



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño de aplicaciones industriales para el banco de ensayos de control de máquinas eléctricas mediante un autómata programable.

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Mecatrónica

AUTOR/A: Sánchez Perona, Luis Miguel

Tutor/a: Puche Panadero, Rubén

Cotutor/a: Terrón Santiago, Carla

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Máster Universitario en Ingeniería Mecatrónica

---

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

Diseño de aplicaciones industriales para el  
banco de ensayos de control de máquinas  
eléctricas mediante un autómatas programable

---

**Autor:** Luis Miguel Sánchez Perona

**Tutor:** Rubén Puche Panadero

**Cotutor:** Carla Terrón Santiago

Valencia, septiembre de 2022



## **RESUMEN**

El presente Trabajo de Fin de Máster tiene como objetivo el diseño de aplicaciones industriales en las que se deba de controlar la velocidad y respondan a los perfiles típicos de carga: constante, escalonada, cuadrática e inversamente proporcional. Para ello, debe integrar todo el banco de ensayos de tal modo que el autómeta programable emule la aplicación industrial seleccionada mediante el control del motor síncrono de imanes permanentes que está acoplado por el eje al motor de inducción, que se regula por parte del usuario (alumno) en control de velocidad, también puede ser de forma automática. El fin es desarrollar un entorno de supervisión y monitorización accesible mediante diferentes dispositivos (PC, tabletas, smatphones), además desde la pantalla de operador (HMI) presente en el banco de ensayos.

## **RESUM**

El present Treball de Fi de Màster té com a objectiu el disseny d'aplicacions industrials en les quals s'haja de controlar la velocitat i responguen als perfils típics de càrrega: constant, escalonada, quadràtica i inversament proporcional. Per a això, ha d'integrar tot el banc d'assajos de tal manera que l'autòmat programable emule l'aplicació industrial seleccionada mitjançant el control del motor síncron d'imants permanents que està acoblat per l'eix al motor d'inducció, que es regula per part de l'usuari (alumne) en control de velocitat, també pot ser de manera automàtica. La fi és desenvolupar un entorn de supervisió i monitoratge accessible mitjançant diferents dispositius (PC, tauletetes, smatphones), a més des de la pantalla d'operador (HMI) present en el banc d'assajos.

## **ABSTRACT**

The objective of this Master's Thesis is the design industrial applications to speed control and respond to the typica load profiles: constant, step, quadratic and inversely proportional. To do, it must integrate the entire test benches in such a way that the programable controller emulates the selected industrial application by controlling the permanent magnet synchronous motor that is coupled by the shaft to the induction motor, which is regulated by the user (student) in speed control or be automatically. The aim is developing a supervision and monitoring environment accessible through different devices (PC, Tablet, smartphone), in addition from the Human-Machine Interface (HMI) present on the test bench.

## ÍNDICE

<b>1. MEMORIA.....</b>	<b>11</b>
1.1. OBJETO DEL PROYECTO.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	13
1.2.1. Académica.....	13
1.2.2. Funcional.....	13
1.3. FACTORES Y ESPECIFICACIONES A CONSIDERAR.....	14
1.3.1. Factores a considerar.....	14
1.3.2. Especificaciones del encargo.....	15
1.4. DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE ENSAYOS.....	15
1.4.1. PLC Siemens S7-1200 CPU1215C AC/DC/Rly.....	17
1.4.2. HMI Siemens KTP700 Basic.....	17
1.4.3. VFD ABB ACSM1.....	18
1.4.4. VFD Siemens G120C.....	18
1.4.5. VFD ABB ACS880.....	19
1.4.6. PMSM ABB MS4839.....	19
1.4.7. ACIM Siemens 1LA7106-4AA10.....	20
1.5. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE EMPLEADO.....	21
1.5.1. TIA Portal.....	21
1.5.2. DriveStudio.....	22
1.6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LOS PROGRAMAS IMPLEMENTADOS EN EL PLC.....	24
1.6.1. Control par/velocidad.....	25
1.6.2. Constante.....	25
1.6.3. Escalonado.....	26
1.6.4. Cuadrático.....	27
1.6.5. Inversamente proporcional.....	29
1.6.6. Cinta transportadora.....	31
1.6.7. Montacargas.....	33
1.6.8. Ventilador.....	35
1.6.9. Bobinadora.....	37
1.7. TÉCNICAS PARA LA MEDIDA DEL PAR RESISTENTE GENERADO POR EL PMSM.....	41
1.7.1. Medida con sonda de corriente y un voltímetro.....	44
1.7.2. Medida con sonda de corriente y muestreo de la señal con el PLC.....	45
1.7.3. Medida con sonda de corriente y un amplificador operacional.....	49
1.7.4. Medida con transductor de corriente y muestreo de la señal con un microcontrolador.....	63
1.8. CONCLUSIONES.....	70
<b>2. PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>73</b>
2.1. INTRODUCCIÓN.....	74
2.2. TÉRMINOS Y CONDICIONES DEL ENCARGO.....	74
<b>3. PRESUPUESTO.....</b>	<b>76</b>
3.1. DESGLOSE DEL PRESUPUESTO EN EL DESARROLLO DEL SOFTWARE.....	77



3.2.	DESGLOSE DEL PRESUPUESTO EN EL DESARROLLO DEL <i>HARDWARE</i> .	78
3.3.	DESGLOSE DEL PRESUPUESTO EN EQUIPOS Y MATERIALES.	79
3.4.	DESGLOSE DEL PRESUPUESTO DEL <i>SOFTWARE</i> DE TERCEROS.	80
3.5.	TOTAL PRESUPUESTO.	81
<b>4.</b>	<b>ANEXOS.</b>	<b>82</b>
ANEXO - I.	CONFIGURACIONES PREVIAS DE LOS EQUIPOS.	83
<i>Capítulo 1.</i>	<i>Configuración de equipos Siemens en TIA Portal.</i>	84
<i>Capítulo 2.</i>	<i>Configuración ABB ACS880 en TIA Portal.</i>	88
<i>Capítulo 3.</i>	<i>Configuración del SmartServer.</i>	90
<i>Capítulo 4.</i>	<i>Configuración del WebServer.</i>	91
ANEXO - II.	DIAGRAMA DE CONEXIONES ENTRE EQUIPOS.	93
ANEXO - III.	ESQUEMA DE CONEXIONES DEL PLC.	95
ANEXO - IV.	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL CÓDIGO DEL PLC.	97
ANEXO - V.	CÓDIGO TIA PORTAL.	119
ANEXO - VI.	CÓDIGO WEBSERVER.	166
ANEXO - VII.	INTERFAZ GRÁFICA HMI.	195
ANEXO - VIII.	INTERFAZ GRÁFICA WEBSERVER.	207
ANEXO - IX.	LISTA DE PARÁMETROS PERSONALIZADA SIEMENS G120C.	218
ANEXO - X.	CONFIGURACIÓN Y LISTA DE PARÁMETROS ABB ACS880.	228
<b>5.</b>	<b>REFERENCIAS.</b>	<b>233</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. EQUIPOS PRESENTES EN EL BANCO DE ENSAYOS. ....	12
FIGURA 2. RAMAS QUE CONFORMAN LA INGENIERÍA MECATRÓNICA. ....	14
FIGURA 3. BANCO DE ENSAYOS DE CONTROL DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS. ....	16
FIGURA 4. SIEMENS S7-1215C. ....	17
FIGURA 5. SIEMENS KTP700 BASIC. ....	17
FIGURA 6. ABB ACSM1. ....	18
FIGURA 7. SIEMENS G120C. ....	18
FIGURA 8. ABB ACS880. ....	19
FIGURA 9. ABB MS4839. ....	19
FIGURA 10. PLACA DE CARACTERÍSTICAS DEL ABB MS4839. ....	20
FIGURA 11. SIEMENS 1LA7106-4AA10. ....	20
FIGURA 12. PLACA DE CARACTERÍSTICAS DEL SIEMENS 1LA7106-4AA10. ....	20
FIGURA 13. EJEMPLO DE UN PROGRAMA DE MARCHA-PARO CON EL LENGUAJE KOP. ....	21
FIGURA 14. EJEMPLO DE UN PROGRAMA DE MARCHA-PARO CON EL LENGUAJE FUP. ....	22
FIGURA 15. EJEMPLO DE UN PROGRAMA DE MARCHA-PARO CON EL LENGUAJE SCL. ....	22
FIGURA 16. LISTA DE PARÁMETROS EN DRIVESTUDIO. ....	23
FIGURA 17. BLOQUE DE MARCHA/PARO EN DRIVESTUDIO. ....	23
FIGURA 18. MENÚS Y PROGRAMAS INCLUIDOS EN EL PLC. ....	24
FIGURA 19. RELACIÓN ENTRE EL PAR MOTOR Y POTENCIA EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD PARA UNA CARGA CONSTANTE. ....	25
FIGURA 20. RELACIÓN ENTRE PAR MOTOR Y POTENCIA EN FUNCIÓN DEL TIEMPO PARA UNA CARGA ESCALONADA. ....	26
FIGURA 21. RELACIÓN ENTRE EL PAR MOTOR Y POTENCIA EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD PARA UNA CARGA CUADRÁTICA. ....	27
FIGURA 22. RELACIÓN ENTRE EL PAR MOTOR Y LA VELOCIDAD MODIFICANDO LA CURVA DE CARGA CUADRÁTICA. ....	28
FIGURA 23. RELACIÓN ENTRE EL PAR MOTOR Y POTENCIA EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD PARA UNA CARGA INVERSAMENTE PROPORCIONAL. ....	29
FIGURA 24. RELACIÓN ENTRE EL PAR MOTOR Y LA VELOCIDAD MODIFICANDO LA CURVA DE CARGA INVERSAMENTE PROPORCIONAL. ....	30
FIGURA 25. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL TAMBOR MOTRIZ DE LA CINTA TRANSPORTADORA. ....	31
FIGURA 26. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL MONTACARGAS. ....	33
FIGURA 27. VELOCIDAD, POTENCIA Y PAR MOTOR EN FUNCIÓN DEL CAUDAL DEL VENTILADOR. ....	37
FIGURA 28. PAR MOTOR EN FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD PARA CADA TIPO DE MATERIAL DE LA BOBINADORA. ....	40
FIGURA 29. CORRIENTE RESPECTO AL PAR GENERADO EN EL PMSM. ....	42
FIGURA 30. FRECUENCIA RESPECTO A LA VELOCIDAD ANGULAR DEL PMSM. ....	42
FIGURA 31. EQUIPO INVOLUCRADO EN LA GENERACIÓN DE PAR RESISTENTE EN EL BANCO DE ENSAYOS. ....	43
FIGURA 32. CHAUVIN ARNOUX MN39. ....	44
FIGURA 33. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL VALOR TRUE RMS PROVENIENTE DE LA Sonda DE CORRIENTE. ....	45
FIGURA 34. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL MUESTREO DE LA SEÑAL PROVENIENTE DE LA Sonda DE CORRIENTE. ....	46
FIGURA 35. DATOS TRAS EL PROCESO DE MUESTREO DE LA SEÑAL PROVENIENTE DE LA Sonda DE CORRIENTE. ....	47
FIGURA 36. CIRCUITO PARA LA AMPLIFICACIÓN Y RECTIFICACIÓN DE LA SEÑAL MEDIANTE UN OPAM. ....	49
FIGURA 37. CIRCUITO SIMPLIFICADO DE UN AMPLIFICADOR OPERACIONAL. ....	50
FIGURA 38. CIRCUITO NO INVERSOR CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL. ....	51
FIGURA 39. RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN DE ENTRADA Y LA SALIDA DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL NO INVERSOR. ....	53
FIGURA 40. TENSIÓN DE ENTRADA (TRAZO AZUL) Y TENSIÓN DE SALIDA (TRAZO VERDE) DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL. ...	54



FIGURA 41. MONTAJE EN PROTOBOARD DEL CIRCUITO CON EL AMPLIFICADOR OPERACIONAL NO INVERSOR. ....	54
FIGURA 42. LEM LTSR 6-NP. ....	64
FIGURA 43. ATMEL ATTINY13-20PU. ....	64
FIGURA 44. CIRCUITO PARA EL MUESTREO DE LA SEÑAL MEDIANTE UN MICROCONTROLADOR. ....	65
FIGURA 45. DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL MUESTREO DE LA SEÑAL PROVENIENTE DEL TRANSDUCTOR DE CORRIENTE. ....	67
FIGURA 46. SEÑAL PROVENIENTE DEL TRANSDUCTOR DE CORRIENTE (AMARILLA) Y LA SALIDA DEL CIRCUITO (AZUL) PARA UN PAR RESISTENTE DE 15,5 N·M. ....	68
FIGURA 47. SEÑAL PROVENIENTE DEL TRANSDUCTOR DE CORRIENTE (AMARILLA) Y LA SALIDA DEL CIRCUITO (AZUL) PARA UN PAR RESISTENTE DE 8 N·M. ....	68
FIGURA 48. VARIACIÓN DE LA TENSIÓN A LA SALIDA DEL TRANSDUCTOR DE CORRIENTE EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA DE LA SEÑAL CON CARGA CONSTANTE. ....	69
FIGURA 49. CREACIÓN DE UN PROYECTO NUEVO EN TIA PORTAL. ....	84
FIGURA 50. AGREGAR NUEVO DISPOSITIVO EN TIA PORTAL. ....	85
FIGURA 51. CONFIGURACIÓN DEL PROTOCOLO PROFINET ENTRE EQUIPOS. ....	86
FIGURA 52. CONFIGURACIÓN DE LA DIRECCIÓN IP Y LA MÁSCARA DE SUBRED. ....	86
FIGURA 53. CATÁLOGO DE HARDWARE PARA EL PLC. ....	87
FIGURA 54. CONFIGURACIÓN DEL MÓDULO EXPANSOR DE SALIDA ANALÓGICA. ....	87
FIGURA 55. CATÁLOGO DE DESCARGAS DE SOFTWARE DE ABB. ....	88
FIGURA 56. INSTALACIÓN DEL DRIVER PARA FENA-11 EN TIA PORTAL. ....	88
FIGURA 57. SELECCIÓN DEL MÓDULO FENA-11. ....	89
FIGURA 58. SELECCIÓN DE LA VERSIÓN DEL MÓDULO FENA-11. ....	89
FIGURA 59. EJEMPLO DE CONFIGURACIÓN E/S FENA-11 CON LAS DIRECCIONES 100-111. ....	90
FIGURA 60. ACTIVACIÓN DEL CONTROL REMOTO DEL PANEL HMI. ....	90
FIGURA 61. VENTANA DE ACCESO A SMARTSERVER. ....	91
FIGURA 62. CONFIGURACIÓN DEL WEBSERVER EN TIA PORTAL. ....	92



## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESPUESTA A UN ESCALÓN (MS), 0 V A 10 V MEDIDO A 95%.....	48
TABLA 2. REPRESENTACIÓN DE ENTRADAS ANALÓGICAS PARA TENSIÓN (CPU).....	48
TABLA 3. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 1500 RPM.....	55
TABLA 4. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 1350 RPM.....	55
TABLA 5. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 1200 RPM.....	56
TABLA 6. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 1050 RPM.....	56
TABLA 7. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 900 RPM.....	56
TABLA 8. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 750 RPM.....	57
TABLA 9. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 600 RPM.....	57
TABLA 10. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 450 RPM.....	57
TABLA 11. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 300 RPM.....	58
TABLA 12. ENSAYO DEL CIRCUITO CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 150 RPM.....	58
TABLA 13. PENDIENTE Y ORDENADA EN EL ORIGEN PARA CADA RANGO DE VELOCIDAD. ....	59
TABLA 14. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 1500 RPM.....	59
TABLA 15. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 1350 RPM.....	60
TABLA 16. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 1200 RPM.....	60
TABLA 17. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 1050 RPM.....	60
TABLA 18. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 900 RPM.....	61
TABLA 19. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 750 RPM.....	61
TABLA 20. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 600 RPM.....	61
TABLA 21. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 450 RPM.....	62
TABLA 22. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 300 RPM.....	62
TABLA 23. RESULTADO DEL ERROR PARA UNA VELOCIDAD DEL ACIM DE 150 RPM.....	62
TABLA 24. RELACIÓN ENTRE LA TENSIÓN A LA SALIDA DEL TRANSDUCTOR DE CORRIENTE Y LA VELOCIDAD DEL ACIM PARA CARGAS CONSTANTES.....	69

**TABLA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS**

<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller	Controlador lógico programable
<b>HMI</b>	Human-Machine Interface	Interfaz humano-máquina
<b>SCADA</b>	Supervisory Control And Data Acquisition	Control supervisor y de adquisición de datos
<b>VFD</b>	Variable Frequency Drive	Variador de frecuencia
<b>VSD</b>	Variable Speed Drive	Variador de velocidad
<b>ACIM</b>	Alternating Current Induction Motor	Motor de inducción de corriente alterna
<b>PMSM</b>	Permanent Magnet Synchronous Motor	Motor síncrono de imanes permanentes
<b>SYRM</b>	Synchronous Reluctance Motor	Motor síncrono de reluctancia
<b>PC</b>	Personal Computer	Ordenador personal
<b>FOC</b>	Field-Oriented Control	Control de campo orientado
<b>DTC</b>	Direct Torque Control	Control directo de par
<b>TIA Portal</b>	Totally Integrated Automation Portal	Portal de automatización totalmente integrada
<b>KOP</b>	Kontakplan	Lógica de contactos
<b>FUP</b>	Funktionsplan	Bloques de función
<b>SCL</b>	Structured Control Language	Lenguaje de control estructurado
<b>OB</b>	Organization Block	Bloque de organización
<b>FB</b>	Function Block	Bloque de función
<b>FC</b>	Function	Función
<b>DB</b>	Data Block	Bloque de datos
<b>IO</b>	Input / Output	Entradas / Salidas
<b>DI</b>	Digital Input	Entrada digital



<b>DQ</b>	Digital Output	Salida digital
<b>AI</b>	Analog Input	Entrada Analógica
<b>AQ</b>	Analog Output	Salida Analógica
<b>PROFINET</b>	Process Field Net	Red de campo de procesos
<b>RMS</b>	Root Mean Square	Media cuadrática (valor eficaz)
<b>ADC</b>	Analog to Digital Converter	Convertor digital a analógico
<b>DAC</b>	Digital to Analog Converter	Convertor analógico a digital
<b>OPAM</b>	Operational amplifier	Amplificador operacional
<b>GPIO</b>	General Purpose Input Output	Entrada salida de propósito general
<b>PWM</b>	Pulse Width Modulation	Modulación por ancho de pulso
<b>IP</b>	Internet Protocol	Protocolo de internet
<b>MAC</b>	Media Access Control	Control de acceso a medios
<b>Max</b>	-	Máximo
<b>Min</b>	-	Mínimo
<b>Ref</b>	-	Referencia
<b>Nom</b>	-	Nominal



# 1. Memoria.

### 1.1. Objeto del proyecto.

El presente Trabajo de Fin de Máster expone el proceso de diseño, programación y automatización aplicado al banco de ensayos ubicado en el Laboratorio de Control de Máquinas y Accionamientos Eléctricos del Departamento de Ingeniería Eléctrica con el fin de emular aplicaciones industriales en las que se requiera un control de velocidad. Para ello se van a emplear los diferentes equipos ya disponibles para crear un entorno accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet y un navegador web, además del propio panel HMI, con el fin de controlar, monitorizar y supervisar el control aplicado al PMSM y al ACIM. Todo ello controlado mediante un PLC el cual se encarga de comunicarse con los diferentes equipos, procesar la información recibida y enviar nuevas instrucciones y datos a los equipos que lo requieran.

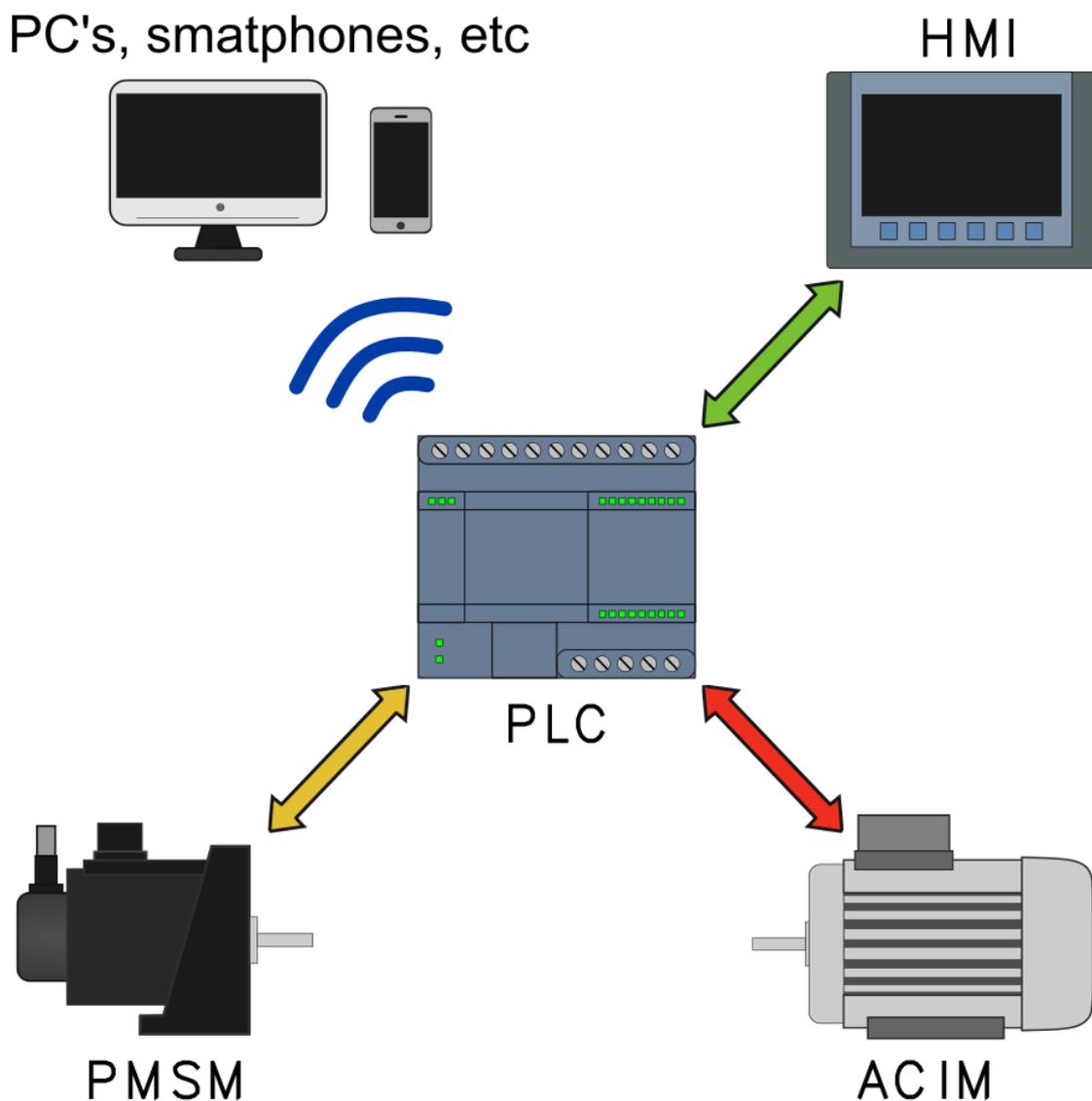


Figura 1. Equipos presentes en el banco de ensayos.

Por lo tanto, la finalidad de este proyecto es tener un control total del PMSM, con el fin de poder emular ocho programas comprendidos entre perfiles de carga, los cuales son:

- Constante.
- Escalonado
- Cuadrático.
- Inversamente proporcional.

Y aplicaciones, las cuales son:

- Cinta transportadora.
- Montacargas.
- Ventilador.
- Bobinadora.

Más un control directo de par y/o velocidad del PMSM. Todo ello a través de una interfaz donde se puedan modificar las variables disponibles y muestre de manera clara los valores de par y velocidad, tanto de forma numérica como gráfica, aplicados al ACIM.

## **1.2. Justificación del proyecto.**

### **1.2.1. Académica.**

Según lo establecido en el Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, se atiende a la obligatoriedad de realizar un Trabajo de Fin de Máster para la obtención del título académico en Ingeniería Mecatrónica.

*“Estas enseñanzas concluirán con la elaboración y defensa pública de un trabajo de fin de Máster, que tendrá entre 6 y 30 créditos”.*

[Boletín Oficial del Estado; Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre; núm. 260; Capítulo IV, Artículo 15]

### **1.2.2. Funcional.**

El motivo por el cual se ha planteado el desarrollo de este proyecto se debe a la alta conexión que tiene con el Máster cursado en Ingeniería Mecatrónica. Ya que, en el desarrollo de este proyecto, se van a emplear aspectos relacionados con el control de motores, cálculos mecánicos para emular las aplicaciones industriales, desarrollo de códigos de programación para el control y la página web y el diseño de circuitos electrónicos para el análisis de distintas señales.

Todos estos aspectos conforman las distintas ramas que definen la ingeniería mecatrónica, tal y como se muestra en la figura 2.

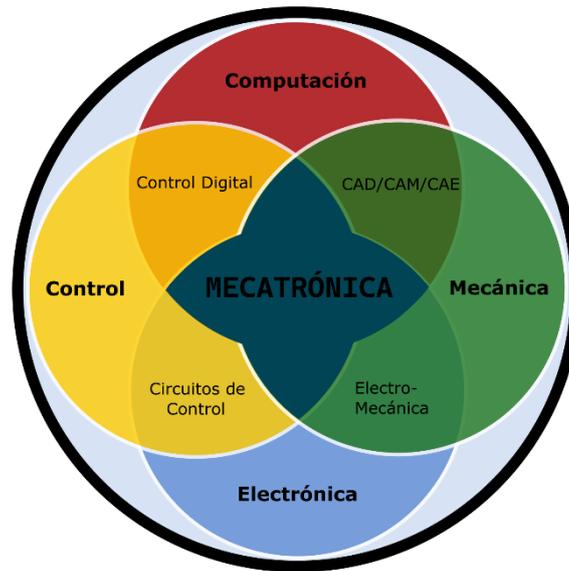


Figura 2. Ramas que conforman la ingeniería mecatrónica.

### 1.3. Factores y especificaciones a considerar.

#### 1.3.1. Factores a considerar.

Este trabajo forma parte de un proceso de mejora del puesto de control ya existente en el laboratorio, el cual permite el control de par o de velocidad del PMSM, pudiendo ver dichos valores en el HMI. Estas mejoras son planteadas en el apartado 1.3.2.

Dada la necesidad de trabajar sobre el propio puesto de control modificando los programas que ya incluía, realizando cambios en las configuraciones de los equipos y modificando conexiones entre ellos, es necesario habilitar uno de los puestos para el uso exclusivo durante el transcurso de este proyecto. Facilitando el trabajo sin la necesidad de adaptar los programas para que otro usuario trabaje en dicho puesto.

Otro aspecto a tener en cuenta es el equipo informático empleado. Dado que el *software* que se va a utilizar no exige demasiados recursos, se ha optado por un ordenador portátil de la marca Acer, con las siguientes características:

- Procesador Intel Core i5-1135G7 a 2,40GHz.
- Memoria RAM 16GB DDR4.
- Disco duro 512GB NVMe SSD.
- Sistema Operativo Windows 10 Enterprise.

### 1.3.2. Especificaciones del encargo.

El resultado final debe de cumplir ciertos requisitos negociados con el tutor para considerarse apto, estos son:

- Control de par y velocidad del PMSM.
- Control de los principales perfiles de carga en industria (constante, escalonado, cuadrático e inversamente proporcional).
- Control de aplicaciones industriales que cumplan los anteriores perfiles de carga, representado de un método más visual para el usuario.
- Accesibilidad desde diversos dispositivos conectados a internet mediante un navegador web, además del propio HMI.
- Máxima conectividad entre equipos, empleando el protocolo de comunicación más adecuado.
- Accesibilidad desde el panel HMI a todas las variables involucradas en el proceso de control, con la finalidad de poder visualizarlas y modificarlas en caso necesario sin necesidad de conectarse desde un ordenador.

### 1.4. Descripción del banco de ensayos.

El banco de ensayos consiste en un armazón metálico el cual da soporte a los distintos equipos de control, medida, protección y accionamientos para realizar las distintas prácticas que se desarrollan en el laboratorio.

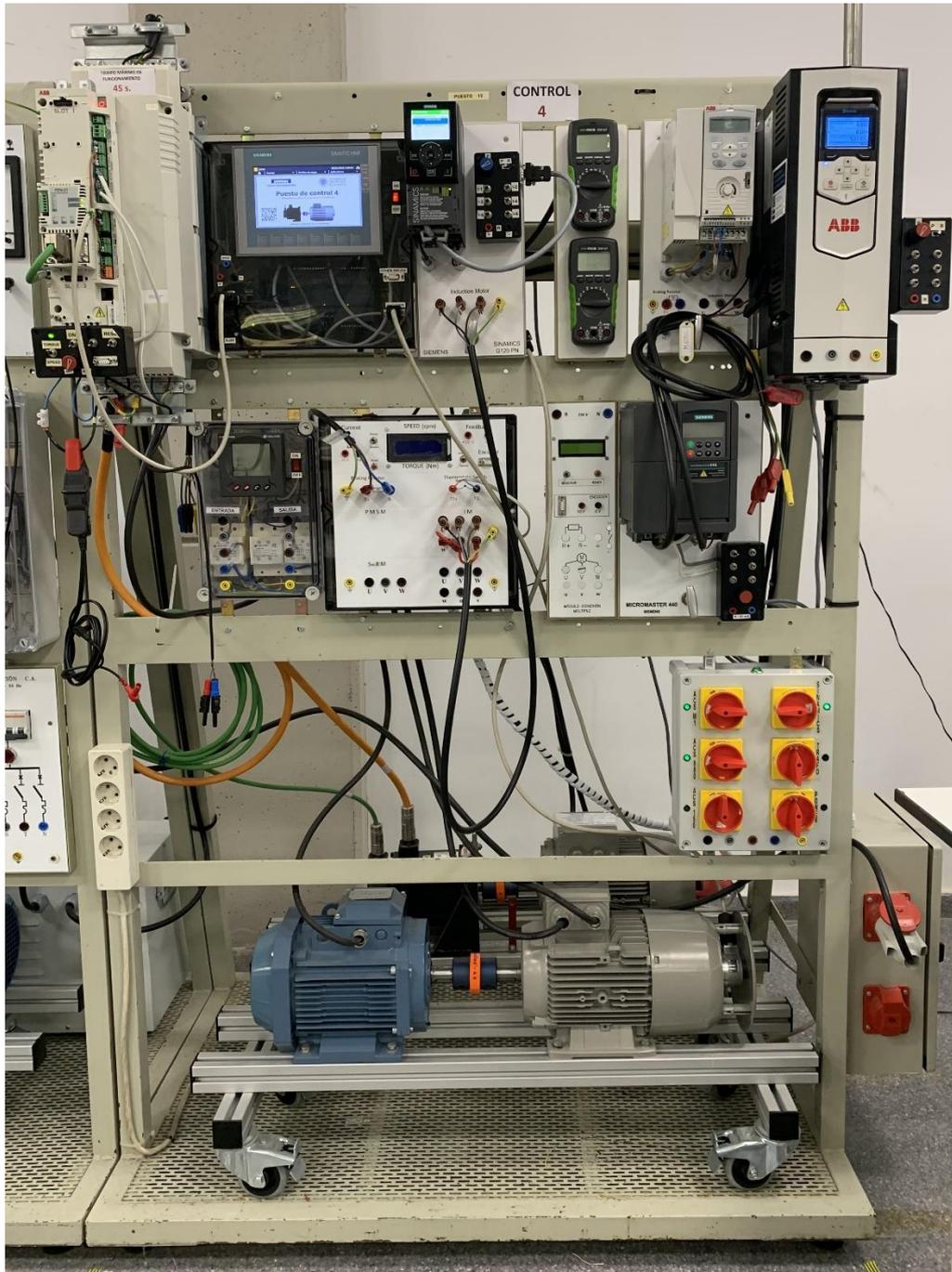
Este se puede catalogar en dos grupos. El formado por los convertidores, los cuales son:

- ABB ACSM1.
- ABB ACS150.
- ABB ACS880.
- Siemens M440.
- Siemens G120C.

Y el de motores, los cuales son:

- ACIM – PMSM.
- ACIM – SYRM.

En la figura 3 se puede ver una vista general del puesto de control, donde el grupo de convertidores se encuentra en la parte superior y el de motores en la inferior. Siendo el frontal el grupo de ACIM – SYRM y el trasero el ACIM – PMSM.



*Figura 3. Banco de ensayos de control de máquinas eléctricas.*

En lo que respecta a este proyecto se ha empleado el grupo de convertidores de: ABB ACSM1, ABB ACS880 y Siemens G120C y el grupo de motores de: ACIM – PMSM. Los cuales son descritos en los apartados 1.4.1 hasta el 1.4.7. junto al conjunto del PLC y el panel HMI.

#### 1.4.1. PLC Siemens S7-1200 CPU1215C AC/DC/Rly.



Figura 4. Siemens S7-1215C.

El autómata programable es la parte más fundamental de este proyecto. Este supervisa constantemente el estado de sus entradas y en función de la programación realizada por el usuario, actualiza sus salidas.

En el caso del Siemens S7-1200 empleado en el laboratorio; este es cuenta con 14 entradas digitales, 10 salidas a relé, 2 entradas analógicas de tensión y 2 salidas analógicas de corriente.

Además, se le ha incluido un módulo expander de una salida analógica, el modelo 6ES7 232-4HA30-0XB0, el cual permite configurar el tipo de salida deseada, siendo en este caso de tensión.

#### 1.4.2. HMI Siemens KTP700 Basic.

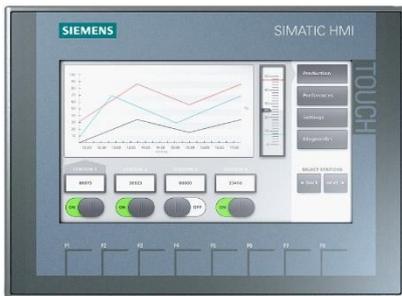


Figura 5. Siemens KTP700 Basic.

El panel HMI es uno de los elementos más comunes para la interacción entre el usuario y la máquina de manera gráfica. Este muestra a los operadores y supervisores información útil sobre el proceso de producción de la planta, pudiendo interactuar con ella gracias a su pantalla táctil de 7". Además de contar con ocho botones físicos los cuales, junto con todo el apartado de interacción visual, se pueden programar para realizar la

función deseada desde el mismo *software* con el cual se programa el PLC, gracias a que ambos son del mismo fabricante.

Del mismo modo que el diseño del entorno visual se agiliza al compartir plataforma, también lo hace a la hora de compartir variables entre el panel HMI y el PLC por el mismo motivo, realizándose de manera muy sencilla a través del *software*. Siendo el protocolo de comunicación entre ambos equipos PROFINET, ya que es el protocolo más extendido entre las redes industriales.

### 1.4.3. VFD ABB ACSM1.



Figura 6. ABB ACSM1.

El ABB ACSM1 es un variador de frecuencia destinado al control de par, velocidad y posición tanto de motores síncronos como asíncronos, con o sin realimentación.

Este incluye 6 entradas digitales, 3 GPIO 2 entradas analógicas y 2 salidas analógicas, una de tensión y otra de corriente.

En el puesto de control, este variador está destinado al control del PMSM, mediante la técnica de control DTC. Por razones de simplicidad para el trabajo por parte del alumnado y profesorado a la hora de realizar las prácticas, las consignas de arranque, parada, par de referencia, etc. son recibidas mediante las entradas/salidas del variador,

pudiendo así intercambiar de manera sencilla el control de forma manual mediante una botonera externa o mediante el PLC a través de un conector DB9.

### 1.4.4. VFD Siemens G120C.



Figura 7. Siemens G120C.

El Siemens G120C es un variador de frecuencia de uso general diseñado para el control de motores asíncronos, con o sin realimentación.

Este incluye 6 entradas digitales, 2 salidas digitales, 1 entrada analógica configurable en tensión o corriente y 1 salida analógica configurable en tensión o corriente.

En el puesto de control, este es uno de los tantos variadores destinados al control del ACIM. Su configuración es realizada por parte del alumnado, en función de la práctica asignada por el profesor; por lo tanto, al igual que ocurre con el ABB ACSM1, las referencias de

marcha, paro, velocidad de giro, sentido de giro, etc. vienen desde una botonera externa hacia las entradas/salidas del variador a través de un conector DB9.

#### 1.4.5. VFD ABB ACS880.



El ABB ACS880 es un variador de frecuencia con alta flexibilidad para trabajar en cualquier aplicación que incluya motores de corriente alterna, incluidos los motores de imanes permanentes y los motores síncronos de reluctancia. Esto es posible ya que, al igual que el ABB ACSM1, este motor trabaja en control directo de par (DTC).

Este incluye 6 entradas digitales, 5 salidas digitales, 2 entradas analógicas y 2 salidas analógicas, todas ellas configurables en tensión o corriente.

*Figura 8. ABB ACS880.* Este variador está destinado al control tanto del ACIM como del SYRM. Junto con el Siemens G120C, engloban los controles para motores de corriente alterna más comunes empleados en industria. Por lo tanto, para facilitar su uso por parte del alumnado, este también es gobernado por una botonera externa a través de sus entradas/salidas.

#### 1.4.6. PMSM ABB MS4839.



*Figura 9. ABB MS4839.*

El ABB MS4839 es un servomotor sin escobillas de corriente alterna. Este incluye solidario a su eje un resolver con el cual poder medir la posición angular y velocidad de giro del motor, para así poder actuar el control DTC proveniente del variador ABB ACSM1. Gracias a ello, se puede hacer trabajar a estos motores con control de par, velocidad o posición.

En el banco de ensayos, este motor se emplea mayormente como generador de par resistente para el ACIM, ya que la relación existente entre la corriente y el par generado en este tipo de motores es lineal, por lo que se puede realizar una conversión sencilla para la medida de esta magnitud. Siendo esta de gran utilidad para los ensayos pertinentes sobre el ACIM.

Las características principales del PMSM ABB MS4839 son las mostradas en la figura 10.



Figura 10. Placa de características del ABB MS4839.

#### 1.4.7. ACIM Siemens 1LA7106-4AA10.

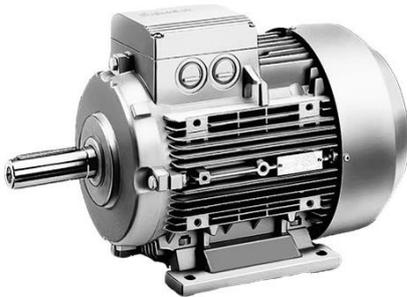


Figura 11. Siemens 1LA7106-4AA10.

El Siemens 1LA7106-4AA10 es un motor de inducción de corriente alterna con rotor de jaula de ardilla.

Este tipo de motores son los más comunes que se encuentran en industria. Dada su robustez y simpleza son empleados para todo tipo de aplicaciones industriales, agrónomas, vehículos eléctricos, etc. Es por ello por lo que es de gran

interés su estudio y comprensión de funcionamiento; por lo tanto, el banco de ensayos está especialmente diseñado para la realización de ensayos sobre este motor.

Las características principales del ACIM Siemens 1LA7106-4AA10 son las mostradas en la figura 12.

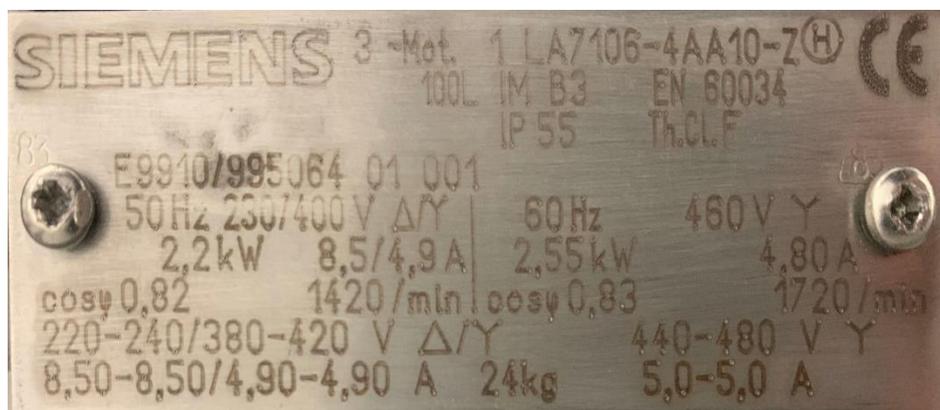


Figura 12. Placa de características del Siemens 1LA7106-4AA10.

## 1.5. Descripción del software empleado.

### 1.5.1. TIA Portal.

TIA Portal es un *software* desarrollado por Siemens el cual integra todas las tareas de automatización (PLC, HMI, SCADA, accionamientos, etc.) que se pueden encontrar en industria. Facilitando la interconexión y operación de los equipos de una misma planta.

Respecto a su uso referente a la programación de PLCs, este da la opción de elegir el lenguaje que más se adapte al usuario dentro de los lenguajes que incluye la marca. Estos son: KOP, FUP y SCL para la serie S7-1200 y S7-1500; y AWL para la serie S7-1500.

Dado que este proyecto está desarrollado con la serie S7-1200, es de gran interés conocer los tres primeros lenguajes mencionados.

- **KOP:**

El lenguaje KOP, denominado también diagrama de contactos o diagrama de escalera, hace uso de la lógica booleana por medio de contactos serie y paralelo.

Dada esta lógica, su interpretación se hace muy sencilla, ya que vendría a representar la lógica cableada mediante contactores y relés. Facilitando así su interpretación por técnicos que no conocen lenguajes más complejos.

