE;
```

```
UCD2.CG1._ERRORCOM:=0;
```

```
END_IF
```

```
END_CASE
```

```
2: equi:=equi+1;
```

```
(*estación meteorológica*)
```

```
END_CASE
```

```
IF equipo>=2 THEN equipo:=1;
```

```
END_IF
```

Las variables locales correspondientes a esta POU son las siguientes:

VAR

(*===== VARIABLES GENERALES=====*)

Estado_comunicaciones: BOOL := 0;

Equipo: BYTE:=1;

Tiempo:GETSYSTEMTIME;

Tiempo1: DWORD;

Tiempo2:DWORD;

(*===== CENTRAL DE GASES=====*)

ModBusID_Central_Gases: BYTE := 1;

(*IDENTIFICADOR MODBUS DEL ESCLAVO*)

MB: ModbusRtuMaster_KL6x22B;

FtrigBusy: F_TRIG;

Timeoutvalue: TIME := T#450ms;

(* timeout while waiting for an answer of the modbus slave *)

State: INT:=0;

LastErrorstate: INT;

LastModbusError: ST_ModbusErrorDiagnostics;

CounterError: DINT;

CounterSuccess: DINT;

i: INT;

x: INT;

Lectura: INT:=1;

Cont: UINT:=0;

Offset1: UINT;

Busy: BOOL:=FALSE;

Equi: REAL;

END VAR

PARTE 5: PLANIFICACIÓN

1 Planificación mes de Septiembre.

1.1 Semana 1

- Conocimiento y contacto con la forma de trabajar de la empresa y los miembros de la Oficina Técnica.

1.2 Semana 2

- Matizar aspectos relacionados con el PFM junto con los Ingenieros de la empresa.

1.3 Semana 3

- Estudio y adquisición de conocimiento del equipamiento del túnel de Pajares.
- Revisión por encima de planos de túneles para generar una idea global de la envergadura del proyecto.

1.4 Semana 4

- Revisión y estudio de los equipos que van a formar parte del TFM.
- Participación en Brain Storming del equipo de ingeniería para la decisión del tipo de comunicación entre PLC, optándose por una comunicación maestro esclavo mediante paso por testigo.

1.5 Semana 5

- Estudio de los manuales hardware y Software de los PLC modelo CX-9020 y CX-5020.

2 Planificación mes de Octubre.

2.1 Semana 5

- Estudio de los manuales hardware y Software de los PLC modelo CX-9020 y CX-5020.

2.2 Semana 6

- Estudio de manuales de programación para TwinCat 2, tanto para software PLC Control como para software System Manager.
- Revisión de cuadros PLC para el conocimiento de los módulos existentes y la revisión del conexionado de los mismos.

2.3 Semana 7

- Comienzo con la programación de PLC de Beckhoff empleando el software del mismo fabricante, TwinCat 2.
- Prueba de pequeños programas con sus correspondientes POU's.

2.4 Semana 8

- Pruebas de comunicación entre PLC mediante el método seleccionado.

- Estudio de las condiciones impuestas por Adif referente a los SCADAS ubicados en túnel.

2.5 Semana 9

- Depuración de la comunicación entre PLC.

3 Planificación mes de Noviembre.

3.1 Semana 10

- Colaboración en la creación de POU's para los equipos que se ubicarán en Pajares.

3.2 Semana 11

- Colaboración en la creación de POU's para los equipos que se ubicarán en Pajares.

3.3 Semana 12

- Colaboración en la creación de POU's para los equipos que se ubicarán en Pajares.
- Programación del SCADA que se ubicará en las galerías y salas técnicas de la Variante de Pajares.

3.4 Semana 13

- Colaboración en la creación de POU's para los equipos que se ubicarán en Pajares.
- Programación del SCADA que se ubicará en las galerías de Pajares.

3.5 Semana 14

- Colaboración en la creación de POU's para los equipos que se ubicarán en Pajares.
- Programación del SCADA que se ubicará en las galerías y salas técnicas de la Variante de Pajares.

4 Planificación mes de Diciembre.

4.1 Semana 14

- Colaboración en la creación de POU's para los equipos que se ubicarán en Pajares.
- Programación del SCADA que se ubicará en las galerías y salas técnicas de la Variante de Pajares.

4.2 Semana 15

- Estudio y colaboración con la aplicación de mantenimiento diseñada por ServiferXXI denominada mImO.

4.3 Semana 16

- Estudio y colaboración con la aplicación de mantenimiento diseñada por ServiferXXI denominada mImO.

4.4 Semana 17

- Programación del SCADA que se ubicará en las galerías y salas técnicas de la Variante de Pajares.
- Estudio y colaboración con la aplicación de mantenimiento diseñada por ServiferXXI denominada mImO.

4.5 Semana 18

- Programación del SCADA que se ubicará en las galerías y salas técnicas de la Variante de Pajares.
- Redacción del TFM y creación de planos.

5 Planificación mes de Enero.

5.1 Semana 18

- Redacción del TFM y creación de planos.

5.2 Semana 19

- Redacción del TFM y creación de planos.

5.3 Semana 20

- Redacción del TFM y creación de planos.

5.4 Semana 21

- Redacción del TFM y creación de planos.

5.5 Semana 22

- Redacción del TFM y creación de planos.

6 Diagrama de planificación

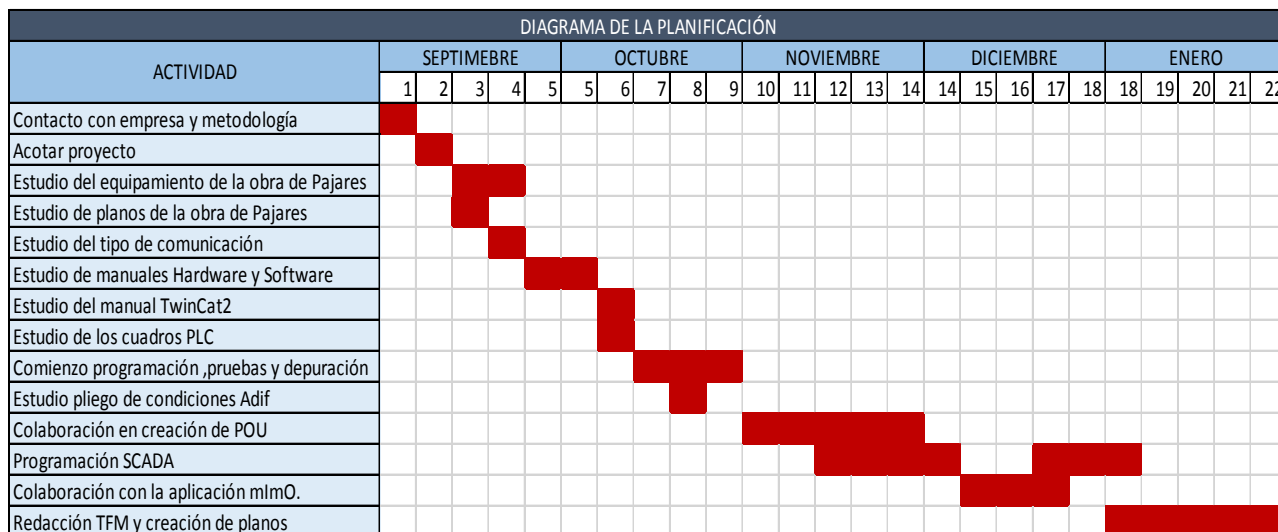


Figura 106: Diagrama de planificación.

PARTE 6: PRESUPUESTO

1 Presupuesto equipos PLC

1.1 Presupuesto ERU

PRESUPUESTO ERU		
UNIDADES	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
1	Basic CPU module CX5020, E-bus, Windows CE, TwinCAT 2 PLC run-time: DIN rail Industrial PC -processor Intel® Atom™ Z530, 1.6 GHz clock frequency (TC3: 40) -Flash memory: 64 MB Compact Flash card (exchangeable, expandable) -512 MB RAM (internal, optionally expandable to 1 GB) -2 x RJ 45 Ethernet connector 10/100/1000 Mbit -4 x USB 2.0 interfaces -1 x DVI-D interface -internal battery-backed clock for time and date (battery exchangeable) -Compact Flash storage slot type I or II with ejector -Diagnostics LED: 1 x power, 1 x TC status, 1 x flash access, 2 x bus status -max. power consumption: 12.5 W (including the system interfaces) -protection class IP 20 -operating/storage temperature -25 °C ... +60 °C/-25 °C ... +85 °C -weight approx. 575 g -dimensions (W x H x D) 100 mm x 106 mm x 92 mm	932,23 €
1	4 GB Compact Flash card, extended temperature specification, instead of 64 MB Compact Flash	52,54 €
1	TwinCAT PLC Modbus RTU	20,00 €
1	TwinCat Modbus TCP Server CE	20,00 €
2	16-channel digital input terminal 24 V DC, filter 3.0 ms, type 3	49,87 €
1	16-channel digital output terminal 24 V DC, 0.5 A, switching to ground potential	49,21 €
1	2-channel serial interfaces RS422/RS485, D-sub connection	170,97 €
1	Bus end cap	2,33 €
TOTAL NETO		1.347,02 €

Tabla 10: Presupuesto ERU .

1.2 Presupuesto UCD

PRESUPUESTO UCD		
UNIDADES	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
1	Basic CPU module CX9020, TwinCAT 2 PLC run-time: DIN rail Industrial PC - 1 GHz ARM Cortex™ - A8 processor (TC3: 30) - flash memory: 256 MB microSD card (exchangeable, expandable) - 1 GB DDR3-RAM (internal, not expandable) - 128 KB NOVRAM - 2 x RJ 45 Ethernet connection 10/100 Mbit (internal switch) - 4 x USB 2.0 interface - 1 x DVI-D interface - 2 x microSD card slot - internal battery -backed clock for time and date (battery exchangeable) - diagnostics LED: 1 x power, 1 x TC status, 1 x flash access, 2 x bus status -Operating system: Microsoft Windows Embedded Compact 7 -max. power loss: 5 W -protection class: IP 20 -operating/storage temperature: -25...+60 °C/-25...+85 °C -dimensions (W x H x D): 85 x 100 x 91 mm	526,11 €
1	2 GB microSD card, instead of 256 MB microSD card	29,54 €
1	RS232 interface, D-sub plug, 9-pin	38,77 €
1	TwinCAT PLC Modbus RTU	20,00 €
1	TwinCAT Modbus TCP Server CE	20,00 €
1	TwinCAT PLC Serial Communication	20,00 €
2	16-channel digital input terminal 24 V DC, filter 3.0 ms, type 3	49,87 €
2	16-channel digital output terminal 24 V DC, 0.5 A, switching to ground potential	49,21 €
1	8-channel analog input terminal 4...20 mA, single-ended, 12 bit, 1-wire system	137,00 €
1	2-channel serial interfaces RS422/RS485, D-sub connection	170,97 €
1	Bus end cap	2,33 €
TOTAL NETO		1.163,49 €

Tabla 11: Presupuesto UCD.

1.3 Presupuesto pantalla SCADA

PRESUPUESTO PANTALLA SCADA		
UNIDADES	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
	Dual-touch built-in Panel PC CP26xx-0000 with ARM Cortex™-A8, 12-inch display 800 x 600, Display only, dualfinger touch screen	1.011,50 €
TOTAL NETO		1.011,50 €

Tabla 12: Presupuesto pantalla SCADA

2 Presupuesto relés de salida

PRESUPUESTO RELÉS		
UNIDADES	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
80	Relé 6mm 1U 24Vdc Wago 857-304	3,75 €
10	Adaptador base relé (85D) 14 pines Wago 857-981	27,30 €
TOTAL NETO		300,00 €

Tabla 13: Presupuesto relés de salida.

3 Presupuesto equipos exteriores

PRESUPUESTO EQUIPOS EXTERIORES		
UNIDADES	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO
2	Central de Gas Dräger regard 3900	506,55 €
2	Módulos para Central de Gas	393,75 €
2	Gateway para Central de Gas	257,50 €
2	Opacímetro Sick VISIC100SF	2800 €
2	Anemómetro Sick VM400S	1100 €
2	Sensor de Metano Dräger PIR3000	1042,70 €
1	Central de detección Honeywell NFS Ultra	1578,76 €
1	Central de extinción Honeywell RP1r Supra	1345,28 €
TOTAL NETO		15174,04 €

Tabla 14: Presupuesto equipos exteriores

4 Presupuesto programación

PRESUPUESTO PROGRAMACIÓN		
UNIDADES	PRESUPUESTO	PRECIO UNITARIO
500	Hora programación PLC	15 €
TOTAL NETO		7500 €

Tabla 15: Presupuesto programador.

5 Presupuesto montaje

PRESUPUESTO MONTAJE		
UNIDADES	PRESUPUESTO	PRECIO UNITARIO
10	Hora Ingeniero Técnico	35 €
80	Hora Operario 1	19 €
80	Hora Operario 2	19 €
TOTAL NETO		3390 €

Tabla 16: Presupuesto montaje.

6 Presupuesto final

PRESUPUESTO FINAL		
UNIDADES	PRESUPUESTO	PRECIO UNITARIO
1	ERU	1347,02 €
2	UCD	1163,49 €
1	SCADA	1011,50 €
1	Relés	300 €
1	Equipos exteriores	15174,04 €
1	Programación	7500 €
1	Montaje	3390 €
TOTAL NETO		31049,54 €

Tabla 17: Presupuesto final.

PARTE 7: CONCLUSIONES

Con este proyecto se persigue cumplir las condiciones impuestas por la empresa pública Adif sobre seguridad y protección civil dentro de los túneles de la variante de Pajares.

Mediante el sistema calculado y programado se obtiene la reacción automática del mismo en caso de incendio en el interior del túnel o cualquiera de sus cavidades como son salas técnicas y galerías debido a un tiempo de refresco en las variables menor a medio segundo.

El interior del túnel está protegido mediante sensores de NO, CO, Opacidad y metano los cuales envían valores fiables sobre variables altamente ligadas a un incendio.