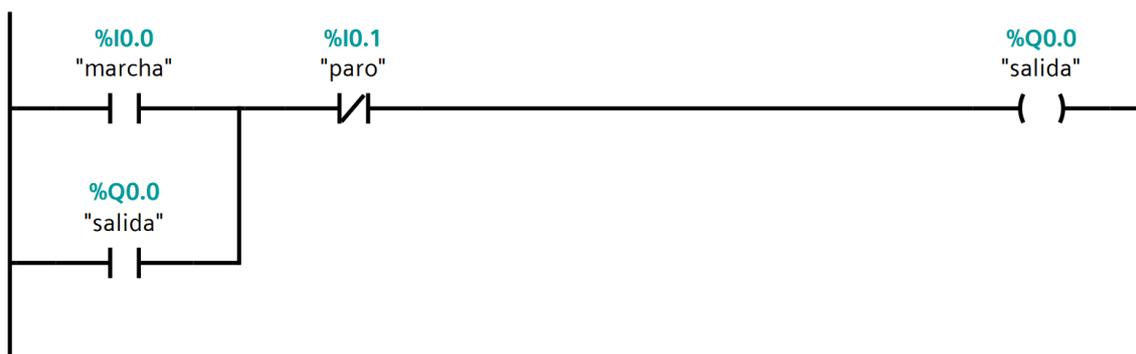


Figura 13. Ejemplo de un programa de marcha-paro con el lenguaje KOP.

- **FUP:**

El lenguaje FUP, o diagrama de bloques de función, también está ligado a la lógica booleana, pero en este caso agrupa la lógica en bloques, haciendo que trabajar con este lenguaje sea similar a hacerlo con puertas lógicas.

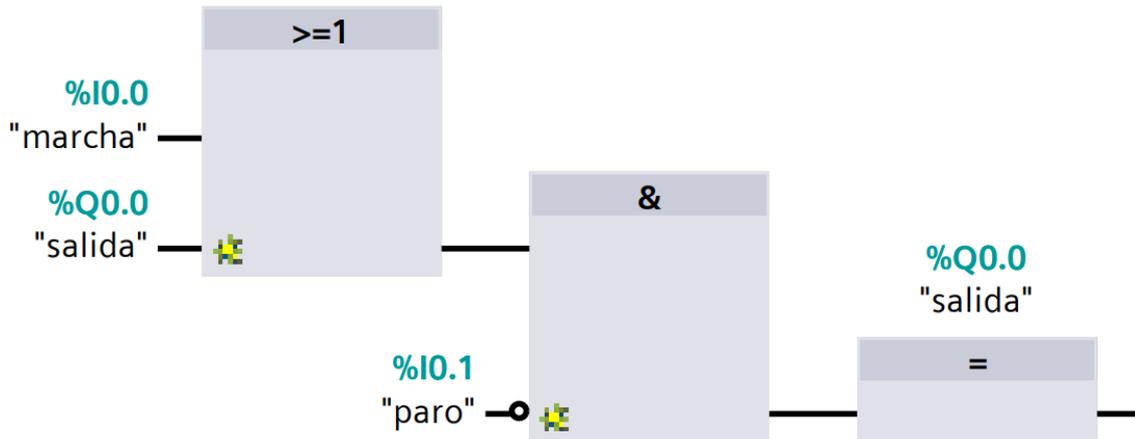


Figura 14. Ejemplo de un programa de marcha-paro con el lenguaje FUP.

- **SCL:**

El lenguaje SCL, o listas de instrucciones, es un lenguaje de alto nivel que se basa en la programación mediante texto estructurado, similar a como se programan las aplicaciones informáticas.

Dada su característica en la que se sustituyen bloques y líneas por texto, permite realizar programas más compactos, pero por el contrario su interpretación se hace más compleja, en especial para los usuarios que no tienen conocimientos en lenguajes de programación de alto nivel.

```
0001 "salida" := ("marcha" OR "salida") AND NOT "paro";
```

Figura 15. Ejemplo de un programa de marcha-paro con el lenguaje SCL.

### 1.5.2. DriveStudio.

DriveStudio es un software diseñado para la serie de convertidores de ABB ACSM1. Este permite ajustar parámetros del convertidor, monitorizar sus variables y ajustar el rendimiento durante el ciclo de vida de este. Para ello el *software* incluye una lista de parámetros organizados por funciones que se corresponde con todas las variables a modificar.

Además, DriveStudio también incluye una serie de bloques con los que interactuar de manera más visual con el convertidor, teniendo una gran cantidad de opciones disponibles en función de las necesidades del usuario.

Name	Value	Unit	Min	Max
1 ACTUAL VALUES				
2 I/O VALUES				
3 CONTROL VALUES				
4 POS CTRL VALUES				
6 DRIVE STATUS				
8 ALARMS & FAULTS				
9 SYSTEM INFO				
10 START/STOP				
11 START/STOP MODE				
1 START MODE	ConstDC (AM)		0	1
2 DC MAGN TIME	300	ms	0	10000
3 STOP MODE	Coast		1	2
12 DIGITAL IO				
13 ANALOGUE INPUTS				
15 ANALOGUE OUTPUTS				
16 SYSTEM				
20 LIMITS				
22 SPEED FEEDBACK				
24 SPEED REF MOD				

Figura 16. Lista de parámetros en DriveStudio.

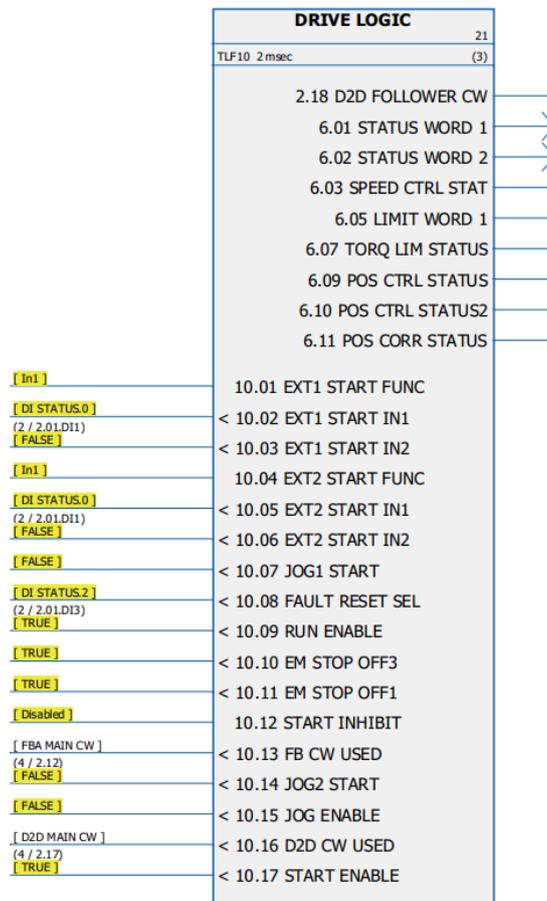


Figura 17. Bloque de marcha/paro en DriveStudio.

### 1.6. Fundamentos teóricos de los programas implementados en el PLC.

Como ya se ha comentado, se va a diseñar ocho programas para el puesto de control. Cuatro de ellos serán de carácter teórico, simulando los tipos de carga más comunes en industria y los otros cuatro tendrán un carácter más práctico, simulando maquinaria real.

El despiece completo de estos programas se puede observar en la figura 18.

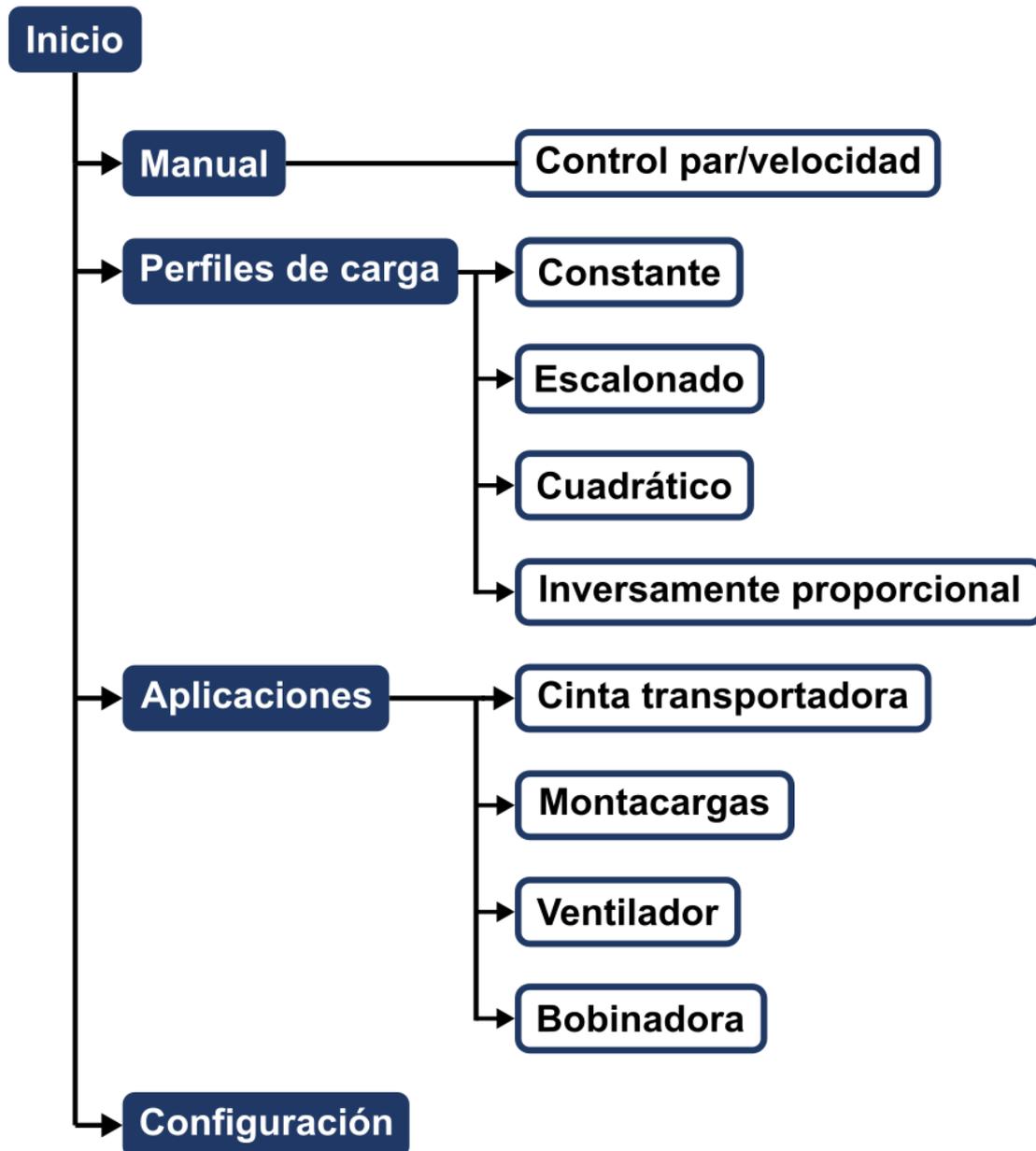


Figura 18. Menús y programas incluidos en el PLC.

### 1.6.1. Control par/velocidad.

Como ya se ha explicado en los apartados 1.4.3 y 1.4.6, referentes al convertidor ACSM1 y el PMSM, este motor es capaz de trabajar tanto en control de par, velocidad o posición. En el caso del puesto de control se ha decidido tener las opciones de trabajar en régimen de par o velocidad; por lo tanto, se ha creado un programa en el cual, a través del panel HMI, seleccionar uno u otro modo e introducir el valor de la respectiva magnitud, siendo este valor en tanto por cien. Correspondiendo el 100% a 15,5 N·m si se trabaja en modo de par y 1500 rpm si se trabaja en modo de velocidad.

### 1.6.2. Constante.

En este tipo de carga el par se mantiene invariante independientemente de la velocidad, es la potencia la que crece linealmente con esta. Este modo de funcionamiento es común en cintas transportadoras, alimentadores, etc.

En la figura 19 se muestra gráficamente la relación entre estas magnitudes.

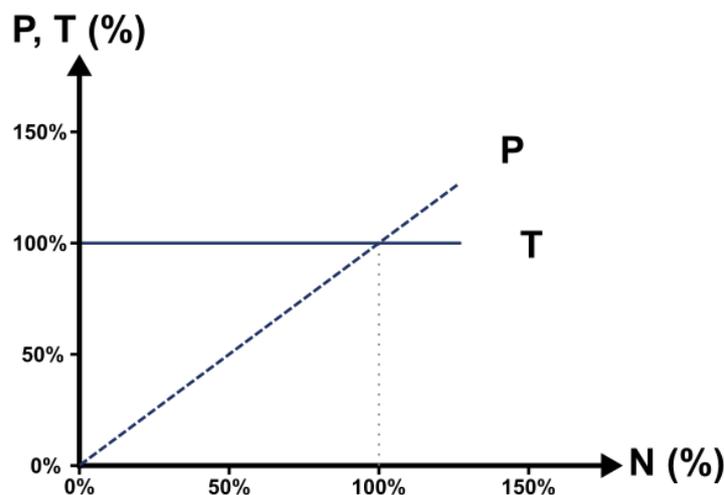


Figura 19. Relación entre el par motor y potencia en función de la velocidad para una carga constante.

Esta afirmación se puede comprobar analizando la expresión que relaciona estas tres magnitudes:

$$P = T \cdot \omega \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde:

- $P$ : potencia (W)
- $T$ : par motor (N·m)
- $\omega$ : velocidad angular (rad/s)

Como se puede observar, para que el par motor se mantenga constante ante una variación de velocidad la potencia debe variar linealmente con esta y, dado que no hay ningún fenómeno físico que modifique esta relación, esta se mantiene durante todo el rango de velocidades.

Para la implementación de este tipo de carga en el puesto de control, en primer lugar, se toma a través del panel HMI el valor de par resistente deseado por el usuario. Este valor es enviado al PLC, para posteriormente volcarlo en el convertidor ACSM1 a través de una señal analógica. Finalmente, este se encargará a través de su control de que el PMSM aplique dicho par resistente al ACIM.

### 1.6.3. Escalonado.

Similar al tipo de carga constante, la carga escalonada se caracteriza por ciclos de par resistente variante en el tiempo. Este modo de funcionamiento se da en maquinaria como cintas transportadoras, montacargas, etc. Pero como ya se ha comentado, con variaciones de carga en el transcurso del tiempo.

En la figura 20 se muestra gráficamente este tipo de carga, considerando en este caso una velocidad angular del 100% sobre la nominal del motor.

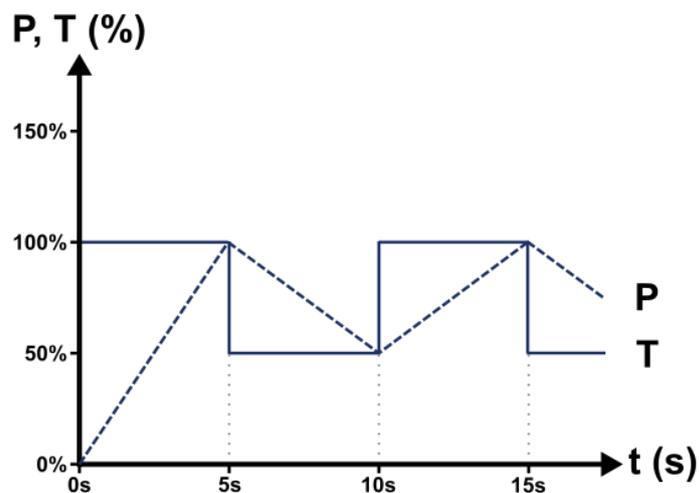


Figura 20. Relación entre par motor y potencia en función del tiempo para una carga escalonada.

La implementación de este tipo de carga se ha realizado mediante dos temporizadores para simular dos escalones de par. El usuario introduce el tiempo de cada escalón junto al par resistente que quiere aplicar a cada escalón a través del panel HMI, esta información la recopila el PLC y la envía al convertidor ACSM1 de manera cíclica a través de una de sus salidas analógicas.

#### 1.6.4. Cuadrático.

Este tipo de carga es de las más comunes. Especialmente se encuentra en máquinas centrífugas donde se desplace un fluido, como por ejemplo bombas y ventiladores.

En este caso, ante un incremento de la velocidad angular el par motor varía cuadráticamente y la potencia cúbicamente. Esta condición se puede observar de manera gráfica en la figura 21.

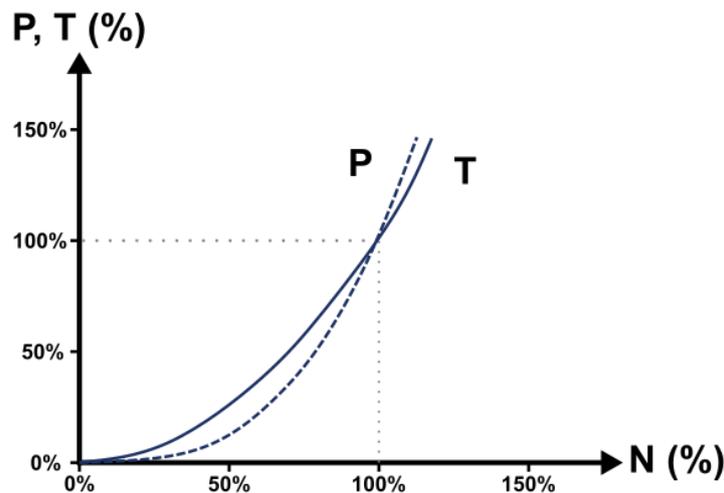


Figura 21. Relación entre el par motor y potencia en función de la velocidad para una carga cuadrática.

Matemáticamente, esta afirmación se puede expresar del siguiente modo:

$$T = k \cdot \omega^2 \quad [\text{Ec.2}]$$

Donde:

- $T$ : par motor (N·m)
- $k$ : constante motor
- $\omega$ : velocidad angular (rad/s)

Y sustituyendo los valores de la ecuación 2 en la ecuación 1 se obtiene:

$$P = k \cdot \omega^3 \quad [\text{Ec.3}]$$

Donde:

- $P$ : potencia (W)
- $k$ : constante motor
- $\omega$ : velocidad angular (rad/s)

Para la implementación de esta carga en el PLC, en primer lugar, se ha de obtener la constante  $k$  del motor. Esta se obtiene a partir de la ecuación 2, empleando los valores nominales del sistema, siendo el resultado el siguiente:

$$k = \frac{T_{nom}}{N_{nom}^2} = \frac{15,5}{1500^2} = 6.9E - 06 \quad [Ec.4]$$

Donde:

- $k$ : constante motor
- $T_{nom}$ : par motor (N·m)
- $N_{nom}$ : velocidad angular (rpm)

Una vez obtenido este valor, se ha implementado un programa en el que el usuario selecciona el par máximo que desea aplicar a velocidad nominal, todo ello a través del panel HMI, de este modo, puede ir modificando la curva de par a su antojo, tal y como se muestra en la figura 22.

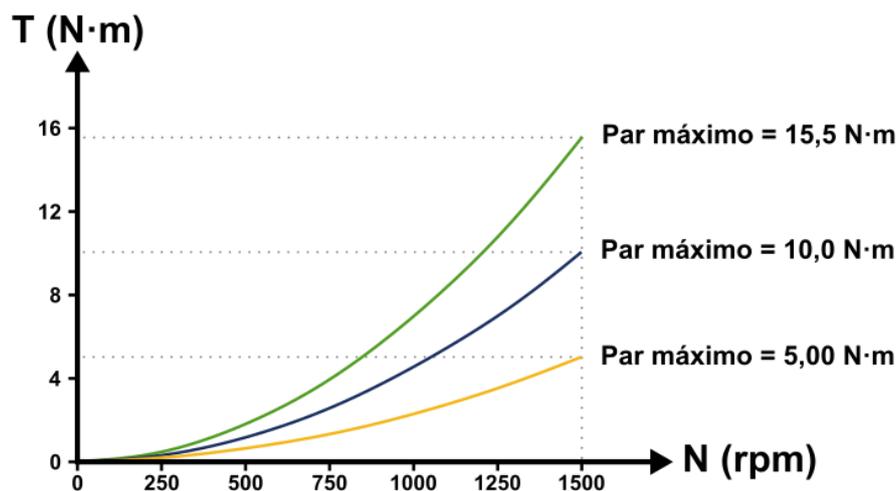


Figura 22. Relación entre el par motor y la velocidad modificando la curva de carga cuadrática.

Y la expresión que da lugar a estas curvas a través del PLC es la siguiente:

$$T = \frac{T_{m\acute{a}x} \cdot k \cdot N_{mot}^2}{T_{nom}} \quad [Ec.5]$$

Donde:

- $T$ : par aplicado al ACIM (N·m)
- $T_{max}$ : par máximo introducido por el panel HMI (N·m)
- $k$ : constante motor
- $N_{mot}$ : velocidad angular medida del ACIM (rpm)
- $T_{nom}$ : par nominal del PMSM (N·m)

### 1.6.5. Inversamente proporcional.

El último caso de carga es el inversamente proporcional. Este se da en condiciones cuando un material se enrolla sobre un eje solidario al eje del motor, variando así su diámetro. Por lo tanto, este caso se da en bobinadoras de papel, metal, etc.

En este caso es la potencia la que se mantiene constante, siendo el par el que decrece exponencialmente en función de la velocidad.

La representación gráfica de este tipo de carga es la mostrada en la figura 23.

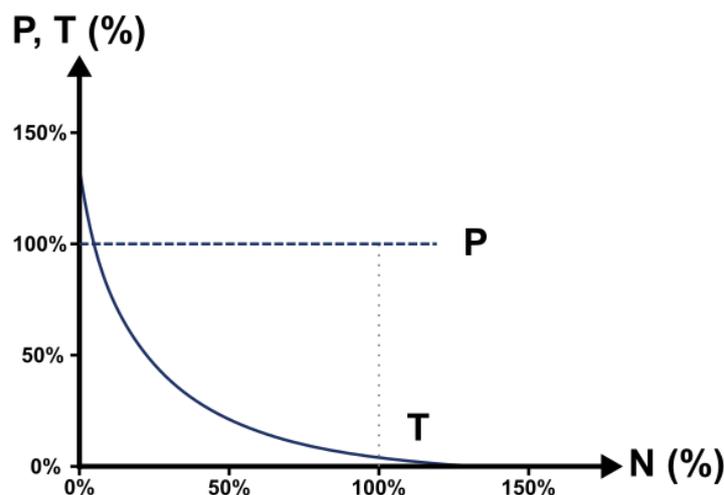


Figura 23. Relación entre el par motor y potencia en función de la velocidad para una carga inversamente proporcional.

La expresión matemática correspondiente a este caso de carga es la siguiente:

$$T = k \cdot \omega^{-1} \quad [\text{Ec.6}]$$

Donde:

- $T$ : par motor (N·m)
- $k$ : constante motor
- $\omega$ : velocidad angular (rad/s)

Y sustituyendo los valores de la ecuación 6 en la ecuación 1 se obtiene:

$$P = k \cdot 1 \quad [\text{Ec.7}]$$

Donde:

- $P$ : potencia (W)
- $k$ : constante motor

Cómo se puede observar en la ecuación 7, el término de la velocidad angular se cancela; por lo tanto, el resultado da a lugar que la potencia sea igual a una constante  $k$ .

Para la implementación de este tipo de carga en el PLC, de igual modo que ocurre con el modelo cuadrático, se debe de obtener en primer lugar la constante  $k$  del motor. Para ello a partir de la ecuación 6 y considerando el par nominal a 50 rpm, ya que a 0 rpm no se puede realizar el cálculo, se obtiene dicho valor:

$$k = \frac{T_{nom}}{N^{-1}} = T_{nom} \cdot \frac{1}{N} = 15,5 \cdot \frac{1}{50} = 775 \quad [Ec.8]$$

Donde:

- $k$ : constante motor
- $T_{nom}$ : par motor (N·m)
- $N$ : velocidad angular (rpm)

Una vez se ha obtenido este valor, el programa también permite introducir el par máximo deseado a través del panel HMI, de igual modo que ocurre con la carga cuadrática, pudiendo modificar la curva a voluntad del usuario tal y como se muestra en la figura 24.

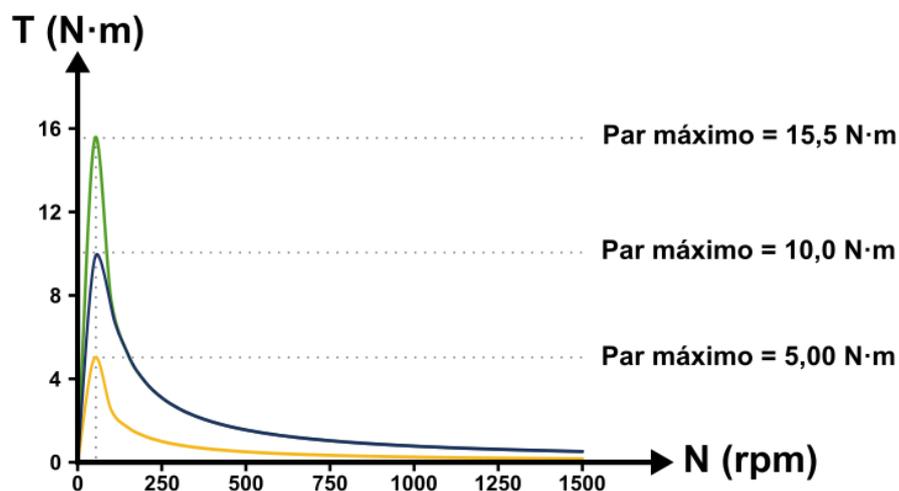


Figura 24. Relación entre el par motor y la velocidad modificando la curva de carga inversamente proporcional.

Y la expresión que da lugar a estas curvas a través del PLC es la siguiente:

$$T = \frac{T_{m\acute{a}x} \cdot k}{T_{nom} \cdot N_{mot}} \quad [Ec.9]$$

Donde:

- $T$ : Par aplicado al ACIM ( $N\cdot m$ )
- $T_{max}$ : Par máximo introducido por el panel HMI ( $N\cdot m$ )
- $k$ : constante motor
- $T_{nom}$ : Par nominal del PMSM ( $N\cdot m$ )  $\rightarrow T_{nom} = 15,5 N\cdot m$
- $N_{mot}$ : Velocidad angular medida del ACIM (rpm)

#### 1.6.6. Cinta transportadora.

La cinta transportadora planteada consiste en una cinta simple de disposición horizontal, cuya banda es desplazada a través de un tambor motriz solidario al eje de un motor eléctrico con reductora.

Dado que este proyecto consiste en una simulación para ejecutar bajo un PLC se ha planteado un modelo práctico de esta, obviando magnitudes físicas reales como podría ser fuerzas de rozamiento, pérdidas en la reductora, etc. Para analizar las fuerzas que actúan en el sistema se ha planteado un diagrama de cuerpo libre sobre la sección transversal del tambor motriz.

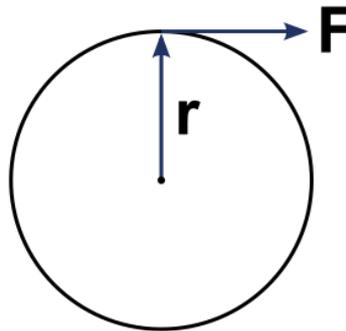


Figura 25. Diagrama de cuerpo libre del tambor motriz de la cinta transportadora.

Las magnitudes iniciales para proceder con el cálculo se han obtenido de manera empírica, con el fin de que, tanto en valores mínimos como máximos, el ACIM trabaje dentro del rango de sus valores nominales de par y velocidad. Estas magnitudes iniciales son:

- $r$ : radio del tambor motriz =  $0,05 m$
- $v_{ref}$ : velocidad lineal de referencia de la cinta =  $1-3 m/s$
- $m$ : masa del objeto sobre la cinta =  $10-200 kg$
- $t_a$ : tiempo de aceleración de la cinta =  $1 s$
- $rt$ : relación de transformación reductora =  $1:2$

Con estos valores se puede calcular el resto de los datos de interés. Estos cálculos se van a realizar con los valores máximos, ya que, es el valor realmente interesante para evitar daños en los equipos del puesto de control.

En primer lugar, empleando la segunda ley de Newton se va a obtener el valor de la fuerza.

$$a = \frac{v_{ref} - v_o}{t_a} = \frac{3 - 0}{1} = 3 \text{ m/s}^2 \quad [\text{Ec.10}]$$

$$\sum F = m \cdot a = 200 \cdot 3 = 600 \text{ N} \quad [\text{Ec.11}]$$

Donde:

- $a$ : aceleración de la cinta ( $\text{m/s}^2$ )
- $v_{ref}$ : velocidad lineal de referencia de la cinta ( $\text{m/s}$ )
- $v_o$ : velocidad inicial de la cinta ( $\text{m/s}$ )
- $t_a$ : tiempo de aceleración de la cinta ( $\text{s}$ )
- $F$ : fuerza ( $\text{N}$ )
- $m$ : masa del objeto sobre la cinta ( $\text{kg}$ )

Conocidos estos valores, se puede calcular el par y velocidad a la salida de la reductora.

$$T_{red} = F \cdot r = 600 \cdot 0,05 = 30 \text{ Nm} \quad [\text{Ec.12}]$$

$$N_{red} = \frac{v_{ref}}{r} = \frac{3}{0,05} \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = 573 \text{ rpm} \quad [\text{Ec.13}]$$

Donde:

- $T_{red}$ : par a la salida del reductor ( $\text{N}\cdot\text{m}$ )
- $F$ : fuerza ( $\text{N}$ )
- $r$ : radio del tambor motriz ( $\text{m}$ )
- $N_{red}$ : velocidad angular de salida del reductor ( $\text{rpm}$ )
- $v_{ref}$ : velocidad lineal de referencia de la cinta ( $\text{m/s}$ )

Finalmente, se obtiene el par y la velocidad a la entrada del reductor, en el lado del motor.

$$T_{mot} = \frac{T_{red}}{rt} = \frac{30}{2} = 15 \text{ Nm} \quad [\text{Ec.14}]$$

$$N_{mot} = N_{red} \cdot rt = 573 \cdot 2 = 1146 \text{ rpm} \quad [\text{Ec.15}]$$

Donde:

- $T_{mot}$ : par motor ( $N \cdot m$ )
- $T_{red}$ : par a la salida del reductor ( $N \cdot m$ )
- $rt$ : relación de transformación reductora
- $N_{mot}$ : velocidad angular del motor (rpm)

Como se puede observar, para los límites de carga máximos planteados en la cinta transportadora los valores de par y velocidad del motor son aproximados a los nominales del ACIM, permitiendo así poder trabajar en todo el rango del motor sin sobrepasar sus límites.

### 1.6.7. Montacargas.

El montacargas consiste en una cabina la cual es elevada gracias a un motor con la ayuda de una reductora. En el planteamiento de este programa se ha considerado que este deba de subir tres pisos, dando la posibilidad de incrementar o decrementar el peso en cada piso, simulando así el tipo de carga escalonado e incluyendo más opciones a su homologado. En este caso también se ha obviado algunas características físicas como serían el rozamiento o la tensión de la cuerda de arrastre, dado que no es objeto de este proyecto hacer un cálculo exhaustivo de todas estas magnitudes. El diagrama de cuerpo libre es el mostrado en la figura 26, donde se muestra la polea de arrastre, los cables de suspensión y la propia cabina a elevar.

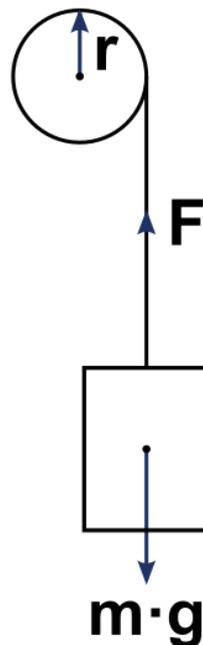


Figura 26. Diagrama de cuerpo libre del montacargas.

Las magnitudes iniciales se han obtenido de manera empírica, con el fin de que los resultados sean los más aproximados a los valores nominales del motor. Estos valores son:

- $r$ : radio de la polea = 0,6 m
- $v_{ref}$ : velocidad lineal de referencia del montacargas = 1-3 m/s
- $m$ : masa de la cabina más los objetos a elevar = 1-65 kg
- $t_a$ : tiempo de aceleración de la cabina = 2 s
- $r_t$ : relación de transformación reductora = 1:30

Con ellos se va a calcular para valores máximos del montacargas con el fin de corroborar de que no se exceda los valores nominales del motor.

En primer lugar, empleado la segunda ley de Newton se obtiene la fuerza necesaria para mover la cabina.

$$a = \frac{v_{ref} - v_o}{t_a} = \frac{3 - 0}{2} = 1,5 \text{ m/s}^2 \quad [\text{Ec. 16}]$$

$$\begin{aligned} \sum F &= m \cdot a; F - m \cdot g = m \cdot a; F = m \cdot a + m \cdot g \\ &= m(a + g) = 65(1,5 + 9,81) = 735,15 \text{ N} \end{aligned} \quad [\text{Ec. 17}]$$

Donde:

- $a$ : aceleración de la cabina ( $\text{m/s}^2$ )
- $v_{ref}$ : velocidad lineal de referencia de la cabina ( $\text{m/s}$ )
- $v_o$ : velocidad inicial de la cabina ( $\text{m/s}$ )
- $t_a$ : tiempo de aceleración de la cabina (s)
- $F$ : fuerza (N)
- $m$ : masa de la cabina más los objetos a elevar (kg)
- $g$ : aceleración de la gravedad ( $\text{m/s}^2$ )

Conocidos estos valores, se puede calcular el par y velocidad a la salida de la reductora.

$$T_{red} = F \cdot r = 735,15 \cdot 0,6 = 441,1 \text{ Nm} \quad [\text{Ec. 18}]$$

$$N_{red} = \frac{v_{ref}}{r} = \frac{3}{0,6} \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = 47,75 \text{ rpm} \quad [\text{Ec. 19}]$$

Donde:

- $T_{red}$ : par a la salida del reductor ( $\text{N}\cdot\text{m}$ )
- $F$ : fuerza (N)

- $r$ : radio de la polea (m)
- $N_{red}$ : velocidad angular de salida del reductor (rpm)
- $v_{ref}$ : velocidad lineal de referencia del montacargas (m/s)

Finalmente, se obtiene el par y la velocidad a la entrada del reductor, en el lado del motor.

$$T_{mot} = \frac{T_{red}}{rt} = \frac{441,1}{30} = 14,7 \text{ Nm} \quad [Ec.20]$$

$$N_{mot} = N_{red} \cdot rt = 47,75 \cdot 30 = 1432,5 \text{ rpm} \quad [Ec.21]$$

Donde:

- $T_{mot}$ : par motor (N·m)
- $T_{red}$ : par a la salida del reductor (N·m)
- $rt$ : relación de transformación reductora
- $N_{mot}$ : velocidad angular del motor (rpm)

Como se puede apreciar, los valores de par y velocidad del motor están dentro de los valores nominales; por lo tanto, no existe riesgo de trabajar con estas magnitudes.

### 1.6.8. Ventilador.

Dada la complejidad de diseño y cálculo de un equipo de ventilación debido a su geometría y aplicación de términos de las leyes de la termodinámica, lo cual daría para realizar un trabajo independiente, se ha decidido para la implementación de este programa emplear la que se conoce como ley de los ventiladores por el método de semejanza. Esta ley indica que, mediante el uso de un conjunto de ecuaciones es posible determinar, con buena precisión, los valores entre dos ventiladores homólogos pero que trabajen en condiciones diferentes. Con ello, se puede obtener los valores de: diámetro de la hélice, nivel sonoro, velocidad angular, potencia, presión, caudal y densidad si, previamente, se tienen los ensayos de un ventilador constructivamente similar.

Gracias a esto, para la implementación de este sistema en el PLC, se ha buscado un ventilador comercial cuyas características se ajusten a la potencia mecánica que es capaz de suministrar el ACIM. Las características que interesan para el desarrollo de este proyecto son las siguientes:

- $Q_o$ : Caudal = 16710 m<sup>3</sup>/h
- $P_o$ : Potencia = 2200 W
- $N_o$ : Velocidad angular = 1500 rpm

Puesto que, el único parámetro que se puede modificar en el ACIM es su velocidad, se va a emplear las ecuaciones de variación de velocidad de la ley de ventiladores para caudal y potencia. Estas son:

$$Q = Q_o \cdot \frac{N}{N_o} \quad [\text{Ec.22}]$$

$$P = P_o \cdot \left(\frac{N}{N_o}\right)^3 \quad [\text{Ec.23}]$$

Donde:

- $Q$ : caudal ( $m^3/s$ )
- $Q_o$ : caudal inicial ( $m^3/s$ )
- $N$ : velocidad (rpm)
- $N_o$ : velocidad inicial (rpm)
- $P$ : potencia (W)
- $P_o$ : potencia inicial (W)

A partir de estas ecuaciones y con el fin de hacerlo más didáctico, el parámetro de entrada a través del panel HMI va a ser el caudal. Con él se obtiene la velocidad a la que ha de girar el motor y con esta, la potencia. Finalmente, el par a aplicar al ACIM mediante el PMSM se obtiene a través de la ecuación que relaciona el par con la potencia y la velocidad, vista anteriormente en otros apartados.

Por lo tanto, las ecuaciones introducidas en el PLC son las siguientes:

$$N = \frac{Q \cdot N_o}{Q_o} \quad [\text{Ec.24}]$$

$$P = P_o \cdot \left(\frac{N}{N_o}\right)^3 \quad [\text{Ec.25}]$$

$$T = \frac{P}{N \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60}} \quad [\text{Ec.26}]$$

Donde:

- $N$ : velocidad (rpm)
- $Q$ : caudal ( $m^3/s$ )
- $N_o$ : velocidad inicial (rpm)

- $Q_0$ : caudal inicial ( $m^3/s$ )
- $P$ : potencia ( $W$ )
- $P_0$ : potencia inicial ( $W$ )
- $T$ : par motor ( $N\cdot m$ )

Que, vistas de manera gráfica para un caudal desde cero hasta el nominal a  $16710 m^3/h$ , el resultado es el mostrado en la figura 27.

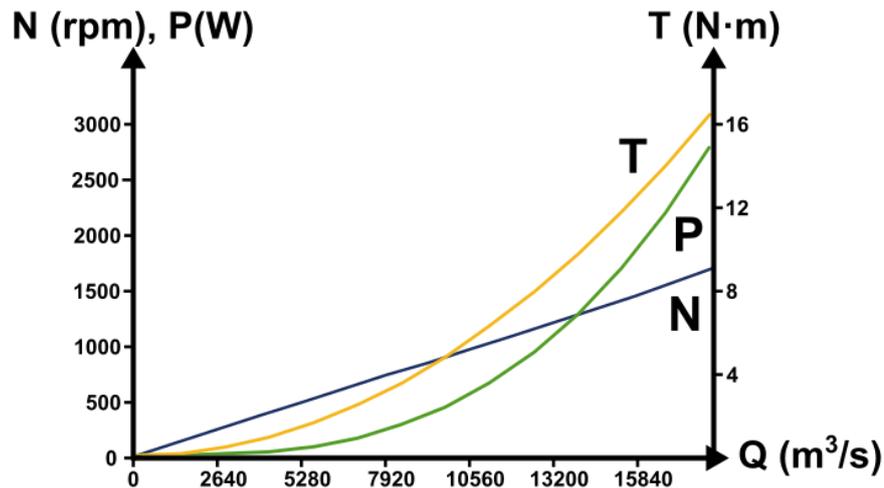


Figura 27. Velocidad, potencia y par motor en función del caudal del ventilador.

Pudiéndose así apreciar como el par es del tipo cuadrático y la potencia cubica, con una velocidad lineal, verificando de este modo que se cumple la teoría descrita en el apartado 1.6.4. referente al tipo de carga cuadrático.

### 1.6.9. Bobinadora.

La bobinadora planteada consiste en un carrete donde se arrolla una lámina de un determinado metal. Este carrete es accionado mediante un motor solidario al carrete.

Para que el programa sea más didáctico, se ha planteado de tal modo que se pueda seleccionar el tipo de metal a arrollar de una lista de tres, estos son: cobre, titanio y aluminio. La selección de estos metales se debe a la densidad de cada uno, siendo el cobre el más pesado y el aluminio el más ligero por metro cúbico.

Estas variaciones de densidad provocan que, en función del material seleccionado, la velocidad con la que se arrolla el material deba ser tomada en cuenta. Ya que una alta velocidad de arrollamiento en un material como el cobre provocaría un elevado par motor, el cual no sería capaz de generar el ACIM.

Conocidas ya estas premisas, los valores iniciales obtenidos mediante el método empírico son los siguientes:

- $r$ : radio del carrete = 0,05 m
- $r_f$ : radio del carrete más el metal = 0,17 m
- $h$ : altura del carrete = 1 m
- $t_a$ : tiempo de aceleración = 10 s
- $d_{cu}$ : densidad del cobre = 8300 kg/m<sup>3</sup>
- $d_{ti}$ : densidad del titanio = 4450 kg/m<sup>3</sup>
- $d_{al}$ : densidad del aluminio = 2600 kg/m<sup>3</sup>
- $v_{ref\_cu}$ : velocidad lineal de referencia para el cobre = 1-2 m/s
- $v_{ref\_ti}$ : velocidad lineal de referencia para el titanio = 1-4 m/s
- $v_{ref\_al}$ : velocidad lineal de referencia para el aluminio = 1-7 m/s

Con estos valores se va a verificar que se cumplan las características mecánicas del ACIM, para ello, se van a realizar los cálculos para los tres metales a la velocidad máxima indicada anteriormente, y así, comprobar los valores de velocidad y par motor máximos que se ejercerán en el ACIM para los tres casos.

En primer lugar, se debe de conocer la masa máxima que tendrá el carrete uno vez arrollado todo el metal. Para ello a partir del volumen que este ocupa y la densidad de cada material se obtiene este valor:

$$V = h \cdot r_f^2 \cdot \pi = 1 \cdot 0,17^2 \cdot \pi = 0,0908 \text{ m}^3 \quad [\text{Ec.27}]$$

$$m = V \cdot d \begin{cases} m_{cu} = 0,0908 \cdot 8300 = 753,64 \text{ kg} \\ m_{ti} = 0,0908 \cdot 4450 = 404,06 \text{ kg} \\ m_{al} = 0,0908 \cdot 2600 = 236,08 \text{ kg} \end{cases} \quad [\text{Ec.28}]$$

Donde:

- $V$ : volumen (m<sup>3</sup>)
- $h$ : altura del carrete (m)
- $r_f$ : radio del carrete más el metal (m)
- $m$ : masa del carrete más el metal (kg)
- $d$ : densidad del metal (kg/m<sup>3</sup>)

Conocida la masa, se puede obtener el momento de inercia que esta genera sobre el sistema. Considerando el carrete bobinado como un cilindro macizo.

$$I = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r_f^2 \begin{cases} I_{cu} = \frac{1}{2} \cdot 753,64 \cdot 0,17^2 = 10,89 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ I_{ti} = \frac{1}{2} \cdot 404,06 \cdot 0,17^2 = 5,84 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \\ I_{al} = \frac{1}{2} \cdot 236,08 \cdot 0,17^2 = 3,41 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \end{cases} \quad [\text{Ec.29}]$$

Donde:

- $I$ : momento de inercia de la masa ( $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ )
- $m$ : masa del carrete más el metal ( $\text{kg}$ )
- $r_f$ : radio del carrete más el metal ( $\text{m}$ )

A su vez, también se puede obtener la aceleración angular del sistema:

$$\alpha = \frac{v_{ref}}{r_f \cdot t_a} \begin{cases} \alpha_{cu} = \frac{2}{0,17 \cdot 10} = 1,18 \text{ rad/s}^2 \\ \alpha_{ti} = \frac{4}{0,17 \cdot 10} = 2,35 \text{ rad/s}^2 \\ \alpha_{al} = \frac{7}{0,17 \cdot 10} = 4,12 \text{ rad/s}^2 \end{cases} \quad [\text{Ec.30}]$$

Donde:

- $\alpha$ : aceleración angular ( $\text{rad/s}^2$ )
- $v_{ref}$ : velocidad lineal de referencia ( $\text{m/s}$ )
- $r_f$ : radio del carrete más el metal ( $\text{m}$ )
- $t_a$ : tiempo de aceleración ( $\text{s}$ )

Y con estos dos datos, poder obtener el valor del par motor:

$$T = I \cdot \alpha \begin{cases} T_{cu} = 10,89 \cdot 1,18 = 12,76 \text{ N} \cdot \text{m} \\ T_{ti} = 5,84 \cdot 2,35 = 13,72 \text{ N} \cdot \text{m} \\ T_{al} = 3,41 \cdot 4,12 = 14,05 \text{ N} \cdot \text{m} \end{cases} \quad [\text{Ec.31}]$$

Donde:

- $T$ : par motor ( $N\cdot m$ )
- $I$ : momento de inercia de la masa ( $kg\cdot m^2$ )
- $\alpha$ : aceleración angular ( $rad/s^2$ )

Finalmente, y debido a la característica de este tipo de carga, la velocidad angular del sistema se obtiene cuando el carrete está vacío, ya que es en ese punto donde se produce la velocidad máxima.

$$N = \frac{v_{ref}}{r} \left\{ \begin{array}{l} N_{cu} = \frac{2}{0,05} \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = 381,97 \text{ rpm} \\ N_{ti} = \frac{4}{0,05} \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = 763,94 \text{ rpm} \\ N_{al} = \frac{7}{0,05} \cdot \frac{60}{2 \cdot \pi} = 1336,91 \text{ rpm} \end{array} \right. \quad [Ec.32]$$

Donde:

- $N$ : velocidad angular ( $rpm$ )
- $v_{ref}$ : velocidad lineal de referencia ( $m/s$ )
- $r$ : radio del carrete ( $m$ )

Analizando estos datos se puede apreciar que, para aplicar un par similar en los tres materiales, hay que sacrificar bastante la velocidad angular del sistema. Esta afirmación se hace más perceptible analizándolo de manera gráfica, tal y como se muestra en la figura 28.

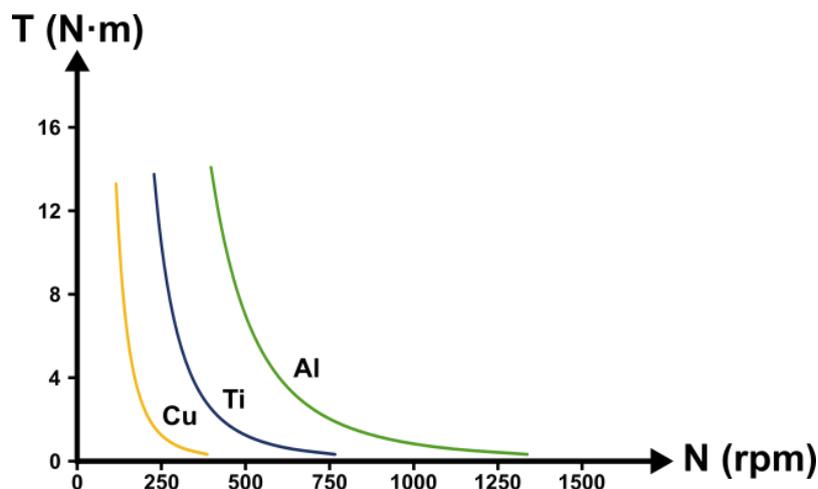


Figura 28. Par motor en función de la velocidad para cada tipo de material de la bobinadora.

Como se puede ver, la curva es similar, pero desplaza hacia la izquierda para los materiales más densos. Por lo tanto, si se trabajase con la misma velocidad todos los materiales, el motor no tendría la capacidad de otorgar el par suficiente para mover el sistema.

Además, también se puede apreciar con claridad como se cumple el objetivo de crear un sistema cuya carga sea del tipo inversamente proporcional. Con el añadido de poder generar curvas que se desplacen sobre el eje de las abscisas diferenciándolo de este modo del programa con el tipo de carga inversamente proporcional, cuya función era reducir el par máximo de la curva, dando así mayor variedad entre programas.

### **1.7. Técnicas para la medida del par resistente generado por el PMSM.**

Como se ha podido observar a lo largo de este trabajo, la medida del par es de suma importancia para un análisis correcto sobre el ACIM. El método más cómodo y preciso para su medida es a través del propio convertidor que controla el PMSM, el ACSM1, ya que este se puede programar para dar este valor a través de una de sus salidas analógicas, ya sea en forma de tensión o de corriente.

Aun así, se ha decidido implementar diversos métodos alternativos que diversifiquen la medida de esta magnitud y permita la comparación entre varios métodos de medida, dando alternativas para desarrollar nuevas propuestas en el puesto de control.

Como punto común, todos estos sistemas se basan en la medida de corriente de una de las fases de alimentación del PMSM, que, como ya se explicó en el apartado 1.4.6. guarda una relación lineal con el par generado por el motor, pudiendo así realizar una conversión sencilla midiendo esta magnitud.

Esta señal de corriente es del tipo senoidal, cuya amplitud varía con el par resistivo generado con una relación de  $14,4 \text{ A}/15,5 \text{ Nm}$  y su frecuencia varía con la velocidad angular a la que está sometido el PMSM con una relación de  $100 \text{ Hz}/1500 \text{ rpm}$ . Estas relaciones se muestran de manera gráfica en las figuras 29 y 30.

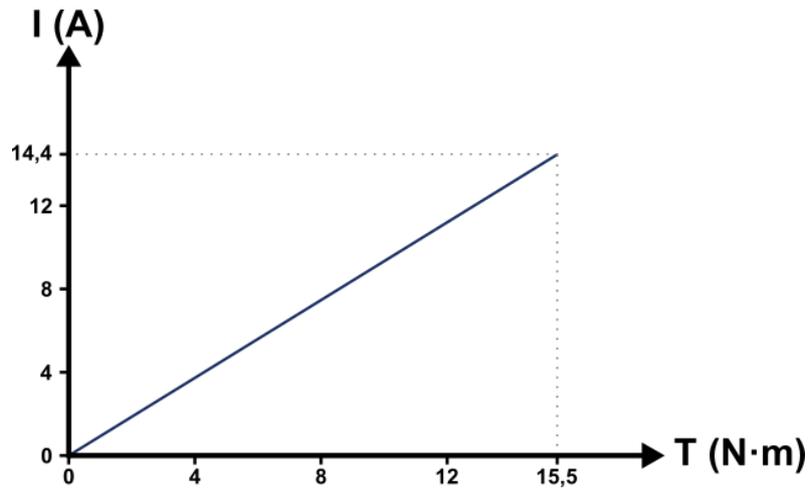


Figura 29. Corriente respecto al par generado en el PMSM.

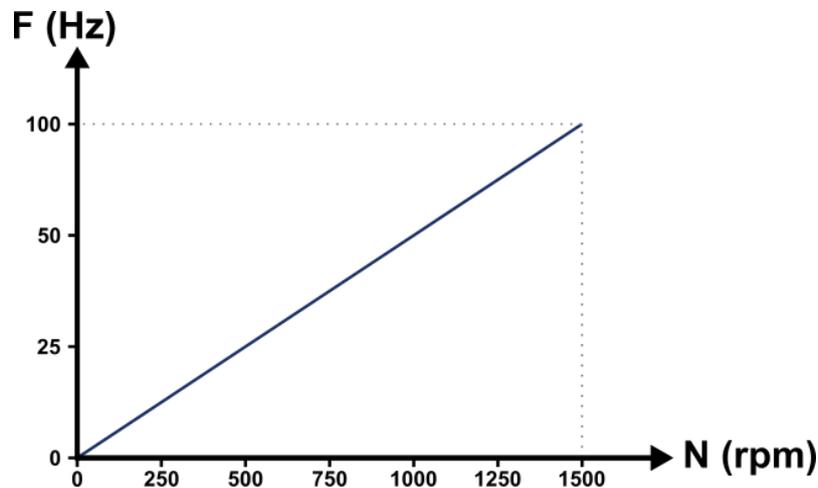
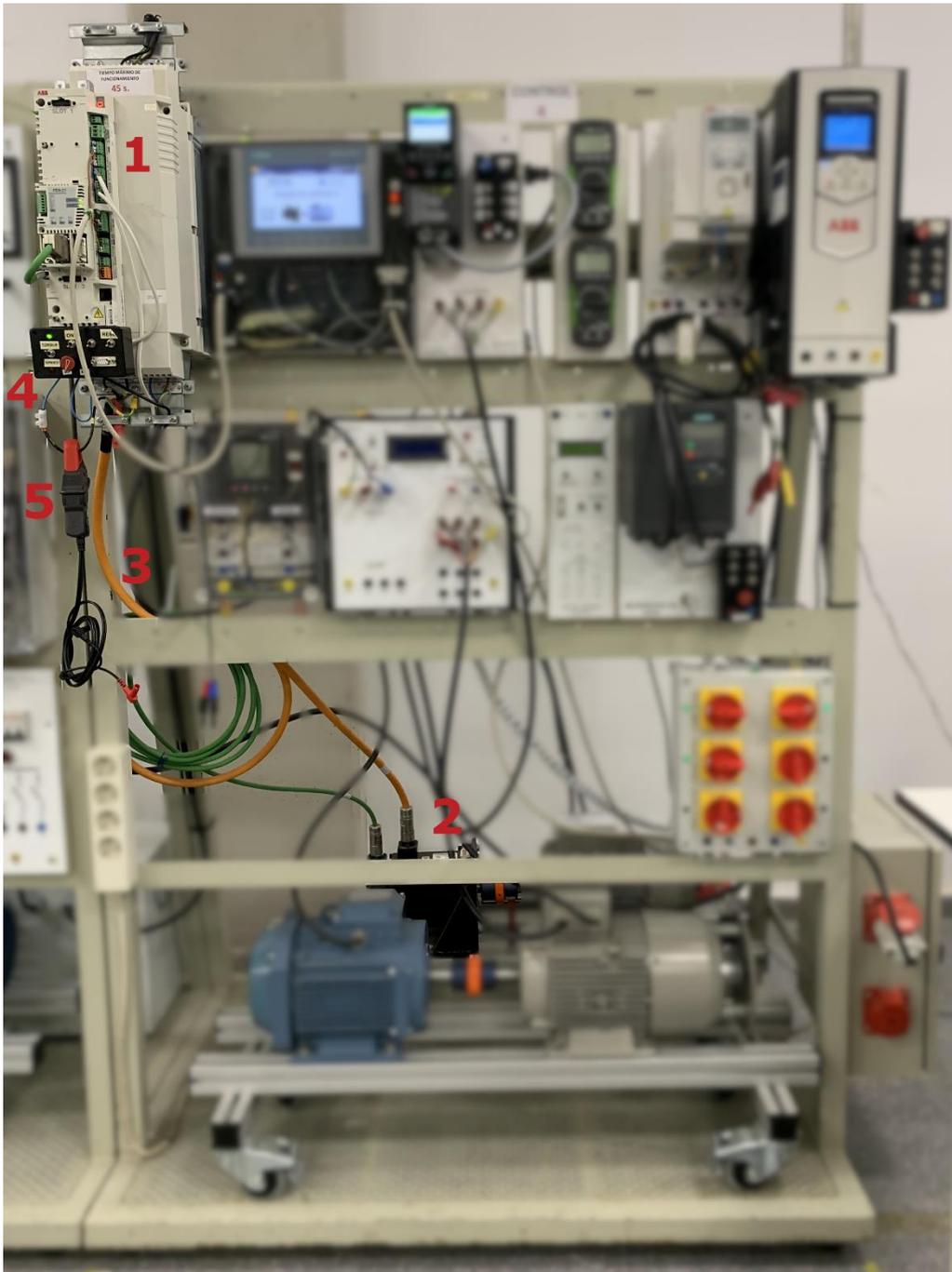


Figura 30. Frecuencia respecto a la velocidad angular del PMSM.

Para la obtención de esta señal se ha realizado una modificación al ACSM1. Observando la figura 31, en primer lugar, se encuentra el ACSM1 [1], este, alimenta al PMSM [2] mediante una manguera trifásica de color naranja [3], de la cual se ha creado una extensión de una de sus fases mediante un cable multifilar [4] para facilitar la medida con equipo externo. Un ejemplo de estos equipos es la sonda de corriente [5] que se observa en la figura, de la cual se hablará en los siguientes apartados.



*Figura 31. Equipo involucrado en la generación de par resistente en el banco de ensayos.*

Como punto final antes de explicar los métodos para la medida de par, cabe resaltar que, no todos son funcionales. Son métodos los cuales se han desarrollado experimentalmente desde cero sin tener la certeza de que fuesen a funcionar, aun así, es interesante mencionarlos con la finalidad de no cometer los mismos errores en proyectos futuros o tratar de solventarlos tras adquirir mayores conocimientos sobre la base en la que se fundamentan.

### 1.7.1. Medida con sonda de corriente y un voltímetro.



Figura 32. Chauvin Arnoux MN39.

Este es el método más sencillo para la obtención del par resistente generado por el PMSM, pero por contra, no ofrece una realimentación al sistema; es decir, solo sirve para visualizar el par resistente sin la posibilidad de introducir dicho valor al PLC.

Se basa en la utilización de una sonda de corriente de la marca Chauvin Arnoux, modelo MN39, la cual permite medir corriente alterna hasta 200A, su salida es a tensión y la relación entre entrada y salida consta de dos sensibilidades mediante un selector: 100 mV/A o 10 mV/A. La salida de la sonda cuenta con dos bornas macho de 4 mm de diámetro y aisladas.

Para la medida se ajusta la sensibilidad de la sonda a 10mV/A, posteriormente se abraza la pinza sobre la extensión de cable de una de las fases, tal y como se ha comentado en el apartado 1.7. y los dos bornes de la sonda se conectan a un multímetro posicionado en medida de tensión alterna. Dado que la muestra obtenida es un valor de tensión, la conversión a realizar para obtener el par es la mostrada en la ecuación 33.

$$T = \frac{T_{nom}}{I_{nom}} \cdot \frac{10}{1} \cdot U_s \quad [Ec.33]$$

Donde:

- $T$ : par resistivo resultante (N·m)
- $T_{nom}$ : par nominal del PMSM (N·m)  $\rightarrow T_{nom} = 15,5 \text{ N}\cdot\text{m}$
- $I_{nom}$ : corriente nominal del PMSM (A)  $\rightarrow I_{nom} = 14,4 \text{ A}$
- $U_s$ : tensión medida en el multímetro (V)

Dado que este método es rápido y sencillo a la hora de trabajar y tomar medidas y su nivel de precisión es bueno, este sistema ya se había utilizado en el laboratorio para la medida del par por parte del alumnado. Pero como ya se había comentado, este valor es meramente informativo, sin posibilidad de crear una realimentación al sistema para trabajar con este par como una variable del PLC. Por lo tanto, a continuación, se muestran varios métodos con los cuales se intenta subsanar este problema.

### 1.7.2. Medida con sonda de corriente y muestreo de la señal con el PLC.

El muestreo consiste en tomar muestras de una señal continua en un periodo discreto; es decir, cada cierto tiempo. La razón de esta técnica se debe a que, en electrónica digital, no existe los periodos continuos dado que estos se conforman de infinitos puntos y sería imposible procesarlos; por lo tanto, hay que sacrificar cierta información para que el proceso de toma de datos sea posible.

Esta técnica se fundamenta en el teorema de muestreo de Nyquist-Shannon, el cual es un teorema fundamental de la teoría de la información, muy aplicado en telecomunicaciones, electrónica, etc. Su funcionamiento se basa en tomar muestras cada cierto periodo, llamado frecuencia de muestreo, cuyo valor debe de ser como mínimo el doble a la frecuencia del armónico fundamental de la señal a analizar. Estas muestras son cuantificadas en función de su amplitud para posteriormente ser tratadas.

El tratamiento de esta señal se va a realizar mediante lo que se conoce como *True RMS*, dado que otra técnica más sencilla puede causar errores en el valor final debido a que la señal proveniente de la medida del PMSM tiene mucho ruido en forma de armónicos, dada la alta frecuencia de conmutación de los semiconductores de potencia del convertidor. La aplicación de esta técnica se basa en la aplicación de una fórmula matemática mostrada en la ecuación 34.

$$U_{TRMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (u_n)^2}{n}} \quad [Ec.34]$$

Donde:

- $U_{TRMS}$ : verdadero valor eficaz de la tensión (V)
- $u_n$ : valor instantáneo de tensión a cada muestra (V)
- $n$ : número de muestras tomadas

Por lo tanto, los pasos a seguir para aplicar esta técnica son los mostrados en la figura 33.

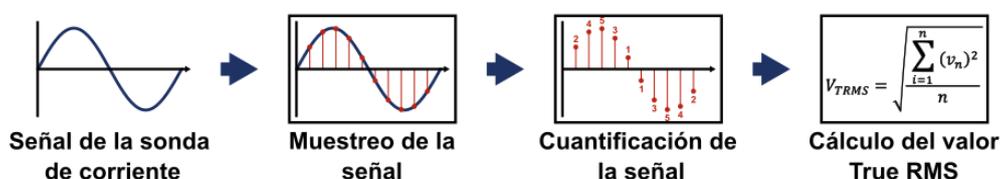


Figura 33. Procedimiento para la obtención del valor True RMS proveniente de la sonda de corriente.

Que, vistos de un modo más enfocado a la programación del PLC, el diagrama de bloques resultante es el mostrado en la figura 34.

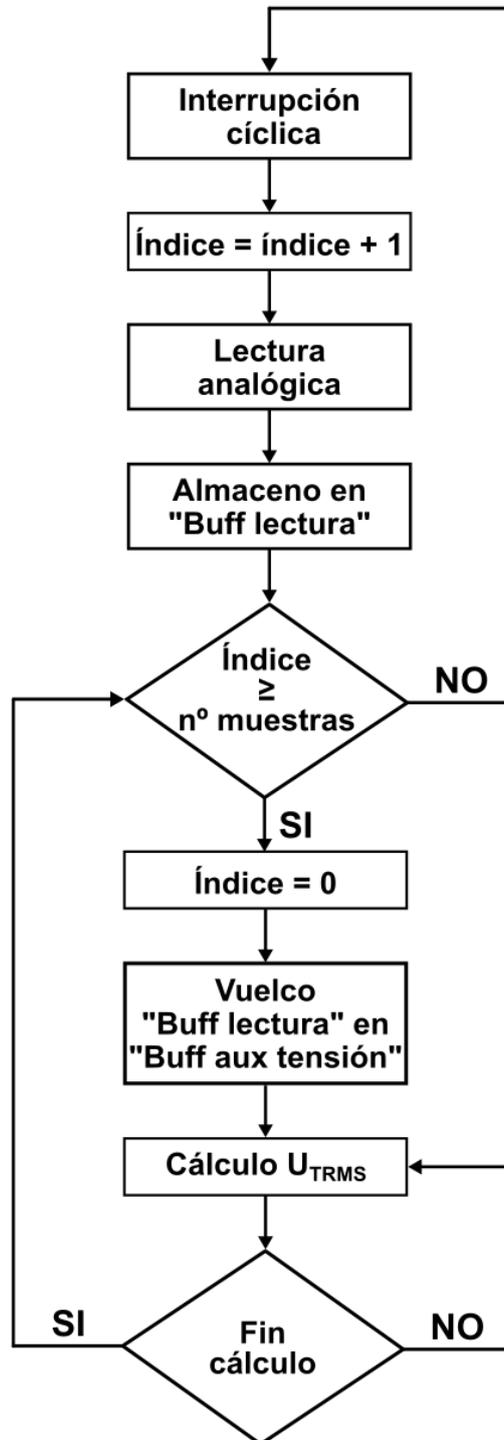


Figura 34. Diagrama de bloques para el muestreo de la señal proveniente de la sonda de corriente.

El funcionamiento de este programa consiste en un OB de TIA Portal denominado *cyclic interrupt*. Su funcionamiento se basa en interrupciones del sistema a un determinado periodo a elección del usuario; por lo tanto, es perfecto

para la toma de valores provenientes de la sonda de corriente. Dentro de este OB de *cyclic interrupt*, en primer lugar, el programa incrementa un índice. Esta variable simplemente indica el número de muestras que se han tomado incrementando su valor. También se hace la lectura de la sonda de corriente a través de una de las entradas analógicas del PLC y este valor es almacenado en un *buffer* denominado Buff lectura. Este proceso se repite cíclicamente hasta que el valor del índice sea igual o superior al valor del número de muestras deseado, cuando, en ese momento, se reinicia el índice y se vuelcan todos los datos de un *buffer* al otro. Este volcado de datos se debe a que, debido a la velocidad que deben de suceder las interrupciones, estas deben de contener el mínimo proceso posible; por lo tanto, el cálculo del valor *True RMS* se realiza fuera del bloque de interrupción. Además, a la vez que el PLC realiza el cálculo, se pueden seguir tomando muestras sobre el *buffer* Buff lectura, perdiendo la mínima información posible.

Si se toma una muestra de los datos almacenados en el *buffer* Buff lectura y se grafican, se puede comprobar que estos datos sí que se asemejan a lo que sería el semiciclo positivo de una señal senoidal.

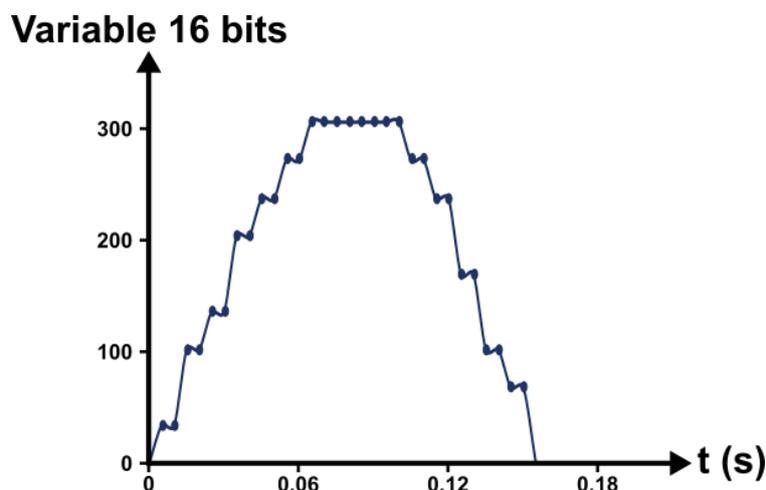


Figura 35. Datos tras el proceso de muestreo de la señal proveniente de la sonda de corriente.

Pero observando los puntos, los cuales son los instantes donde se toman los datos, se ve que se repiten, dado que el PLC no tiene la capacidad de proceso para tomar los datos a la velocidad adecuada.

Ante este problema, y analizando el manual del sistema del PLC S7-1200 se pueden observar los siguientes puntos:

Selección de filtrado (valor medio de muestreo)	Supresión de frecuencias (tiempo de integración)		
	60 Hz	50 Hz	10 Hz
Ninguno (1 ciclo): Sin media	50 ms	50 ms	100 ms
Débil (4 ciclos): 4 muestreos	60 ms	70 ms	200 ms
Medio (16 ciclos): 16 muestreos	200 ms	240 ms	1150 ms
Fuerte (32 ciclos): 32 muestreos	400 ms	480 ms	2300 ms
<b>Tiempo de muestreo</b>	<b>4,17 ms</b>	<b>5 ms</b>	<b>25 ms</b>

Tabla 1. Respuesta a un escalón (ms), 0 V a 10 V medido a 95%.

Analizando esta tabla se puede ver como el PLC realiza un filtrado en función de la selección del usuario (débil, medio o fuerte) y que de esta depende el tiempo de muestreo. Esto tiene dos desventajas, por un lado, se estaría filtrando un rango de la señal en función de la frecuencia y por otro, los tiempos de muestreo no son suficientes, imposibilitando la implementación de la medida de la corriente proveniente de la sonda.

El otro motivo por lo que no se puede realizar su implementación es el mostrado en la tabla 2.

Sistema		Rango de tensión	
Decimal	Hexadecimal	De 0 a 10 V	
32767	7FFF	11,851 V	Rebase por exceso
32512	7F00		
32511	7EFF	11,759 V	Rango de sobreimpulso
27648	6C01		
27648	6C01	10 V	Rango nominal
20736	6C00	7,5 V	
34	5100	12 mV	
0	22	0 V	
Valores negativos	0	Los valores negativos no se soportan	

Tabla 2. Representación de entradas analógicas para tensión (CPU).

Observando la última fila se puede leer que los valores negativos no se soportan, ya que sus entradas a tensión van en el rango de 0 a 10 V. Imposibilitando la medida de los semiciclos negativos de la señal proveniente de la sonda de corriente.

Con todos estos puntos en contra, inclusive pudiendo ser peligroso para el PLC dado que se le está aplicando una tensión negativa (de pequeño valor). Este método queda totalmente descartado.

### 1.7.3. Medida con sonda de corriente y un amplificador operacional.

Dados los problemas mencionados en el anterior apartado se hace necesario acondicionar esta señal para poder trabajar con ella en el PLC. En un primer lugar, y puesto que se trata de una señal senoidal, parecería lógico rectificar esta señal mediante un puente rectificador mediante diodos y algún condensador para reducir el rizado, pero esta idea no es realizable debido a la caída de tensión que presentan los diodos, de alrededor de 0,7 V y teniendo en cuenta la relación de transformación de la sonda de corriente, la cual como máximo entrega 1,44 V para los 14,4 A del PMSM, se puede deducir que la tensión de salida no será suficiente para afrontar esa caída de tensión.

Ante esta situación se ha planteado un circuito electrónico mediante un amplificador operacional. Con él, además de poder rectificar la señal, se puede elevar su valor de tensión a través de una ganancia; por lo tanto, en un principio, da solución a ambos problemas.

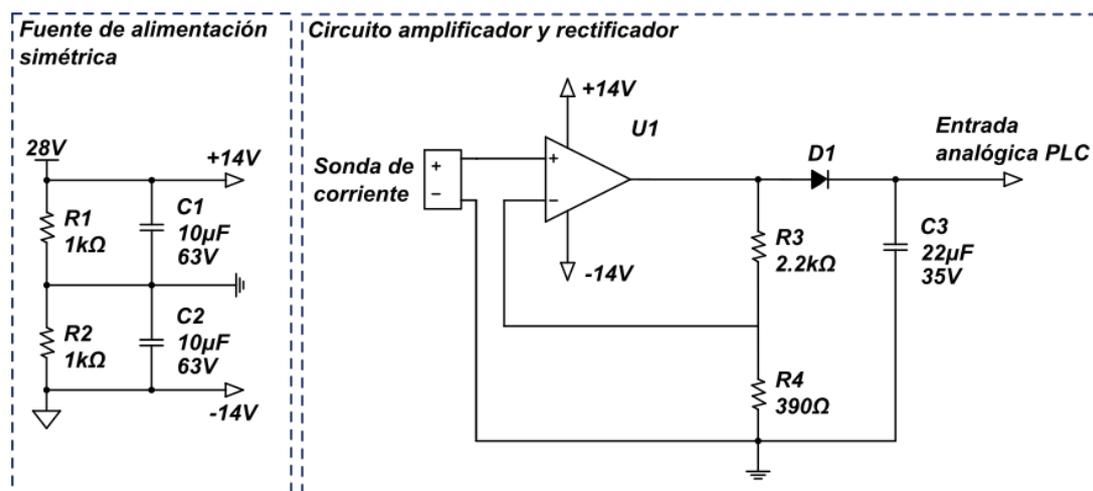


Figura 36. Circuito para la amplificación y rectificación de la señal mediante un OPAM.

En la figura 36 se muestra el circuito electrónico para la realización de estos objetivos. Este circuito ha sido realizado tras varias pruebas en simulación y en este entorno es funcional. En primer lugar, a la izquierda, se encuentra el circuito que alimenta al amplificador operacional. Este es necesario ya que, al estar trabajando con una tensión senoidal el circuito debe ser alimentado con una tensión simétrica, pero debido a que en el puesto de control no hay fuentes de este tipo se ha recurrido a este circuito por su sencillez. Su funcionamiento se basa en las dos resistencias de igual valor, formando así un divisor de tensión x0,5 de la tensión de alimentación proveniente de la fuente del puesto; por lo que, en ese punto medio, hay alrededor de 14 V. Considerando ese punto como referencia, entre positivo de la fuente y ese punto hay 14 V, y entre el negativo

de la fuente y ese punto hay -14 V, consiguiendo así dos voltajes iguales pero opuestos con una única fuente de alimentación.

Una vez alimentado el amplificador operacional, este se ha conectado en modo amplificador no inversor. Por lo tanto, la señal irá en fase con la original pero amplificada una ganancia. Esta ganancia se consigue mediante las resistencias R3 y R4 mostradas en la figura 36, pero para su comprensión, primero hay que analizar el amplificador operacional ideal.

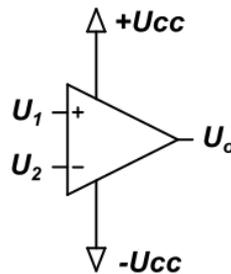


Figura 37. Circuito simplificado de un amplificador operacional.

En primer lugar, el voltaje de salida de un amplificador operacional es el mostrado en la ecuación 35.

$$U_o = (U_1 - U_2) \cdot AV \quad [Ec.35]$$

Donde:

- $U_o$ : tensión de salida del amplificador operacional (V)
- $U_1$ : tensión no inversora del amplificador operacional (V)
- $U_2$ : tensión inversora del amplificador operacional (V)
- $AV$ : ganancia del amplificador operacional

Por sus características, considerando a este ideal, su ganancia tiende a infinito; por lo tanto, si se organizan los términos de la ecuación 35 se tiene lo siguiente:

$$\frac{U_o}{AV} = U_1 - U_2 \quad [Ec.36]$$

$$\frac{U_o}{\infty} = U_1 - U_2 \quad [Ec.37]$$

$$0 = U_1 - U_2 \quad [Ec.38]$$

$$U_1 = U_2 \quad [Ec.39]$$

Donde:

- $U_o$ : tensión de salida del amplificador operacional (V)
- $U_1$ : tensión no inversora del amplificador operacional (V)
- $U_2$ : tensión inversora del amplificador operacional (V)
- $AV$ : ganancia del amplificador operacional

Como se aprecia, al dividir un valor por infinito este tiende a cero, por lo que se puede afirmar que la tensión en el nodo de la entrada inversora como en la no inversora tiene tendencia a ser del mismo valor.

Si se emplea ahora el amplificador operacional como circuito no inversor se tiene lo mostrado en la figura 38.

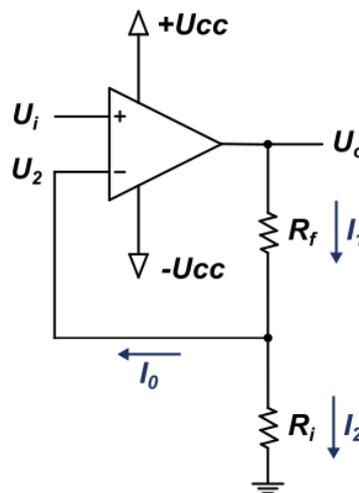


Figura 38. Circuito no inversor con amplificador operacional.

Que, conociendo otra característica de los amplificadores operacionales ideales, se puede afirmar que la corriente de realimentación  $I_0$  es igual a cero, debido a la alta impedancia en las entradas de este. Pudiendo determinar así que:

$$I_1 = I_2 \quad [Ec.40]$$

A continuación, aplicando ley de ohm, se pueden determinar el valor de estas dos corrientes, tal y como se muestra en las ecuaciones 41 y 42.

$$I_1 = \frac{U_2 - U_o}{R_f} \quad [Ec.41]$$

$$I_2 = \frac{0 - U_2}{R_i} \quad [Ec.42]$$

Donde:

- $I_1$ : corriente sobre la resistencia de realimentación (A)
- $U_2$ : tensión inversora del amplificador operacional (V)
- $U_o$ : tensión de salida del amplificador operacional (V)
- $R_f$ : resistencia de realimentación ( $\Omega$ )
- $I_2$ : corriente sobre la resistencia inferior (A)
- $R_i$ : resistencia inferior ( $\Omega$ )

Dado que la ganancia es el cociente entre la tensión de salida y la de entrada, si se igualan las ecuaciones 41 y 42, ya que ambos términos son iguales como se ha afirmado, se tiene:

$$\frac{U_2 - U_o}{R_f} = \frac{0 - U_2}{R_i} \quad [\text{Ec.43}]$$

$$U_2 - U_o = -\frac{U_2 \cdot R_f}{R_i} \quad [\text{Ec.44}]$$

$$\frac{U_2 - U_o}{U_2} = \frac{-\frac{U_2}{R_i} \cdot R_f}{U_2} \quad [\text{Ec.45}]$$

$$1 - \frac{U_o}{U_2} = -\frac{R_f}{R_i} \quad [\text{Ec.46}]$$

$$\frac{U_o}{U_2} = \frac{R_f}{R_i} + 1 \quad [\text{Ec.47}]$$

Donde:

- $U_2$ : tensión inversora del amplificador operacional (V)
- $U_o$ : tensión de salida del amplificador operacional (V)
- $R_f$ : resistencia de realimentación ( $\Omega$ )
- $R_i$ : resistencia inferior ( $\Omega$ )

Finalmente, si se sustituye el término de la tensión en la entrada inversora por el de la no inversora, ya que se ha demostrado que ambos tienden a ser iguales, se obtiene la ecuación característica del circuito del amplificador operacional no inversor.

$$G = \frac{U_o}{U_i} = \frac{R_f}{R_i} + 1 \quad [\text{Ec.48}]$$

Donde:

- $G$ : ganancia del sistema
- $U_o$ : tensión de salida del amplificador operacional (V)
- $U_i$ : tensión de entrada del amplificador operacional (V)
- $R_f$ : resistencia de realimentación ( $\Omega$ )
- $R_i$ : resistencia inferior ( $\Omega$ )

Conocida ya esta ecuación, si se analizan los valores de la figura 36 se tiene que la ganancia es igual a:

$$G = \frac{R_f}{R_i} + 1 = \frac{2200}{390} + 1 = 6,64 \quad [\text{Ec.49}]$$

Donde:

- $G$ : ganancia del sistema
- $R_f$ : resistencia de realimentación ( $\Omega$ )
- $R_i$ : resistencia inferior ( $\Omega$ )

Por lo tanto, la relación entre la entrada y la salida tendrá una respuesta lineal de ganancia 6,64. Tal y como se muestra en la figura 39.

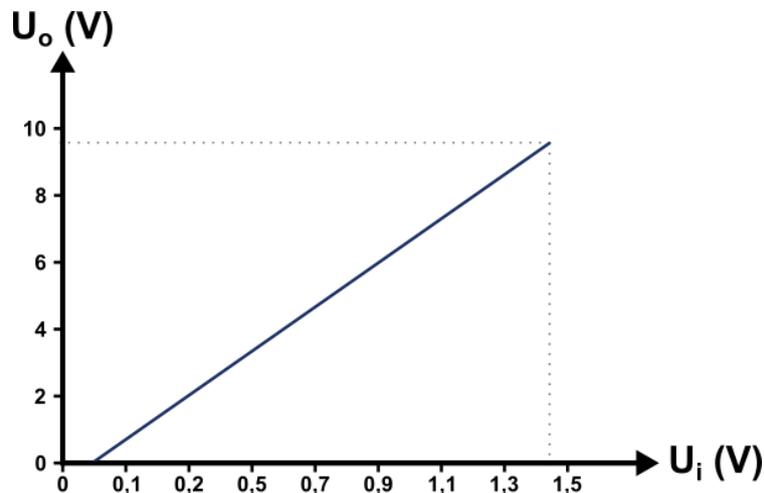


Figura 39. Relación entre la tensión de entrada y la salida del amplificador operacional no inversor.

Dando un valor máximo de 9,56 V para los 1,44 V provenientes de la sonda.

Para finalizar, esta tensión sigue siendo senoidal; por lo tanto, hay que rectificarla. Para ello se ha empleado un diodo junto con un condensador que elimine un posible rizado proveniente de etapas anteriores. Dando como resultado en simulación lo mostrado en la figura 40.

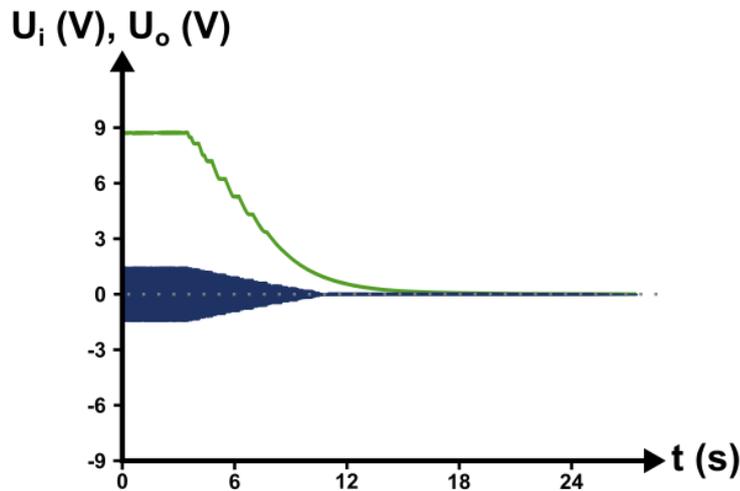


Figura 40. Tensión de entrada (trazo azul) y tensión de salida (trazo verde) del amplificador operacional.

Como se puede apreciar, partiendo de una tensión de entrada senoidal de aproximadamente 1,44 V eficaces la tensión de salida son aproximadamente 8,9 V del tipo analógico. Conforme la tensión de entrada va disminuyendo lo hace de manera proporcional la de salida, hasta llegar a cero ambas. Cumpliéndose así los objetivos marcados.

Una vez comprobado su funcionamiento en simulación, este mismo circuito se ha ensamblado en una *protoboard* tal y como se muestra en la figura 41. Para así comprobar su funcionamiento sobre el propio puesto de control.

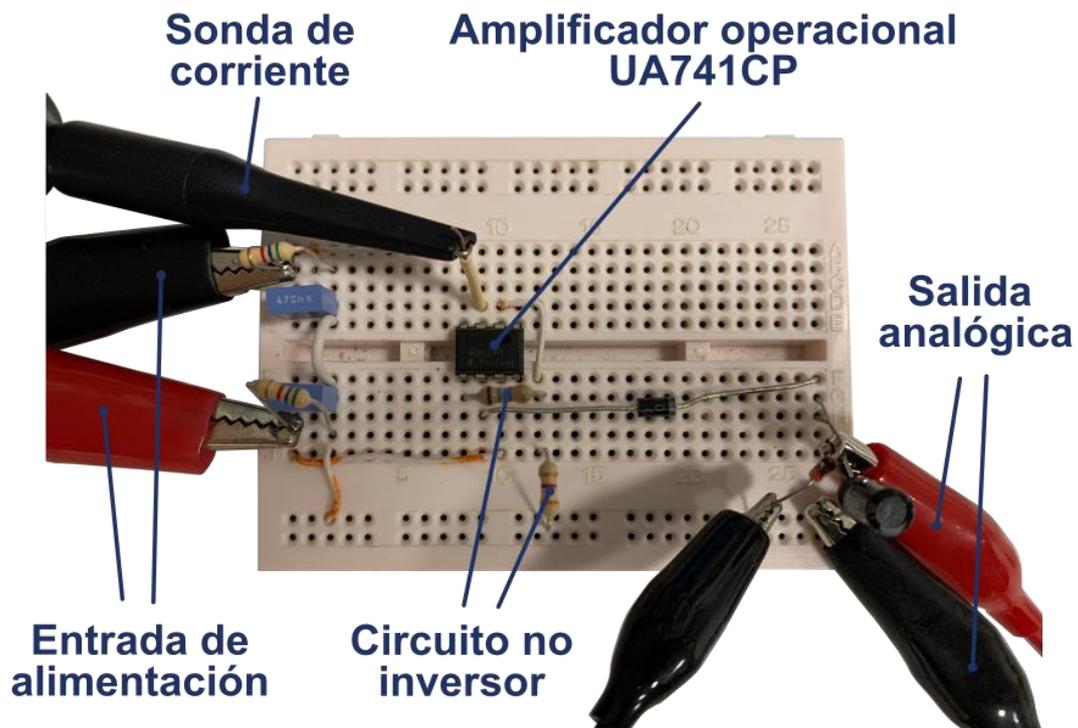


Figura 41. Montaje en protoboard del circuito con el amplificador operacional no inversor.

Una vez ensamblado el circuito se ha realizado un ensayo para verificar que se cumplen los resultados en todo el rango de velocidad y par del ACIM; es decir, desde 1500 hasta 0 rpm y desde 0 hasta 15,5 Nm.