El tiempo de respuesta de estos sensores se encuentra en el rango de medio segundo obtenido mediante la programación y los tipos de comunicación empleados, Modbus RTU y Ethernet Real Time. Esta comunicación fue escogida después de obtener información sobre diferentes protocolos llegando a la conclusión de que por tiempo de comunicación y por ser estandarizados, son la mejor opción.

Debido al tiempo de respuesta tan bajo del sistema, el aviso al CPS de León y a los bomberos de la zona puede llegar a ser inmediata dependiendo de las conclusiones que obtenga el técnico del centro de control observando los valores en su SCADA.

El interior de las cavidades, galerías y salas técnicas, también existe protección mediante las centrales de detección y de extinción, las cuales disminuyen el riesgo muerte para los operarios que se encuentren realizando labores de mantenimiento en el interior en caso de incendio

Una vez cumplidas las exigencias de protección fue necesario cumplir las condiciones de la empresa que realiza la obra buscando elementos que proporcionen robustez y fiabilidad a bajo coste y juntarlo con una programación y arquitectura del sistema que permita futuros cambios y mejoras así como fácil mantenimiento.

Por ello se eligió al fabricante Beckhoff con sus modelos con Windows Embedded que permiten una fácil conexión a sistema operativo con una pantalla para realizar cambios de configuración como direcciones IP y mejoras con la adición de software.

Beckhoff ofrece la programación basada en el standard de programación de PLC IEC 61131-3 lo cual favorece la futura integración de otros equipos que empleen el mismo standard de programación como puede ser ABB o Schneider.

Estos PLC también son adecuados para el entorno de programación del SCADA denominado Indusoft como indica el desarrollador al poder tratar el PLC como un PC y modificar archivos que crea Indusoft dentro de la carpeta raíz del Sistema Operativo.

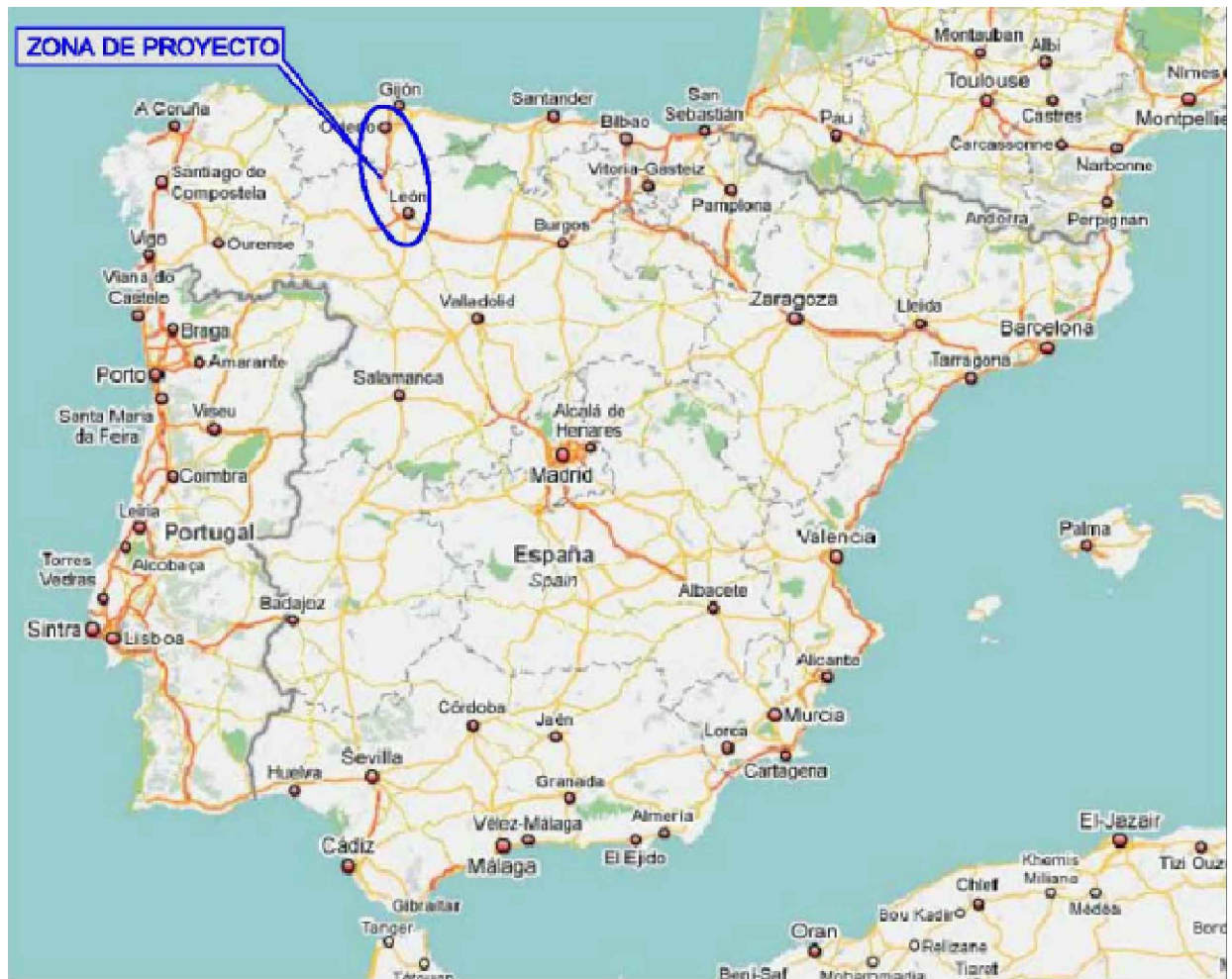
Optar por Indusoft no fue una decisión aleatoria sino que este software permite la creación de potentes SCADA e históricos de alarmas permitiendo a su vez la visualización en tiempo real de dichas alarmas. También permite en un futuro mejoras como pueden ser SCADA insertado en tablets para el mantenimiento. Por ello este Sistema SCADA compuesto de la pantalla CP2612 y el software creado en Indusoft forman un tándem idóneo para este proyecto.

El resto de equipos descritos en este proyecto fueron elegidos por tener años de experiencia trabajando con ellos, sumando su robustez y ausencia de fallos graves en su funcionamiento.

Por todo lo anteriormente mencionado este Sistema de protección civil y seguridad es el idóneo para instalar en la Variante de Pajares como se está haciendo siendo este proyecto un 40% del sistema final instalado.

PARTE 8: PLANOS

1	LOCALIZACIÓN DE LA OBRA
2	LOCALIZACIÓN DENTRO DE LA VARIANTE DE PAJARES
3	DISTRIBUCIÓN DENTRO DEL TÚNEL
4	MONTAJE CUADRO UCD
5	ALIMENTACIÓN CUADRO UCD
6	CONEXIÓN CPU UCD
7	CONEXIÓN MÓDULO 1 DI UCD
8	CONEXIÓN MÓDULO 2 DI UCD
9	CONEXIÓN MÓDULO 1 DO UCD
10	CONEXIÓN MÓDULO 2 DO UCD
11	CONEXIÓN MÓDULO 1 AI UCD
12	CONEXIÓN MÓDULO RS-485 UCD
13	CONEXIÓN SALIDAS A RELÉ 1 UCD
14	CONEXIÓN SALIDAS A RELÉ 2 UCD
15	LISTADO DE MATERIALES UCD
16	LISTADO DE CABLEADO 1 UCD
17	LISTADO DE CABLEADO 2 UCD
18	MONTAJE CUADRO ERU
19	ALIMENTACIÓN CUADRO ERU
20	CONEXIÓN CPU ERU
21	CONEXIÓN MÓDULO 1 DI ERU
22	CONEXIÓN MÓDULO 2 DI ERU
23	CONEXIÓN MÓDULO 1 DO ERU
24	CONEXIÓN MÓDULO RS-485 ERU
25	CONEXIÓN PANEL PLC ERU
26	CONEXIÓN SALIDAS A RELÉ 1 ERU
27	LISTADO DE MATERIALES ERU
28	LISTADO DE CABLEADO 1 ERU
29	LISTADO DE CABLEADO 2 ERU



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO N°:

01

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:

PLANO:

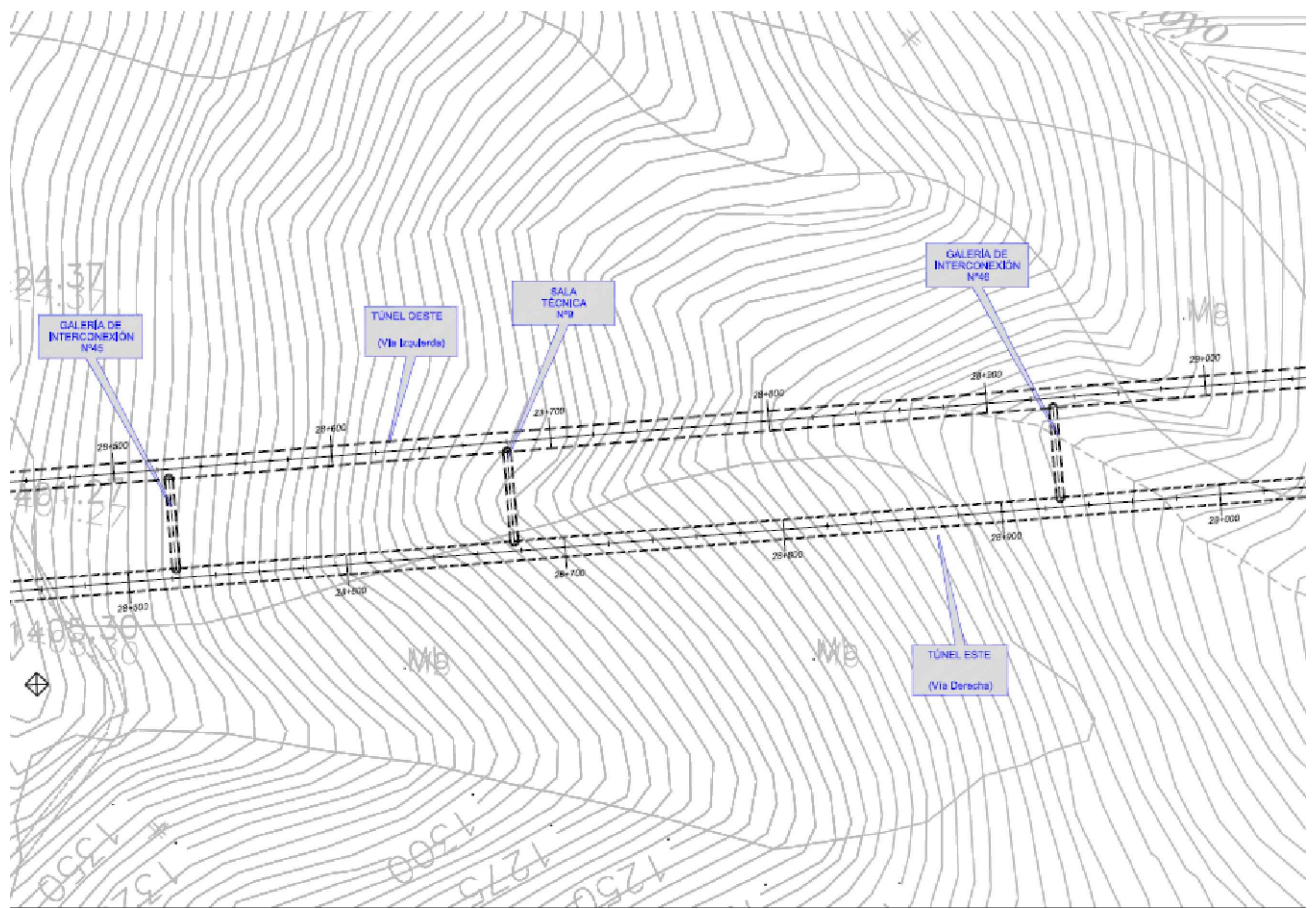
FIRMA:

LOCALIZACIÓN DE LA OBRA

FECHA:

FEBRERO 2016





TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO Nº:

02

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:

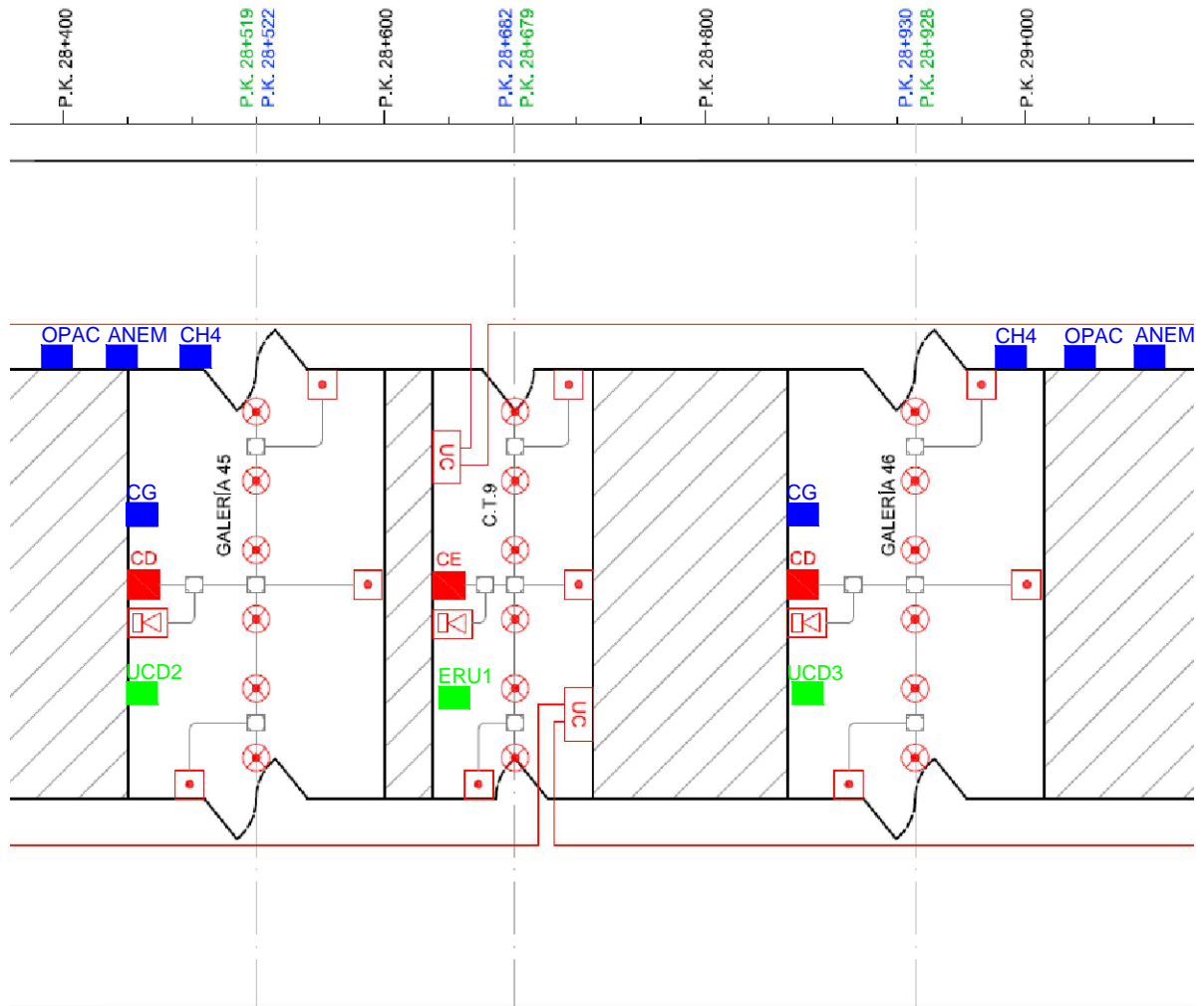
PLANO:

FIRMA:

FECHA:
FEBRERO 2016

LOCALIZACIÓN DENTRO DE LA
VARIANTE DE PAJARES





	UNIDAD DE CONTROL SISTEMA CABLE SENSOR
	CENTRAL DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS
	CENTRAL DE DETECCIÓN DE INCENDIOS
	DETECTOR DE INCENDIO ÓPTICO-TERMICO
	PULSADOR DE INCENDIO
	SIRENA
	CABLE SENSOR POR TECNOLOGIA DE FIBRA
	CAJA DE DERIVACIÓN 105x105x66 mm. IP65 IK08
	TUBO PVC RÍGIDO GRADO-9 M25
P.K. XX+XX	NÚMERO PK EN TÚNEL
P.K. XX+XX	NÚMERO PK EN TÚNEL BITUBO LADO ESTE (TUBO 1)
P.K. XX+XX	NÚMERO PK EN TÚNEL BITUBO LADO OESTE (TUBO 2)

	SENSOR DE METANO PIR3000
	OPACÍMETRO VISIC100SF
	ANEMÓMETRO SICK
	CENTRAL DE GASES
	PLC TIPO UCD2
	PLC TIPO UCD3
	PLC TIPO ERU1

TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO N°:

03

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:

PLANO:

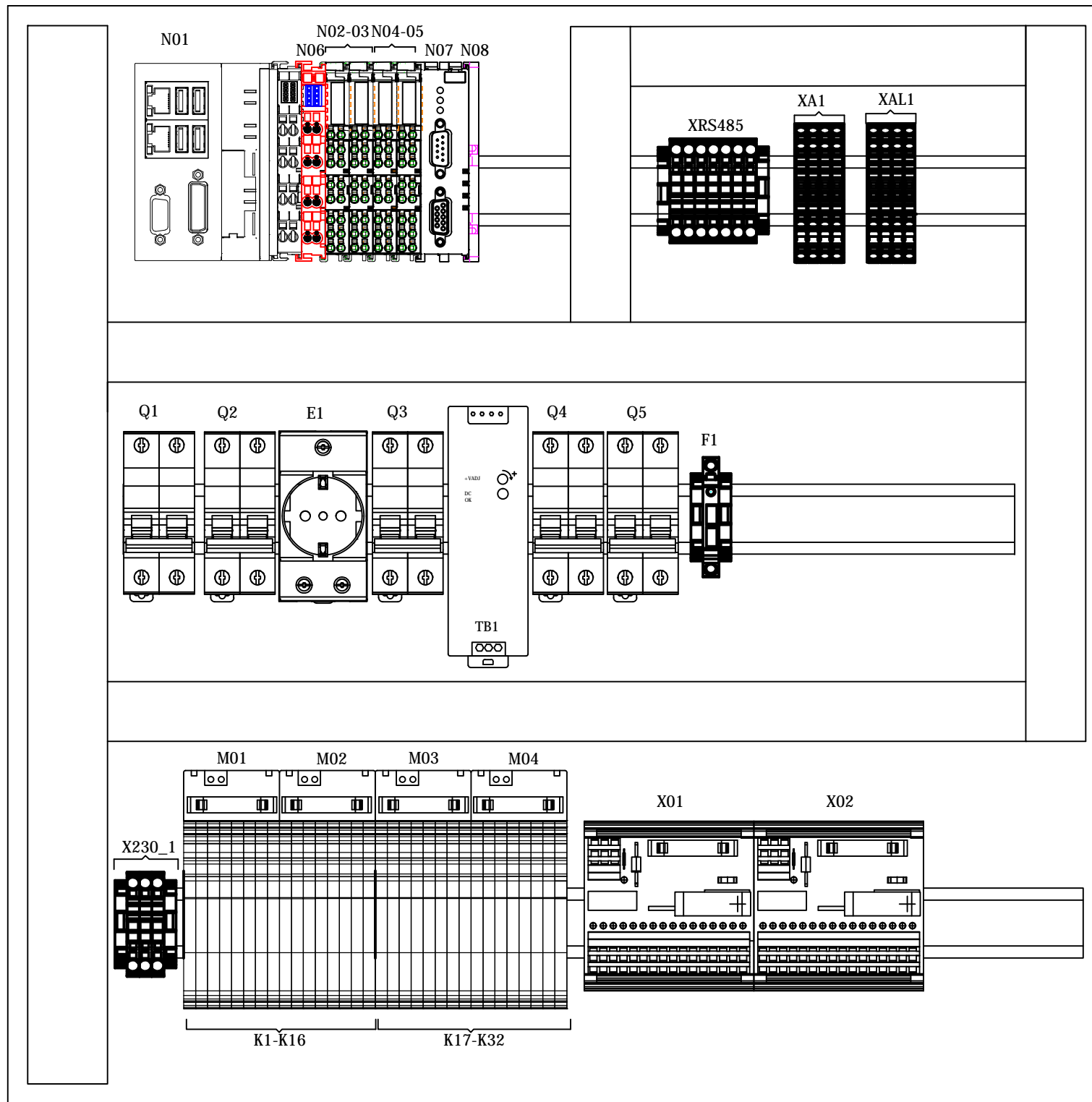
DISTRIBUCIÓN DENTRO DE TÚNEL

FIRMA:

FECHA:

FEBRERO 2016





TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO Nº:
04

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

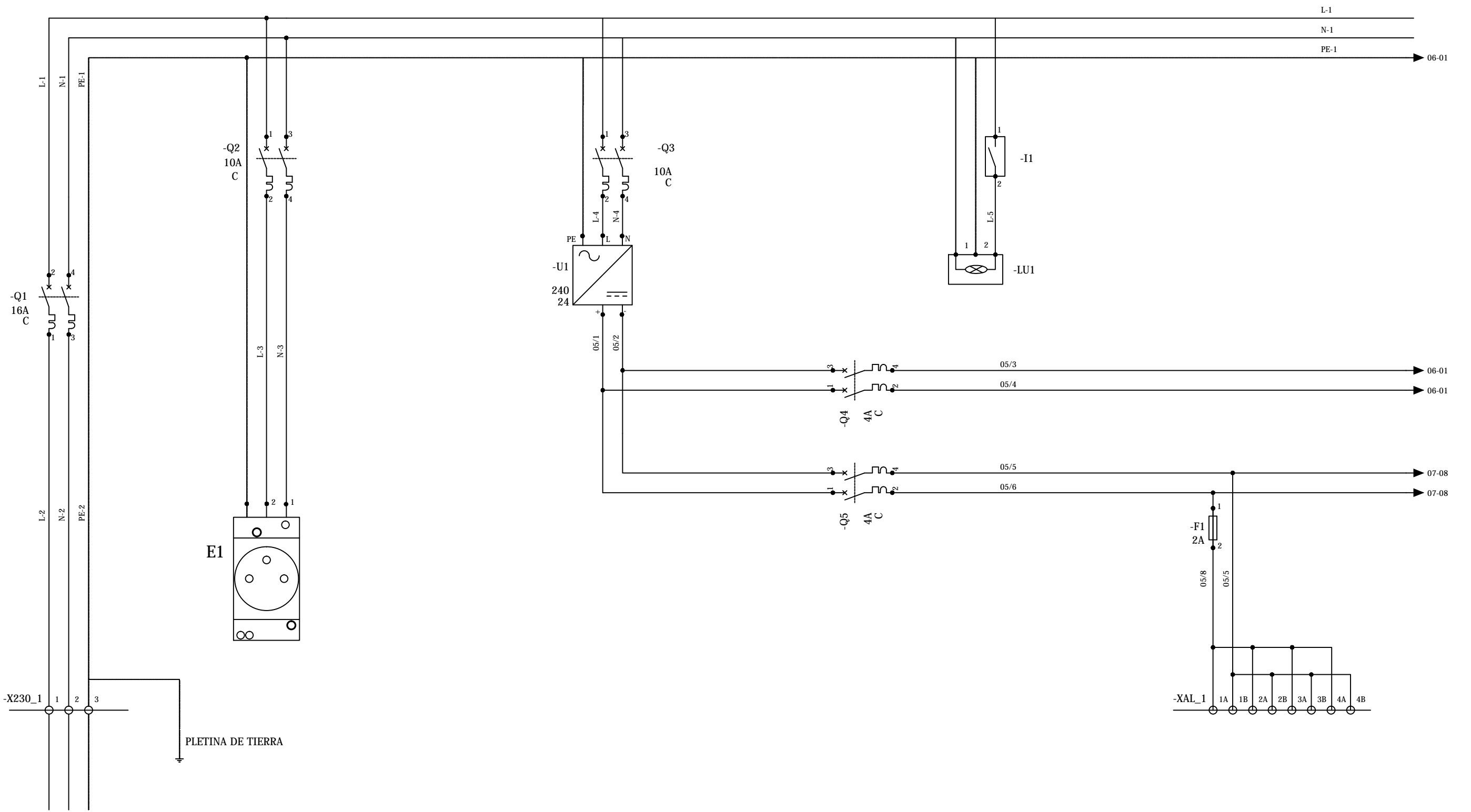
ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO:
MONTAJE CUADRO UCD

FIRMA:

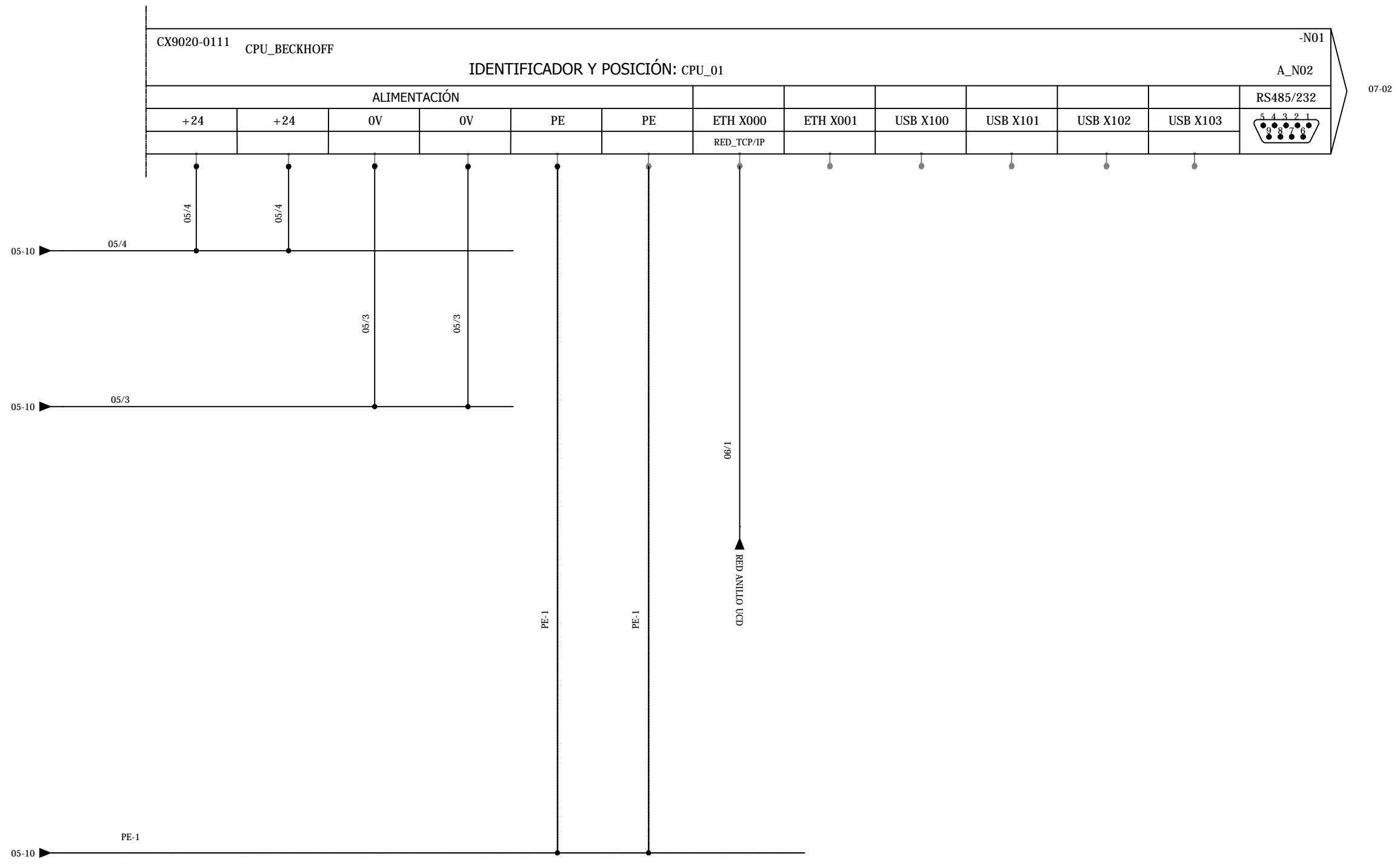
FECHA:
FEBRERO 2016





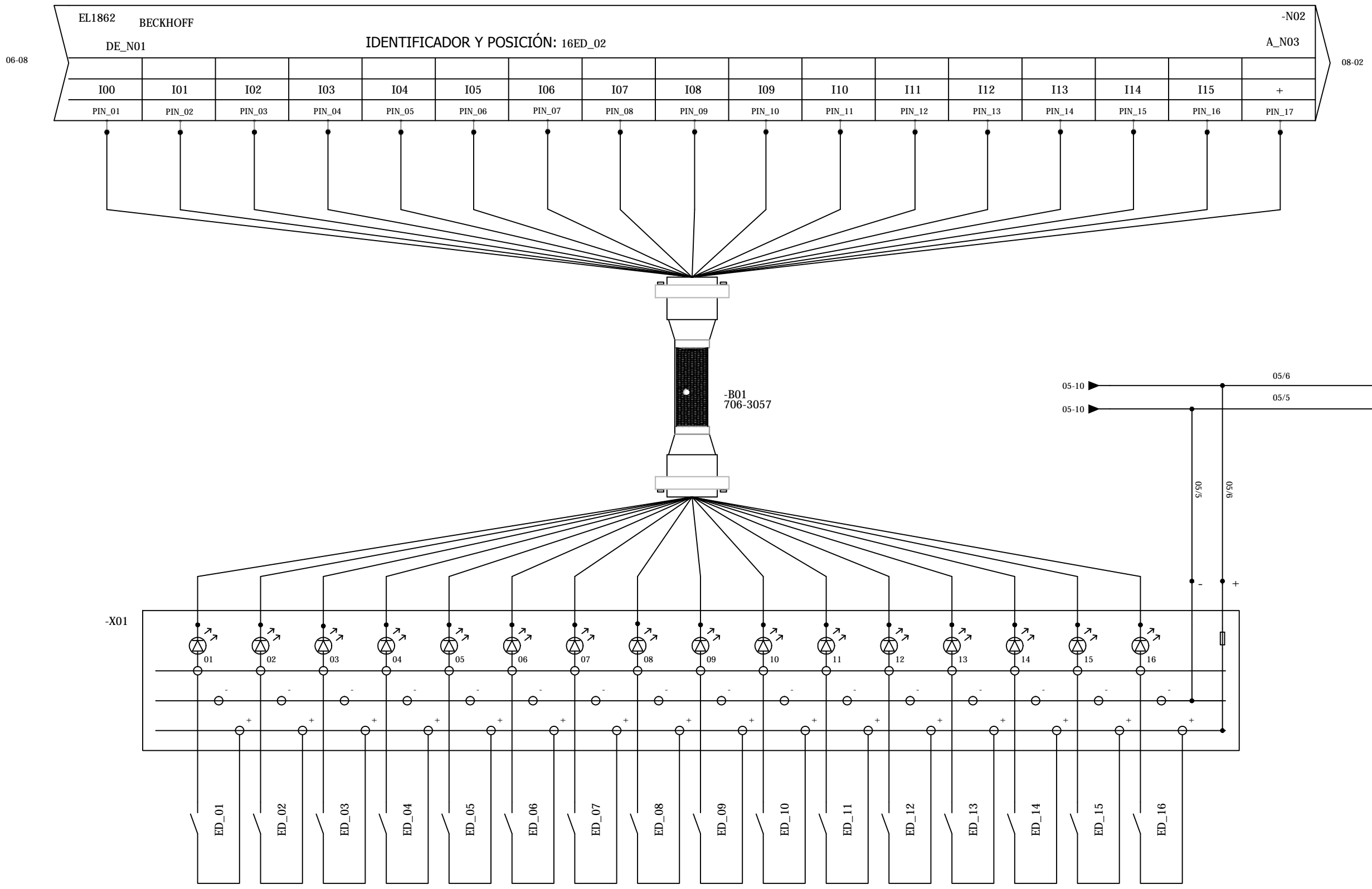
TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 05
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO		
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: ALIMENTACIÓN CUADRO UCD	FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016		




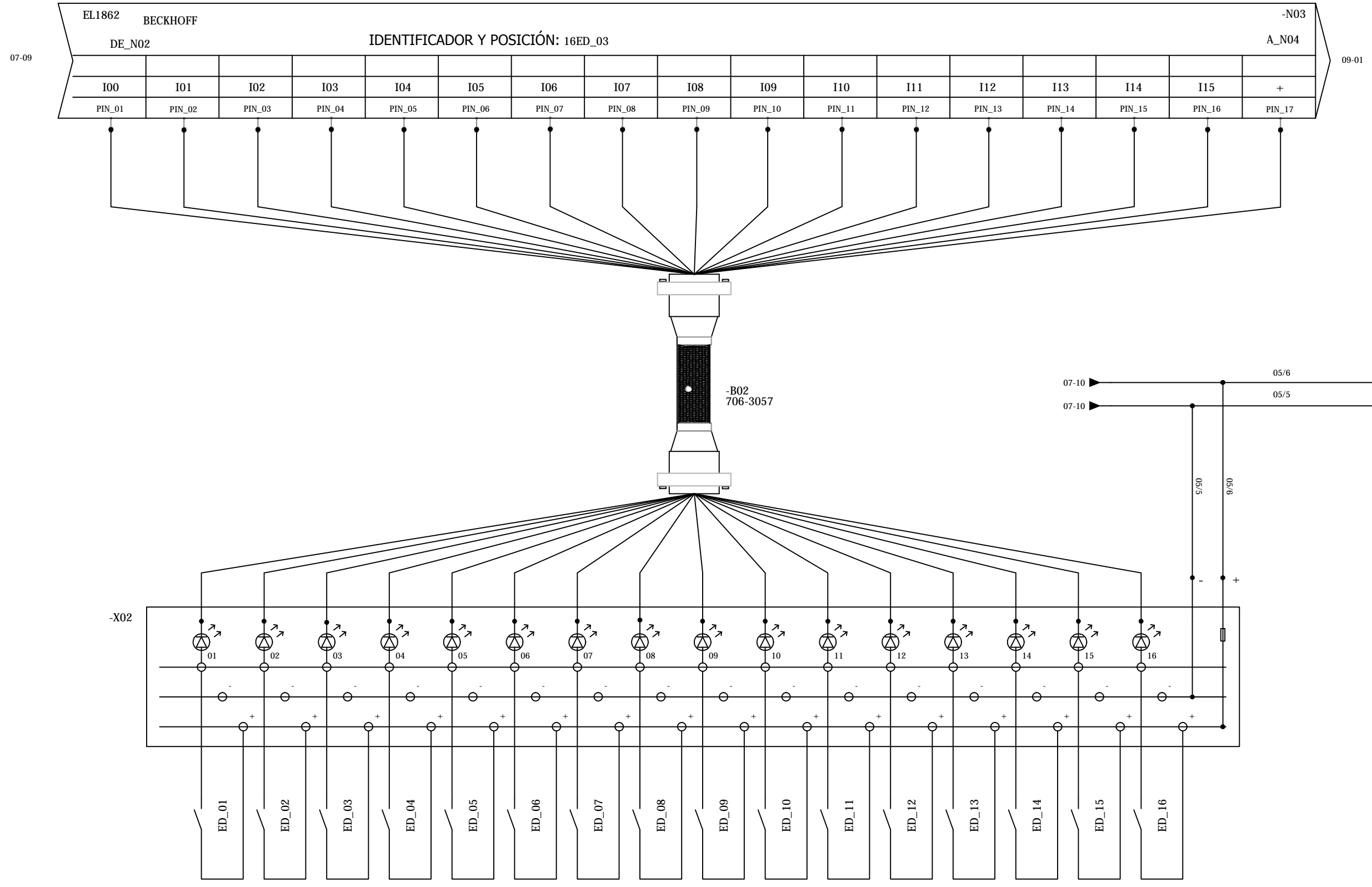



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		06
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO		
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN CPU UCD	FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016		

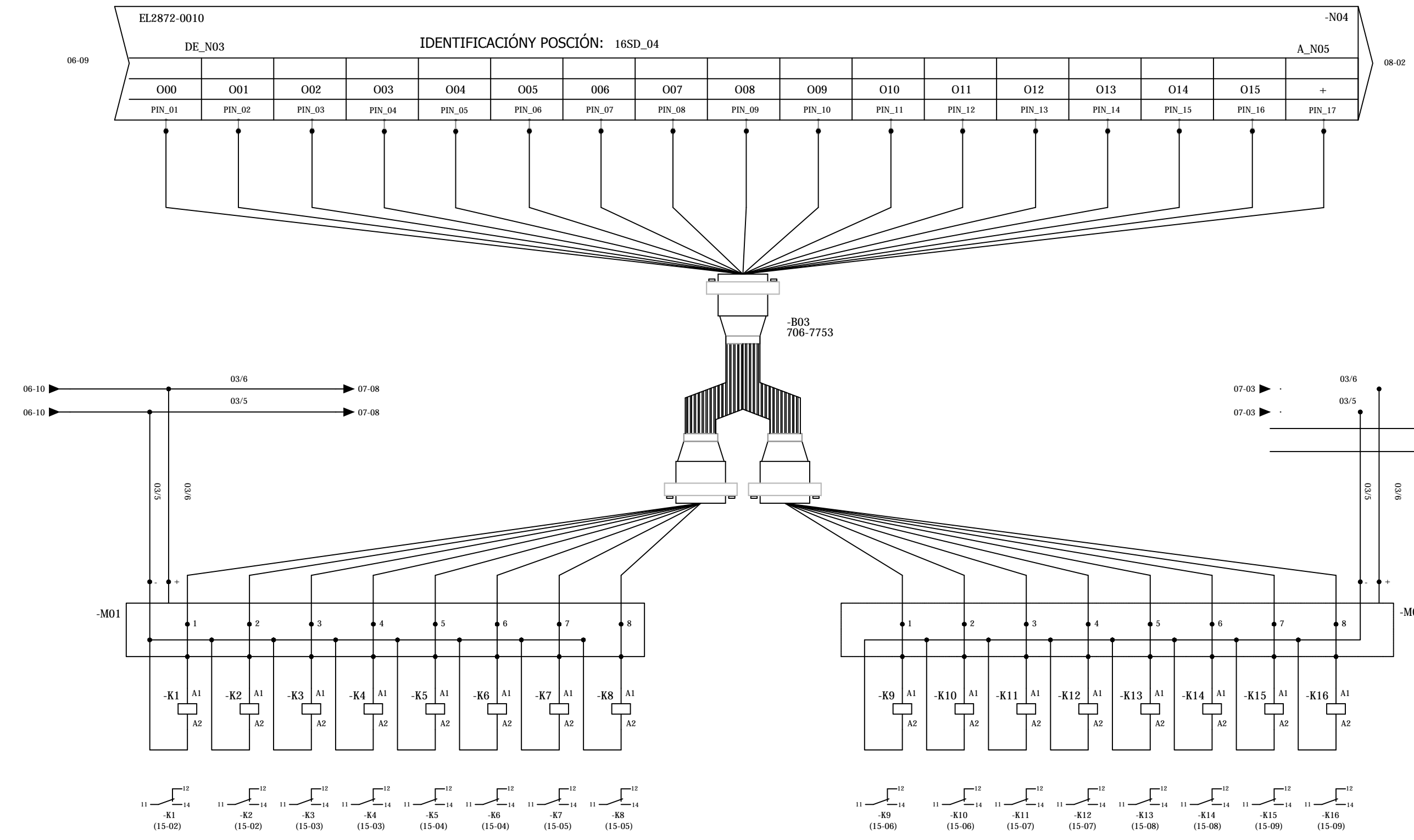
Universidad de Oviedo



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO N°: 07	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO			
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		 Universidad de Oviedo	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO 1 DI UCD		FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016			

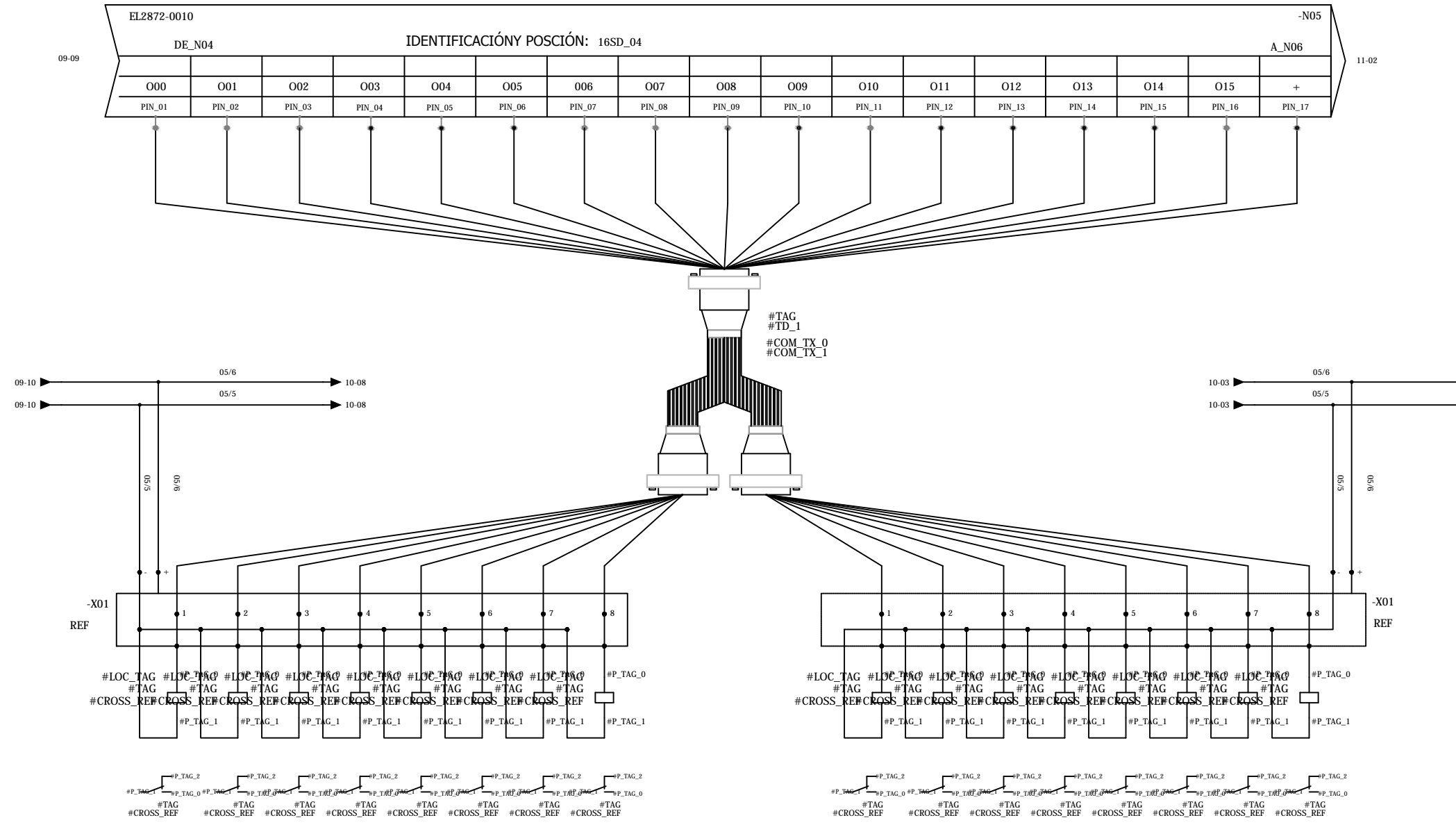


TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 08	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO			
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		 Universidad de Oviedo	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO 2 DI UCD		FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016			



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 09
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO		
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO 1 DO UCD	FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016		






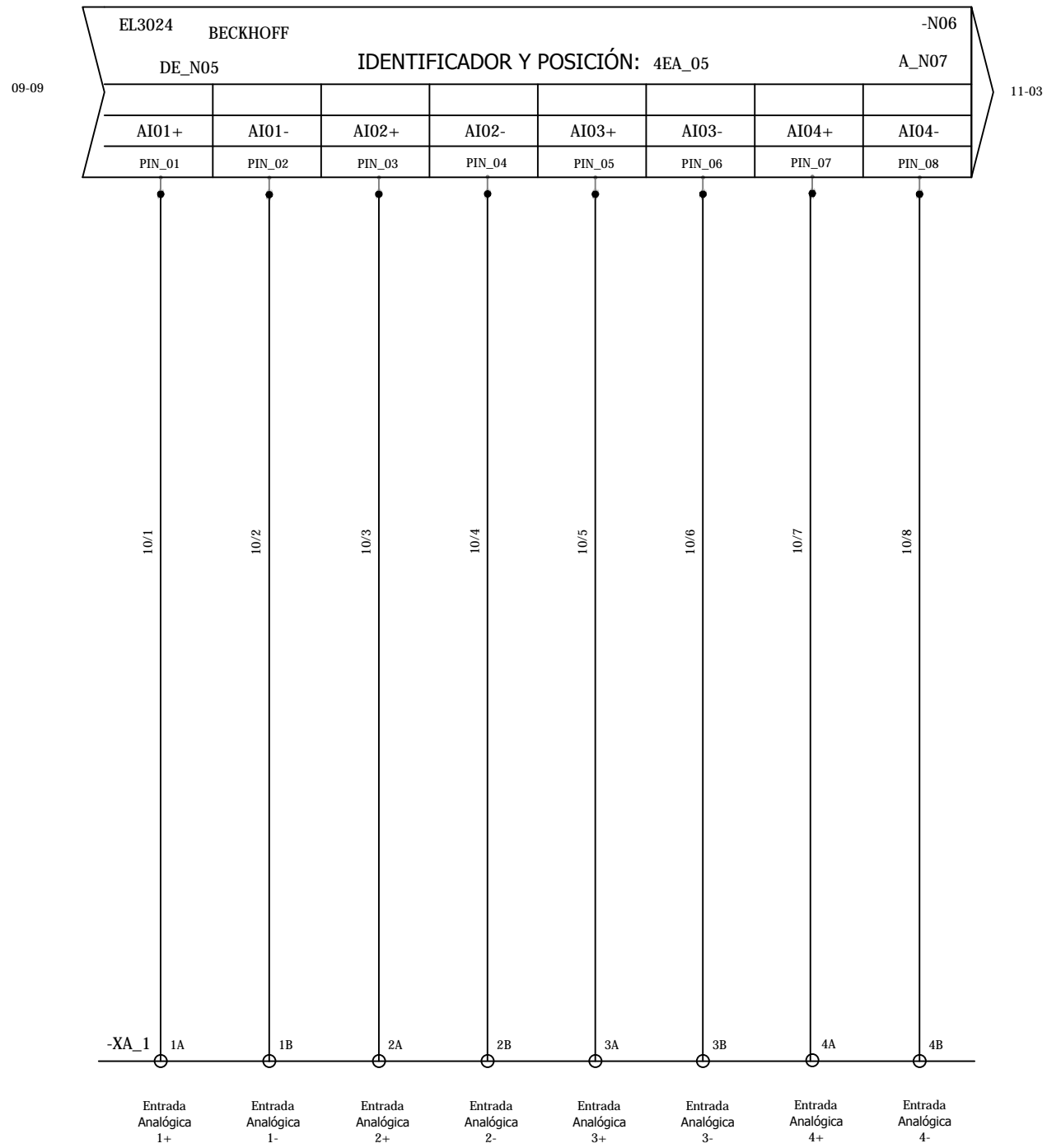
TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO	
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO 2 DO UCD
FECHA: FEBRERO 2016	FIRMA:

PLANO Nº:

10

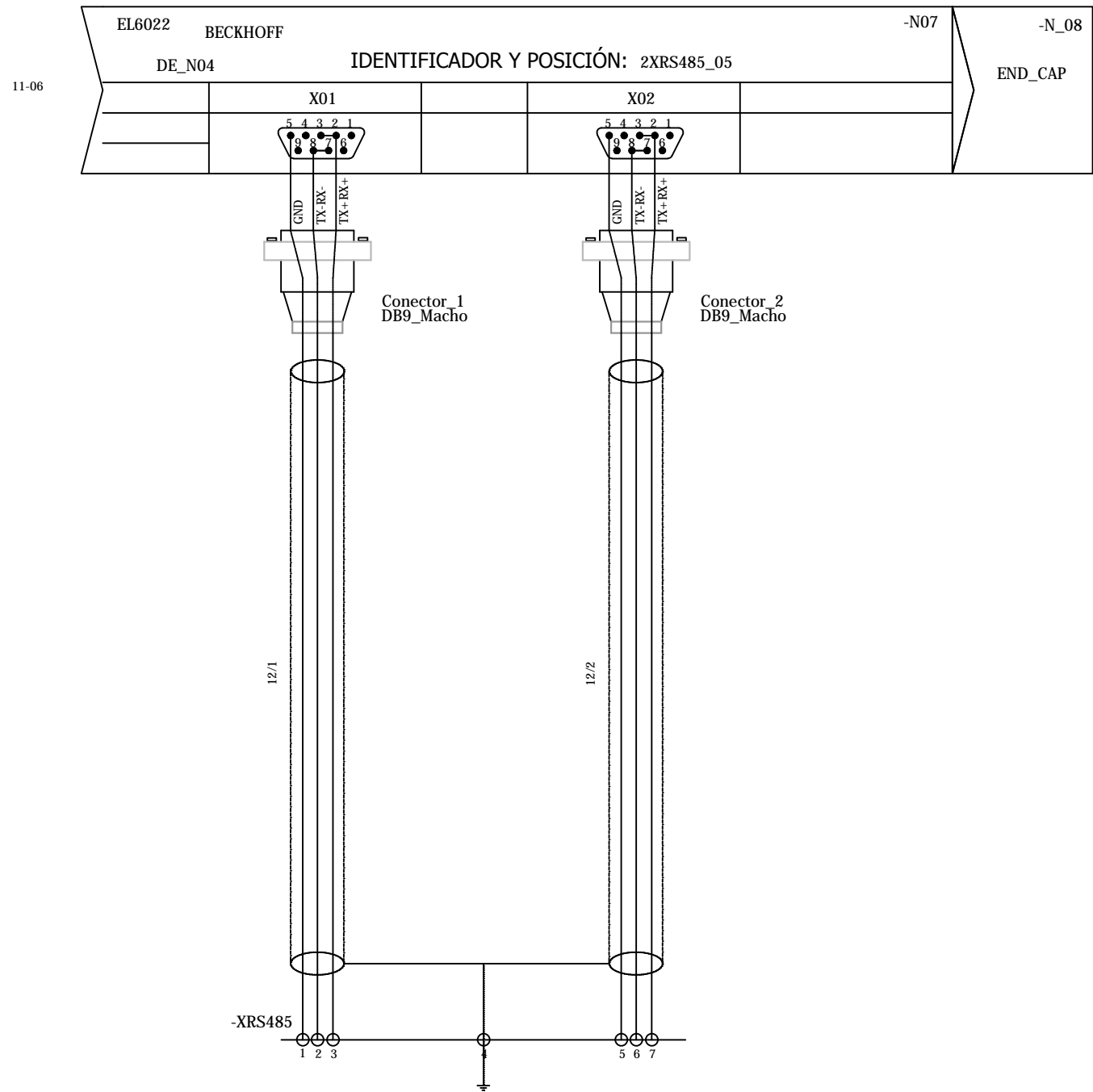


Universidad de Oviedo



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 11
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO		
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO AI UCD	FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016		






TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO	
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIONES MÓDULO RS485 UCD
FECHA: FEBRERO 2016	FIRMA:

PLANO Nº:

12



Universidad de Oviedo

1

2

3

4

5

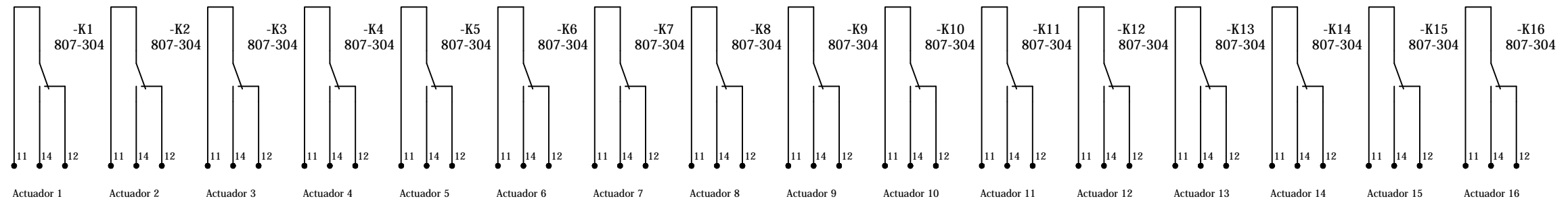
6


7

8

9

10



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 13	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO			
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		 Universidad de Oviedo	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN SALIDAS A RELÉ 1 UCD		FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016			

1

2

3

4

5