Estos datos vienen recogidos en las tablas mostradas a continuación, donde, de izquierda a derecha, se encuentra:

- *Referencia*: valor introducido en el HMI como referencia de par (%)
- *Señal ACSM1*: valor analógico proveniente del convertidor ACSM1 (32 bit)
- *Señal sonda*: valor analógico proveniente del circuito ensamblado (32 bit)
- *Par ACSM1*: par escalado a partir de señal ACSM1 (N·m)
- *Par sonda*: par escalado a partir de señal sonda (N·m)
- *Error*: diferencia entre par ACSM1 y par sonda en valor absoluto (N·m)

ACIM 1500 rpm (50 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	1774	0.000	0.994	0.994
10	2252	5196	1.262	2.913	1.651
20	5085	7892	2.851	4.442	1.591
30	7952	10310	4.458	5.780	1.322
40	10750	12728	6.027	7.136	1.109
50	13617	15359	7.634	8.611	0.977
60	16450	17683	9.222	9.913	0.691
70	19317	20578	10.829	11.536	0.707
80	22184	23249	12.437	13.034	0.597
90	25017	25609	14.025	14.357	0.332
100	27338	27842	15.326	15.608	0.282

Tabla 3. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 1500 rpm.

ACIM 1350 rpm (45 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	1583	0.000	0.887	0.887
10	2252	4981	1.263	2.795	1.532
20	5085	7715	2.851	4.325	1.474
30	7918	10338	4.439	5.796	1.357
40	10750	12986	6.027	7.280	1.253
50	13583	15709	7.615	8.807	1.192
60	16450	18265	9.222	10.240	1.018
70	19283	20710	10.810	11.610	0.800
80	22184	23338	12.437	13.084	0.647
90	25017	26075	14.025	14.618	0.593
100	27304	28097	15.307	15.752	0.445

Tabla 4. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 1350 rpm.

ACIM 1200 rpm (40 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	1333	0.000	0.747	0.747
10	2252	5072	1.263	2.843	1.580
20	5085	7462	2.851	4.183	1.332
30	7918	10360	4.439	5.808	1.369
40	10716	13015	6.008	7.256	1.248
50	13617	15695	7.633	8.799	1.166
60	16450	18281	9.222	10.249	1.027
70	19283	20922	10.810	11.729	0.919
80	22150	23216	12.418	13.015	0.597
90	25017	25569	14.025	14.334	0.309
100	27304	27861	15.307	15.619	0.312

Tabla 5. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 1200 rpm.

ACIM 1050 rpm (35 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	1296	0.000	0.727	0.727
10	2218	4606	1.243	2.582	1.339
20	5085	7293	2.851	4.089	1.238
30	7884	10039	4.420	5.628	1.208
40	10750	12636	6.027	7.084	1.057
50	13583	15357	7.615	8.609	0.994
60	16416	17882	9.203	10.025	0.822
70	19283	20621	10.810	11.561	0.751
80	22150	23175	12.418	12.992	0.574
90	25017	25537	14.025	14.317	0.292
100	27304	27567	15.307	15.455	0.148

Tabla 6. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 1050 rpm.

ACIM 900rpm (30 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	1339	0.000	0.751	0.751
10	2286	4232	1.282	2.373	1.091
20	5119	6824	2.870	3.826	0.956
30	7952	9503	4.458	5.328	0.870
40	10819	12184	6.065	6.831	0.766
50	13617	14601	7.633	8.186	0.553
60	16484	17173	9.241	9.628	0.387
70	19351	19894	10.849	11.153	0.304
80	22218	22281	12.456	12.491	0.035
90	25051	24864	14.044	13.939	0.105
100	27304	27140	15.307	15.215	0.092

Tabla 7. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 900 rpm.

ACIM 750 rpm (25 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	1025	0.000	0.575	0.575
10	2252	3590	1.263	2.013	0.750
20	5051	6150	2.832	3.448	0.616
30	7884	8838	4.420	4.955	0.535
40	10716	11471	6.008	6.431	0.423
50	13583	14064	7.615	7.885	0.270
60	16416	16780	9.203	9.407	0.204
70	19283	19456	10.810	10.907	0.097
80	22150	22098	12.418	12.389	0.029
90	24983	24740	14.006	13.870	0.136
100	27338	26734	15.326	14.988	0.338

Tabla 8. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 750 rpm.

ACIM 600 rpm (20 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	681	0.000	0.382	0.382
10	2218	3050	1.243	1.710	0.467
20	5051	5646	2.832	3.165	0.333
30	7884	8280	4.420	4.642	0.222
40	10716	11021	6.008	6.179	0.171
50	13583	13723	7.615	7.693	0.078
60	16416	16386	9.203	9.186	0.017
70	19283	19014	10.810	10.660	0.150
80	22150	21685	12.408	12.157	0.251
90	25017	24427	14.025	13.694	0.331
100	27338	26458	15.326	14.833	0.493

Tabla 9. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 600 rpm.

ACIM 450 rpm (15 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	477	0.000	0.267	0.267
10	2286	2764	1.282	1.550	0.268
20	5119	5599	2.870	3.139	0.269
30	7952	8423	4.458	4.722	0.264
40	10750	10943	6.027	6.135	0.108
50	13583	13558	7.615	7.600	0.015
60	16450	16414	9.222	9.202	0.020
70	19283	19020	10.810	10.663	0.147
80	22150	21622	12.418	12.122	0.296
90	25017	24050	14.025	13.483	0.542
100	27338	26024	15.326	14.590	0.736

Tabla 10. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 450 rpm.

ACIM 300 rpm (10 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	68	0.000	0.038	0.038
10	2286	2427	1.282	1.361	0.079
20	5085	5413	2.851	3.035	0.184
30	7884	7981	4.420	4.474	0.054
40	10716	10625	6.008	5.957	0.051
50	13617	13052	7.634	7.317	0.317
60	16416	15833	9.203	8.876	0.327
70	19283	18555	10.810	10.400	0.410
80	22150	20983	12.418	11.763	0.655
90	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-

\* las celdas sin rellenar se deben a que el ACIM no tiene capacidad de afrontar el par resistivo a esa velocidad.

Tabla 11. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 300 rpm.

ACIM 150 rpm (50 Hz)					
Referencia (%)	Señal ACSM1	Señal sonda	Par ACSM1 (Nm)	Par sonda (Nm)	Error
0	0	26	0.000	0.015	0.015
10	2218	2099	1.243	1.177	0.066
20	5051	4658	2.832	2.611	0.221
30	7918	7214	4.439	4.044	0.395
40	10750	9760	6.027	5.472	0.555
50	13583	12454	7.615	6.982	0.633
60	-	-	-	-	-
70	-	-	-	-	-
80	-	-	-	-	-
90	-	-	-	-	-
100	-	-	-	-	-

\* las celdas sin rellenar se deben a que el ACIM no tiene capacidad de afrontar el par resistivo a esa velocidad.

Tabla 12. Ensayo del circuito con amplificador operacional para una velocidad del ACIM de 150 rpm.

Analizando los resultados, observando principalmente el valor del error en las tablas cuya velocidad del ACIM ya es considerable, se puede apreciar que este llega a sobrepasar 1 N·m en muchos de los casos, falseando totalmente la medida realizada de par.

Ante este problema se han planteado varias soluciones. En primer lugar, dado que se conoce el valor del par medido por la sonda y el teórico real que sería el ofrecido por el ACSM1, se ha planteado una relación de ambos términos mediante una línea de tendencia lineal. Con ello, se pretende que el acercamiento entre ambos términos sea más cercano aplicando la ecuación de la recta, siendo esta del tipo que se muestra en la ecuación 50.

$$y = m \cdot x + n \quad [Ec.50]$$

Donde:

- $y$ : variable del plano  $y$
- $m$ : pendiente
- $x$ : variable del plano  $x$
- $n$ : ordenada en el origen

Cuyos términos de pendiente y ordenada en el origen para cada ensayo a diferentes velocidades son los mostrados en la tabla 13.

Velocidad ACIM	Pendiente	ordenada origen
1500 rpm (50 Hz)	1.0832	-1.6458
1350 rpm (45 Hz)	1.0588	-1.5266
1200 rpm (40 Hz)	1.0627	-1.5033
1050 rpm (35 Hz)	1.0613	-1.3509
900 rpm (30 Hz)	1.0830	-1.1786
750 rpm (25 Hz)	1.0690	-0.8145
600 rpm (20 Hz)	1.0632	-0.5215
450 rpm (15 Hz)	1.0670	-0.4560
300 rpm (10 Hz)	1.0633	-0.2184
150 rpm (5 Hz)	1.0993	-0.0268

Tabla 13. Pendiente y ordenada en el origen para cada rango de velocidad.

Todos estos valores han sido introducidos en el PLC y, dado que la velocidad del ACIM es un parámetro medible, se aplican los correspondientes valores de pendiente y ordenada en el origen a cada rango de velocidad. Arrojando los siguientes valores de error absoluto.

ACIM 1500 rpm (50 Hz)		
Par ACSM1 (Nm)	Par sonda procesado (Nm)	Error
0.000	-0.569	0.569
1.262	1.510	0.247
2.851	3.166	0.315
4.458	4.615	0.157
6.027	6.084	0.057
7.634	7.682	0.048
9.222	9.092	0.130
10.829	10.850	0.021
12.437	12.473	0.036
14.025	13.906	0.119
15.326	15.261	0.065

Tabla 14. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 1500 rpm.

ACIM 1350 rpm (45 Hz)		
Par ACSM1 (Nm)	Par sonda procesado (Nm)	Error
0.000	-0.587	0.587
1.263	1.433	0.170
2.851	3.053	0.202
4.439	4.610	0.171
6.027	6.181	0.154
7.615	7.798	0.183
9.222	9.315	0.093
10.810	10.766	0.044
12.437	12.326	0.111
14.025	13.951	0.074
15.307	15.151	0.156

Tabla 15. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 1350 rpm.

ACIM 1200 rpm (40 Hz)		
Par ACSM1 (Nm)	Par sonda procesado (Nm)	Error
0.000	-0.709	0.709
1.263	1.518	0.255
2.851	2.942	0.091
4.439	4.669	0.230
6.008	6.208	0.200
7.633	7.847	0.214
9.222	9.388	0.166
10.810	10.961	0.151
12.418	12.328	0.090
14.025	13.729	0.296
15.307	15.095	0.212

Tabla 16. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 1200 rpm.

ACIM 1050 rpm (35 Hz)		
Par ACSM1 (Nm)	Par sonda procesado (Nm)	Error
0.000	-0.579	0.579
1.243	1.390	0.147
2.851	2.989	0.138
4.420	4.622	0.202
6.027	6.168	0.141
7.615	7.786	0.171
9.203	9.289	0.086
10.810	10.919	0.109
12.418	12.438	0.020
14.025	13.844	0.181
15.307	15.052	0.255

Tabla 17. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 1050 rpm.

<b>ACIM 900 rpm (30 Hz)</b>		
<b>Par ACSM1 (Nm)</b>	<b>Par sonda procesado (Nm)</b>	<b>Error</b>
0.000	-0.365	0.365
1.282	1.391	0.109
2.870	2.965	0.095
4.458	4.592	0.134
6.065	6.220	0.155
7.633	7.687	0.054
9.241	9.249	0.008
10.849	10.900	0.051
12.456	12.349	0.107
14.044	13.918	0.126
15.307	15.300	0.007

Tabla 18. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 900 rpm.

<b>ACIM 750 rpm (25 Hz)</b>		
<b>Par ACSM1 (Nm)</b>	<b>Par sonda procesado (Nm)</b>	<b>Error</b>
0.000	-0.200	0.200
1.263	1.337	0.074
2.832	2.871	0.039
4.420	4.482	0.062
6.008	6.060	0.052
7.615	7.614	0.001
9.203	9.241	0.038
10.810	10.845	0.035
12.418	12.429	0.011
14.006	14.012	0.006
15.326	15.207	0.119

Tabla 19. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 750 rpm.

<b>ACIM 600 rpm (20 Hz)</b>		
<b>Par ACSM1 (Nm)</b>	<b>Par sonda procesado (Nm)</b>	<b>Error</b>
0.000	-0.115	0.115
1.243	1.297	0.054
2.832	2.843	0.011
4.420	4.414	0.006
6.008	6.048	0.040
7.615	7.657	0.042
9.203	9.245	0.042
10.810	10.812	0.002
12.408	12.403	0.005
14.025	14.038	0.013
15.326	15.249	0.077

Tabla 20. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 600 rpm.

<b>ACIM 450 rpm (15 Hz)</b>		
<b>Par ACSM1 (Nm)</b>	<b>Par sonda procesado (Nm)</b>	<b>Error</b>
0.000	-0.171	0.171
1.282	1.198	0.084
2.870	2.893	0.023
4.458	4.583	0.125
6.027	6.090	0.063
7.615	7.654	0.039
9.222	9.363	0.141
10.810	10.922	0.112
12.418	12.479	0.061
14.025	13.931	0.094
15.326	15.112	0.214

Tabla 21. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 450 rpm.

<b>ACIM 300 rpm (10 Hz)</b>		
<b>Par ACSM1 (Nm)</b>	<b>Par sonda procesado (Nm)</b>	<b>Error</b>
0.000	-0.178	0.178
1.282	1.229	0.053
2.851	3.009	0.158
4.420	4.539	0.119
6.008	6.116	0.108
7.634	7.562	0.072
9.203	9.220	0.017
10.810	10.840	0.030
12.418	12.290	0.128
-	-	-
-	-	-

\* las celdas sin rellenar se deben a que el ACIM no tiene capacidad de afrontar el par resistivo a esa velocidad.

Tabla 22. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 300 rpm.

<b>ACIM 150 rpm (5 Hz)</b>		
<b>Par ACSM1 (Nm)</b>	<b>Par sonda procesado (Nm)</b>	<b>Error</b>
0.000	-0.010	0.010
1.243	1.267	0.024
2.832	2.843	0.011
4.439	4.419	0.020
6.027	5.989	0.038
7.615	7.649	0.034
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-
-	-	-

\* las celdas sin rellenar se deben a que el ACIM no tiene capacidad de afrontar el par resistivo a esa velocidad.

Tabla 23. Resultado del error para una velocidad del ACIM de 150 rpm.

Volviendo a analizar el error, se puede ver una cierta mejora, pero todavía no es lo suficientemente preciso para considerarse apto. Finalmente se ha llegado a la conclusión de que este problema se debe a varios factores, tanto de *software* como de *hardware*, los cuales son los siguientes:

En primer lugar, se debe a una falta de linealidad entre el valor de par proveniente del ACSM1 y del medido con el circuito del amplificador operacional. Esto hace que sea complejo realizar algún ajuste mediante *software* a través del PLC, ya que, no existe linealidad entre los rangos de velocidad ni de par, dificultando así su implementación.

Este problema se puede deber al equipo implementado. Como ya se ha comentado anteriormente, la señal proveniente del ACSM1 es muy ruidosa, por lo que puede estar falseando resultados, y pese que se ha tratado de implementar algún filtro, estos no dieron el resultado deseado.

El último factor que puede estar afectando a la medida es referente al propio circuito. Este requiere una tensión simétrica para su alimentación, la cual se obtuvo empleando resistencias y condensadores formando lo que se conoce como tierra virtual. El problema de estos circuitos es que tienden a desequilibrarse, rompiendo esa simetría en la tensión de alimentación del amplificador operacional. Esto ocasiona que, en algunos puntos, recorte la onda senoidal a su salida. Pese a que se ha intentado subsanar este problema no se encontró en que puntos fallaba, dificultando así su solución. Por lo tanto, sería conveniente recurrir a una fuente simétrica para comparar así los resultados.

Estos factores individuales o la suma de ellos hacen que este sistema de medida sea inviable. Además de que tratar de mejorarlo solo implica mayor cantidad de componentes electrónicos y mayor demanda de procesamiento al PLC; por todo ello, finalmente se ha descartado.

#### **1.7.4. Medida con transductor de corriente y muestreo de la señal con un microcontrolador.**

Finalmente, para el último método empleado para la medida del par resistente se han modificado ambos componentes. Por un lado, se ha sustituido la sonda de corriente por un transductor, cuyo funcionamiento es similar, pero, este ofrece ciertas ventajas que a continuación serán descritas. Por otro lado, para acondicionar la señal se ha recurrido a un microcontrolador, que también ofrece ciertas ventajas frente a la electrónica analógica anteriormente empleada con el amplificador operacional.



Figura 42. LEM LTSR 6-NP.

En primer lugar, el transductor de corriente es el modelo LTSR 6-NP, de la marca LEM. Su funcionamiento es similar a la sonda de corriente, pero, este tiene unos pines extra para realizar cierta configuración básica, lo cual es muy útil para el caso de esta aplicación.

Este cuenta con diez pines, seis de ellos correspondientes al bobinado primario y los cuatro restantes al circuito de salida. El bobinado primario, pese a que el transductor es no invasivo, permite cierta configuración en función del rango de corriente que se vaya a medir, mejorando así la resolución del dispositivo. Para esta aplicación se ha realizado la configuración con una única vuelta del bobinado primario, siendo posible mediante la unión de los pines 1, 2 y 3 y por otro lado los pines 4, 5 y 6. Lo que ofrece la máxima corriente de entrada que es de 19,2 A.

La característica principal referente al circuito de salida, la cual es de gran ayuda para la implementación de esta aplicación, es que permite aplicarle una tensión de referencia como *offset* de continua a través del pin ref. Esta tensión debe de ser de 2,5 V y de este modo, en el pin de salida out, habrá una tensión entre 0 y 5 V con la misma forma de onda que la corriente de entrada, en este caso senoidal. Los dos pines restantes serán para la alimentación del transductor, siendo necesario una tensión de 5 V de corriente continua para alimentar la electrónica interna que este posee.



Figura 43. Atmel ATtiny13-20PU.

El ATtiny13 es un pequeño microcontrolador de ocho pines diseñado por la empresa Atmel. Este cuenta con seis pines GPIO, de los cuales cuatro de ellos se pueden configurar como salidas PWM y cuatro como entradas analógicas de 0 a 5 V, contando además de comunicación serie I<sup>2</sup>C y SPI. Todo ello configurable mediante su programación.

Dada su gran variedad de opciones, incluyendo lectura y escritura analógica y que es compatible con la plataforma de Arduino, se ha elegido para que sea el encargado de medir la señal proveniente del transductor de corriente.

La idea principal es realizar con el microcontrolador el muestreo de la señal proveniente del transductor de corriente, similar a lo realizado en el apartado 1.7.2. con la sonda de corriente y el PLC. Pero esta vez, al realizarse de manera externa, el único límite de *hardware* es el propio microcontrolador. Una vez muestreada, cuantificada y habiendo calculado el valor *true RMS*, se escribirá dicho valor por una de las salidas PWM del microcontrolador.

Para la realización de este sistema, en la figura 44 se muestra el circuito implementado.

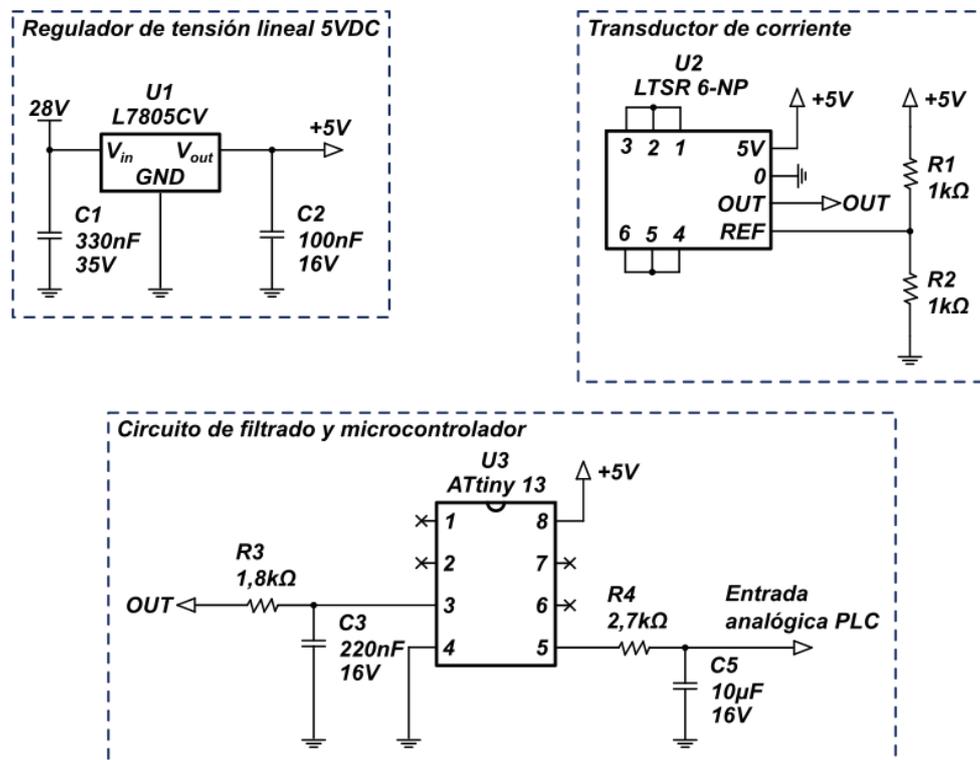


Figura 44. Circuito para el muestreo de la señal mediante un microcontrolador.

En primer lugar, se encuentra un regulador de tensión lineal el cual se encarga de reducir la tensión de alimentación de la fuente del puesto de control a 5 V, la cual alimenta a los dos componentes presentes en el circuito. Por indicaciones del fabricante es recomendable incluir un condensador de entrada de 330 nF y otro de salida de 100 nF para mejorar la estabilidad y la respuesta transitoria.

Posteriormente se encuentra el transductor de corriente, cuyos pines 1, 2 y 3 y por otro lado 4, 5 y 6 están unidos como ya se ha explicado. Para la tensión de referencia de 2,5 V se ha empleado un divisor de tensión x0,5 con dos resistencias de 1 kΩ.

Finalmente, en la parte del microcontrolador, el pin 3 se ha empleado como entrada analógica y el pin 5 como salida analógica. Pero a ambos se le ha incluido un filtro paso bajo cuya finalidad no es la misma; por lo tanto, la explicación individual de cada uno se muestra a continuación.

El filtro paso bajo de la entrada tiene como finalidad tratar de reducir el ruido proveniente de los convertidores de frecuencia del puesto de control, intentando conseguir que la señal senoidal de entrada al microcontrolador sea lo más pura posible.

En este tipo de filtros la frecuencia de corte no es escalonada, sino que traza una curva previa a dicha frecuencia, la cual puede llegar a atenuar la señal original. Tras varios ensayos, se ha deducido que un valor correcto para esta frecuencia son aproximadamente 400 Hz; ya que, es lo suficientemente grande para no atenuar la señal original de 100 Hz, pero lo suficientemente pequeña para no dejar pasar las frecuencias mayores a 1 kHz provenientes de los armónicos generados por los convertidores de frecuencia. Conocido este valor y fijando el de uno de los elementos pasivos que conforman el filtro, se puede obtener el valor del otro componente a través de la fórmula que representa a este tipo de filtros, mostrada en la ecuación 51.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} \quad [\text{Ec.51}]$$

Donde:

- $f_c$ : frecuencia de corte del filtro (Hz)
- $R$ : resistencia del filtro ( $\Omega$ )
- $C$ : capacidad del filtro (F)

Que, con los valores de 1,8 k $\Omega$  y 220 nF correspondientes a la resistencia y al condensador respectivamente, da un valor de 402 Hz como frecuencia de corte.

El filtro paso bajo de la salida tiene como objetivo convertir la salida PWM del microcontrolador en una señal analógica. Este paso se ha realizado ya que las entradas del PLC no están preparadas para recibir señales del tipo PWM, pudiendo falsear medidas o incluso dañar la propia entrada; por lo tanto, es recomendable suavizar este tipo de señal.

Para la obtención del valor de la resistencia y el condensador se ha empleado una calculadora *online* preparada para el cálculo de estos valores y, finalmente tras diversas pruebas, se han obtenido los valores definitivos que se muestran

en la figura 44, siendo el valor de la resistencia de 2,7 k $\Omega$  y el del condensador de 10  $\mu$ F.

La parte correspondiente al *software* del microcontrolador se basa en la realizada con el PLC. Pero, con varias mejoras dado el cambio de entorno y las facilidades que este ofrece. Para su comprensión, el diagrama de bloques de la figura 45 muestra su funcionamiento.

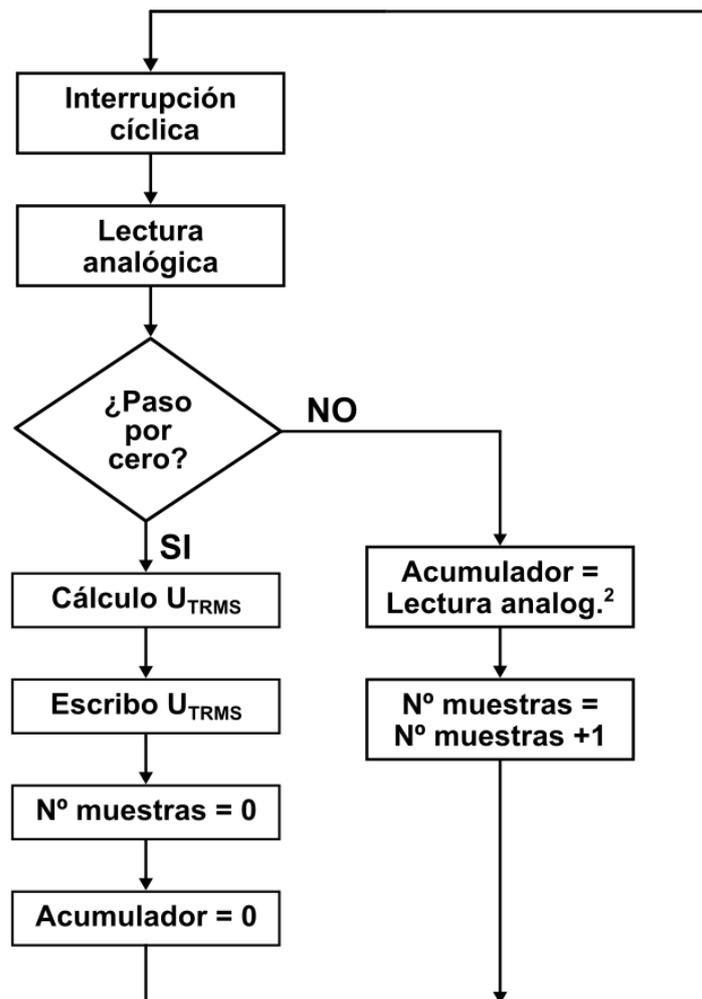


Figura 45. Diagrama de bloques para el muestreo de la señal proveniente del transductor de corriente.

El programa también está basado en interrupciones, con las cuales se realiza una lectura analógica proveniente del pin 3 del microcontrolador. Si se detecta que la señal ha pasado por cero, se realiza el cálculo de la tensión *TrueRMS*, se escribe este valor por el pin 5 hacia el PLC y se igualan a cero varias variables las cuales son necesarias para este cálculo. En caso de que no se detecte el paso por cero, estas variables van almacenando un valor, el cual corresponde al cuadrado de la tensión medida y el número de muestras, que, como ya se ha explicado, son necesarias para el cálculo de la tensión.

En un primer lugar, los resultados parecen favorables. La señal de salida es como se ha planteado, siendo un valor analógico aproximadamente de 0 a 5 V cuyo valor varía con el par tal y como se puede ver en las figuras 46 y 47, las cuales han sido tomadas mediante un osciloscopio.

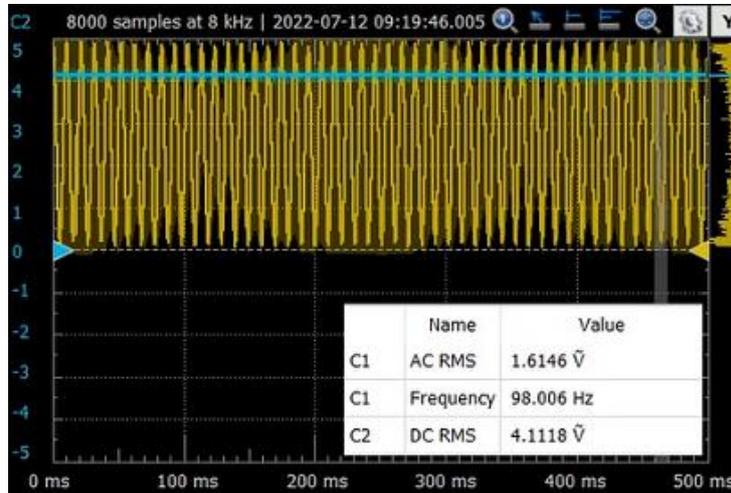


Figura 46. Señal proveniente del transductor de corriente (amarilla) y la salida del circuito (azul) para un par resistente de 15,5 N·m.

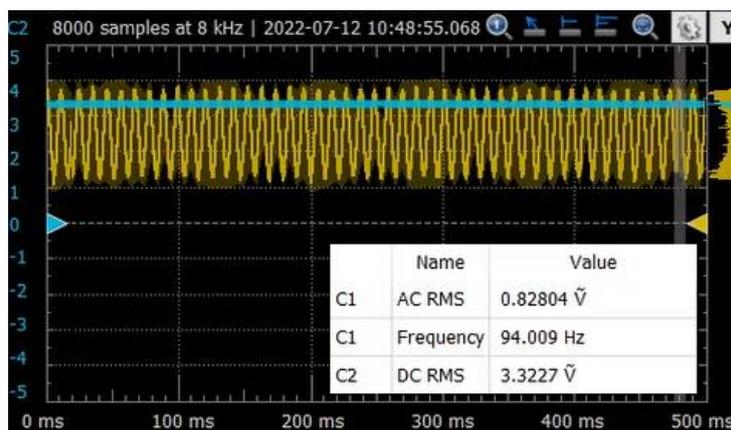


Figura 47. Señal proveniente del transductor de corriente (amarilla) y la salida del circuito (azul) para un par resistente de 8 N·m.

Como se puede ver, con una velocidad de 1500 rpm y modificando la carga, el valor de la señal analógica varía con esta. Cumpliéndose esto en todo el rango de par resistente.

El problema ha surgido a la hora de variar la velocidad. Al hacerlo, se producen ligeras variaciones en la amplitud de la señal, causando así una falsa medida en el par. Este fenómeno no se había observado hasta la realización de este sistema por lo que el motivo de su causa se intuye a que se deba al transductor de corriente y su electrónica interna, la cual causa una atenuación en la señal al aumentar la frecuencia.

En la tabla 24 se muestra de manera numérica esta afirmación. Realizándose un ensayo en tres escalas distintas de par y modificando la velocidad del ACIM.

	carga cte: 15.5 N·m		carga cte: 8 N·m		carga cte: 4 N·m	
f (Hz) Osciloscopio	UAC (V) Entrada	UDC (V) Salida	UAC (V) Entrada	UDC (V) Salida	UAC (V) Entrada	UDC (V) Salida
98	1.614	4.112	0.829	3.321	0.424	2.905
95	1.616	4.142	0.828	3.333	0.425	2.910
90	1.617	4.170	0.829	3.357	0.422	2.921
85	1.616	4.236	0.831	3.382	0.426	2.935
80	1.616	4.285	0.832	3.409	0.427	2.945
75	1.619	4.322	0.831	3.428	0.428	2.956
70	1.620	4.365	0.834	3.456	0.430	2.966
65	1.631	4.414	0.835	3.462	0.431	2.985
60	1.633	4.464	0.834	3.470	0.431	2.998
55	1.635	4.505	0.831	3.490	0.430	3.002
50	1.635	4.547	0.829	3.519	0.421	3.010
45	1.632	4.590	0.825	3.531	0.416	3.008
40	1.626	4.617	0.819	3.542	0.414	3.012
35	1.591	4.601	0.805	3.538	0.404	3.009
30	1.544	4.570	0.784	3.524	0.394	3.000
25	1.500	4.538	0.757	3.508	0.381	2.995
20	1.461	4.523	0.742	3.500	0.381	2.994
15	1.438	4.500	0.736	3.499	0.380	2.992
10	1.435	4.505	0.740	3.500	0.380	2.993

Tabla 24. Relación entre la tensión a la salida del transductor de corriente y la velocidad del ACIM para cargas constantes.

En la tabla se puede observar como para tres cargas constantes de 15,5; 8 y 4 N·m, se producen pequeñas variaciones en la tensión alterna de la entrada, que, tras el proceso de muestreo, cuantificación y cálculo del valor *TrueRMS* se ve todavía mayor esta variación, habiendo en algunos casos hasta medio voltio de diferencia. Esta variación se puede observar de manera más clara en la figura 48.

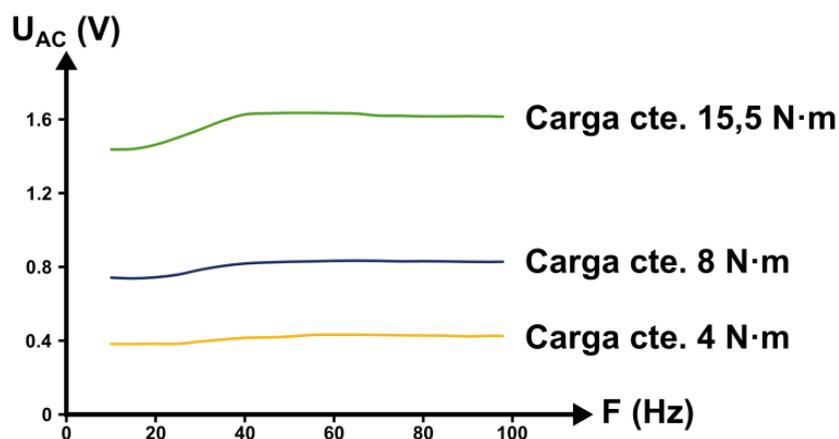


Figura 48. Variación de la tensión a la salida del transductor de corriente en función de la frecuencia de la señal con carga constante.

Como se puede apreciar, en especial para el caso de 15,5 N·m, la variación a frecuencias bajas es muy notable, estabilizándose en aproximadamente 40 Hz (600 rpm). Este mismo caso ocurre con los otros dos ensayos, pero de un modo más tenue.

Este error se ha tratado de solucionar intentando modificar el código del microcontrolador y modificando el filtro de entrada, pero ninguna opción ha dado resultados favorables. Por lo tanto, pese a que en algunos tramos funciona correctamente, al no poderse aplicar en todo el rango de frecuencias se ha descartado.

## **1.8. Conclusiones.**

### **1.8.1. Conclusiones acerca del proyecto.**

Dado que este proyecto tiene dos partes muy marcadas, siendo una la parte de programación del PLC y las interfaces para su manejo, y por otro lado la medida del par resistente con los diferentes componentes y circuitos electrónicos, las conclusiones se van a dividir en estos dos aspectos.

Referente a la programación del PLC se han conseguido los objetivos marcados ya que, desde la interfaz deseada, ya sea a través del panel HMI o desde la aplicación web, se tiene control total del PMSM y del ACIM para aplicarle el programa deseado y con ello monitorizar sus respuestas.

La implementación del grupo de perfiles de carga: constante, escalonado, cuadrático e inversamente proporcional se ha realizado de forma bastante amena. La dificultad ha surgido con el resto de los programas, ya que, para buscar un equilibrio entre el tipo de carga, la sencillez de su implementación mediante código y que fuese liviano para el procesador del PLC se han dedicado varias horas de investigación, ensayos y análisis de los resultados. Consiguiendo así unos modelos semejantes a su equivalente real con el fin de facilitar su comprensión por parte del usuario final.

El proceso más lento de programación ha surgido con las interfaces. En el panel HMI, debido a su tamaño, se ha debido de emplear un proceso de optimización del espacio para conseguir un equilibrio entre estética y funcionalidad, donde toda la información importante destaque y sea accesible de manera sencilla. Respecto a la aplicación web, dado que mayoritariamente se va a emplear a través de un *smartphone*, se ha optimizado para equipos de pantalla vertical. Manteniendo la misma estética que el panel HMI y con las funcionalidades básicas para tener el control del puesto de ensayos.

Referente a la medida del par resistente, finalmente no se ha encontrado un sistema que sea cien por cien funcional. En cada uno de los sistemas ha surgido un error que ha consumido mucho tiempo en tratar de buscarle una solución, lastrando así el tiempo productivo para su implementación y finalmente debiendo de descartar nuevos prototipos o mejoras de los ya existentes.

En caso de continuar con el proyecto, en primer lugar, habría que averiguar el origen del problema. Tratando de analizar si este es propio de la señal original o es un defecto del transductor de corriente.

En ambos casos sería recomendable cambiar el microcontrolador por una versión superior, como el ATtiny85, ya que, la versión empleada solo tiene 1 kB de memoria frente a los 8 kB de la versión superior. Esto ha supuesto otro contratiempo ya que se sobrepasaba con creces esta capacidad en las primeras versiones de este prototipo, dificultando aún más su implementación y debiendo de emplear un proceso bastante largo para la optimización del código.

Por otro lado, también sería interesante probar el transductor de corriente con el amplificador operacional. Dado que este incluye un *offset* de continua, no sería necesario emplear ningún circuito para obtener una tensión simétrica, solucionando así varios problemas surgidos en este aspecto. Emplear este circuito daría como ventajas el poder obtener una salida de 0 a 10 V, mejorando así la resolución del sistema, además de que no sería necesario el filtro paso bajo de la salida, ya que se trabajaría con una señal analógica y no PWM como en el caso del microcontrolador.

### **1.8.2. Conclusiones personales.**

La realización de este proyecto me ha planteado un reto bastante grande a nivel personal. Dada su envergadura y el partir relativamente desde cero me ha hecho tener que mejorar en aspectos de organización y optimización del tiempo, aun así, considero que se me han quedado varios puntos por terminar.

Respecto a la programación del PLC y del panel HMI ya tenía experiencia con equipos de esta marca, pero no a estos niveles, forzándome a ser lo más organizado posible a la hora de plantear las variables y la estructuración del programa, ya que una mala gestión de este puede causar muchos problemas tratando de corregir un posible error. Por lo tanto, la experiencia ganada en este aspecto será útil para un futuro laboral próximo.

La aplicación web ha sido el punto donde menos experiencia tenía, siendo esta nula, por lo que he tenido que emplear bastantes días en aprender por mí mismo



los conceptos de HTML, CSS y JavaScript, los cuales, pese a que no considero que sean conceptos relativamente necesarios en mi futuro laboral, no está de más tener una base sólida sobre ellos.

La parte de la electrónica, tratando de acondicionar la señal proveniente del PMSM, ha sido la más frustrante. Pese a que el concepto parece sencillo los pequeños problemas surgidos a la hora de su implementación y los cambios constantes para su mejora ha hecho que no disponga de más tiempo para tratar de conseguir un resultado favorable. Aun así, he aprendido y refrescado conceptos útiles que me pueden ayudar en un futuro a resolver planteamientos similares.



## **2. Pliego de condiciones.**

## 2.1. Introducción.

El pliego de condiciones es un documento formal donde se recogen los acuerdos negociados entre ambas partes interesadas. Su finalidad es la de formalizar un contrato donde se especifiquen las condiciones del proyecto, los plazos marcados para su desarrollo y el precio acordado, además de condicionantes en términos de uso y compraventa. Recogiendo así los derechos, obligaciones y responsabilidades de cada una de las partes.

## 2.2. Términos y condiciones del encargo.

- I. Requisitos: los requisitos solicitados por el demandante son los recogidos en el siguiente apartado. Donde de mutuo acuerdo se ha acordado que se deben de cumplir todos los puntos que a continuación se mencionan, sin importar la vía seguida para su implementación.

Punto 1. Se requiere un control del par y de la velocidad del PMSM a través de la interfaz del panel HMI.

Punto 2. Implementación de los principales perfiles de carga de carácter industrial, siendo estos: constante, escalonado, cuadrático e inversamente proporcional.

Punto 3. Implementación de aplicaciones industriales cuya naturaleza sea la de cada perfil de carga mencionado en el punto 2. Siendo estas: cinta transportadora, montacargas, ventilador y bobinadora.

Punto 4. Accesibilidad en remoto mediante dispositivos conectados a la misma red. Centrándose en dispositivos móviles como smartphones y fijos como ordenadores.

Punto 5. Máxima conectividad entre los equipos que conforman el puesto de control.

Punto 6. Accesibilidad desde el panel HMI a todas las variables involucradas en el proceso de control. Pudiendo visualizarlas y modificarlas por un usuario con permiso de administrador.

Punto 7. Optimizar la información del proceso mostrada en el panel HMI para ser vista desde una distancia considerable (aproximadamente dos metros). Centrándose en que se vea claramente los valores de par y velocidad aplicados al motor.

- II. Perfil de usuario: el perfil de persona a la que debe de estar enfocado este proyecto es a alumnos de ingeniería. Por lo tanto, se permite el uso de tecnicismos, abreviaturas, etc. Además, debe ser responsabilidad por parte del usuario conocer los perfiles de carga implementados y la respuesta generada por el ACIM.
- III. Seguridad: todas las interfaces implementadas deben de cumplir pautas de seguridad frente a fallos humanos. Estas pautas consisten en bloquear ciertas acciones mientras el sistema está en marcha. Estas son: bloqueo de cambio de programa con el sistema en marcha, bloqueo de cambio de par y velocidad o sus homólogos en aplicaciones con el sistema en marcha, bloqueo de cambio del tipo de control en el modo par / velocidad del PMSM.
- IV. Herramientas de terceros: para la realización de este proyecto es necesario emplear *software* de terceros, cuyo precio se recoge en el apartado de presupuesto 3.4. Este software es:
  - TIA Portal Professional V16.
  - Visual Studio 2022.
  - Arduino IDE.
- V. Plazos de entrega: los plazos de entrega son los correspondientes entre los meses de marzo a septiembre. Pudiendo recurrir a penalizaciones en caso de incumplimiento.
- VI. Presupuesto: el desglose del presupuesto es el indicado en el siguiente apartado. Este precio es fijo, sin contemplar posibles contratiempos, al cual se le aplica el Impuesto al Valor Agregado (IVA) correspondiente a España, siendo este del 21%.
- VII. Derechos: finalizado el proyecto, este será entregado al demandante. Teniendo de este modo plenos derechos de uso y distribución. Siempre que no obtenga un incentivo de carácter económico por ello.
- VIII. Elusión de responsabilidad: una vez finalizado el proyecto, este debe de ser revisado por el demandante. El desarrollador no se hace responsable de un futuro mal funcionamiento ocasionado por modificaciones posteriores a la fecha de entrega.



# 3. Presupuesto.

### 3.1. Desglose del presupuesto en el desarrollo del *software*.

<b>PRESUPUESTO EN EL DESARROLLO DEL SOFTWARE</b>					
<b>Aplicación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Días</b>	<b>Horas / día</b>	<b>Horas total</b>	<b>Importe [15€ / h.]</b>
PLC	Desarrollo del programa del S7-1200, incluyendo la configuración de los equipos.	45	5	225	3375,00
HMI	Desarrollo de la interfaz del panel HMI y su opción de conexión remota con SmartClient.	40	5	200	3000,00
WebServer	Desarrollo de la interfaz del servidor web, incluyendo su configuración de software en el PLC.	15	5	75	1125,00
<b>TOTAL [€]</b>		100		500	<b>7500,00</b>

### 3.2. Desglose del presupuesto en el desarrollo del *hardware*.

<b>PRESUPUESTO EN EL DESARROLLO DEL HARDWARE</b>					
<b>Aplicación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Días</b>	<b>Horas / día</b>	<b>Horas total</b>	<b>Importe [15€ / h.]</b>
Sonda de corriente	Montajes, ensayos y toma de datos relacionados con la sonda de corriente.	3	5	15	75,00
Amplificador operacional	Montaje del circuito electrónico con el amplificador operacional, ensayos y toma de datos.	5	5	25	125,00
Microcontrolador	Montaje del circuito electrónico con el microcontrolador, ensayos y toma de datos.	5	5	25	125,00
Trabajo sobre equipos	Modificaciones de los equipos del puesto de control, solución de averías, etc.	2	5	10	50,00
<b>TOTAL [€]</b>		15		75	<b>375,00</b>

### 3.3. Desglose del presupuesto en equipos y materiales.

<b>PRESUPUESTO EN EQUIPOS Y MATERIALES</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio [€]</b>	<b>Amortización [575 h.]</b>	<b>Importe [€]</b>
Ordenador	Ordenador portátil Acer Aspire 5.	599,00	208,75	208,75
PLC	Siemens S7-1200 CPU 1215C AC/DC/Rly.	1200,00	-	1200,00
HMI	Siemens KTP700 Basic.	600,00	-	600,00
Electrónica	Componentes electrónicos varios.	20,00	-	20,00
<b>TOTAL [€]</b>		2419,00		<b>2028,75</b>

### 3.4. Desglose del presupuesto del *software* de terceros.

<b>PRESUPUESTO EN SOFTWARE DE TERCEROS</b>				
<b>Programa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio [€]</b>	<b>Amortización [575 h.]</b>	<b>Importe [€]</b>
TIA Portal	Simatic step 7 Professional V16. TIA Portal.	4037	1406,8	1406,80
Visual Studio	Visual Studio Professional. (suscripción mensual).	45	-	45,00
Arduino IDE	Arduino IDE.	0	-	0,00
<b>TOTAL [€]</b>				<b>1451,80</b>

### 3.5. Total presupuesto.

<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>			
<b>Desglose del presupuesto</b>			<b>Importe [€]</b>
Presupuesto en el desarrollo del software.			7500,00
Presupuesto en el desarrollo del hardware.			375,00
Presupuesto en equipos y materiales.			2028,75
Presupuesto en software de terceros.			1451,80
<b>TOTAL [€]</b>			<b>11355,50</b>
			<b>I.V.A. (21%)</b>
			<b>2384,65</b>
			<b>TOTAL presupuesto</b>
			<b>13740,00</b>

El presupuesto total incluyendo el I.V.A. es de 13740 €. De los cuales, el beneficio bruto por el desarrollo del proyecto es la suma del trabajo realizado tanto en software como hardware, siendo un total de 7875 €.



## 4. Anexos.



## **Anexo - I. Configuraciones previas de los equipos.**

## Capítulo 1. Configuración de equipos Siemens en TIA Portal.

Dado que el *software* de TIA Portal integra la gran mayoría de equipos propios de la marca su configuración se realiza de un modo sencillo a través de sus menús.

Para ello, una vez abierto el programa, se pulsa sobre “*Crear proyecto*”. Se le da un nombre y la ruta deseada y se pulsa sobre “*Crear*”.

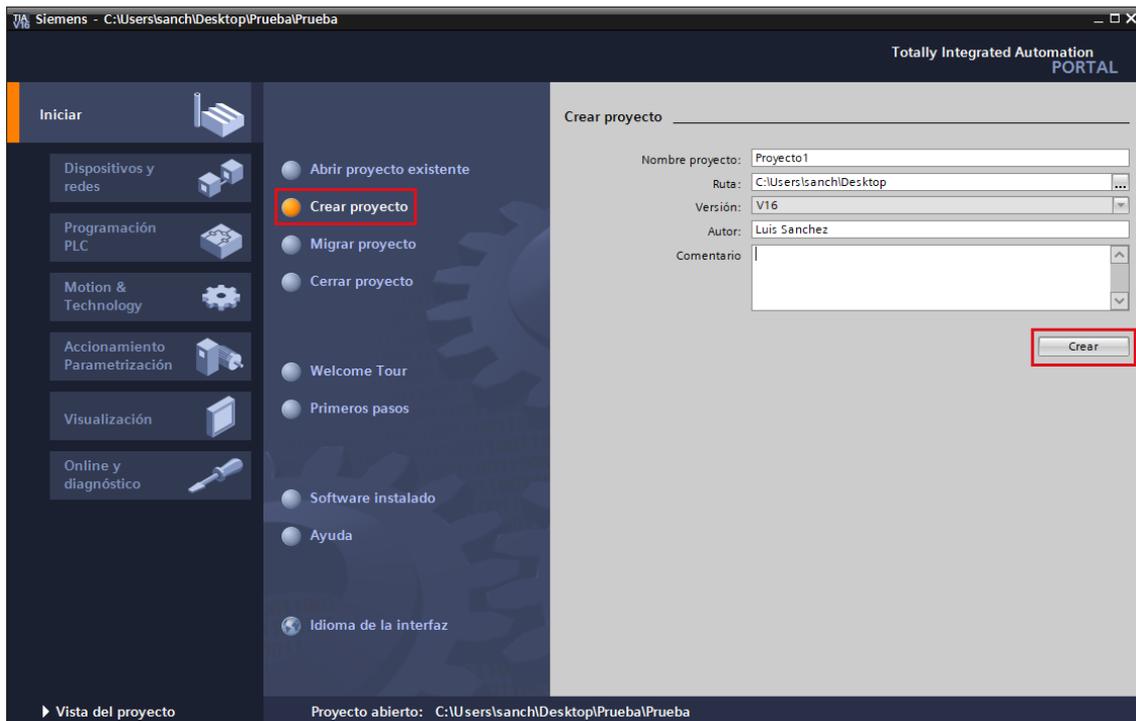


Figura 49. Creación de un proyecto nuevo en TIA Portal.

Una vez creado, en el menú desplegable de la izquierda se pulsa en “*Dispositivos y redes*” para incluir los equipos y se pulsa en “*Agregar dispositivo*” para incluir uno nuevo.

A continuación, aparece un menú en el cataloga los distintos equipos configurables. Estos son: controladores, HMI, sistemas PC (SCADA) y accionamientos. Que, junto a cada uno de ellos, están los distintos dispositivos configurables.

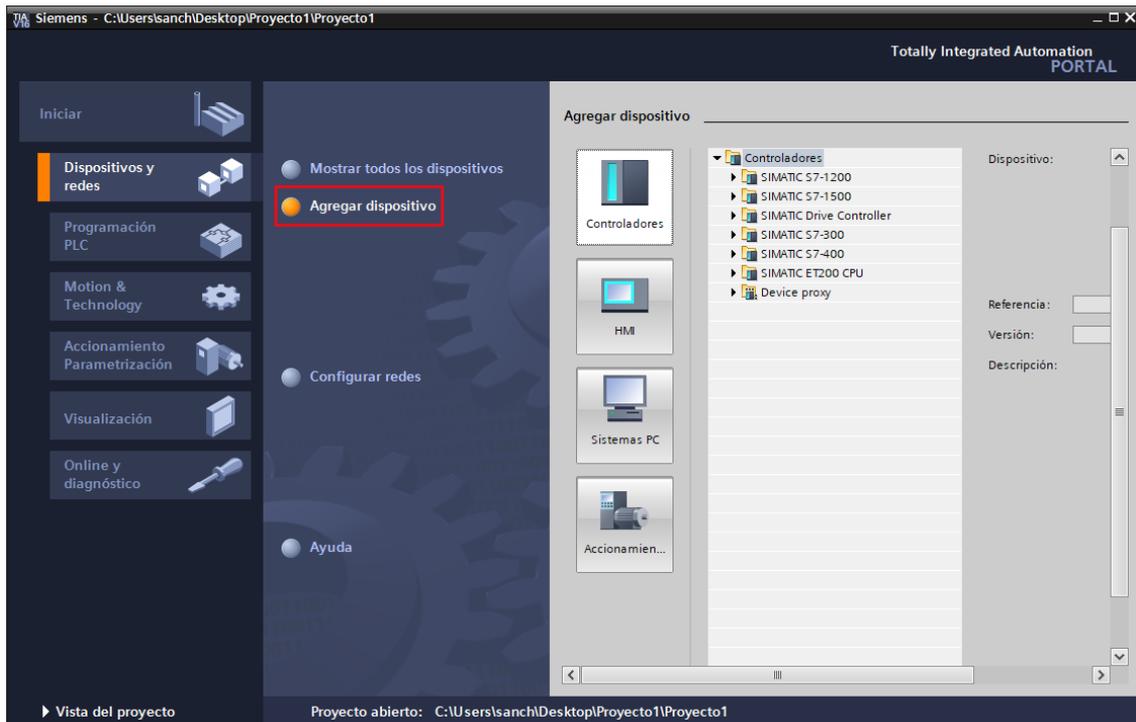


Figura 50. Agregar nuevo dispositivo en TIA Portal.

En lo que respecta a este proyecto, los dispositivos configurados son los siguientes:

- **Controladores** > SIMATIC S7-1200 > CPU 1215C AC/DC/Rly  
6ES7 215-1BG40-0XB0 Versión 4.2
- **HMI** > SIMATIC Basic Panel > 7" Display > KTP700 Basic  
6AV2 123-2GB03-0AX0 Versión 16.0.0.0
- **Sistemas PC** > SIMATIC HMI Application > WinCC RT Advanced  
6AV2 104-0xxxx-xxxx Versión 16.0.0.0
- **Accionamientos** > SINAMICS G120C > PN > FSAA > IP20, 2.2kW, UF  
6SL3210-1KE15-8UF2 Versión 4.7.10

Una vez configurados los equipos, en la "Vista del proyecto" si se pulsa sobre "Dispositivos y redes" aparecen todos los dispositivos creados. El siguiente paso es crear la comunicación PROFINET entre ellos, la cual se crea pulsando sobre el recuadro verde de "Ethernet" de cada dispositivo y arrastrando a cada uno de ellos la conexión.

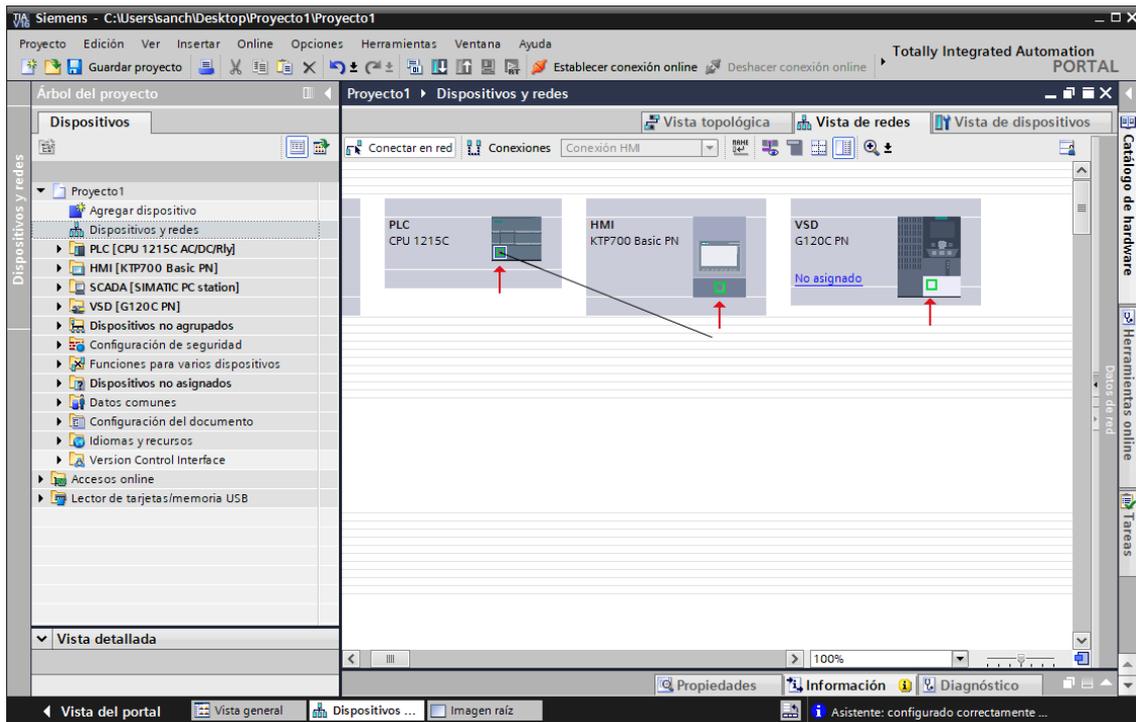


Figura 51. Configuración del protocolo PROFINET entre equipos.

Una vez realizada, si se accede a las propiedades de cada dispositivo, aparecen configuraciones de cada uno de ellos. En este caso, si se accede al menú de “Interfaz PROFINET” aparece la opción de modificar la dirección IP y la máscara de subred del dispositivo.

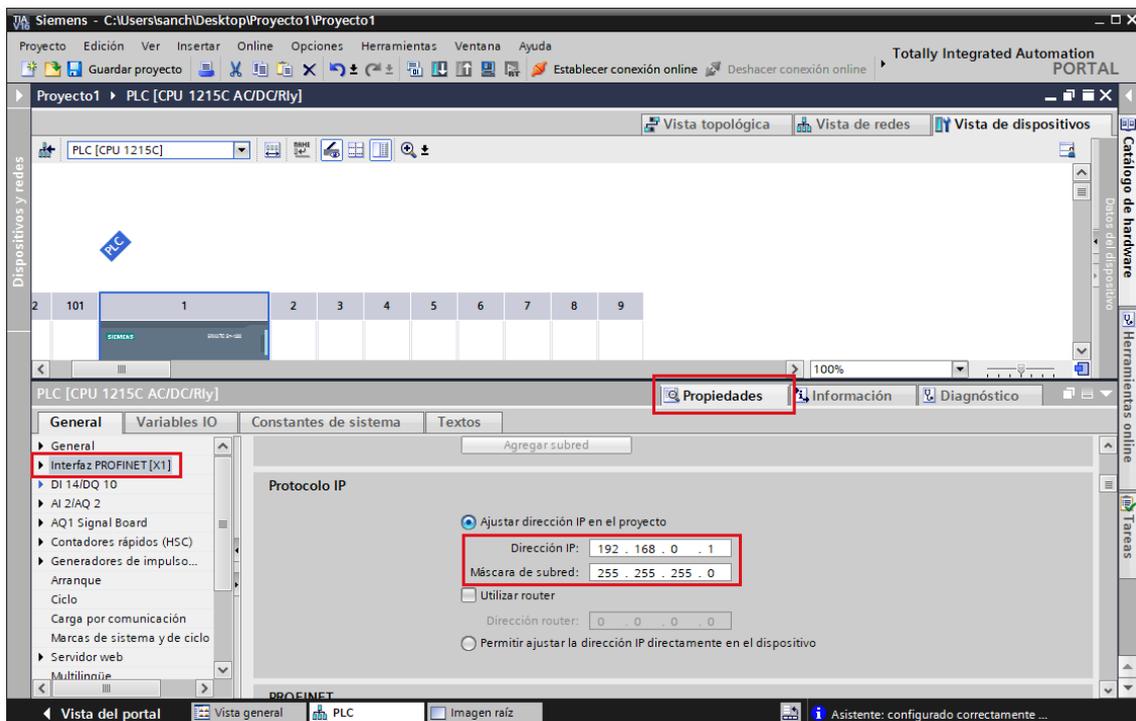


Figura 52. Configuración de la dirección IP y la máscara de subred.

Para finalizar falta incluir el módulo expansor de una salida analógica. Este se incluye haciendo doble click sobre el PLC, en la “Vista de dispositivos”, y en el lado derecho se encuentra el “Catálogo de hardware”.

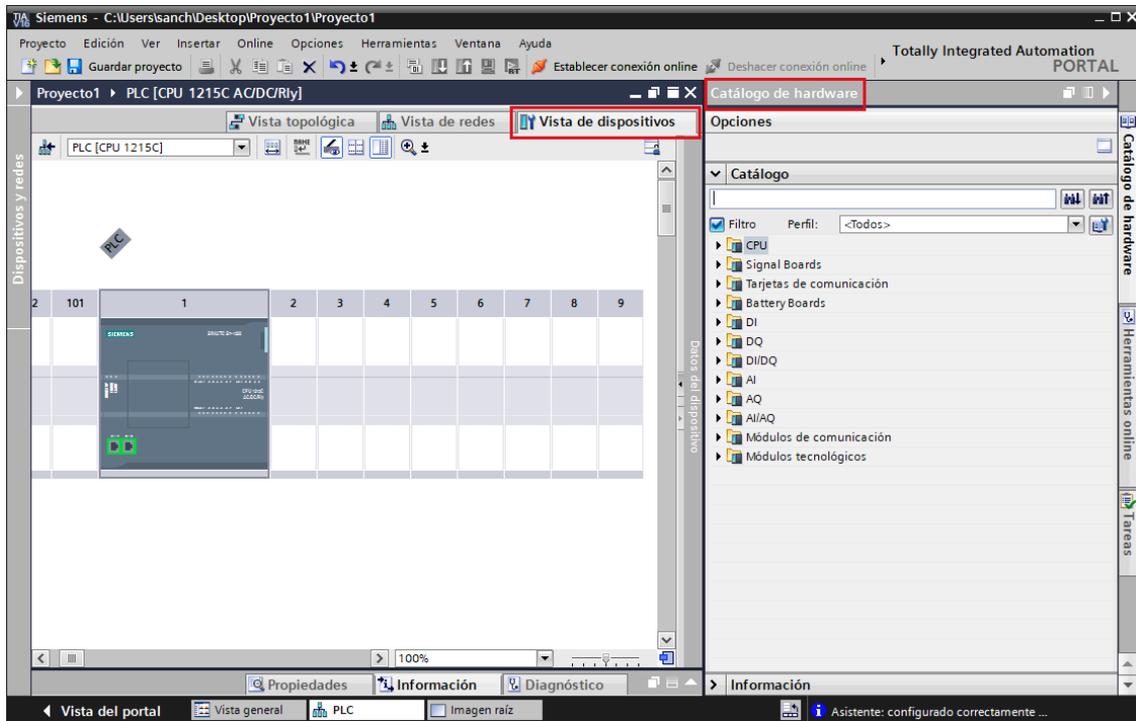


Figura 53. Catálogo de hardware para el PLC.

Si se navega a través del menú desplegable por: Signal Boards > AQ 1x12BIT > 6ES7 232-4HA30-0XB0. Se encuentra el módulo empleado. Que, a través de sus propiedades, permite su configuración en tensión o corriente.

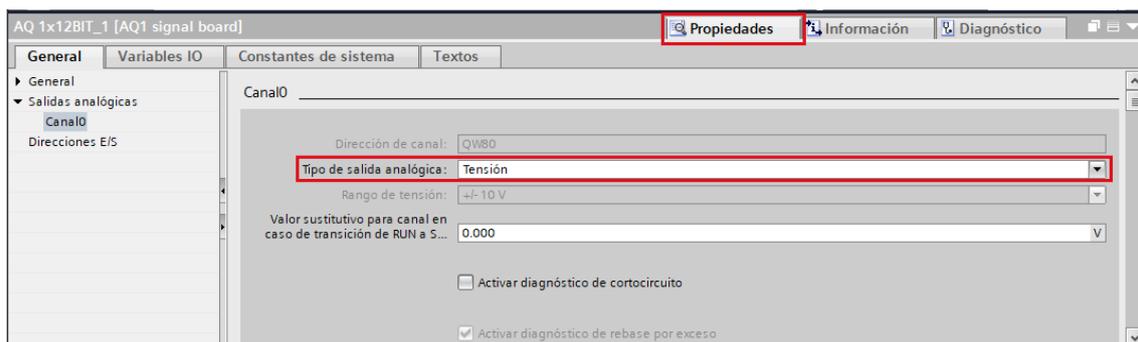


Figura 54. Configuración del módulo expansor de salida analógica.

## Capítulo 2. Configuración ABB ACS880 en TIA Portal.

Dado que el ABB ACS880 es un equipo ajeno a TIA Portal este necesita una configuración previa para poder realizar la comunicación entre estos equipos. Este convertidor, para su comunicación por PROFINET, emplea un módulo adaptador de *Ethernet* denominado FENA-11 el cual requiere un *driver* para su funcionamiento en TIA Portal.

En primer lugar, a través de la web de ABB:

<https://new.abb.com/drives/es/conectividad/fieldbus/modbus-tpc/fena-11>

En la sección: Descargas para FENA - Ethernet Adapter > Software, descargar el archivo: FENA-01/-11/-21 Ethernet Adapter Module GSDML File.

Descargas para FENA - Ethernet adapter

Documentos disponibles: → Búsqueda avanzada → Documentación en todos los idiomas

Documento de puesta en circulación (1)	ZIP	ABB Drives Libraries 1.3 for SIMATIC Manager and TIA Portal	Resumen: ABB specific libraries for SIMATIC Manager and TIA Portal that enable users to configure and control... (Mostrar más)	ZIP
Folleto (4)	ZIP	FENA-21 Ethernet Adapter Module EDS Files	Resumen: No hay sumario disponible	ZIP
Información (3)	ZIP	FENA-01/-11/-21 Ethernet Adapter Module GSDML File	Resumen: FENA-01/-11/-21 Ethernet Adapter Module GSDML File	ZIP
Instrucción (2)	ZIP	FENA-11 Ethernet Adapter Module EDS Files	Resumen: FENA-11 Ethernet Adapter Module EDS Files	ZIP
Línea directiva (4)				
Manual (6)				
Presentación (1)				
Software (6)				

Figura 55. Catálogo de descargas de software de ABB.

Una vez descargado, se abre el proyecto creado en TIA Portal siguiendo los pasos del capítulo anterior y, en el menú superior, se siguen estos pasos: *Opciones* > *Administrar archivos de descripción de dispositivos* > *GSDs instalados* > *Ruta de origen* y seleccionar la ruta del archivo descargado. Posteriormente, instalar la versión v2.31.

Opciones Herramientas Ventana Ayuda

- Configuración
- Support Packages
- Administrar archivos de descripción de dispositivos
- Iniciar Automation License Manager
- Mostrar texto de referencia
- Librerías globales

Administrar archivos de descripción de dispositivos

GSDs instalados GSDs en el proyecto

Ruta de origen: C:\Users\anchi\Dropbox\PROFINET ACS880\AdditionalFiles\GSD

Contenido de la ruta importada	Archivo	Versión	Idioma	Estado	Información
<input type="checkbox"/>	gstdml-v2.31-abb-fena-20150402...	V2.31	Inglés	Ya instalado	
<input type="checkbox"/>	gstdml-v2.33-abb-fena-20170914...	V2.33	Inglés	Ya instalado	

Figura 56. Instalación del driver para FENA-11 en TIA Portal.

Una vez agregado, y similar a como se ha instalado el módulo expensor de salida analógica, a través del menú de “Dispositivos y redes” en la ventana de “Catálogo de hardware”, ir a: *Otros dispositivos de campo > PROFINET IO > Drives > ABB > ABB FENA > Módulos de cabecera* y seleccionar *FENA-11*.

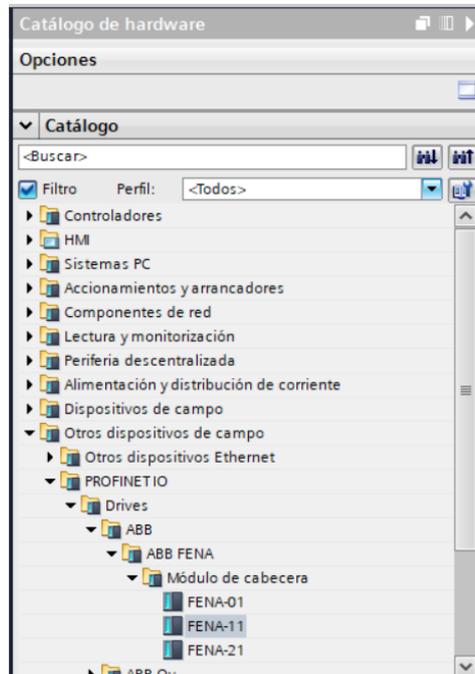


Figura 57. Selección del módulo FENA-11.

Y sin aceptar todavía el módulo, debajo del menú de selección, se selecciona la versión del dispositivo, siendo en este caso la V2.31.

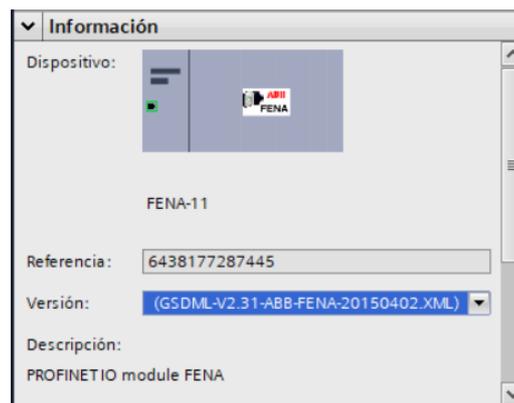


Figura 58. Selección de la versión del módulo FENA-11.

Una vez añadido, haciendo doble click sobre el módulo FENA-11 se abre su “Vista de dispositivos”. En este menú ir a: *Módulo > PPO Types* y hacer doble click sobre: *PPO Type 4* para agregarlo al módulo.

Posteriormente se conecta el módulo con el PLC mediante el protocolo PROFINET como se ha realizado con cualquier otro dispositivo y se le asigna de igual forma una dirección IP.

Una vez creada la red PROFINET ya se puede seleccionar las direcciones de entradas/salidas del módulo FENA-11. Haciendo doble click sobre el *driver*, en la “*Vista general de dispositivos*”, se asignan estas direcciones al gusto, teniendo en cuenta que estas ocupan 12 palabras de 16 bits cada una.

Vista general de dispositivos							
Módulo	Rack	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo	Refere...	
▼ FENA	0	0			FENA-11	6438...	
▶ Interface	0	0 X1			FENA		
PPO Type 4_1	0	1	100...111	100...111	PPO Type 4		
	0	2					

Figura 59. Ejemplo de configuración E/S FENA-11 con las direcciones 100-111.

### Capítulo 3. Configuración del SmartServer.

Para poder acceder al panel HMI de forma remota, el TIA Portal ofrece la opción de un servidor a través de SmartServer y con el *software* de SmartClient.

Para su configuración, a través del menú desplegable del HMI, se accede a: Configuración del runtime > Servicios > Control remoto. Y se activa la opción de: Iniciar Sm@rtServer.

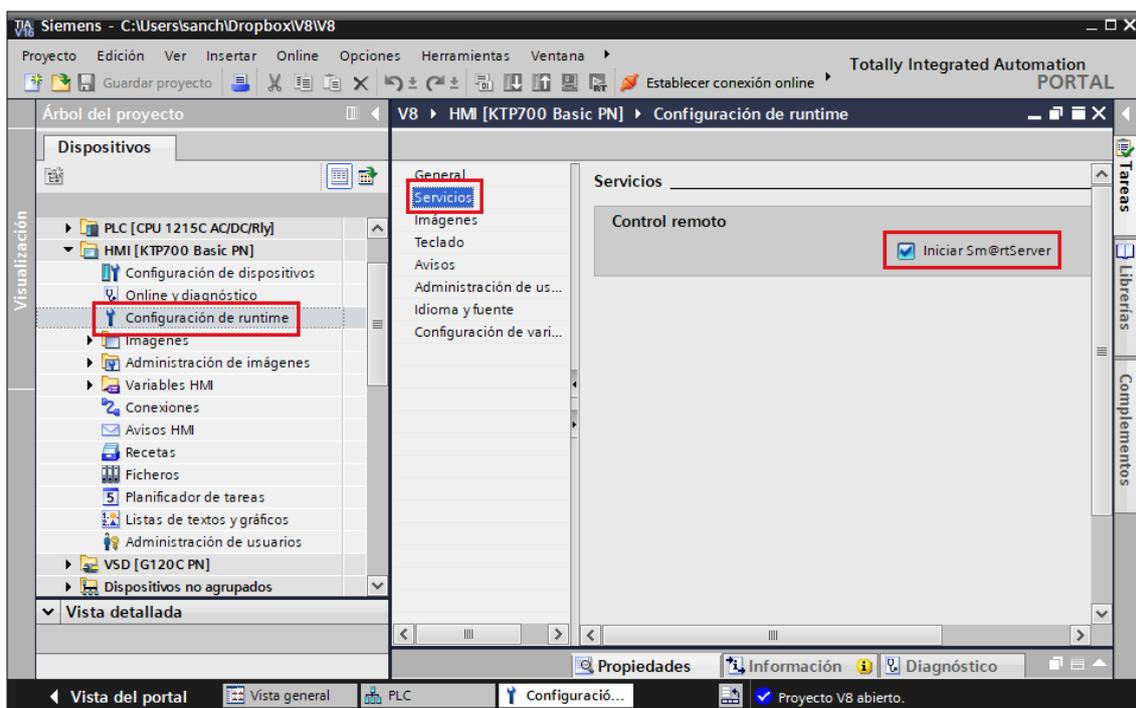


Figura 60. Activación del control remoto del panel HMI.

Posteriormente, desde el propio panel HMI, hay que activar también la opción de SmartServer. Para ello, al arrancar el panel y a través de la opción: Settings > WinCC Internet Settings > Remote. Se activa esta opción y obligatoriamente hay que establecer una contraseña a elección del usuario.

Para poder ver el panel remotamente es necesario instalar el *software* de SmartClient. Para ello, a través del siguiente enlace, se descarga el archivo SmartClient\_V17.exe.

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109482434/simatic-wincc-smartclient-exe-para-el-mantenimiento-remoto-de-un-equipo-simatic-hmi?dti=0&lc=es-ES>

una vez instalado se abre y aparece esta ventana.

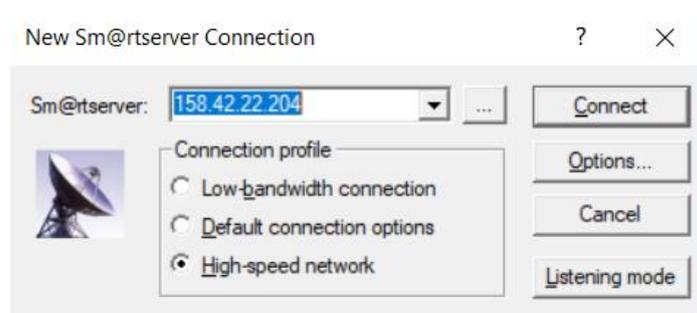


Figura 61. Ventana de acceso a SmartServer.

En ella se introduce la dirección IP del panel HMI y posteriormente se introduce la contraseña creada anteriormente, creando así la conexión entre el panel HMI y el dispositivo que se esté empleando para su visualización.

#### Capítulo 4. Configuración del WebServer.

Para la configuración del WebServer, en primer lugar, hay que acceder a la “Vista de dispositivos” del PLC y en sus propiedades, ir al menú “Servidor web”.

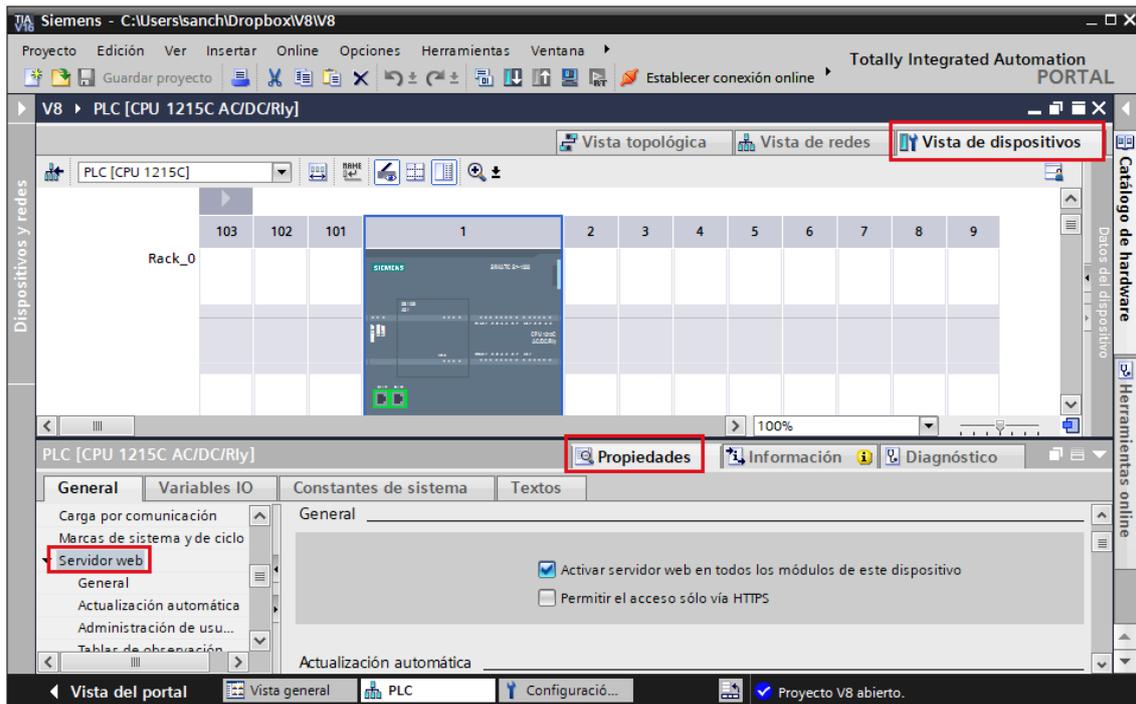


Figura 62. Configuración del WebServer en TIA Portal.

En todas las opciones de configuración que ofrece, en primer lugar, en “General” se activa la opción “Activar servidor web en todos los módulos de este dispositivo”

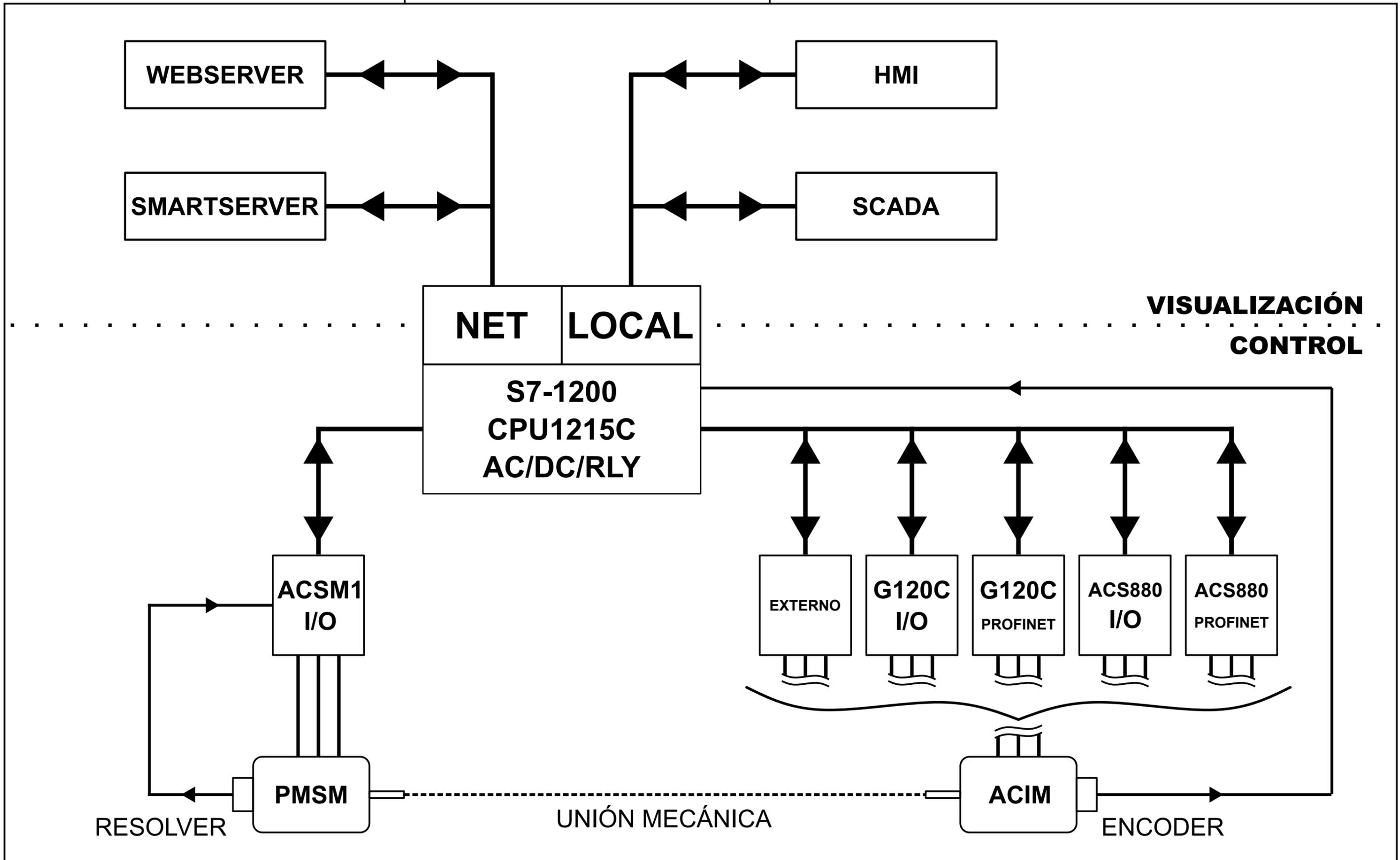
En “Administración de usuarios” se activan todas las opciones, para así tener control total en el servidor con el permiso de administrador.

En las “Páginas de usuario”. En “Directorio HTML” se debe de introducir la carpeta que contendrá los archivos .html del servidor. En “Página de inicio HTML” se marcará el archivo que será la página principal del servidor y en “Nombre de aplicación” se le introduce el nombre de nuestro servidor. Una vez se pulse “Generar bloques” el programa automáticamente convierte el código html en bloques de datos, los cuales puede interpretar el PLC.