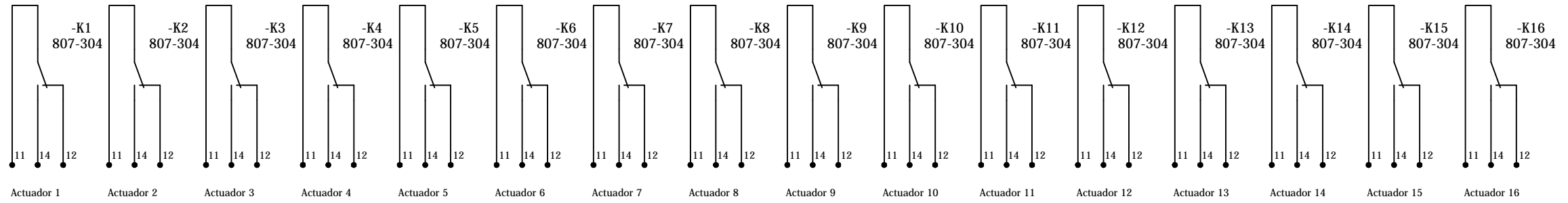
6

7

8

9

10



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 14
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO		
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIONES SALIDAS A RELÉ 2 UCD	FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016		



Universidad de Oviedo

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
	X230_1	BORNAS DE ALIMENTACIÓN	3	
WAGO 2002-2201	XAL_1, XA_1	BORNA DE PASO (2 PISOS) PARA CABLE DE HASTA 2,5mm2	8	
	XRS485	BORNA DE PASO PARA CABLE DE HASTA 2,5 mm2	7	
	Q1	MAGNETOTÉRMICO 16A CURVA C 2P	1	
	Q2, Q3	MAGNETOTÉRMICO 10A CURVA C 2P	2	
	Q4,Q5	MAGNETOTÉRMICO 4A CURVA C 2P	2	
WAGO 281-611	F1	FUSIBLE 2A	1	
	E1	BASE SCHUKO	1	
	U1	FUENTE ALIMENTACIÓN 24V	1	MEAN-WEAL
CX9020-0111	N01	PLC CPU	1	BECKHOFF
EL1862	N02, N03	MÓDULO 16 ENTRADAS DIGITALES	2	BECKHOFF
EL2872-0010	N04, N05	MÓDULO 16 SALIDAS DIGITALES	2	BECKHOFF
EL3024	N06	MÓDULO 4 ENTRADAS ANALÓGICAS	1	BECKHOFF
EL6022	N07	MÓDULO 2 x RS485	1	BECKHOFF
EL9011	N08	TÉRMINAL DE BUS	1	BECKHOFF
704-2054	X01, X02	CAJA 16 BORNES CON CONEXIÓN A CABLE PLANO Y SEÑALIZACIÓN	2	WAGO
857-981	M01, M02, M03, M04	ADAPTADOR 8 CANALES CON CONEXIÓN A CABLE PLANO Y NEGATIVO COMÚN.	4	WAGO
857-304	K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16, K17, K18, K19, K20, K21, K22, K23, K24, K25, K26, K27, K28, K29, K30, K31, K32.	RELÉ 6mm 24V	32	WAGO
706-3057	B01, B02	CABLE PLANO 20 PIN/ 1m	2	WAGO
706-7753	B03, B04	CABLE PLANO WAGO 16 PIN	1	WAGO
	Conector_1	Conector DB9 Macho	1	
	-I1	INTERRUPTOR DE APERTURA DE PUERTA	1	
	-LU1	LUMINARIA ARMARIO	1	

TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL
Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO Nº:

15

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO:
LISTADO DE MATERIALES UCD

FIRMA:

FECHA:
FEBRERO 2016



Universidad de Oviedo

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

230V

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia
-X230_1:1	-Q1:1	L-2	2.5mm2	652	
-X230_1:2	-Q1:3	N-2	2.5mm2	686	
-Q1:2	-Q2:1	L-1	2.5mm2	380	
-Q1:4	-Q2:3	N-1	2.5mm2	437	
-Q2:2	-E1:2	L-3	2.5mm2	506	
-Q2:4	-E1:1	N-3	2.5mm2	552	
-Q1:2	-Q3:1	L-1	2.5mm2	175	
-Q1:4	-Q3:3	N-1	2.5mm2	175	
-Q1:2	-I1:1	L-1	2.5mm2		
-Q1:4	-I1:1	N-1	2.5mm2		
-I1:2	-LU1:2	L-5	2.5mm2		
-Q3:2	-U1:L	L-4	2.5mm2	793	
-Q3:4	-U1:N	N-4	2.5mm2	180	
-X230_1:3	-E1:PE	PE_1	2.5mm2	223	
-E1:PE	-U1:PE	PE_1	2.5mm2	223	
-U1:PE	-N01:PE	PE_1	2.5mm2	170	

24V

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia
-U1:+	-Q4:1	03/1	1,5mm2	152	
-Q4:1	-Q5:1	03/1	1,5mm2	162	
-U1:-	-Q4:3	03/2	1,5mm2	162	
-Q4:3	-Q5:3	03/2	1,5mm2	162	
-Q4:4	-N01:0V	03/3	1,5mm2	870	
-Q4:2	-N01:24V	03/4	1,5mm2	870	
-Q5:2	-F1:1	03/6	1,5mm2	1030	
-F1:2	-XAL_1:1A	03/7	1,5mm2	300	
-Q5:4	-XAL_1:1B	03/5	1,5mm2	300	
-Q5:4	-X01:-	03/5	1,5mm2	650	

24V

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia
-F1:1	-X01:+	03/6	1,5mm2	1135	
-X01:+	-X02:+	03/6	1,5mm2	347	
-X01:-	-X02:-	03/5	1,5mm2	347	
-X02:+	-M01:+	03/6	1,5mm2	347	
-X02:-	-M01:-	03/5	1,5mm2	347	
-M01:+	-M02:+	03/6	1,5mm2	165	
-M01:-	-M02:-	03/5	1,5mm2	165	
-M02:+	-M03:+	03/6	1,5mm2	165	
-M02:-	-M03:-	03/5	1,5mm2	165	
-M03:+	-M04:+	03/6	1,5mm2	165	
-M03:-	-M04:-	03/5	1,5mm2	165	
-N06:AI01+	-XA_1:1A	08/1	1,5mm2	396	
-N06:AI01-	-XA_1:1B	08/2	1,5mm2	396	
-N06:AI02+	-XA_1:2A	08/3	1,5mm2	396	
-N06:AI02-	-XA_1:2B	08/4	1,5mm2	396	
-N06:AI03+	-XA_1:3A	08/5	1,5mm2	396	
-N06:AI03-	-XA_1:3B	08/6	1,5mm2	396	
-N06:AI04+	-XA_1:4A	08/7	1,5mm2	396	
-N06:AI04-	-XA_1:4B	08/8	1,5mm2	396	

TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO Nº:

16

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO:
LISTADO DE CABLEADO 1 UCD

FIRMA:

FECHA:
FEBRERO 2016



Universidad de Oviedo

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

DATOS y BUS

Origen	Destino	Numeración de cable	Tipo	Longitud (mm)	Referencia
-N01:X000	-RED ANILLO UCD	04/1	Ethernet	--	
-N01:RS485	-XRS485:1,2,3,4	04/2	Cable 1 par apantallado	740	
-N02	-X01	-B01	Bus plano	1m	
-N03	-X02	-B02	Bus plano	1m	
-N04	-M01, -M02	-B03	Bus plano	1m	
-N05	-M03, -M04	-B04	Bus plano	1m	

TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL
Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO:
LISTADO DE CABLEADO 2 UCD

FIRMA:

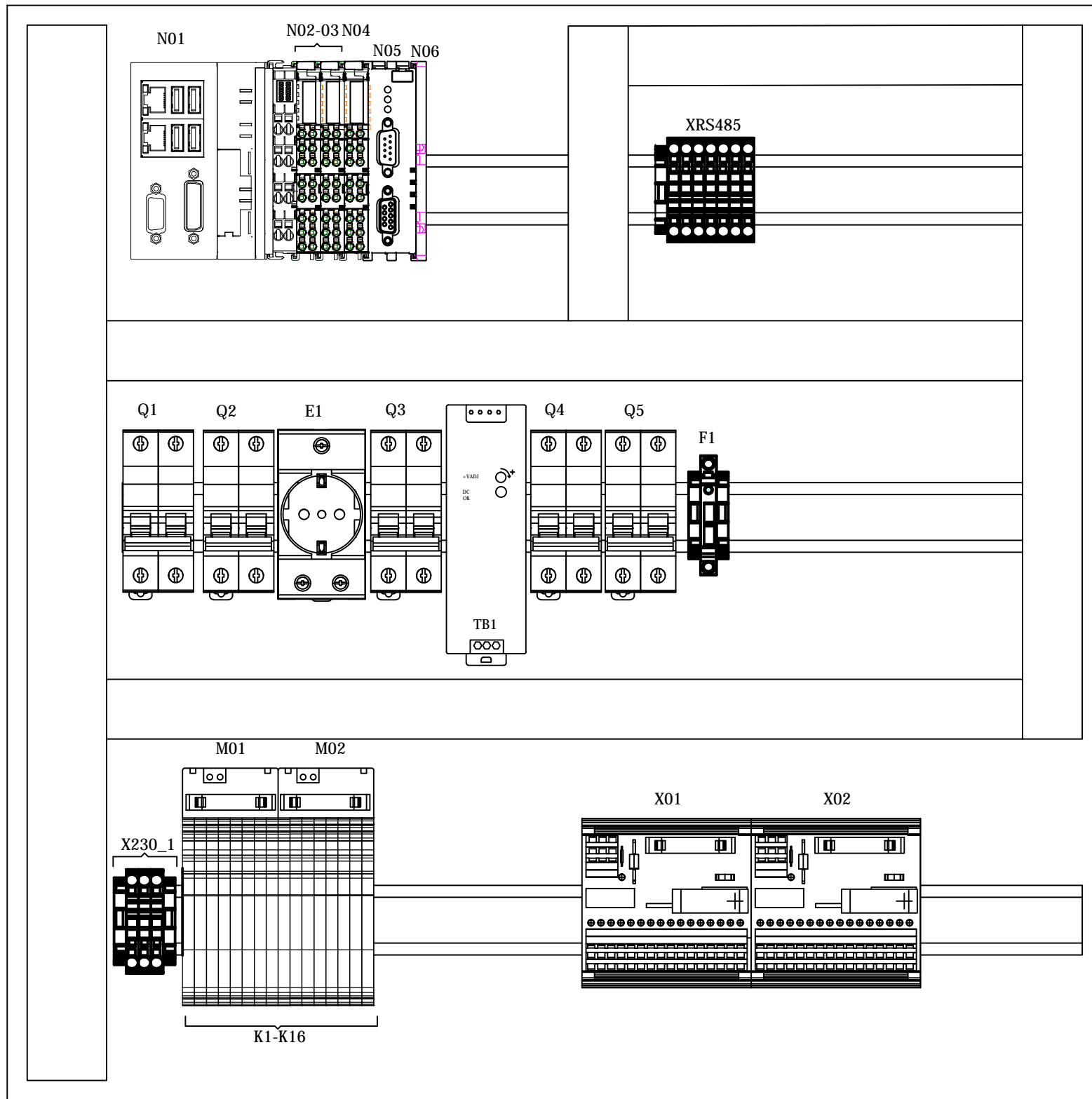
FECHA:
FEBRERO 2016

PLANO Nº:

17



Universidad de Oviedo



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO Nº:
18

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

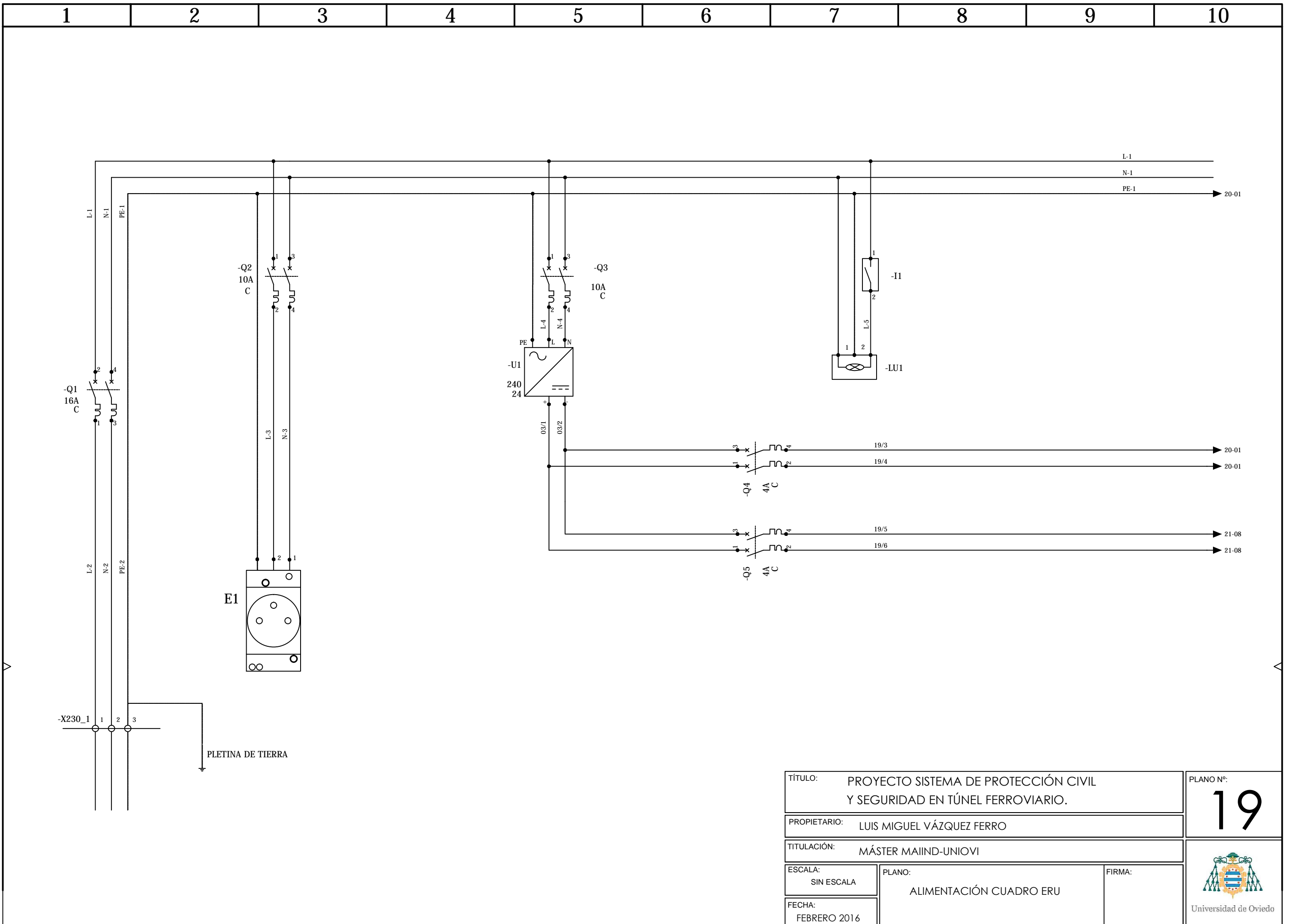
ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO:
MONTAJE CUADRO ERU

FIRMA:

FECHA:
FEBRERO 2016





TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO Nº:
19

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

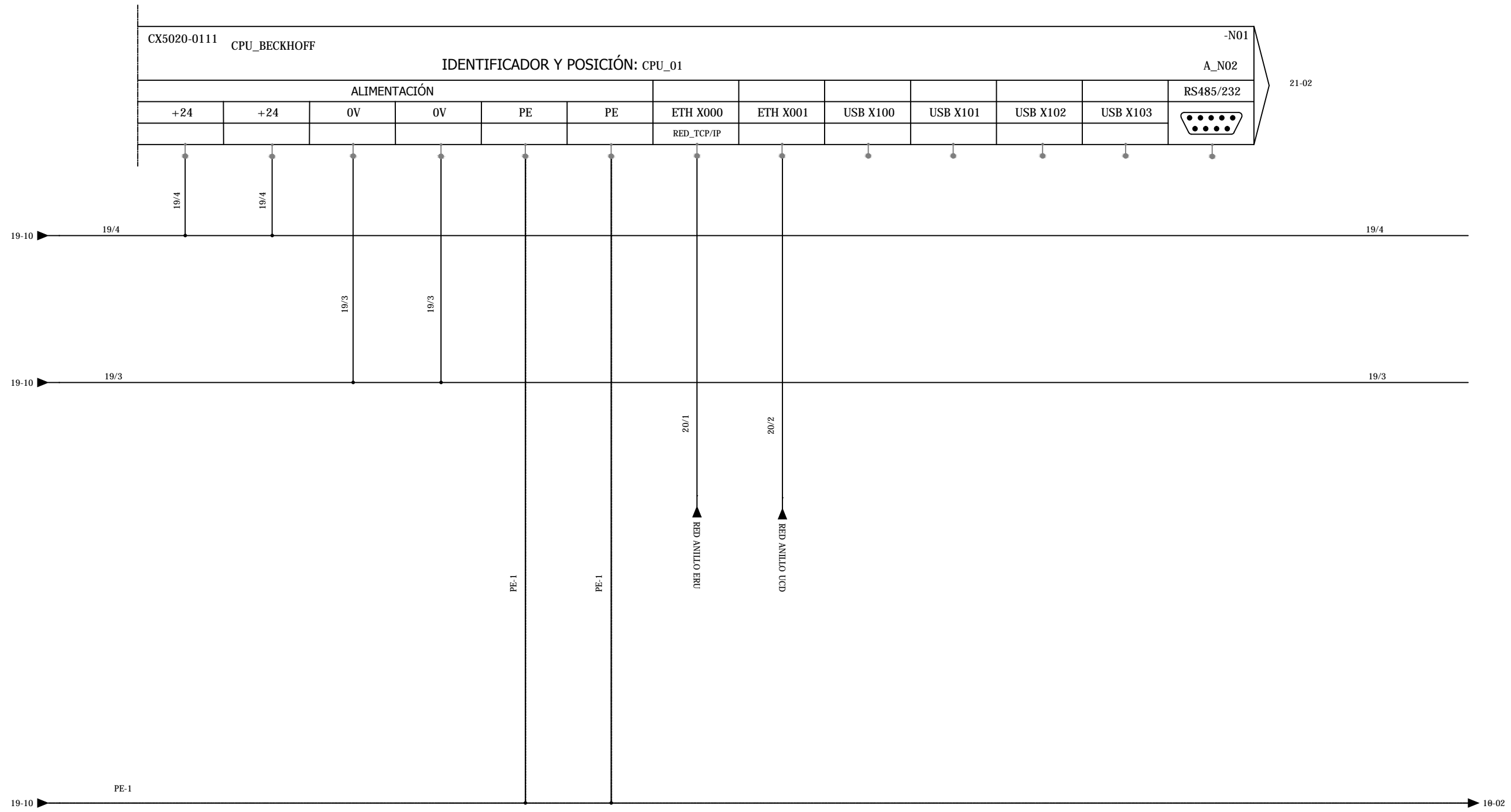
ESCALA:
SIN ESCALA


PLANO:
ALIMENTACIÓN CUADRO ERU

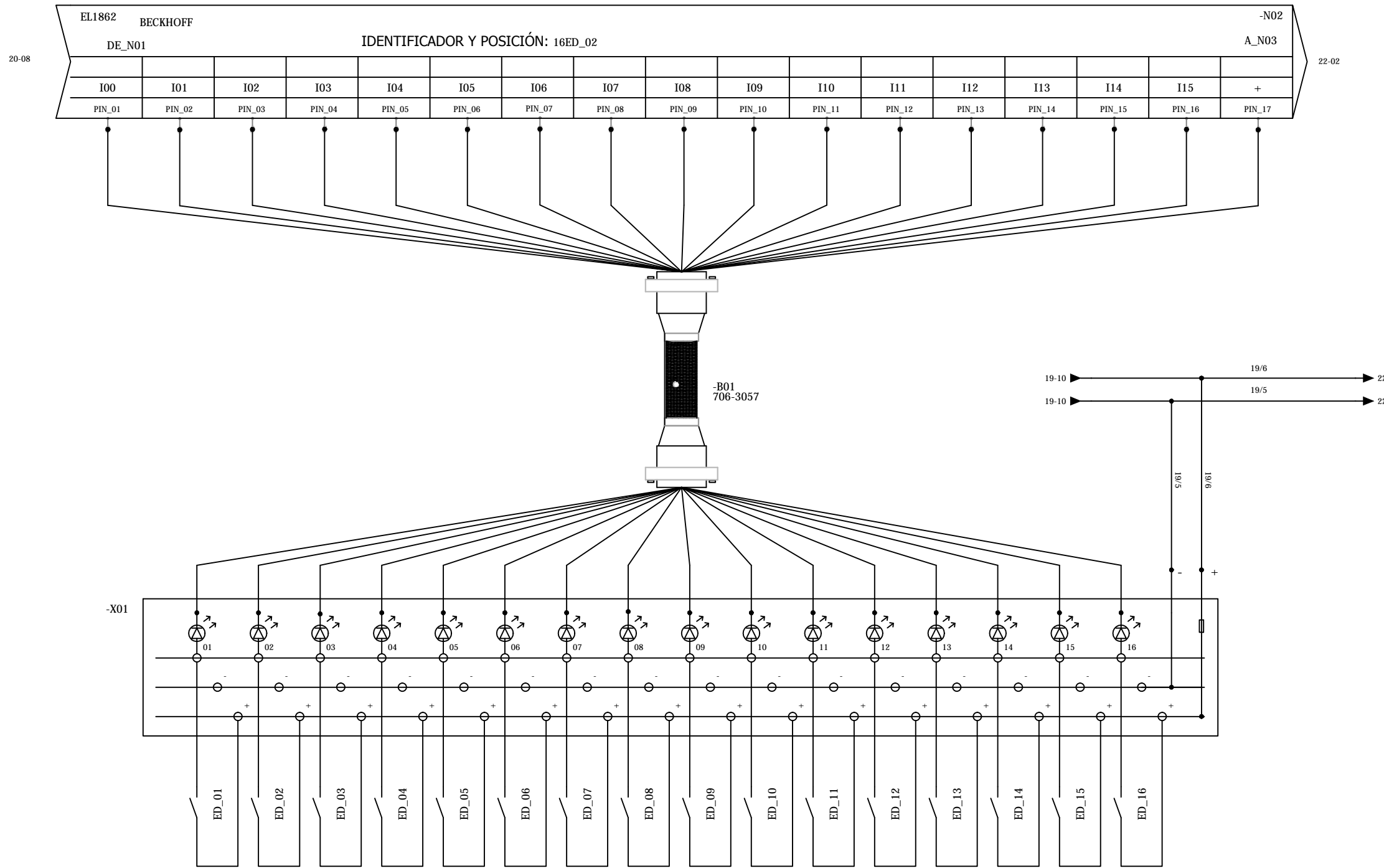
FIRMA:


FECHA:
FEBRERO 2016

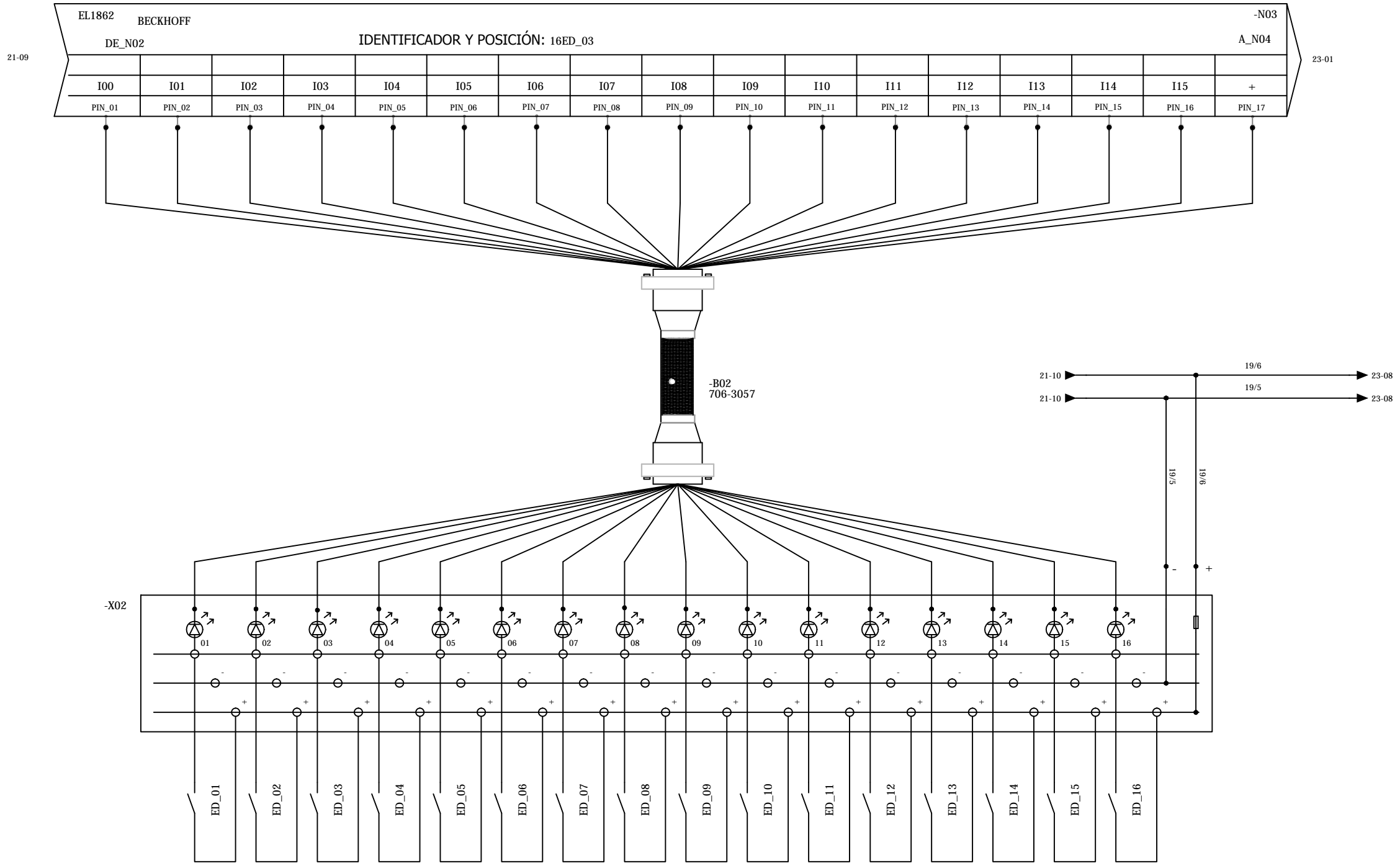





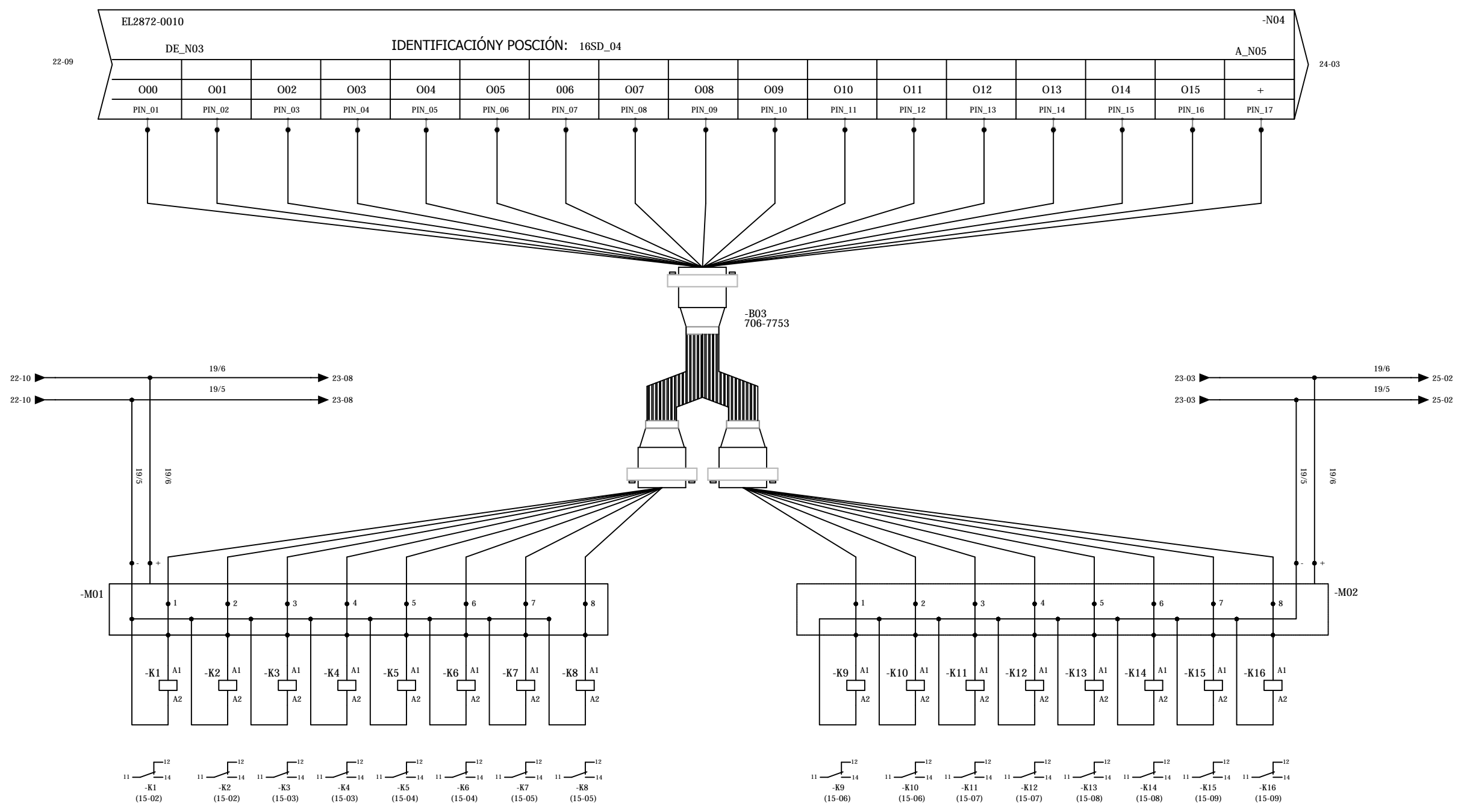
TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		20	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO			
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		 Universidad de Oviedo	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN CPU ERU		FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016			




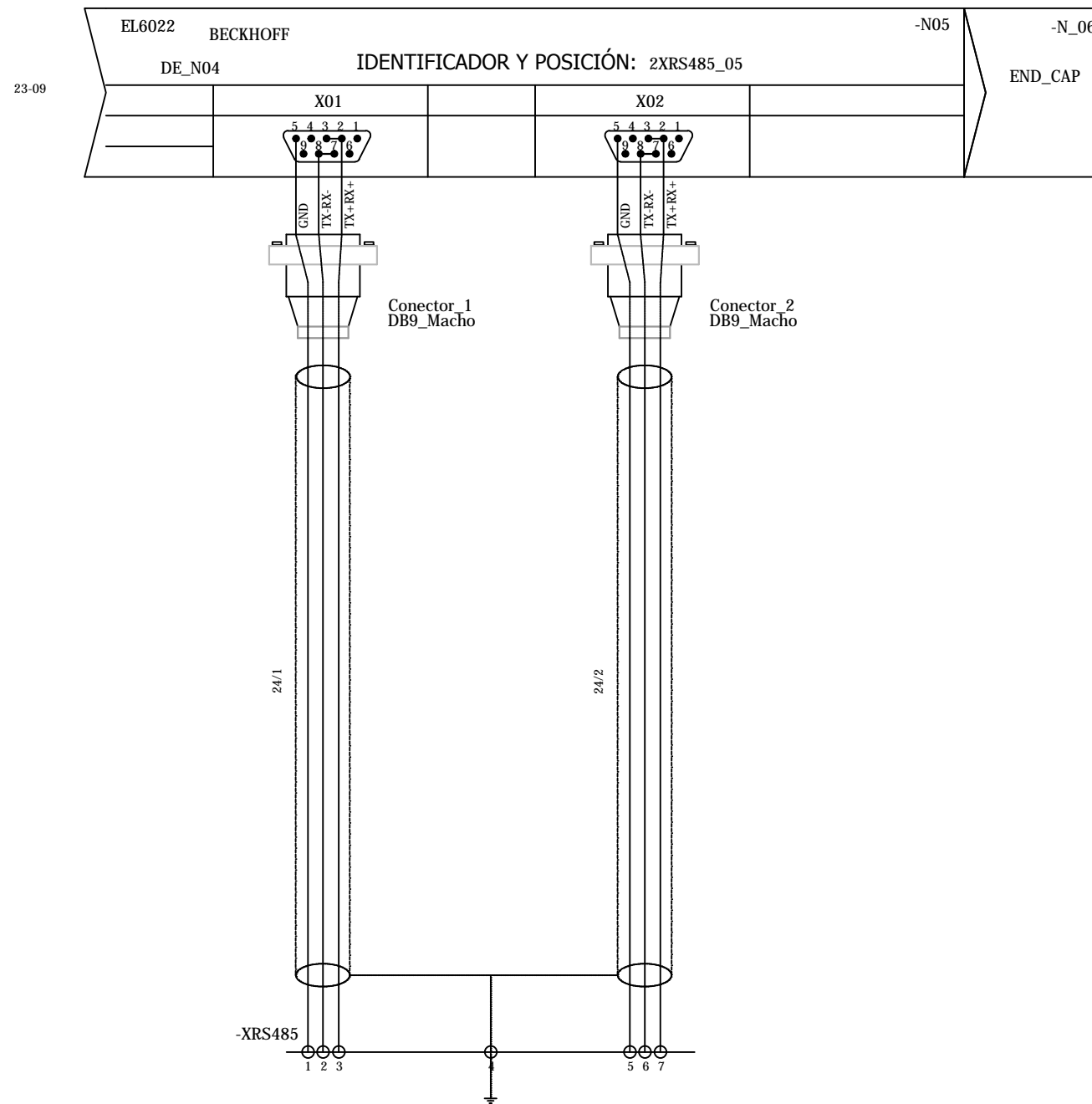
TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 21	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO			
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		 Universidad de Oviedo	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO 1 DI ERU		FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016			



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 22	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO			
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		 Universidad de Oviedo	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO 2 DI ERU		FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016			

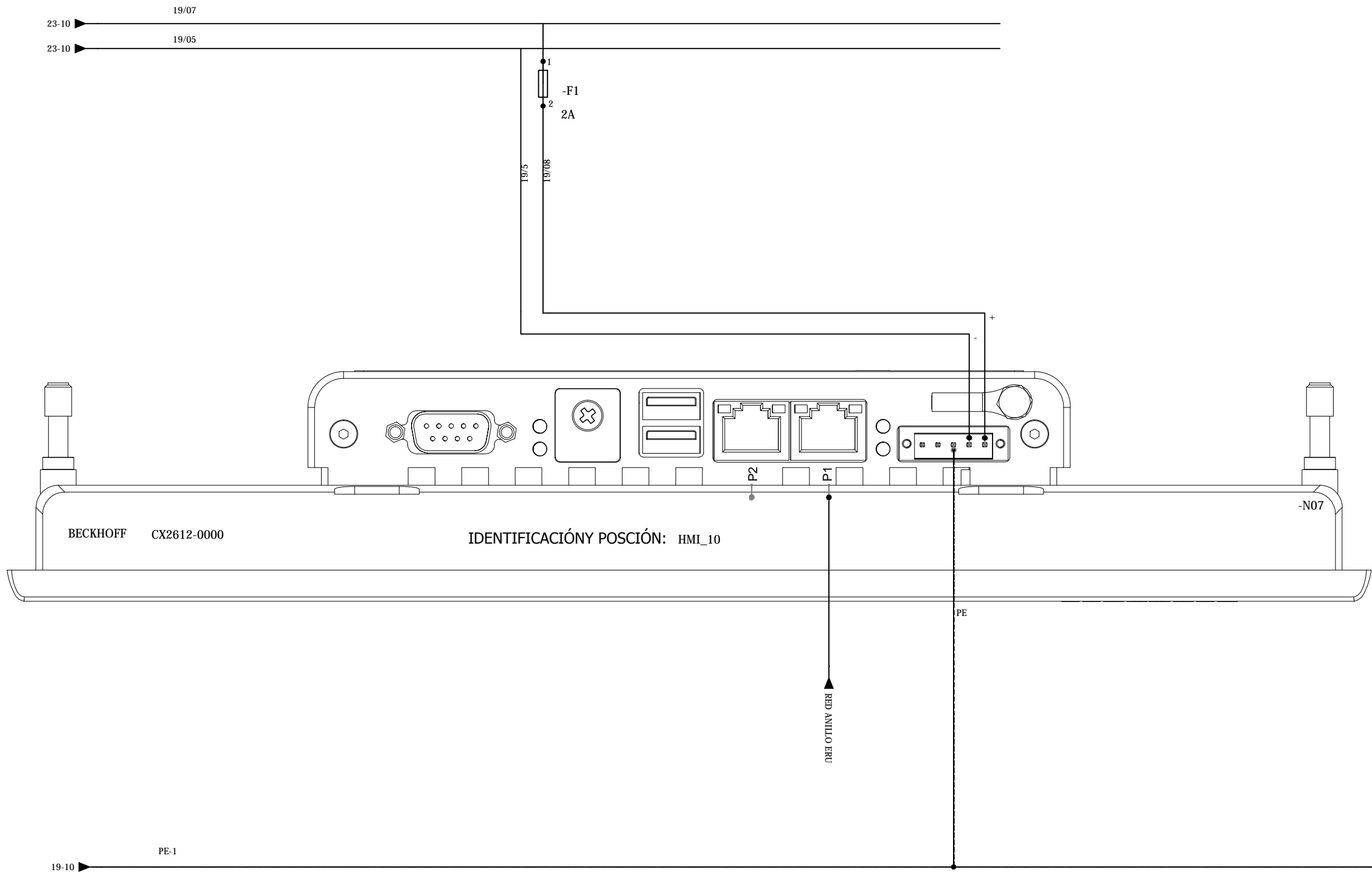



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 23	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO			
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		 Universidad de Oviedo	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO 1 DO ERU		FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016			

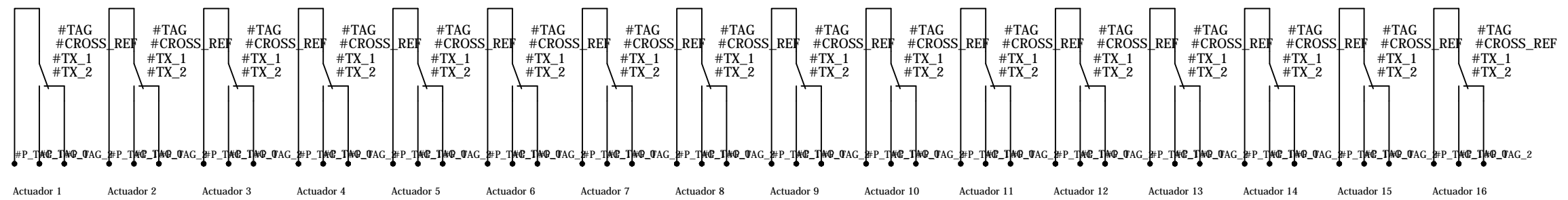


TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 24
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO		
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN MÓDULO 1 RS485 ERU	FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016		





TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		PLANO Nº: 25	
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO			
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		 Universidad de Oviedo	
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN PANEL PLC ERU		FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016			



TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.		26
PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO		
TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI		
ESCALA: SIN ESCALA	PLANO: CONEXIÓN SALIDAS A RELÉ 1 ERU	FIRMA:
FECHA: FEBRERO 2016		



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Referencia	Etiqueta	Descripción	Cantidad	Fabricante
	X230_1	BORNAS DE ALIMENTACIÓN	3	
	XRS485	BORNA DE PASO PARA CABLE DE HASTA 2.5mm2	7	
	Q1	MAGNETOTÉRMICO 16A CURVA C 2P	1	
	Q2, Q3	MAGNETOTÉRMICO 10A CURVA C 2P	2	
	Q4, Q5	MAGNETOTÉRMICO 4A CURVA C 2P	2	
WAGO 281-611	F1	FUSIBLE 2A	1	
	E1	BASE SCHUKO	1	
	U1	FUENTE ALIMENTACIÓN 24V	1	MEAN-WELL
CX5020-0111	N01	PLC CPU	1	BECKHOFF
EL1862	N02, N03	MÓDULO 16 ENTRADAS DIGITALES	2	BECKHOFF
EL2872-0010	N04	MÓDULO 16 SALIDAS DIGITALES	1	BECKHOFF
EL6022	N05	MÓDULO 2 x RS485	1	BECKHOFF
EL9011	N06	TÉRMINAL DE BUS	1	BECKHOFF
CP2612-0000	N07	PANEL PC	1	BECKHOFF
704-2054	X01, X02	CAJA 16 BORNES CON CONEXIÓN A CABLE PLANO Y SEÑALIZACIÓN	2	WAGO
857-981	M01, M02	ADAPTADOR 8 CANALES CON CONEXIÓN A CABLE PLANO Y NEGATIVO COMÚN.	2	WAGO