Finalmente, en “Página de acceso” se selecciona AWP1. Para así arrancar directamente el servidor web en la página principal de la página web creada

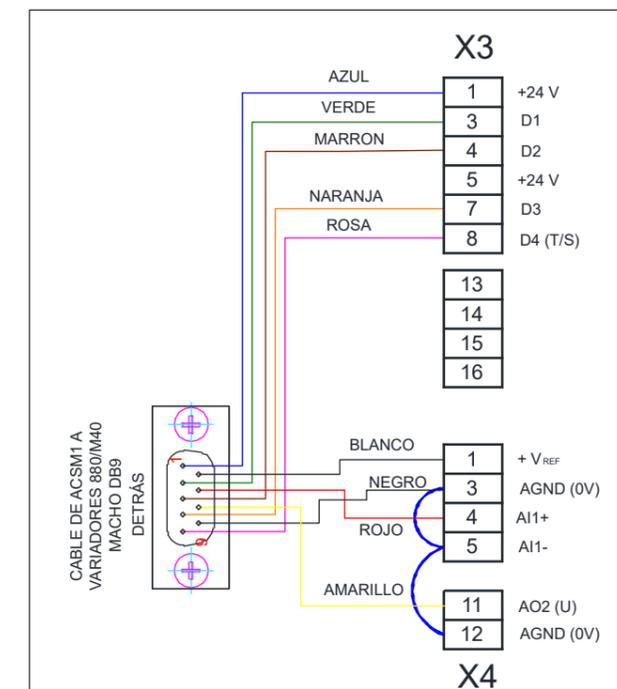
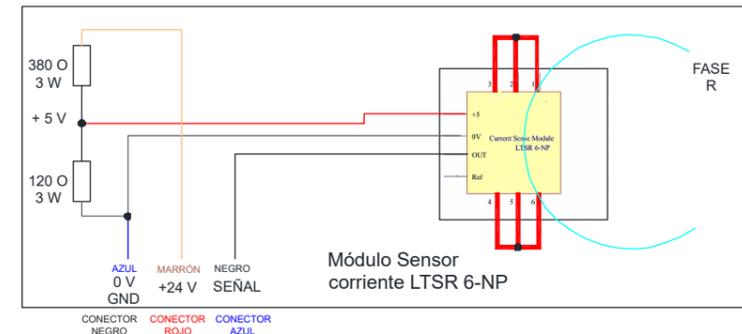
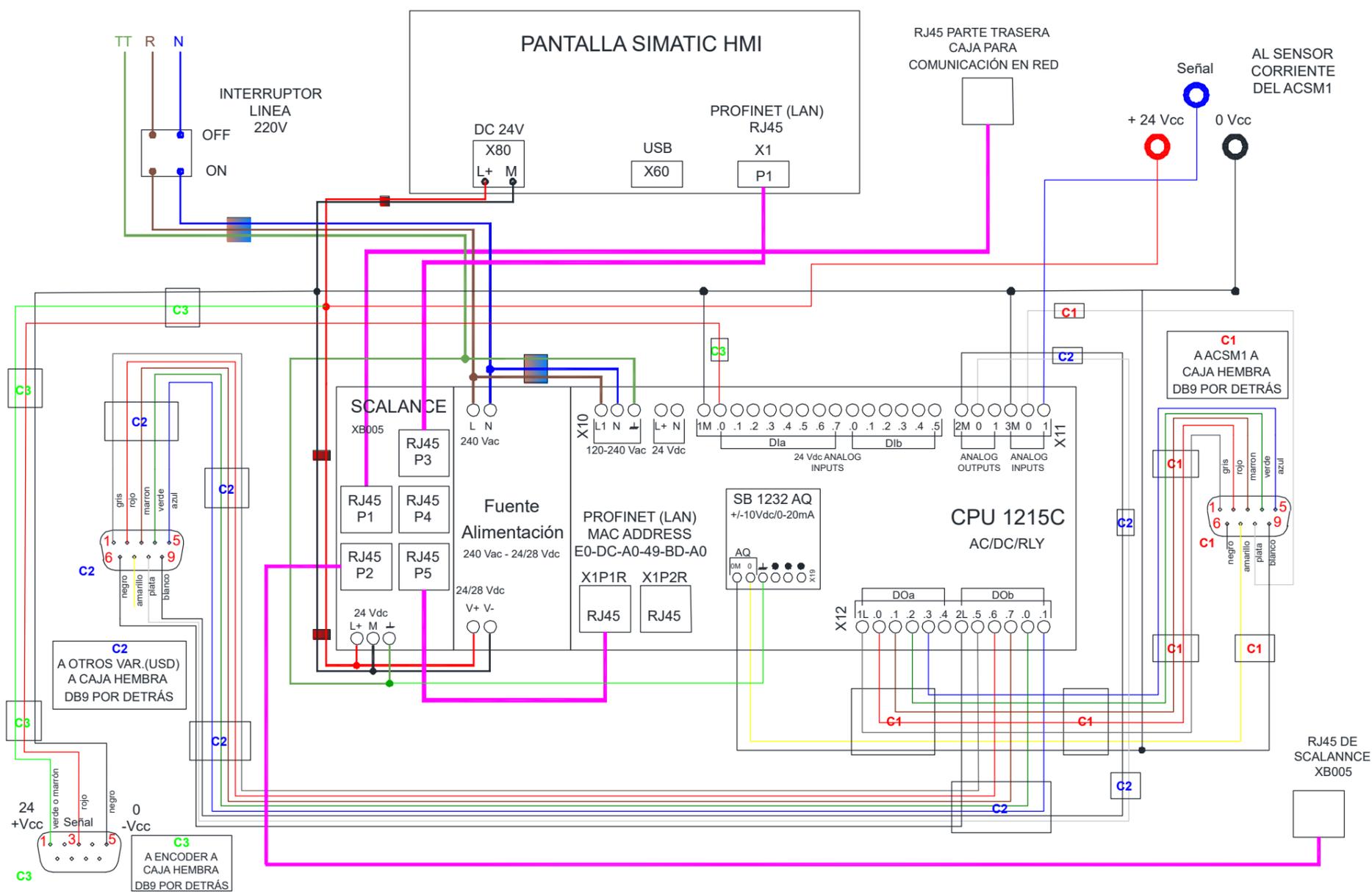


## **Anexo - II. Diagrama de conexiones entre equipos.**





### **Anexo - III. Esquema de conexiones del PLC.**



TRABAJO FINAL DE MÁSTER EN INGENIERÍA MECATRÓNICA



Proyecto:  
**DISEÑO DE APLICACIONES INDUSTRIALES PARA EL BANCO DE ENSAYOS DE CONTROL DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE UN AUTÓMATA PROGRAMABLE**

Plano:  
**Esquema de conexiones cuadro del PLC**

Autor:  
**LUIS MIGUEL SÁNCHEZ PERONA**

Fecha:  
**SEPTIEMBRE 2022**

Escala:  
**S/E**

Nº anexo:  
**III**  
 Nº plano:  
**1**



#### **Anexo - IV. Diagrama de bloques del código del PLC.**

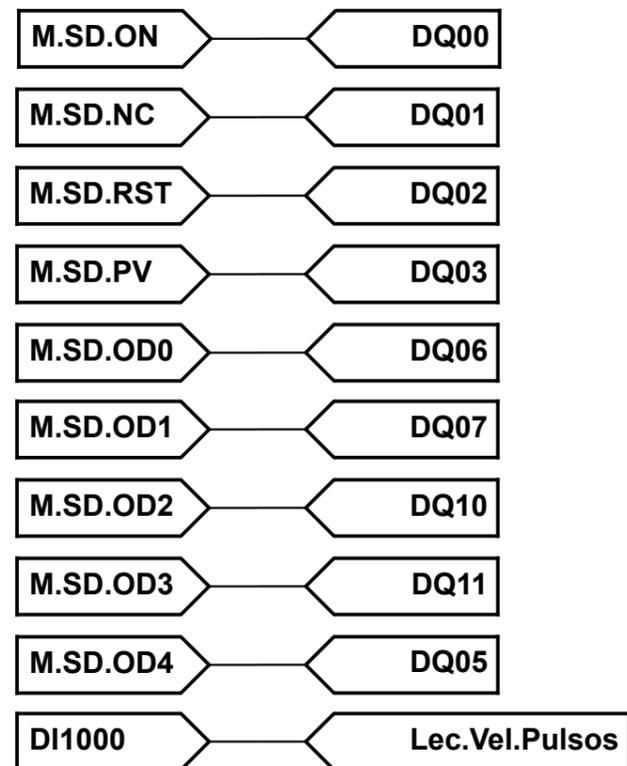
## ENTRADAS / SALIDAS

Nombre	Tipo de datos	Dirección
DQ00	Bool	%Q0.0
DQ01	Bool	%Q0.1
DQ02	Bool	%Q0.2
DQ03	Bool	%Q0.3
DQ04	Bool	%Q0.4
DQ05	Bool	%Q0.5
DQ06	Bool	%Q0.6
DQ07	Bool	%Q0.7
DQ10	Bool	%Q1.0
DQ11	Bool	%Q1.1
DI1000	DInt	%ID100
AI64	UInt	%IW64
AI66	UInt	%IW66
AQ64	UInt	%QW64
AQ66	UInt	%QW66
AQ80	UInt	%QW80
webOK	Int	%MW2

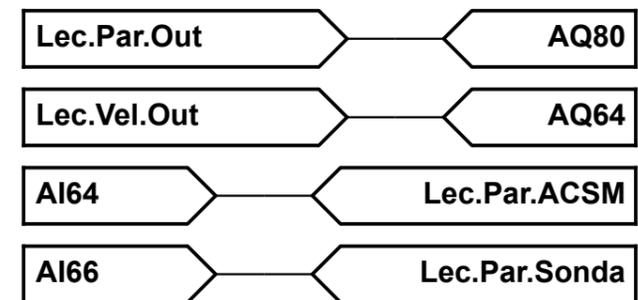
## VARIABLES DEL SISTEMA

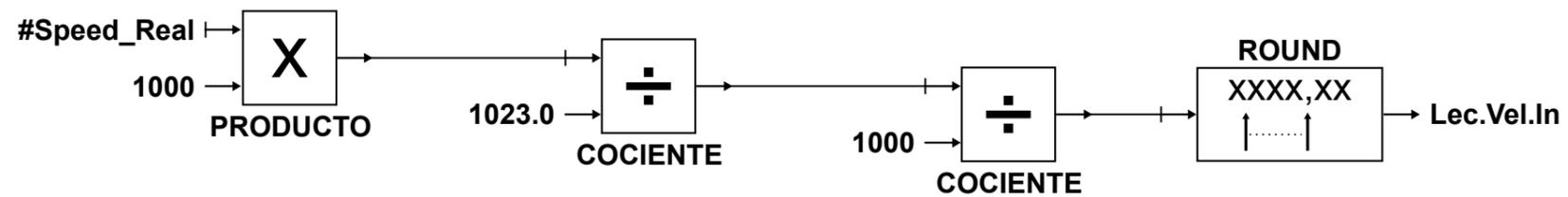
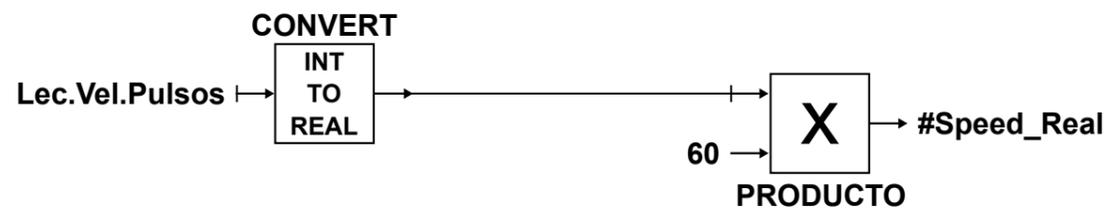
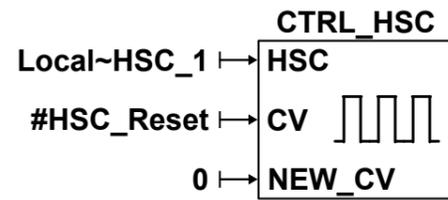
Nombre	Tipo de datos	Dirección
System_Byte	Byte	%MB1
FirstScan	Bool	%M1.0
DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1
Always TRUE	Bool	%M1.2
Always FALSE	Bool	%M1.3
Clock_Byte	Byte	%MB0
Clock_10Hz	Bool	%M0.0
Clock_5Hz	Bool	%M0.1
Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2
Clock_2Hz	Bool	%M0.3
Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4
Clock_1Hz	Bool	%M0.5
Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6
Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7

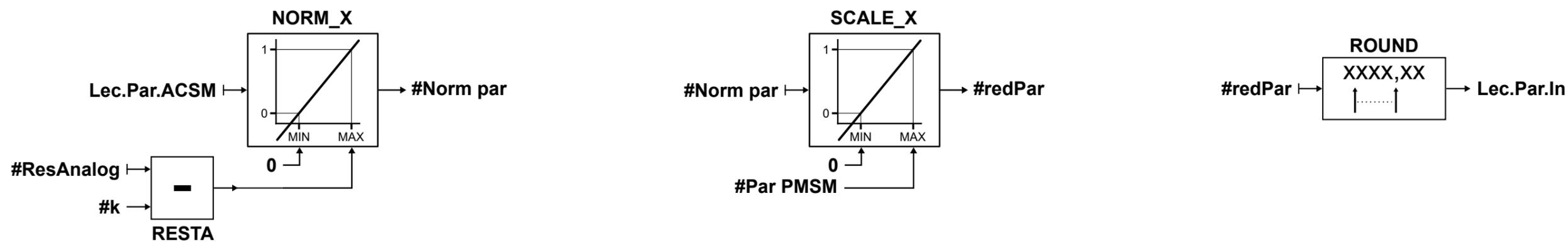
## ENTRADAS / SALIDAS Digitales

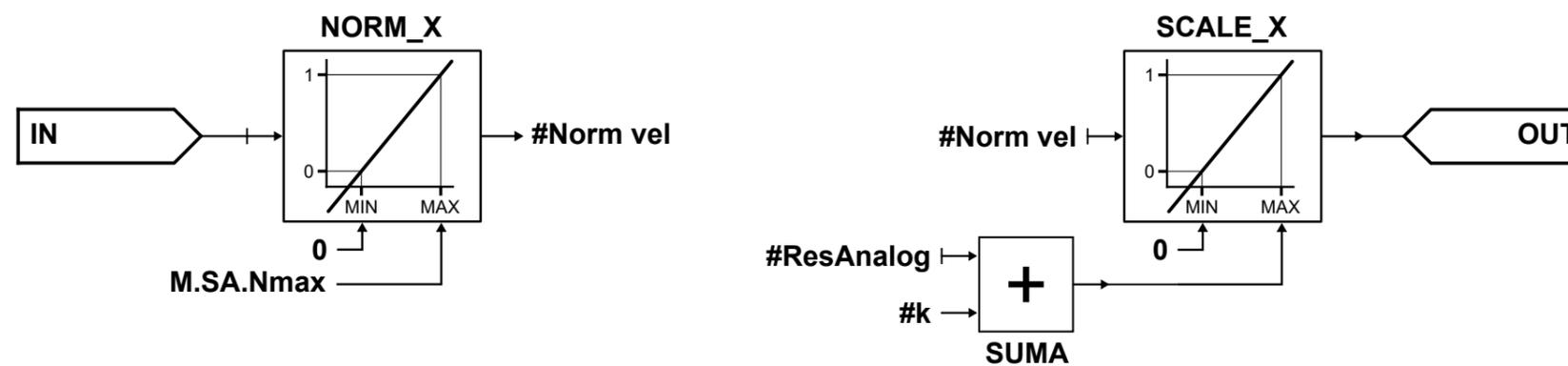


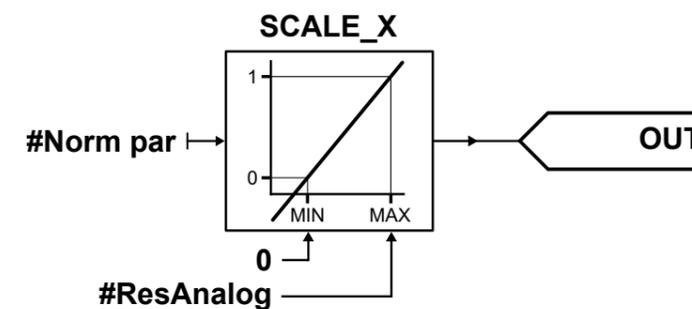
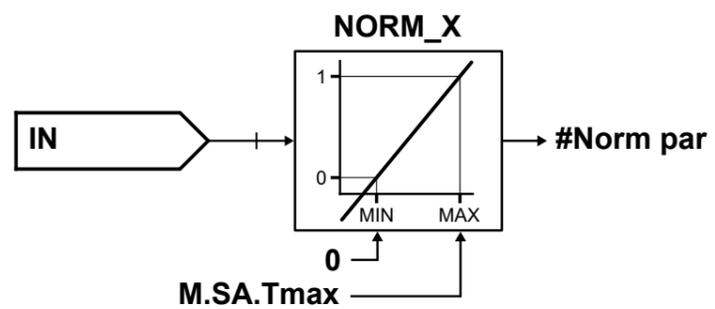
## ENTRADAS / SALIDAS Analógicas

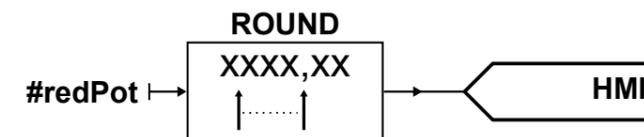
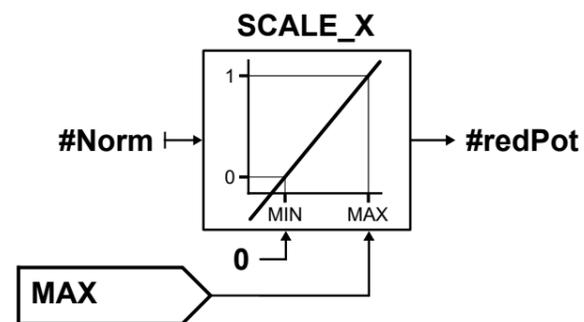
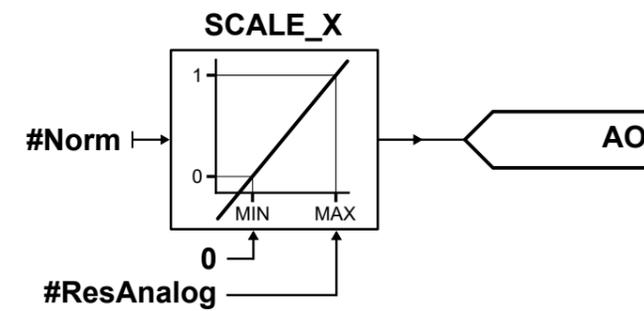
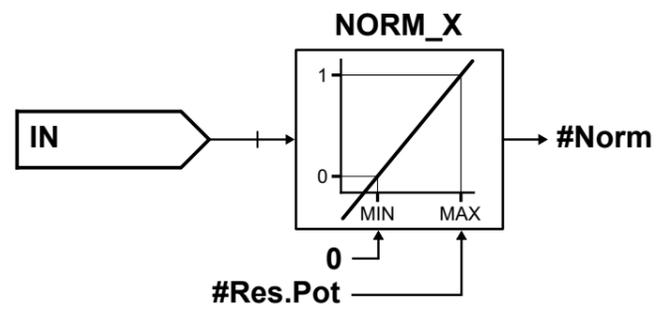


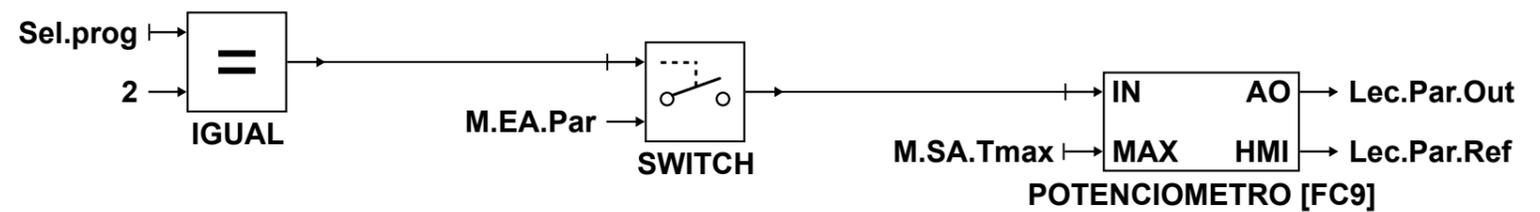
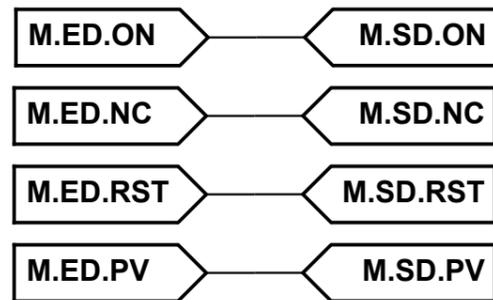


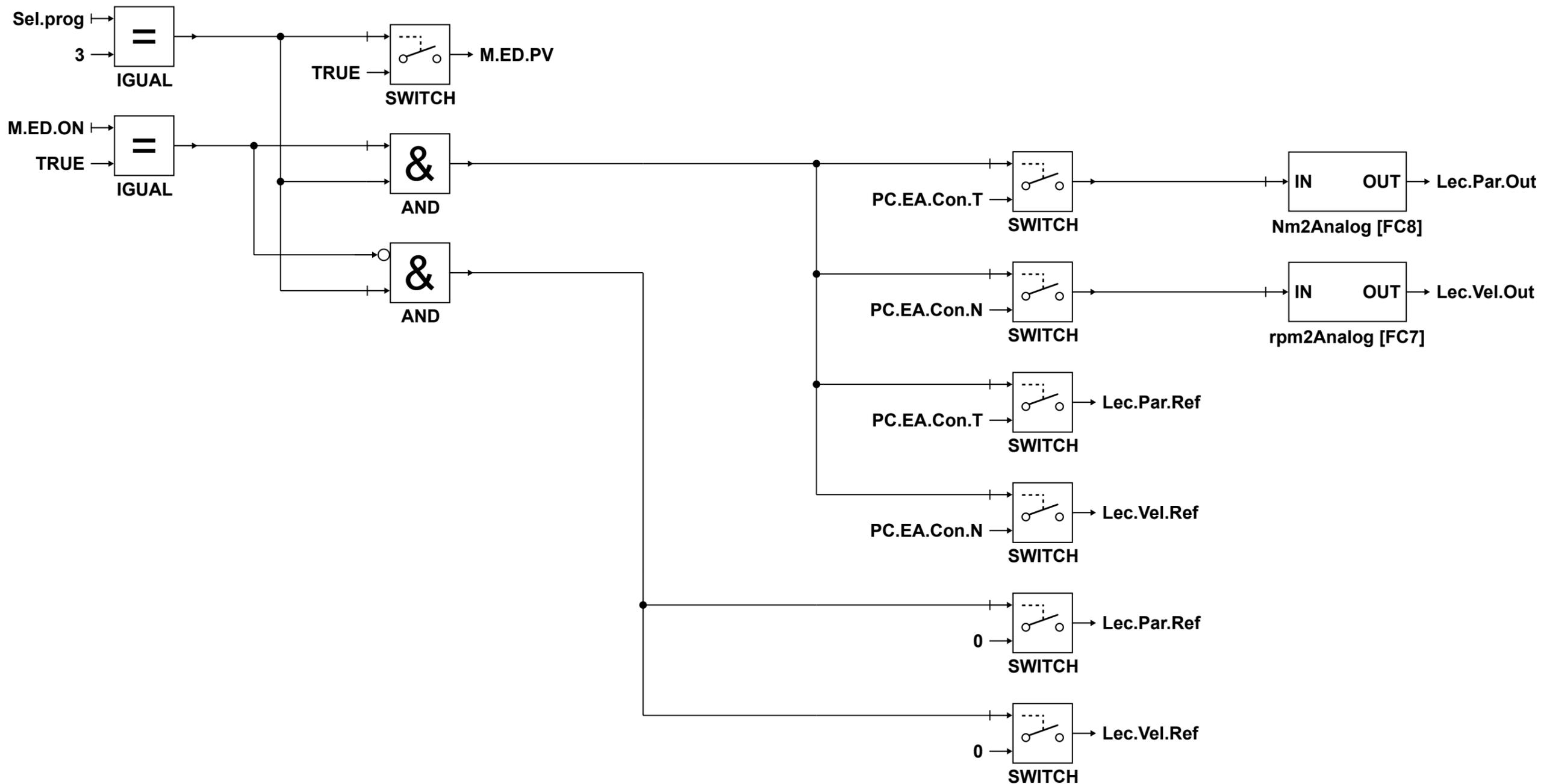


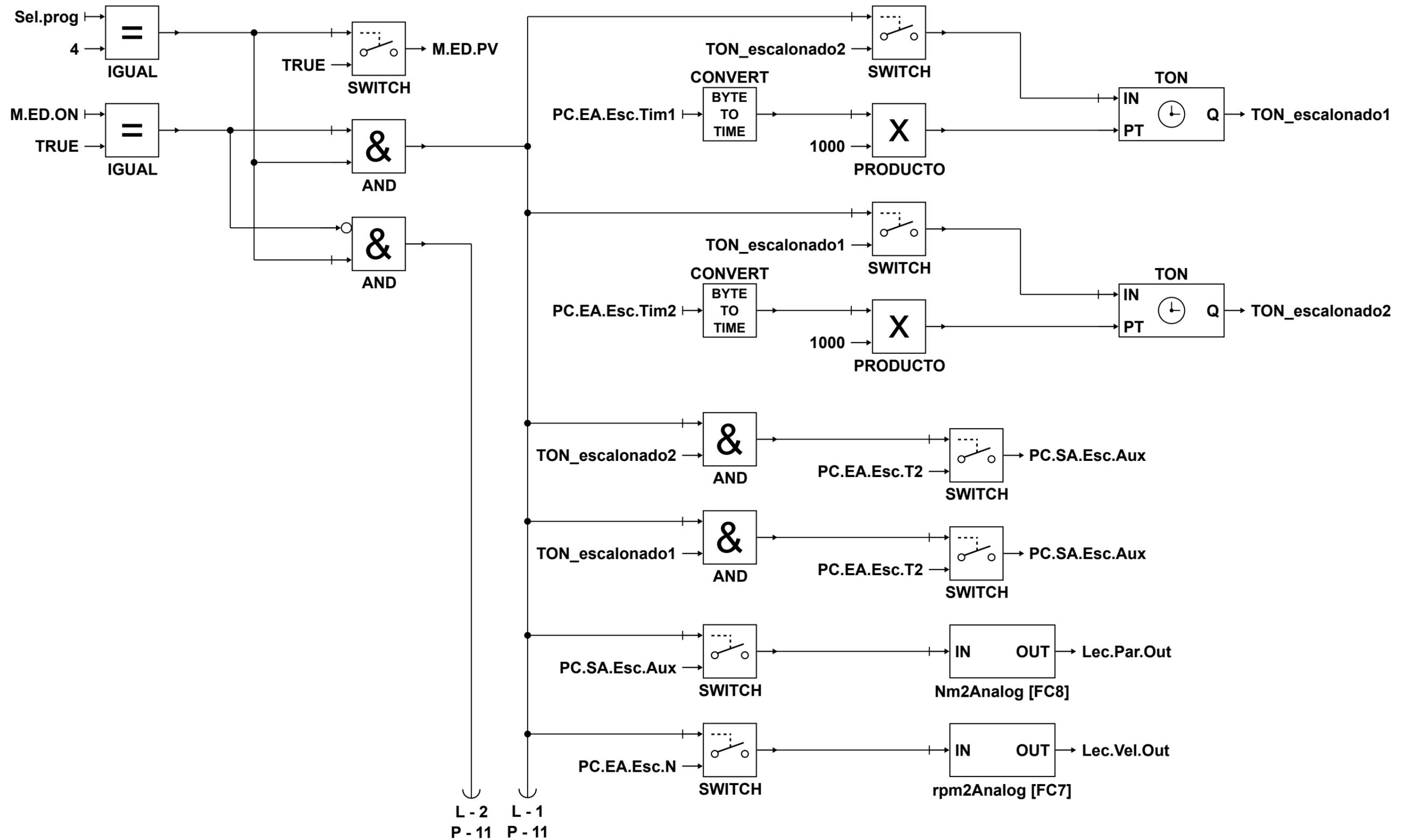




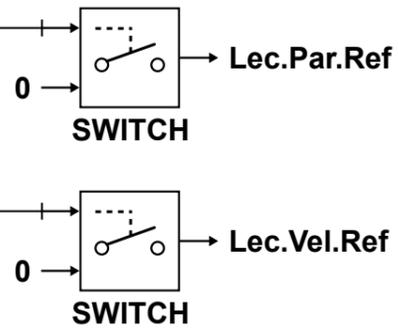




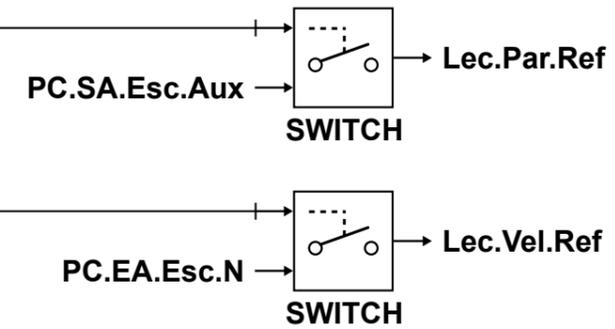


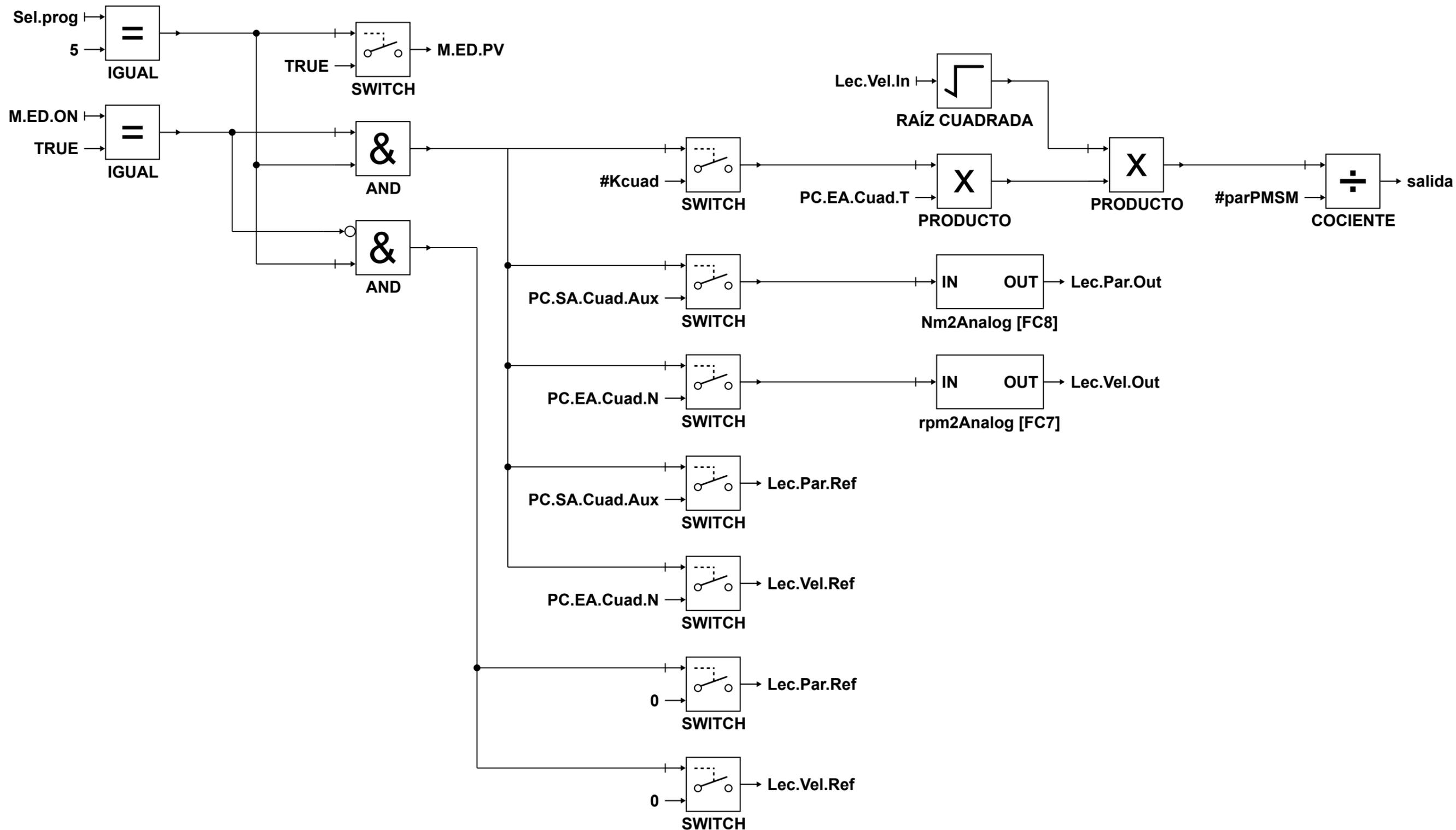


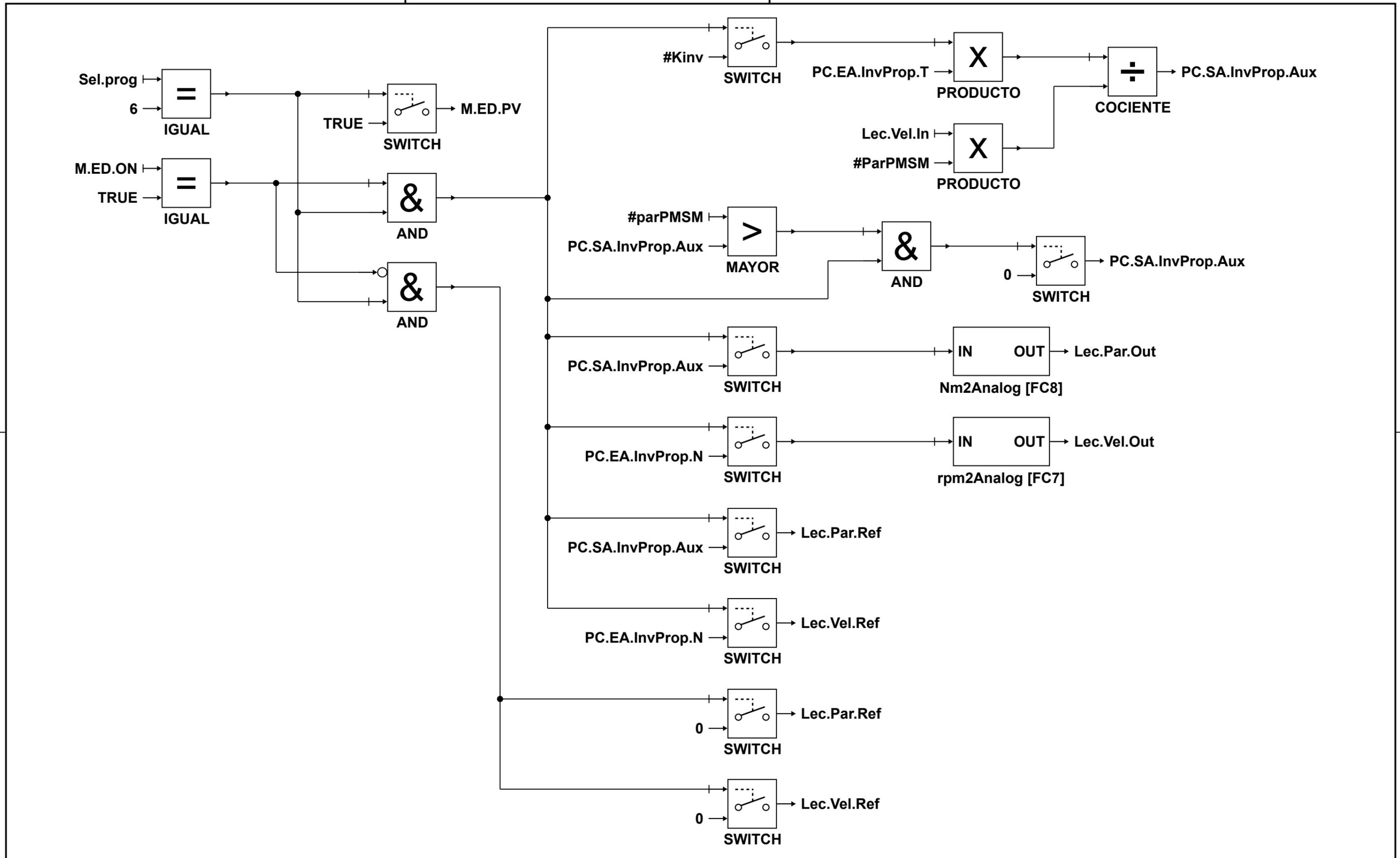
L - 2  
P - 10

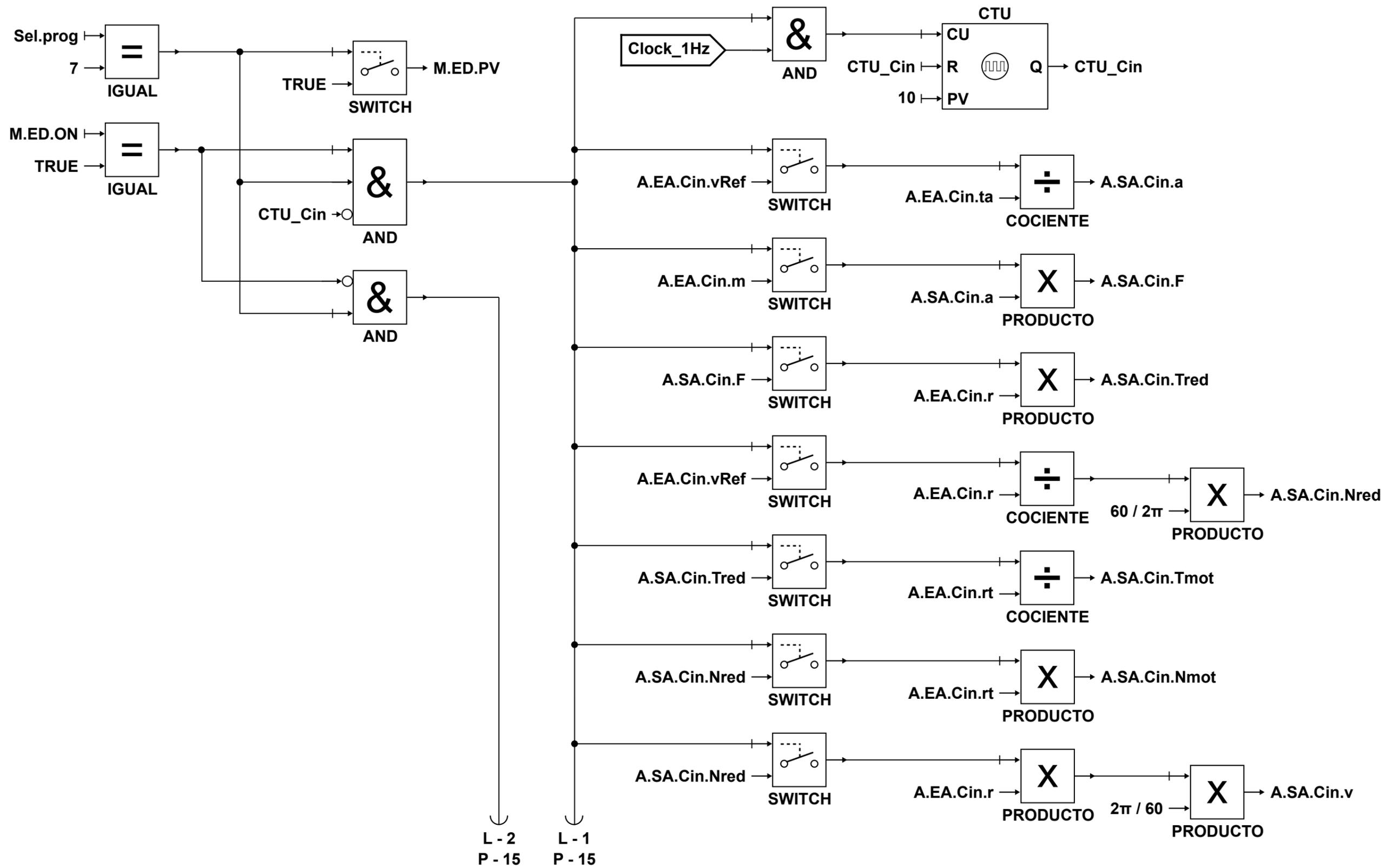


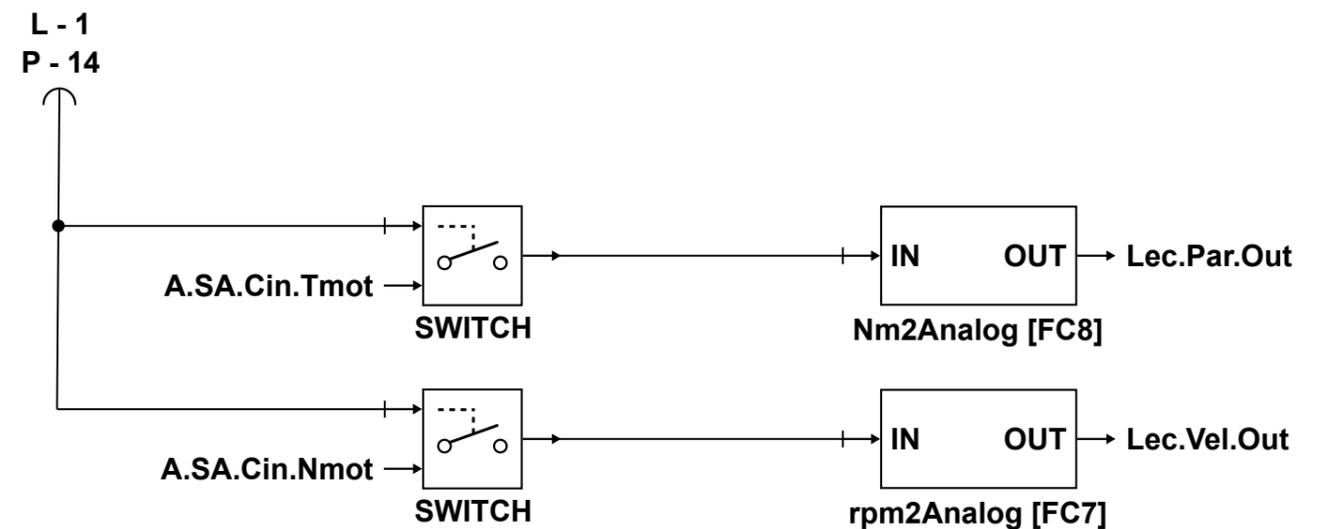
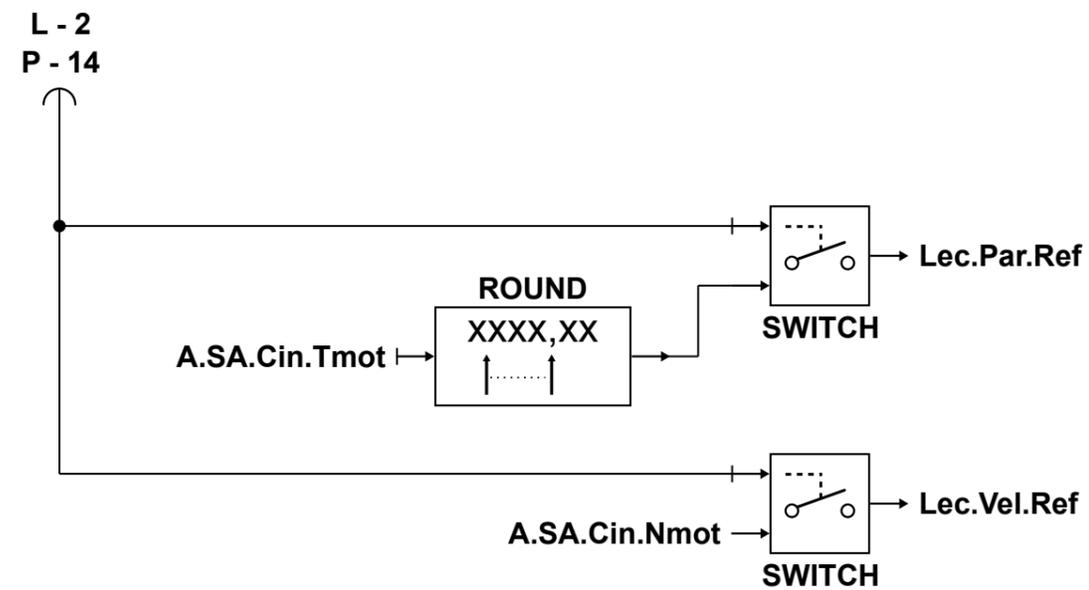
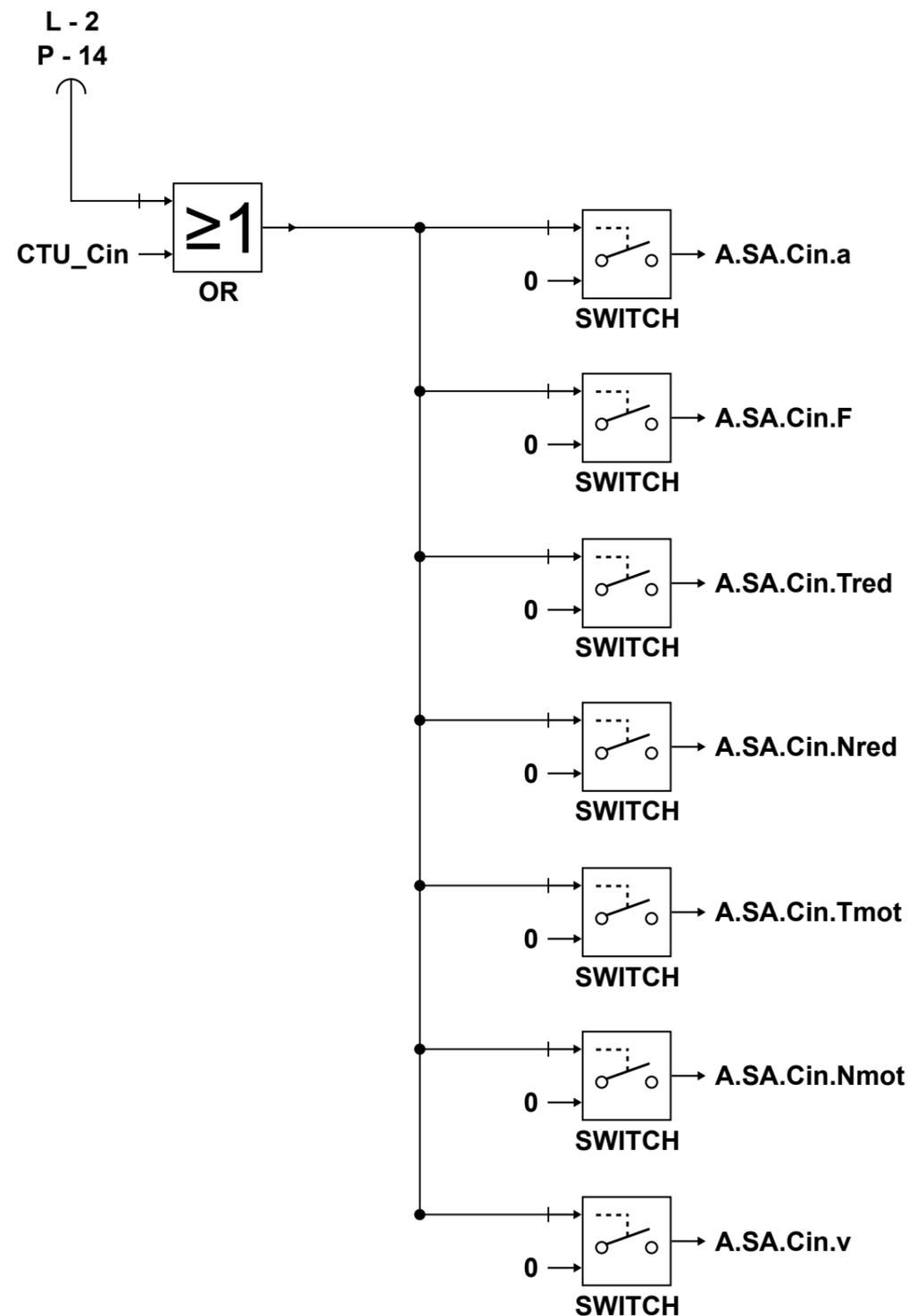
L - 1  
P - 10

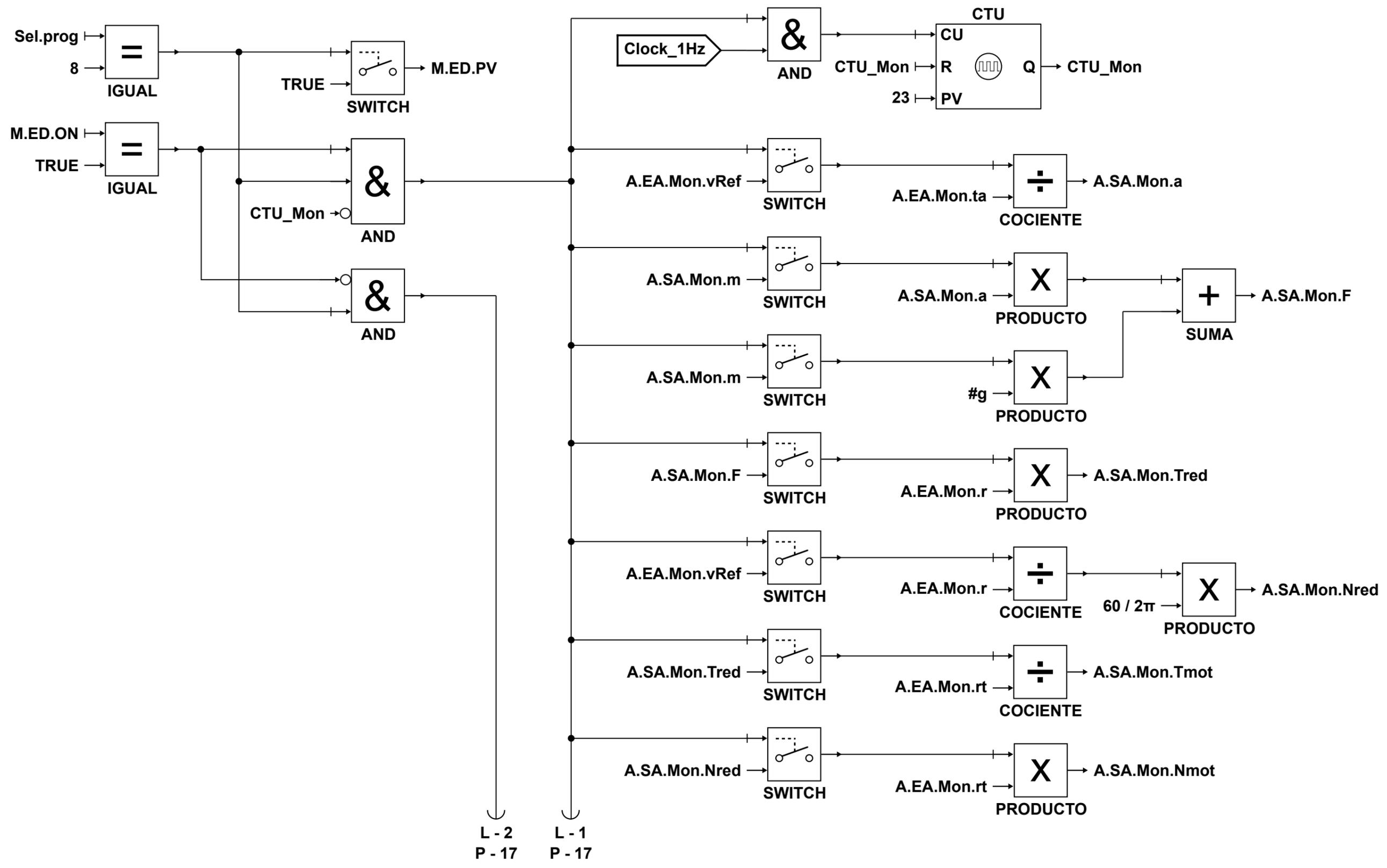


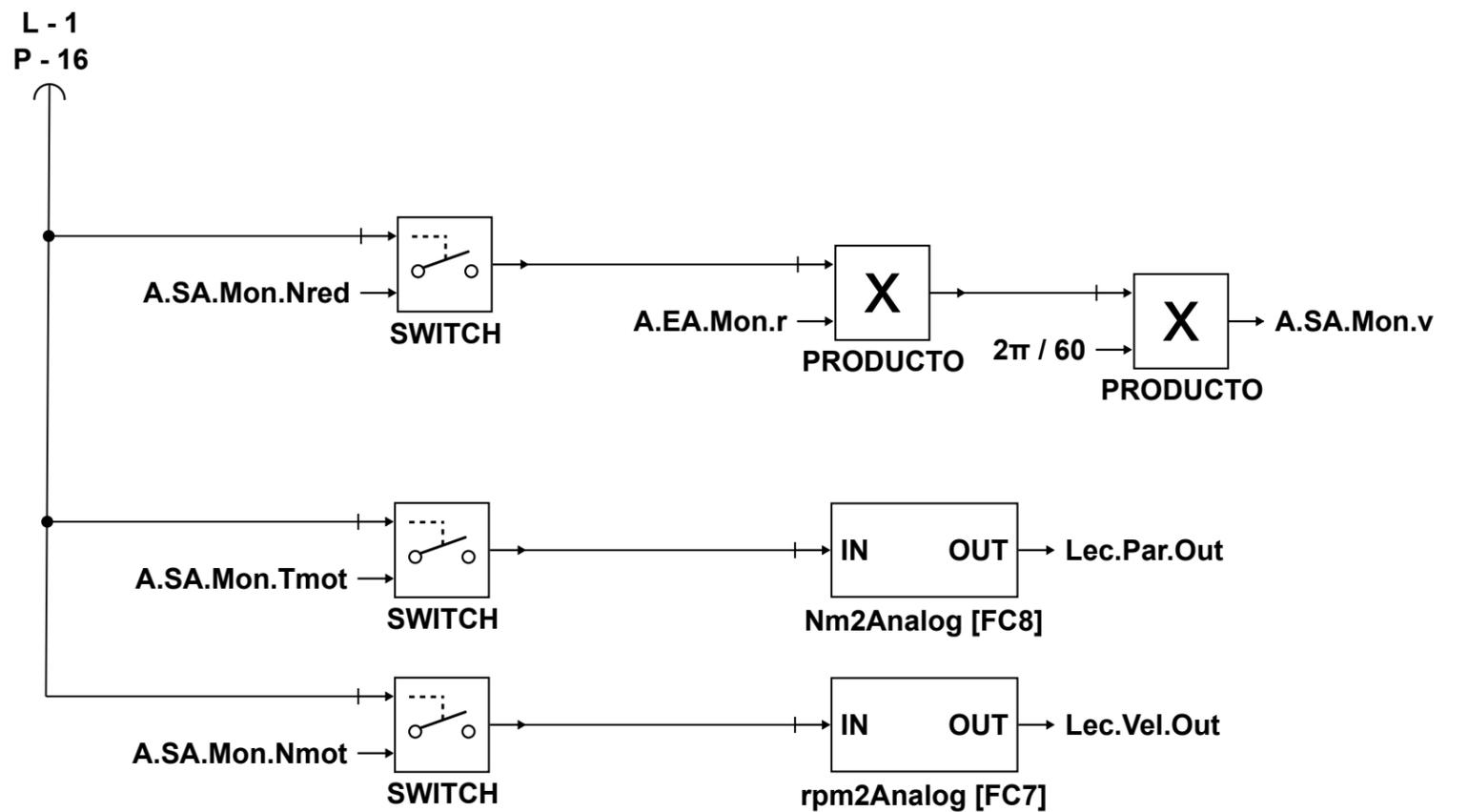
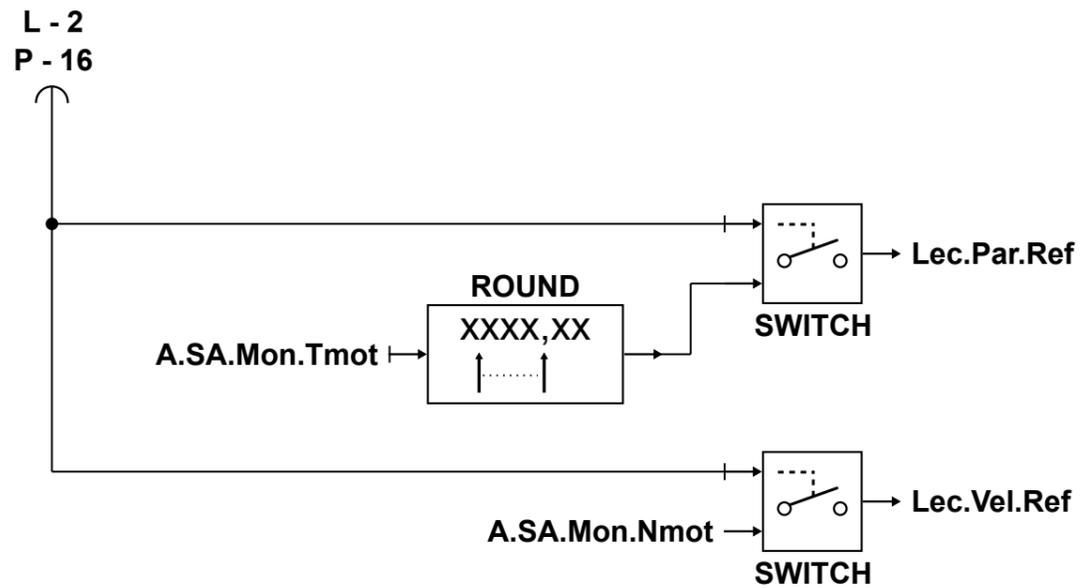
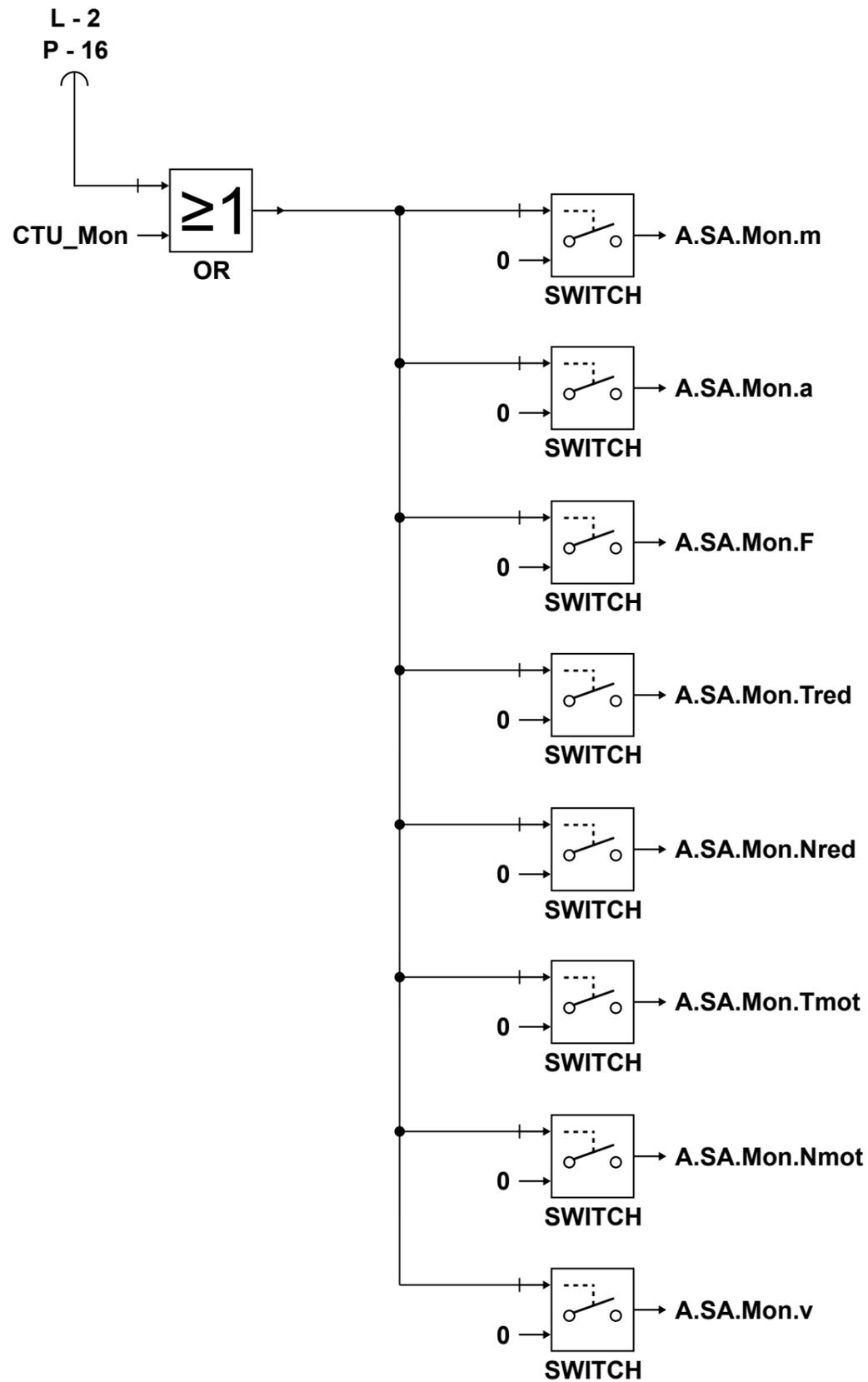


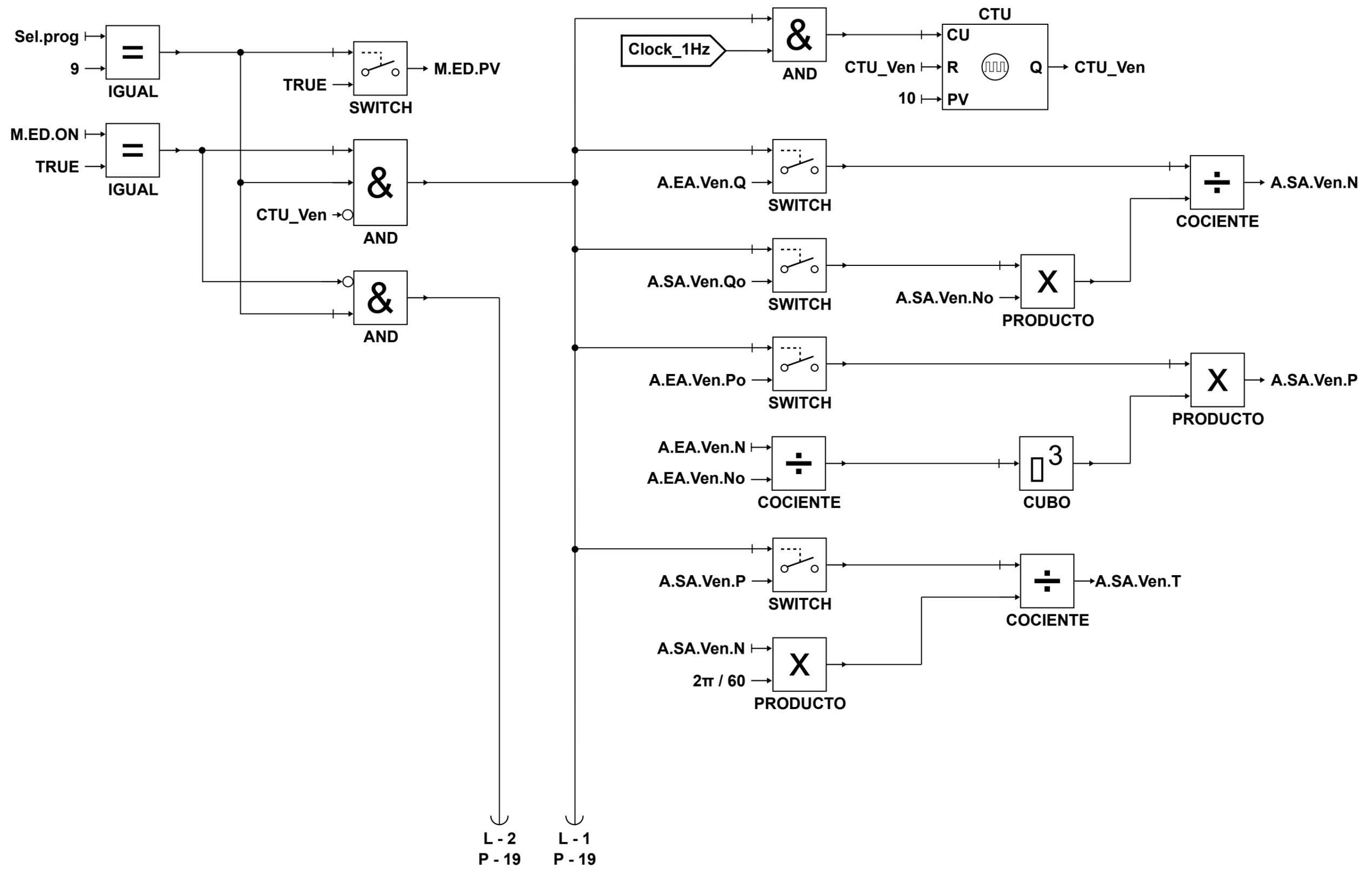


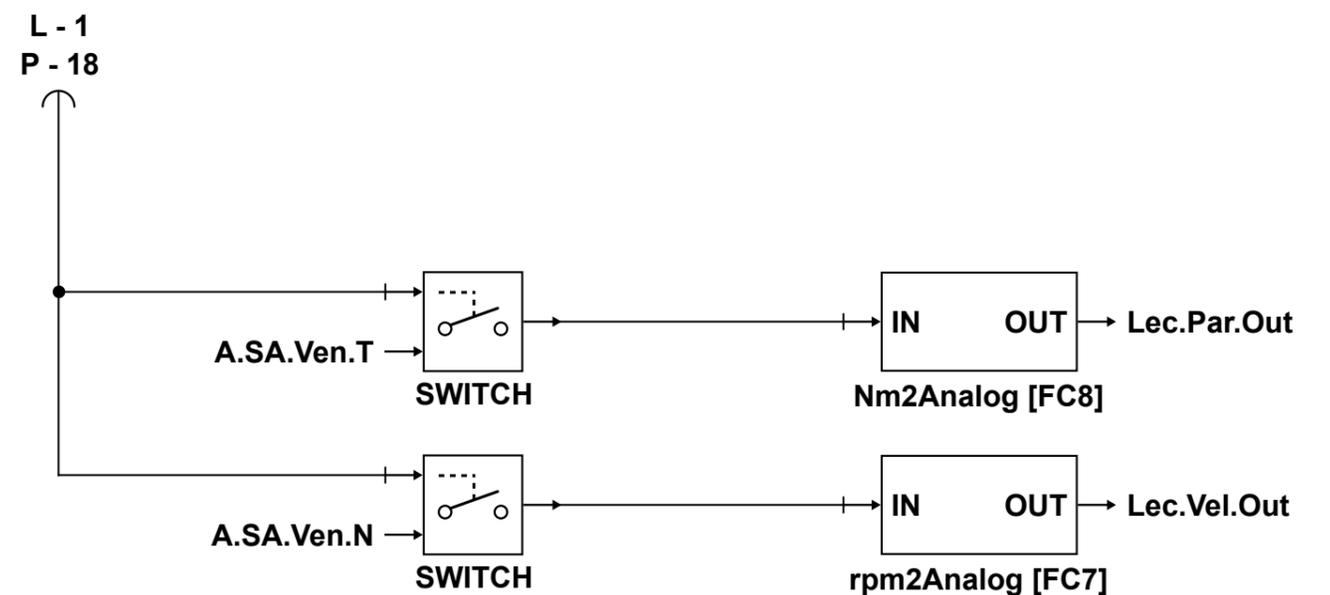
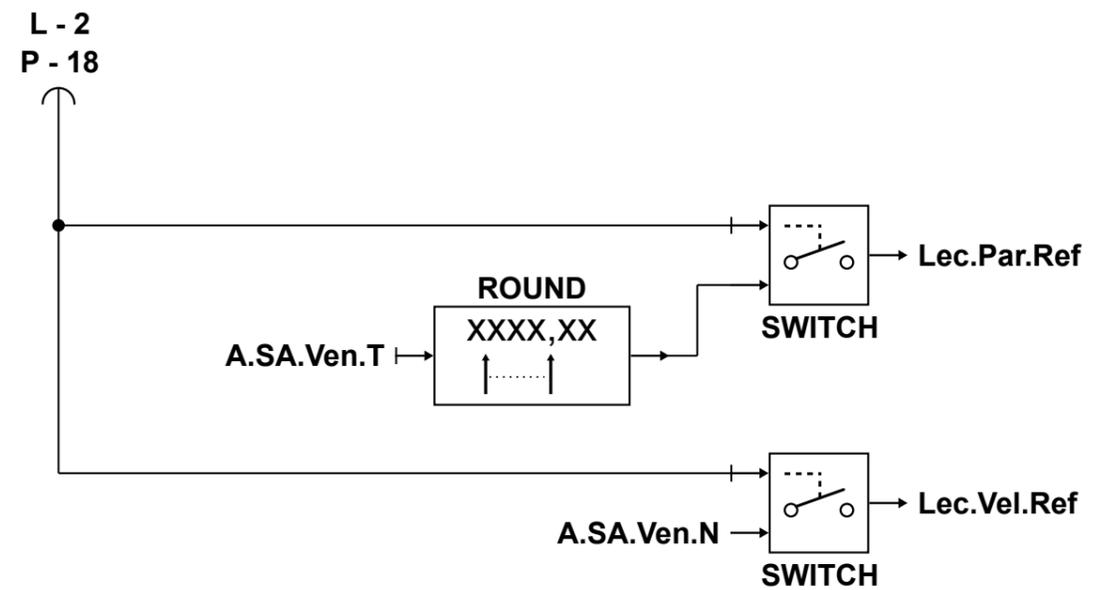
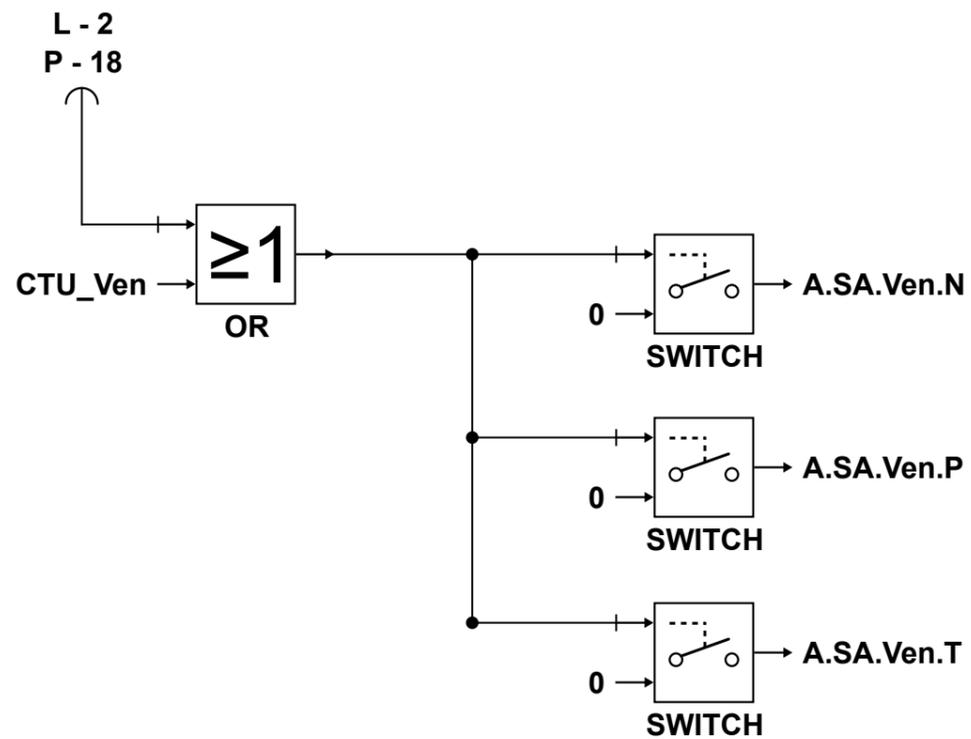


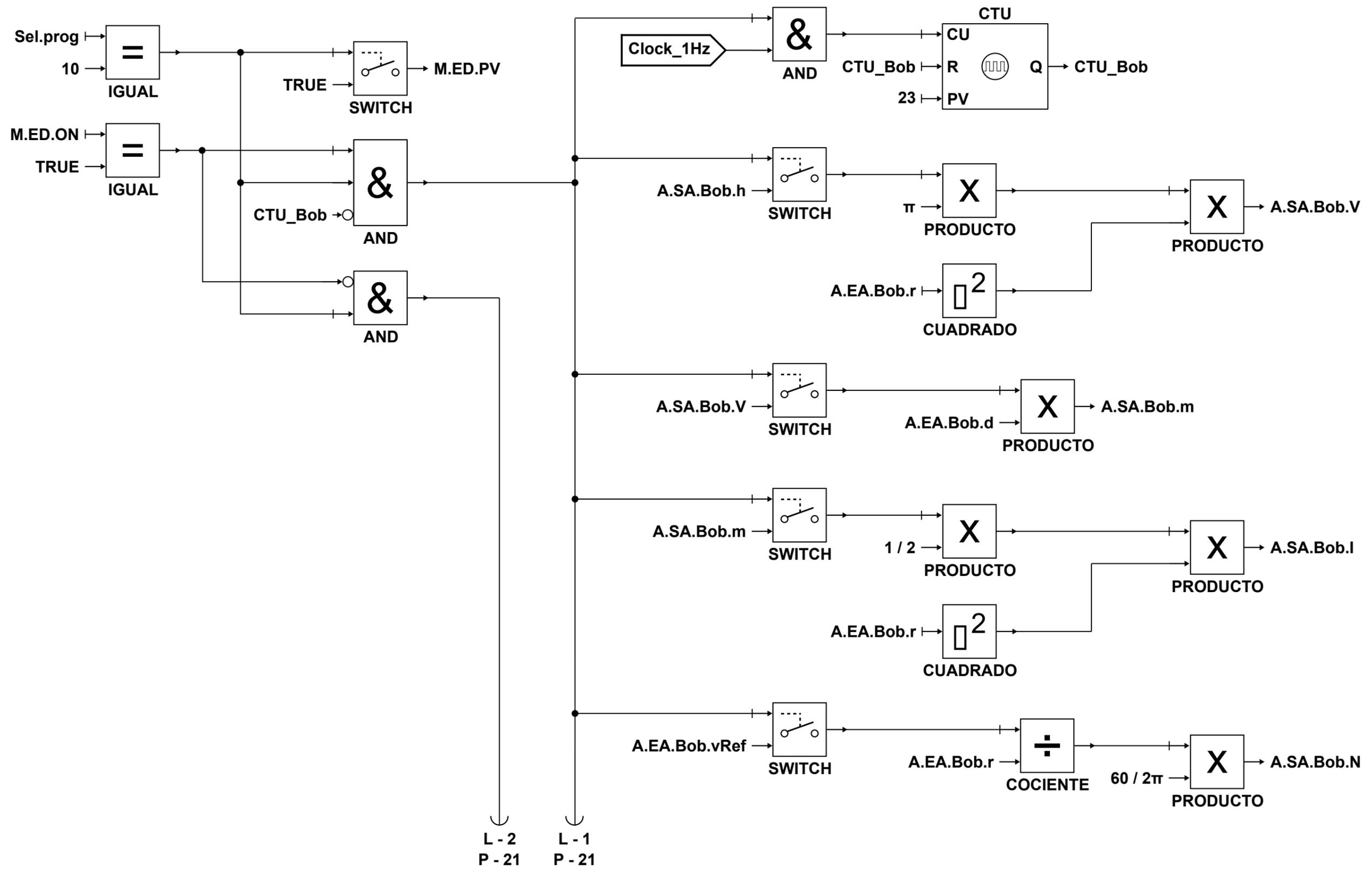


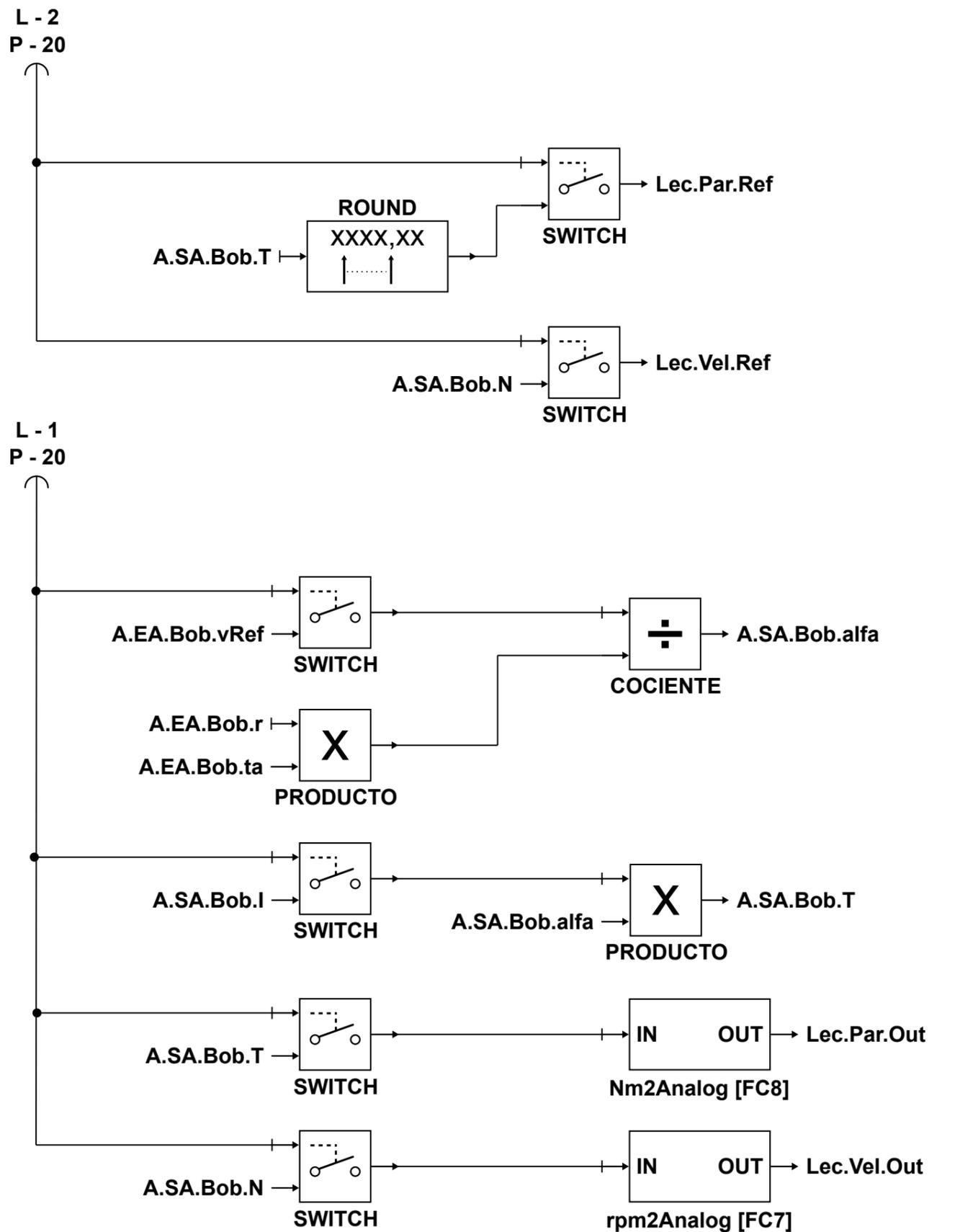
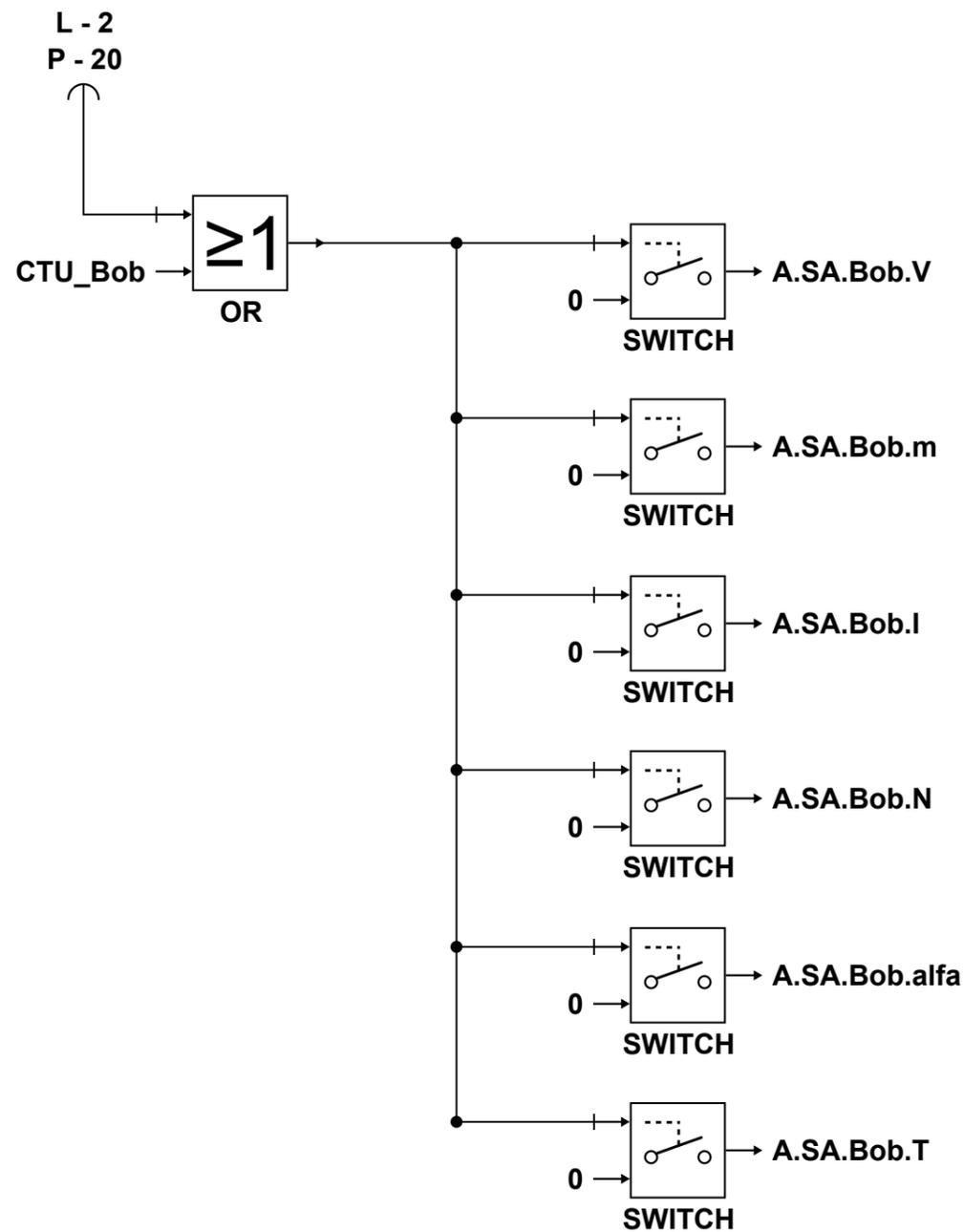














## Anexo - V. Código TIA Portal

## Variables del sistema [53]

### Variables PLC

#### Variables PLC

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia
	System_Byte	Byte	%MB1	False
	FirstScan	Bool	%M1.0	False
	DiagStatusUpdate	Bool	%M1.1	False
	AlwaysTRUE	Bool	%M1.2	False
	AlwaysFALSE	Bool	%M1.3	False
	Clock_Byte	Byte	%MB0	False
	Clock_10Hz	Bool	%M0.0	False
	Clock_5Hz	Bool	%M0.1	False
	Clock_2.5Hz	Bool	%M0.2	False
	Clock_2Hz	Bool	%M0.3	False
	Clock_1.25Hz	Bool	%M0.4	False
	Clock_1Hz	Bool	%M0.5	False
	Clock_0.625Hz	Bool	%M0.6	False
	Clock_0.5Hz	Bool	%M0.7	False

## Entradas/salidas [16]

### Variables PLC

#### Variables PLC

	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Remanencia
	DI1000	DInt	%ID1000	False
	AI64	UInt	%IW64	False
	AI66	UInt	%IW66	False
	DQ00	Bool	%Q0.0	False
	DQ01	Bool	%Q0.1	False
	DQ02	Bool	%Q0.2	False
	DQ03	Bool	%Q0.3	False
	AQ80	UInt	%QW80	False
	AQ66	UInt	%QW66	False
	DQ05	Bool	%Q0.5	False
	DQ06	Bool	%Q0.6	False
	DQ07	Bool	%Q0.7	False
	DQ10	Bool	%Q1.0	False
	DQ11	Bool	%Q1.1	False
	AQ64	UInt	%QW64	False
	webOK	Int	%MW2	False

## Main [OB1]

### Main Propiedades

#### General

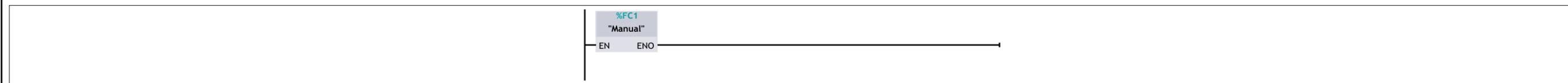
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP	Numeración	Automático
--------	------	--------	---	------	----	--------	-----	------------	------------

#### Información

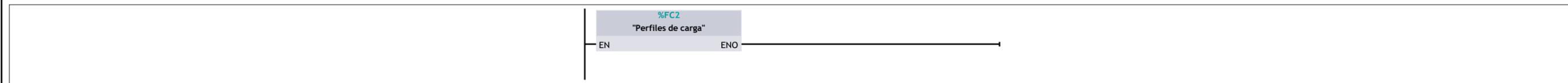
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	------------------------------	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.
▼ Input		
Initial_Call	Bool	
Remanence	Bool	
▼ Temp		
f	Real	
Constant		