857-304	K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K10, K11, K12, K13, K14, K15, K16	RELÉ 6mm 24V	16	WAGO
706-3057	B01, B02	CABLE PLANO 20 PIN/ 1m	2	WAGO
706-7753	B03	CABLE PLANO WAGO 16 PIN	1	WAGO
	Conector_1, Conector_2	Conector DB9 Macho	2	
	-I1	INTERRUPTOR DE APERTURA DE PUERTA	1	
	-LU1	LUMINARIA ARMARIO	1	

TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL
Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO Nº:

27

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO:
LISTADO DE MATERIAL ERU

FIRMA:

FECHA:
FEBRERO 2016



Universidad de Oviedo

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia
-X230_1:1	-Q1:1	L-2	2.5mm2	652	
-X230_1:2	-Q1:3	N-2	2.5mm2	686	
-Q1:2	-Q2:1	L-1	2.5mm2	380	
-Q1:4	-Q2:3	N-1	2.5mm2	437	
-Q2:2	-E1:2	L-3	2.5mm2	506	
-Q2:4	-E1:1	N-3	2.5mm2	552	
-Q1:2	-Q3:1	L-1	2.5mm2	175	
-Q1:4	-Q3:3	N-1	2.5mm2	175	
-Q1:2	-I1:1	L-1	2.5mm2		
-Q1:4	-LU1:1	N-5	2.5mm2		
-I1:2	-LU1:2	L-5	2.5mm2		
-Q3:2	-U1:L	L-4	2.5mm2	793	
-Q3:4	-U1:N	N-4	2.5mm2	180	
-X230_1:3	-E1:PE	PE_1	2.5mm2	223	
-E1:PE	-U1:PE	PE_1	2.5mm2	223	
-U1:PE	-N01:PE	PE_1	2.5mm2	170	

24V

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia
-U1:+	-Q4:1	03/1	1,5mm2	152	
-Q4:1	-Q5:1	03/1	1,5mm2	162	
-U1:-	-Q4:3	03/2	1,5mm2	162	
-Q4:3	-Q5:3	03/2	1,5mm2	162	
-Q4:4	-N01:0V	03/3	1,5mm2	870	
-Q4:2	-N01:24V	03/4	1,5mm2	870	
-Q5:4	-X01:-	03/5	1,5mm2	650	
-Q5:2	-X01:+	03/6	1,5mm2	1135	
-Q5:2	-F1:1	03/6	1,5mm2	1147	

Origen	Destino	Numeración de cable	Sección	Longitud (mm)	Referencia
-X01:+	-X02:+	03/6	1,5mm2	347	
-X01:-	-X02:-	03/5	1,5mm2	347	
-X02:+	-M01:+	03/6	1,5mm2	347	
-X02:-	-M01:-	03/5	1,5mm2	347	
-M01:+	-M02:+	03/6	1,5mm2	165	
-M01:-	-M02:-	03/5	1,5mm2	165	
-Q5:F1	-N07	W03	3G1,5mm2	1800	

TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL
Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO:
LISTADO DE CABLEADO ERU

FIRMA:

FECHA:
FEBRERO 2016

PLANO Nº:

28



Universidad de Oviedo

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Origen	Destino	Numeración de cable	Tipo	Longitud (mm)	Referencia
-N01:X000	-RED ANILLO ERU	04/1	Ethernet	--	
-N01:X001	-RED ANILLO UCD	04/2	Ethernet	--	
-N05:X1	-XRS485:1,2,3,4	08/1	Cable 1 par apantallado	365	
-N05:X2	-XRS485:4,5,6,7	08/2	Cable 1 par apantallado	365	
-N02	-X01	-B01	Bus plano	1m	
-N03	-X02	-B02	Bus plano	1m	
-N04	-M01, -M02	-B03	Bus plano	1m	
-N07:P1	-RED ANILLO ERU	09/01	Ethernet	--	

TÍTULO: PROYECTO SISTEMA DE PROTECCIÓN CIVIL
Y SEGURIDAD EN TÚNEL FERROVIARIO.

PLANO Nº:

29

PROPIETARIO: LUIS MIGUEL VÁZQUEZ FERRO

TITULACIÓN: MÁSTER MAIIND-UNIOVI

ESCALA:
SIN ESCALA

PLANO:
LISTADO DE CABLEADO 2 ERU

FIRMA:

FECHA:
FEBRERO 2016



Universidad de Oviedo