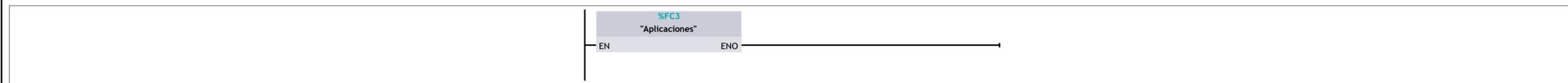
### Segmento 1:



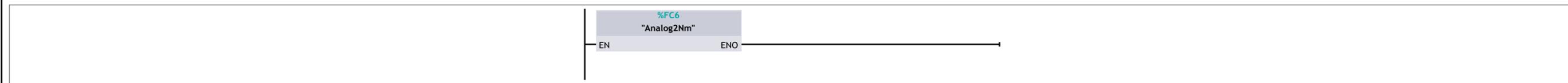
### Segmento 2:



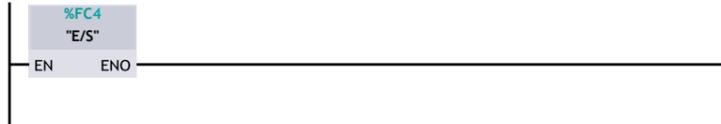
### Segmento 3:



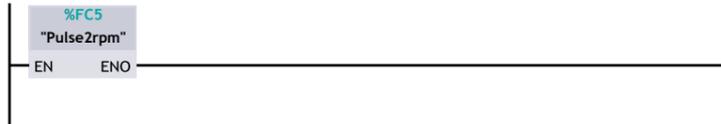
### Segmento 4:



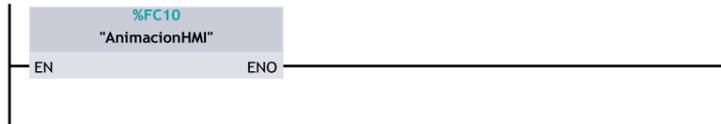
### Segmento 5:



Segmento 6:



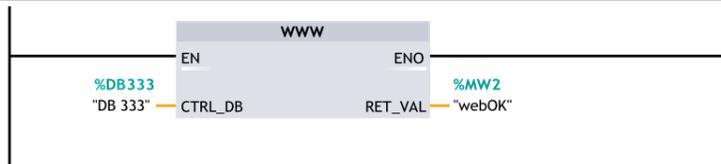
Segmento 7:



Segmento 8:



Segmento 9:



## Manual [FC1]

### Manual Propiedades

#### General

Nombre	Manual	Número	1	Tipo	FC	Idioma	SCL	Numeración	Manual
--------	--------	--------	---	------	----	--------	-----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
Manual	Void		

```

0001 (*Actuación sobre las salidas digitales*)
0002
0003 "M".SD.ON := "M".ED.ON; // ON-OFF ACSM1
0004 "M".SD.NC := "M".ED.NC; // No conectado ACSM1
0005 "M".SD.RST := "M".ED.RST; // Reset ACSM1
0006 "M".SD.PV := "M".ED.PV; // Selector Par-Velocidad ACSM1
0007
0008 IF "Sel".Prog = 2 THEN // Escritura de la referencia de par hacia el ACSM1
0009     "Potenciometro"(IN := "M".EA.Par,
0010         MAX := "M".SA.Tmax,
0011         AO => "Lec".Par.Out,
0012         HMI => "Lec".Par."Ref");
0013 END_IF;
0014
    
```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Lec".Par.Out		UInt	Salida analógica de par
"Lec".Par.Ref		Real	Salida de par en Nm
"M".EA.Par		UInt	Potenciometro par
"M".ED.NC		Bool	No conectado
"M".ED.ON		Bool	On/Off
"M".ED.PV		Bool	Selector par/velocidad
"M".ED.RST		Bool	Reset
"M".SA.Tmax		Real	Par máximo (Nm)
"M".SD.NC		Bool	No conectado
"M".SD.ON		Bool	On/Off
"M".SD.PV		Bool	Selector par/velocidad
"M".SD.RST		Bool	Reset
"Sel".Prog		Byte	Selector del programa a emplear

### Perfiles de carga [FC2]

#### Perfiles de carga Propiedades

##### General

Nombre	Perfiles de carga	Número	2	Tipo	FC	Idioma	SCL	Numeración	Manual	ID personaliza- do	
--------	-------------------	--------	---	------	----	--------	-----	------------	--------	-----------------------	--

##### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personaliza- do	
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario								
Input											
Output											
InOut											
▼ Temp											
Norm par	Real		Valor normalizado (0..1) par								
▼ Constant											
Kcuad	Real	6.9E-06	Constante par cuadrático (equivalencia 1500rpm - 15,5Nm -> T=k·n^2)								
Kinv	Real	775.0	Constante par inversamente proporcional (equivalencia 50rpm - 15,5Nm -> T=k·n^-1)								
parPMSM	Real	15.5	Par nominal del PMSM								
▼ Return											
Perfiles de carga	Void										

```
0001 CASE "Sel".Prog OF
0002
0003     3: // Constante
0004         "M".ED.PV := TRUE;
0005
0006         IF "M".ED.ON THEN
0007             "M".SD.OD0 := TRUE;
0008
0009             "Nm2Analog"(IN := "PC".EA.Con.T,
0010                 OUT => "Lec".Par.Out);
0011
0012             "rpm2Analog"(IN:= "PC".EA.Con.N,
0013                 OUT=>"Lec".Vel.Out);
0014
0015             "Lec".Par."Ref" := "PC".EA.Con.T;
0016             "Lec".Vel."Ref" := "PC".EA.Con.N;
0017         ELSE
0018             "Lec".Par."Ref" := 0;
0019             "Lec".Vel."Ref" := 0;
0020             "M".SD.OD0 := FALSE;
0021         END_IF;
0022
0023
0024
0025     //////////////////////////////////////
0026
0027     4: // Escalonado
0028         "M".ED.PV := TRUE;
0029
0030         IF "M".ED.ON THEN
0031             "M".SD.OD0 := TRUE;
0032
0033             "TON_escalonado1".TON(IN := "TON_escalonado2".Q,
0034                 PT := 1000*BYTE_TO_TIME(IN:="PC".EA.Esc.Tim2));
```

```

0035     "TON_escalonado2".TON(IN := NOT ("TON_escalonado1".Q),
0036         PT := 1000*BYTE_TO_TIME(IN:="PC".EA.Esc.Tim1));
0037     IF "TON_escalonado2".Q THEN
0038         "PC".SA.Esc.Aux := "PC".EA.Esc.T2;
0039     ELSIF NOT "TON_escalonado2".Q THEN
0040         "PC".SA.Esc.Aux := "PC".EA.Esc.T1;
0041     END_IF;
0042
0043     "Nm2Analog"(IN := "PC".SA.Esc.Aux,
0044         OUT => "Lec".Par.Out);
0045
0046     "rpm2Analog"(IN := "PC".EA.Esc.N,
0047         OUT => "Lec".Vel.Out);
0048
0049     "Lec".Par."Ref" := "PC".SA.Esc.Aux;
0050     "Lec".Vel."Ref" := "PC".EA.Esc.N;
0051     ELSE
0052         "Lec".Par."Ref" := 0;
0053         "Lec".Vel."Ref" := 0;
0054         "M".SD.OD0 := FALSE;
0055     END_IF;
0056
0057     //////////////////////////////////////
0058
0059     5: // Cuadrático
0060     "M".ED.PV := TRUE;
0061
0062     IF "M".ED.ON THEN
0063         "M".SD.OD0 := TRUE;
0064
0065         "PC".SA.Cuad.Aux :="PC".EA.Cuad.T* #Kcuad * SQR("Lec".Vel.In) / #parPMSM;
0066
0067         "Nm2Analog"(IN := "PC".SA.Cuad.Aux,
0068             OUT => "Lec".Par.Out);
0069
0070         "rpm2Analog"(IN := "PC".EA.Cuad.N,
0071             OUT => "Lec".Vel.Out);
0072
0073         "Lec".Par."Ref" := "PC".SA.Cuad.Aux;
0074         "Lec".Vel."Ref" := "PC".EA.Cuad.N;
0075     ELSE
0076         "Lec".Par."Ref" := 0;
0077         "Lec".Vel."Ref" := 0;
0078         "M".SD.OD0 := FALSE;
0079     END_IF;
0080
0081     //////////////////////////////////////
0082
0083     6: // Inversamente proporcional
0084     "M".ED.PV := TRUE;
0085
0086     IF "M".ED.ON THEN
0087         "M".SD.OD0 := TRUE;
0088
0089         "PC".SA.InvProp.Aux := ("PC".EA.InvProp.T * #Kinv) / (#parPMSM * "Lec".Vel.In);
0090
0091         IF "PC".SA.InvProp.Aux > #parPMSM THEN
0092             "PC".SA.InvProp.Aux := 0;
0093         END_IF;

```

```

0094
0095     "Nm2Analog"(IN := "PC".SA.InvProp.Aux,
0096               OUT => "Lec".Par.Out);
0097
0098     "rpm2Analog"(IN := "PC".EA.InvProp.N,
0099               OUT => "Lec".Vel.Out);
0100
0101     "Lec".Par."Ref" := "PC".SA.InvProp.Aux;
0102     "Lec".Vel."Ref" := "PC".EA.InvProp.N;
0103 ELSE
0104     "Lec".Par."Ref" := 0;
0105     "Lec".Vel."Ref" := 0;
0106     "M".SD.OD0 := FALSE;
0107 END_IF;
0108
0109 END_CASE;
0110

```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Lec".Par.Out		UInt	Salida analógica de par
"Lec".Par.Ref		Real	Salida de par en Nm
"Lec".Vel.In		Real	Entrada de velocidad en rpm
"Lec".Vel.Out		UInt	Salida analógica de velocidad
"Lec".Vel.Ref		UInt	Salida de velocidad en rpm
"M".ED.ON		Bool	On/Off
"M".ED.PV		Bool	Selector par/velocidad
"M".SD.OD0		Bool	DB9 "Other drives" SD0
"PC".EA.Con.N		UInt	Referencia de velocidad (rpm)
"PC".EA.Con.T		Real	Referencia de par (Nm)
"PC".EA.Cuad.N		UInt	Referencia de velocidad (rpm)
"PC".EA.Cuad.T		Real	Referencia de par (Nm)
"PC".EA.Esc.N		UInt	Referencia de velocidad (rpm)
"PC".EA.Esc.T1		Real	Referencia de par escalón 1 (Nm)
"PC".EA.Esc.T2		Real	Referencia de par escalón 2 (Nm)
"PC".EA.Esc.Tim1		Byte	Tiempo del escalón 1 (s)
"PC".EA.Esc.Tim2		Byte	Tiempo del escalón 2 (s)
"PC".EA.InvProp.N		UInt	Referencia de velocidad (rpm)
"PC".EA.InvProp.T		Real	Referencia de par (Nm)
"PC".SA.Cuad.Aux		Real	Valor auxiliar de referencia de par
"PC".SA.Esc.Aux		Real	Valor auxiliar de referencia de par
"PC".SA.InvProp.Aux		Real	Valor auxiliar de referencia de par
"Sel".Prog		Byte	Selector del programa a emplear
"TON_escalonado1".Q		Bool	
"TON_escalonado2".Q		Bool	
#Kcuad	6.9E-06	Real	Constante par cuadrático (equivalencia 1500rpm - 15,5Nm -> T=k·n <sup>2</sup> )
#Kinv	775.0	Real	Constante par inversamente proporcional (equivalencia 50rpm - 15,5Nm -> T=k·n <sup>-1</sup> )
#parPMSM	15.5	Real	Par nominal del PMSM

## Aplicaciones [FC3]

### Aplicaciones Propiedades

#### General

Nombre	Aplicaciones	Número	3	Tipo	FC	Idioma	SCL	Numeración	Manual
--------	--------------	--------	---	------	----	--------	-----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
▼ Temp			
i	UInt		Variable iteración
▼ Constant			
g	Real	9.81	Aceleración de la gravedad
pi	Real	3.1415	Número pi
▼ Return			
Aplicaciones	Void		

```

0001 CASE "Sel".Prog OF
0002
0003     7: // Cinta transportadora
0004         "M".ED.PV := TRUE; //PMSM modo par
0005
0006 (*Secuencia cinta*)
0007     "CTU_Cin".CTU(CU:="Clock_1Hz" AND "M".ED.ON,
0008         R:="CTU_Cin".QU OR NOT "M".ED.ON,
0009         PV:=10,
0010         CV=> "A".SA.Cin.Sec);
0011
0012     IF "M".ED.ON THEN
0013         "M".SD.OD0 := TRUE;
0014
0015 (*Cálculos físicos*)
0016     "A".SA.Cin.a := "A".EA.Cin.vRef / "A".EA.Cin.ta; //Aceleración
0017     "A".SA.Cin.F := "A".EA.Cin.m * "A".SA.Cin.a; //Fuerza
0018     "A".SA.Cin.Tred := "A".SA.Cin.F * "A".EA.Cin.r; //Par reductora
0019     "A".SA.Cin.Nred := ("A".EA.Cin.vRef / "A".EA.Cin.r)*60/(2*#pi); //Velocidad reductora
0020     "A".SA.Cin.Tmot := "A".SA.Cin.Tred / "A".EA.Cin.rt; //Par motor
0021     "A".SA.Cin.Nmot := "A".SA.Cin.Nred * "A".EA.Cin.rt; //Velocidad motor
0022     "A".SA.Cin.v := "A".SA.Cin.Nred * "A".EA.Cin.r * 2 * #pi / 60; //Velocidad lineal cinta
0023
0024 (*Escritura de par en ACSM y par/vel a HMI*)
0025     "Nm2Analog"(IN := "A".SA.Cin.Tmot,
0026         OUT => "Lec".Par.Out);
0027
0028     "rpm2Analog"(IN := "A".SA.Cin.Nmot,
0029         OUT => "Lec".Vel.Out);
0030 END_IF;
0031
0032     "Lec".Par."Ref" := ROUND("A".SA.Cin.Tmot * 10.0) / 10.0;
0033     "Lec".Vel."Ref" := "A".SA.Cin.Nmot;
0034
0035     "A".SA.Cin.RefTmot := "Lec".Par.In;

```

```

0036 "A".SA.Cin.RefNmot := "Lec".Vel.In;
0037 "A".SA.Cin.RefTred := "Lec".Par.In*"A".EA.Cin.rt;
0038 "A".SA.Cin.RefNred := "Lec".Vel.In/"A".EA.Cin.rt;
0039
0040 (*Fin programa y reset variables*)
0041 IF "CTU_Cin".QU OR NOT "M".ED.ON THEN
0042     "A".SA.Cin.a := 0;
0043     "A".SA.Cin.F := 0;
0044     "A".SA.Cin.Tred := 0;
0045     "A".SA.Cin.Nred := 0;
0046     "A".SA.Cin.Tmot := 0;
0047     "A".SA.Cin.Nmot := 0;
0048     "A".SA.Cin.v := 0;
0049     "M".ED.ON := FALSE;
0050     "M".SD.OD0 := FALSE;
0051 END_IF;
0052
0053 //////////////////////////////////////
0054
0055 8: // Montacargas
0056     "M".ED.PV := TRUE; //PMSM modo par
0057
0058 (*Secuencia montacargas [3 plantas x 5 seg/planta x 3seg/parada]*)
0059     "CTU_Mon".CTU(CU := "Clock_1Hz" AND "M".ED.ON,
0060         R := "CTU_Mon".QU OR NOT "M".ED.ON,
0061         PV := 23,
0062         CV => "A".SA.Mon.Sec);
0063
0064 CASE "A".SA.Mon.Sec OF
0065     1..2: //Parada PB
0066         "M".SD.OD0 := FALSE;
0067         "A".SA.Mon.Piso := 0;
0068         "A".SA.Mon.m:= "A".EA.Mon.mCar1;
0069         "Lec".Vel."Ref" := 0;
0070     3..5: //Sube a P1
0071         "M".SD.OD0 := TRUE;
0072         "Lec".Vel."Ref" := "A".SA.Mon.Nmot;
0073     ;
0074     6..10: //Parada P1
0075         "M".SD.OD0 := FALSE;
0076         "A".SA.Mon.Piso := 1;
0077         "A".SA.Mon.m := "A".EA.Mon.mCar1 + "A".EA.Mon.mCar2;
0078         "Lec".Vel."Ref" := 0;
0079     11..13: //Sube a P2
0080         "M".SD.OD0 := TRUE;
0081         "Lec".Vel."Ref" := "A".SA.Mon.Nmot;
0082     ;
0083     14..18: //Parada P2
0084         "M".SD.OD0 := FALSE;
0085         "A".SA.Mon.Piso := 2;
0086         "A".SA.Mon.m := "A".EA.Mon.mCar1 + "A".EA.Mon.mCar2 + "A".EA.Mon.mCar3;
0087         "Lec".Vel."Ref" := 0;
0088     19..21: //Sube a P3
0089         "M".SD.OD0 := TRUE;
0090         "Lec".Vel."Ref" := "A".SA.Mon.Nmot;
0091     ;
0092     22..23: //Parada P3
0093         "M".SD.OD0 := FALSE;
0094         "A".SA.Mon.Piso := 3;

```

```
0095     "A".SA.Mon.m := 0;
0096     "Lec".Vel."Ref" := 0;
0097 END_CASE;
0098
0099 IF "A".SA.Mon.m < 0 THEN
0100     "M".ED.ON := FALSE;
0101 END_IF;
0102
0103 IF "M".ED.ON THEN
0104 (*Cálculos físicos*)
0105     "A".SA.Mon.a := "A".EA.Mon.vRef / "A".EA.Mon.ta; //Aceleración
0106     "A".SA.Mon.F := "A".SA.Mon.m * "A".SA.Mon.a + "A".SA.Mon.m * #g; //Fuerza
0107     "A".SA.Mon.Tred := "A".SA.Mon.F * "A".EA.Mon.r; //Par reductora
0108     "A".SA.Mon.Nred := ("A".EA.Mon.vRef / "A".EA.Mon.r)*60 / (2 * #pi); //Velocidad reductora
0109     "A".SA.Mon.Tmot := "A".SA.Mon.Tred / "A".EA.Mon.rt; //Par motor
0110     "A".SA.Mon.Nmot := "A".SA.Mon.Nred * "A".EA.Mon.rt; //Velocidad motor
0111     "A".SA.Mon.v := "A".SA.Mon.Nred * "A".EA.Mon.r * 2 * #pi / 60; //Velocidad lineal cinta
0112
0113 (*Escritura de par en ACSM y par/vel a HMI*)
0114     "Nm2Analog"(IN := "A".SA.Mon.Tmot,
0115         OUT => "Lec".Par.Out);
0116
0117     "rpm2Analog"(IN := "A".SA.Mon.Nmot,
0118         OUT => "Lec".Vel.Out);
0119 END_IF;
0120
0121     "Lec".Par."Ref" := ROUND("A".SA.Mon.Tmot * 10.0) / 10.0;
0122
0123     "A".SA.Mon.RefTmot := "Lec".Par.In;
0124     "A".SA.Mon.RefNmot := "Lec".Vel.In;
0125     "A".SA.Mon.RefTred := "Lec".Par.In * "A".EA.Mon.rt;
0126     "A".SA.Mon.RefNred := "Lec".Vel.In / "A".EA.Mon.rt;
0127
0128 (*Fin programa y reset variables*)
0129 IF "CTU_Mon".QU OR NOT "M".ED.ON THEN
0130     "A".SA.Mon.m := 0;
0131     "A".SA.Mon.Piso := 0;
0132     "A".SA.Mon.a := 0;
0133     "A".SA.Mon.F := 0;
0134     "A".SA.Mon.Tred := 0;
0135     "A".SA.Mon.Nred := 0;
0136     "A".SA.Mon.Tmot := 0;
0137     "A".SA.Mon.Nmot := 0;
0138     "A".SA.Mon.v := 0;
0139     "M".ED.ON := FALSE;
0140     "M".SD.ODO := FALSE;
0141 END_IF;
0142
0143 ///////////////////////////////////////////////////
0144
0145 9: // Ventilador
0146     "M".ED.PV := TRUE; //PMSM modo par
0147
0148 (*Secuencia ventilador*)
0149     "CTU_Ven".CTU(CU:="Clock_1Hz" AND "M".ED.ON,
0150         R := "CTU_Ven".QU OR NOT "M".ED.ON,
0151         PV := 10,
0152         CV => "A".SA.Ven.Sec);
0153
```

```

0154     IF "M".ED.ON THEN
0155         "M".SD.ODO := TRUE;
0156
0157 (*Cálculos físicos*)
0158     "A".SA.Ven.N := "A".EA.Ven.Q / "A".EA.Ven.Qo * "A".EA.Ven.No; //Velocidad motor
0159     "A".SA.Ven.P := "A".EA.Ven.Po * ("A".SA.Ven.N / "A".EA.Ven.No) ** 3; //Potencia motor
0160     "A".SA.Ven.T := "A".SA.Ven.P / ("A".SA.Ven.N * (2 * #pi / 60)); //Par motor
0161
0162 (*Escritura de par en ACSM y par/vel a HMI*)
0163     "Nm2Analog"(IN := "A".SA.Ven.T,
0164         OUT => "Lec".Par.Out);
0165
0166     "rpm2Analog"(IN := "A".SA.Ven.N,
0167         OUT => "Lec".Vel.Out);
0168 END_IF;
0169
0170     "Lec".Par."Ref" := ROUND("A".SA.Ven.T * 10.0) / 10.0;
0171     "Lec".Vel."Ref" := "A".SA.Ven.N;
0172
0173     "A".SA.Ven.RefTmot := "Lec".Par.In;
0174     "A".SA.Ven.RefNmot := "Lec".Vel.In;
0175
0176 (*Fin programa y reset variables*)
0177     IF "CTU_Ven".QU OR NOT "M".ED.ON THEN
0178         "A".SA.Ven.N := 0;
0179         "A".SA.Ven.P := 0;
0180         "A".SA.Ven.T := 0;
0181         "M".ED.ON := FALSE;
0182         "M".SD.ODO := FALSE;
0183     END_IF;
0184
0185 //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
0186
0187 10: // Bobinadora
0188     "M".ED.PV := TRUE; //PMSM modo par
0189
0190 (*Secuencia bobinadora*)
0191     "CTU_Bob".CTU(CU:="Clock_1Hz" AND "M".ED.ON,
0192         R:="CTU_Bob".QU OR NOT "M".ED.ON,
0193         PV:=14,
0194         CV=>"A".SA.Bob.Sec);
0195
0196     "A".SA.Bob.vMax := "A".EA.Bob.vMat["A".EA.Bob.pto]; //Velocidad máx. x material
0197
0198     IF "M".ED.ON THEN
0199         "M".SD.ODO := TRUE;
0200
0201 (*Cálculos físicos*)
0202     "A".SA.Bob.V := "A".EA.Bob.h * #pi * "A".EA.Bob.r["CTU_Bob".CV] ** 2; //Volumen
0203     "A".SA.Bob.m := "A".SA.Bob.V * "A".EA.Bob.d["A".EA.Bob.pto]; //Masa
0204     "A".SA.Bob.I := 0.5 * "A".SA.Bob.m * "A".EA.Bob.r["CTU_Bob".CV] ** 2; //Inercia
0205     "A".SA.Bob.N := ("A".EA.Bob.vRef / "A".EA.Bob.r["CTU_Bob".CV]) * (60 / (2 * #pi)); //Velocidad motor
0206     "A".SA.Bob.alfa := "A".EA.Bob.vRef / ("A".EA.Bob.r["CTU_Bob".CV] * "A".EA.Bob.ta); //Aceleración angular
0207     "A".SA.Bob.T := "A".SA.Bob.I * "A".SA.Bob.alfa; //Par motor
0208
0209 (*Escritura de par en ACSM y par/vel a HMI*)
0210     "Nm2Analog"(IN := "A".SA.Bob.T,
0211         OUT => "Lec".Par.Out);
0212

```

```

0213     "rpm2Analog" (IN := "A".SA.Bob.N,
0214             OUT => "Lec".Vel.Out);
0215     END_IF;
0216
0217     "Lec".Par."Ref" := ROUND("A".SA.Bob.T * 10.0) / 10.0;
0218     "Lec".Vel."Ref" := "A".SA.Bob.N;
0219
0220     "A".SA.Bob.RefTmot := "Lec".Par.In;
0221     "A".SA.Bob.RefNmot := "Lec".Vel.In;
0222
0223 (*Fin programa y reset variables*)
0224     IF "CTU_Bob".QU OR NOT "M".ED.ON THEN
0225         "A".SA.Bob.V := 0;
0226         "A".SA.Bob.m := 0;
0227         "A".SA.Bob.I := 0;
0228         "A".SA.Bob.N := 0;
0229         "A".SA.Bob.alfa := 0;
0230         "A".SA.Bob.T := 0;
0231         "M".ED.ON := FALSE;
0232         "M".SD.OD0 := FALSE;
0233     END_IF;
0234
0235 END_CASE;

```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"A".EA.Bob.d[*]		UInt	Densidad metal (kg/m3)
"A".EA.Bob.h		Byte	Altura carrete (m)
"A".EA.Bob.pto		Byte	Puntero densidad
"A".EA.Bob.r[*]		Real	Radio carrete (m)
"A".EA.Bob.ta		Byte	Tiempo de aceleración (s)
"A".EA.Bob.vMat[*]		Real	Velocidad máxima en funcion del metal
"A".EA.Bob.vRef		Real	Velocidad lineal (m/s)
"A".EA.Cin.m		Real	Masa de la caja (kg)
"A".EA.Cin.r		Real	Radio del tambor motriz (m)
"A".EA.Cin.rt		Byte	Relación de transmisión de la reductora
"A".EA.Cin.ta		Real	Tiempo de aceleración (s)
"A".EA.Cin.vRef		Real	Velocidad máxima (m/s)
"A".EA.Mon.mCar1		Int	Masa carga 1 (kg)
"A".EA.Mon.mCar2		Int	Masa carga 2 (kg)
"A".EA.Mon.mCar3		Int	Masa carga 3 (kg)
"A".EA.Mon.r		Real	Radio de la polea (m)
"A".EA.Mon.rt		Byte	Relacion de transmisión de la reductora
"A".EA.Mon.ta		Byte	Tiempo de aceleración (s)
"A".EA.Mon.vRef		Real	Velocidad máxima (m/s)
"A".EA.Ven.No		Real	Velocidad inicial (rpm)
"A".EA.Ven.Po		Real	Potencia inicial (W)
"A".EA.Ven.Q		UInt	Caudal de referencia (m^3/h)
"A".EA.Ven.Qo		Real	Caudal inicial (m3/h)
"A".SA.Bob.alfa		Real	Aceleración angular (rad/s2)
"A".SA.Bob.I		Real	Inercia (kg·m2)
"A".SA.Bob.m		Real	Masa (kg)
"A".SA.Bob.N		Real	Velocidad motor (rpm)
"A".SA.Bob.RefNmot		Real	Velocidad motor real (rpm)
"A".SA.Bob.RefTmot		Real	Par motor real (Nm)
"A".SA.Bob.Sec		Byte	
"A".SA.Bob.T		Real	Par motor (Nm)
"A".SA.Bob.V		Real	Volumen (m3)
"A".SA.Bob.vMax		Real	Velocidad lineal máxima (m/s)
"A".SA.Cin.a		Real	Aceleración (m/s2)

Totally Integrated Automation Portal			
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"A".SA.Cin.F		Real	Fuerza (N)
"A".SA.Cin.Nmot		Real	Velocidad motor (rpm)
"A".SA.Cin.Nred		Real	Velocidad reductora (rpm)
"A".SA.Cin.RefNmot		Real	Velocidad motor real (rpm)
"A".SA.Cin.RefNred		Real	Velocidad reductora real (rpm)
"A".SA.Cin.RefTmot		Real	Par motor real (Nm)
"A".SA.Cin.RefTred		Real	Par reductora real (Nm)
"A".SA.Cin.Sec		Byte	Secuencia HMI
"A".SA.Cin.Tmot		Real	Par motor (Nm)
"A".SA.Cin.Tred		Real	Par reductora (Nm)
"A".SA.Cin.v		Real	velocidad lineal (m/s)
"A".SA.Mon.a		Real	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )
"A".SA.Mon.F		Real	Fuerza (N)
"A".SA.Mon.m		Int	Masa total (kg)
"A".SA.Mon.Nmot		Real	Velocidad motor (rpm)
"A".SA.Mon.Nred		Real	Velocidad reductora (rpm)
"A".SA.Mon.Piso		Byte	Piso
"A".SA.Mon.RefNmot		Real	Velocidad motor real (rpm)
"A".SA.Mon.RefNred		Real	Velocidad reductora real (rpm)
"A".SA.Mon.RefTmot		Real	Par motor real (Nm)
"A".SA.Mon.RefTred		Real	Par reductora real (Nm)
"A".SA.Mon.Sec		Byte	Secuencia HMI
"A".SA.Mon.Tmot		Real	Par motor (Nm)
"A".SA.Mon.Tred		Real	Par reductora (Nm)
"A".SA.Mon.v		Real	velocidad lineal (m/s)
"A".SA.Ven.N		Real	Velocidad motor (rpm)
"A".SA.Ven.P		Real	Potencia motor (W)
"A".SA.Ven.RefNmot		Real	Velocidad motor real (rpm)
"A".SA.Ven.RefTmot		Real	Par motor real (Nm)
"A".SA.Ven.Sec		Byte	
"A".SA.Ven.T		Real	Par motor (Nm)
"Clock_1Hz"	%M0.5	Bool	
"CTU_Bob".CV		Int	
"CTU_Bob".QU		Bool	
"CTU_Cin".QU		Bool	
"CTU_Mon".QU		Bool	
"CTU_Ven".QU		Bool	
"Lec".Par.In		Real	Entrada de par en Nm
"Lec".Par.Out		UInt	Salida analógica de par
"Lec".Par.Ref		Real	Salida de par en Nm
"Lec".Vel.In		Real	Entrada de velocidad en rpm
"Lec".Vel.Out		UInt	Salida analógica de velocidad
"Lec".Vel.Ref		UInt	Salida de velocidad en rpm
"M".ED.ON		Bool	On/Off
"M".ED.PV		Bool	Selector par/velocidad
"M".SD.OD0		Bool	DB9 "Other drives" SDO
"Sel".Prog		Byte	Selector del programa a emplear
#g	9.81	Real	Aceleración de la gravedad
#pi	3.1415	Real	Número pi

### E/S [FC4]

#### E/S Propiedades

##### General

Nombre	E/S	Número	4	Tipo	FC	Idioma	SCL	Numeración	Manual
--------	-----	--------	---	------	----	--------	-----	------------	--------

##### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
E/S	Void		

```

0001 REGION E/S digitales
0002
0003     "DQ00" := "M".SD.ON;
0004     "DQ01" := "M".SD.NC;
0005     "DQ02" := "M".SD.RST;
0006     "DQ03" := "M".SD.PV;
0007     "DQ06" := "M".SD.OD0;
0008     "DQ07" := "M".SD.OD1;
0009     "DQ10" := "M".SD.OD2;
0010     "DQ11" := "M".SD.OD3;
0011     "DQ05" := "M".SD.OD4;
0012
0013     "Lec".Vel.Pulsos := "DI1000";
0014
0015 END_REGION
0016
0017 REGION E/S analógicas
0018
0019     "Lec".Par.ACSM := "AI64";
0020     "Lec".Par.Sonda := "AI66";
0021
0022     "AQ80" := "Lec".Par.Out;
0023     "AQ64" := "Lec".Vel.Out;
0024
0025 END_REGION
0026
    
```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"AI64"	%IW64	UInt	
"AI66"	%IW66	UInt	
"AQ64"	%QW64	UInt	
"AQ80"	%QW80	UInt	
"DI1000"	%ID1000	DInt	
"DQ00"	%Q0.0	Bool	
"DQ01"	%Q0.1	Bool	
"DQ02"	%Q0.2	Bool	
"DQ03"	%Q0.3	Bool	
"DQ05"	%Q0.5	Bool	
"DQ06"	%Q0.6	Bool	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"DQ07"	%Q0.7	Bool	
"DQ10"	%Q1.0	Bool	
"DQ11"	%Q1.1	Bool	
"Lec".Par.ACSM		UInt	Entrada analógica del ACSM
"Lec".Par.Out		UInt	Salida analógica de par
"Lec".Par.Sonda		UInt	Entrada analógica de la sonda o sensor hall
"Lec".Vel.Out		UInt	Salida analógica de velocidad
"Lec".Vel.Pulsos		DInt	Número de pulsos HSC
"M".SD.NC		Bool	No conectado
"M".SD.OD0		Bool	DB9 "Other drives" SD0
"M".SD.OD1		Bool	DB9 "Other drives" SD1
"M".SD.OD2		Bool	DB9 "Other drives" SD2
"M".SD.OD3		Bool	DB9 "Other drives" SD3
"M".SD.OD4		Bool	DB9 "Other drives" SD4
"M".SD.ON		Bool	On/Off
"M".SD.PV		Bool	Selector par/velocidad
"M".SD.RST		Bool	Reset

## Pulse2rpm [FC5]

### Pulse2rpm Propiedades

#### General

Nombre	Pulse2rpm	Número	5	Tipo	FC	Idioma	SCL	Numeración	Manual
--------	-----------	--------	---	------	----	--------	-----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
▼ Temp			
HSC_Reset	Bool		
Speed_Real	Real		
▼ Constant			
fc	Real	3.0	Factor de corrección para coincidir medida con G120
▼ Return			
Pulse2rpm	Void		

```

0001
0002 //Control HSC1
0003 "CTRL_HSC_0_DB"(HSC:="Local~HSC_1",
0004     CV:=#HSC_Reset,
0005     NEW_CV:=0);
0006
0007 //Activar Reset HSC 1
0008 IF "Lec".Vel.Pulsos >= 1024 THEN
0009   #HSC_Reset := TRUE;
0010
0011 ELSIF "Lec".Vel.Pulsos <= 1000 THEN
0012   #HSC_Reset := FALSE;
0013 END_IF;
0014
0015 //Conversión de Pulsos a rpm
0016 #Speed_Real := DINT_TO_REAL("Lec".Vel.Pulsos);
0017 #Speed_Real := #Speed_Real * 60.0;
0018 "Lec".Vel.In := ROUND(1000 * #Speed_Real / 1023.0) / 1000;
0019

```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Lec".Vel.In		Real	Entrada de velocidad en rpm
"Lec".Vel.Pulsos		DInt	Número de pulsos HSC
"Local-HSC_1"	257	HW_HSC	
#HSC_Reset		Bool	
#Speed_Real		Real	

## Analog2Nm [FC6]

### Analog2Nm Propiedades

#### General

Nombre	Analog2Nm	Número	6	Tipo	FC	Idioma	SCL	Numeración	Manual
--------	-----------	--------	---	------	----	--------	-----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
▼ Temp			
Norm par	Real		Valor normalizado (0..1) par
Señal filtrada	UInt		Señal filtrada de la sonda
m	Real		Pendiente de la recta
n	Real		Ordenada en el origen de la recta
redPar	Real		Limitar decimales Par.In
▼ Constant			
ResAnalog	UInt	27648	Resolución señal analógica de tensión
k	UInt	310	Factor de corrección entrada analogica de par
Par PMSM	Real	15.5	Par nominal del PMSM
alfa	UInt	1000	Constante filtro (alfa mayor -> más inercia en el sistema)
▼ Return			
Analog2Nm	Void		

```

0001 CASE "Sel".ASH OF
0002
0003 1: //Lectura del ACSM1
0004   #Norm par := NORM_X(MIN := 0, VALUE := "Lec".Par.ACSM, MAX := #ResAnalog-#k);
0005   #redPar := SCALE_X(MIN := 0, VALUE := #Norm par, MAX := #Par PMSM);
0006   "Lec".Par.In := ROUND(#redPar * 10.0)/10.0;
0007   //////////////////////////////////////
0008
0009 2: //Lectura de la sonda
0010   (*Filtro integral*)
0011   #Señal filtrada := #Señal filtrada + ("Lec".Par.Sonda - #Señal filtrada)/#alfa;
0012
0013   (*Procesado par*)
0014   #Norm par := NORM_X(MIN := 0, VALUE := #Señal filtrada, MAX := #ResAnalog);
0015   "Lec".Par.In := SCALE_X(MIN := 0, VALUE := #Norm par, MAX := #Par PMSM);
0016
0017   IF "Lec".Vel.In>=0 AND "Lec".Vel.In<150 THEN #m := 1.0993; #n := -0.0268; //frecuencia IM 5Hz
0018   ELSIF "Lec".Vel.In>=150 AND "Lec".Vel.In<300 THEN #m := 1.0633; #n := -0.2184; //frecuencia IM 10Hz
0019   ELSIF "Lec".Vel.In>=300 AND "Lec".Vel.In<450 THEN #m := 1.0670; #n := -0.4560; //frecuencia IM 15Hz
0020   ELSIF "Lec".Vel.In>=450 AND "Lec".Vel.In<600 THEN #m := 1.0632; #n := -0.5215; //frecuencia IM 20Hz
0021   ELSIF "Lec".Vel.In>=600 AND "Lec".Vel.In<750 THEN #m := 1.0690; #n := -0.8145; //frecuencia IM 25Hz
0022   ELSIF "Lec".Vel.In>=750 AND "Lec".Vel.In<900 THEN #m := 1.0830; #n := -1.1786; //frecuencia IM 30Hz
0023   ELSIF "Lec".Vel.In>=900 AND "Lec".Vel.In<1050 THEN #m := 1.0613; #n := -1.3509; //frecuencia IM 35Hz
0024   ELSIF "Lec".Vel.In>=1050 AND "Lec".Vel.In<1200 THEN #m := 1.0627; #n := -1.5033; //frecuencia IM 40Hz
0025   ELSIF "Lec".Vel.In>=1200 AND "Lec".Vel.In<1350 THEN #m := 1.0588; #n := -1.5266; //frecuencia IM 45Hz
0026   ELSIF "Lec".Vel.In>=1350 AND "Lec".Vel.In<1500 THEN #m := 1.0832; #n := -1.6458; //frecuencia IM 50Hz
0027   END_IF;
0028
  
```

```

0029 "Lec".Par.In := #m * "Lec".Par.In + #n;
0030
0031
0032 ///////////////////////////////////////////////////
0033
0034 3: //Lectura del sensor hall
0035 # "Norm par" := NORM_X(MIN := 0, VALUE := "Lec".Par.Sonda, MAX := (#ResAnalog / 2));
0036 #redPar := SCALE_X(MIN := 0, VALUE := # "Norm par", MAX := # "Par PMSM");
0037 "Lec".Par.In := ROUND(#redPar * 10.0) / 10.0;
0038 END_CASE;
0039
0040

```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Lec".Par.ACSM		UInt	Entrada analógica del ACSM
"Lec".Par.In		Real	Entrada de par en Nm
"Lec".Par.Sonda		UInt	Entrada analógica de la sonda o sensor hall
"Lec".Vel.In		Real	Entrada de velocidad en rpm
"Sel".ASH		Byte	Selector medida de par
# "Norm par"		Real	Valor normalizado (0..1) par
# "Par PMSM"	15.5	Real	Par nominal del PMSM
# "Señal filtrada"		UInt	Señal filtrada de la sonda
#alfa	1000	UInt	Constante filtro (alfa mayor -> más inercia en el sistema)
#k	310	UInt	Factor de corrección entrada analogica de par
#m		Real	Pendiente de la recta
#n		Real	Ordenada en el origen de la recta
#redPar		Real	Limitar decimales Par.In
#ResAnalog	27648	UInt	Resolución señal analógica de tensión

## rpm2Analog [FC7]

### rpm2Analog Propiedades

#### General

Nombre	rpm2Analog	Número	7	Tipo	FC	Idioma	SCL	Numeración	Manual
--------	------------	--------	---	------	----	--------	-----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
IN	Real		
▼ Output			
OUT	Real		
InOut			
▼ Temp			
Norm vel	Real		Valor normalizado (0..1) velocidad
▼ Constant			
ResAnalog	UInt	27648	Resolución señal analógica
k	UInt	316	Ganancia corrección salida analógica. Debido al cambio de la señal de corriente a tensión hay un pequeño error
▼ Return			
rpm2Analog	Void		

```

0001 (*rpm a analógico*)
0002
0003 # "Norm vel" := NORM_X(MIN := 0.0, VALUE := #IN, MAX := "M".SA.Nmax);
0004 #OUT := SCALE_X(MIN := 0, VALUE := #"Norm vel", MAX := #ResAnalog + #k);
    
```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"M".SA.Nmax		UInt	Velocidad máxima (rpm)
#"Norm vel"		Real	Valor normalizado (0..1) velocidad
#IN		Real	
#k	316	UInt	Ganancia corrección salida analógica. Debido al cambio de la señal de corriente a tensión hay un pequeño error
#OUT		Real	
#ResAnalog	27648	UInt	Resolución señal analógica

## Nm2Analog [FC8]

### Nm2Analog Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	Nm2Analog	<b>Número</b>	8	<b>Tipo</b>	FC	<b>Idioma</b>	SCL	<b>Numeración</b>	Manual
---------------	-----------	---------------	---	-------------	----	---------------	-----	-------------------	--------

#### Información

<b>Título</b>	Escalado de par salida analógica.	<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>		<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizado</b>	
---------------	-----------------------------------	--------------	--	-------------------	--	----------------	--	----------------	-----	-------------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
IN	Real		
▼ Output			
OUT	Real		
InOut			
▼ Temp			
Norm par	Real		Valor normalizado (0..1) par
▼ Constant			
ResAnalog	UInt	27648	Resolución señal analógica
▼ Return			
Nm2Analog	Void		

```

0001 (*Nm a analógico*)
0002
0003 # "Norm par" := NORM_X(MIN := 0.0, VALUE := #IN, MAX := "M".SA.Tmax);
0004 #OUT := SCALE_X(MIN := 0, VALUE := # "Norm par", MAX := #ResAnalog);
    
```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"M".SA.Tmax		Real	Par máximo (Nm)
# "Norm par"		Real	Valor normalizado (0..1) par
#IN		Real	
#OUT		Real	
#ResAnalog	27648	UInt	Resolución señal analógica

## Potenciometro [FC9]

### Potenciometro Propiedades

#### General

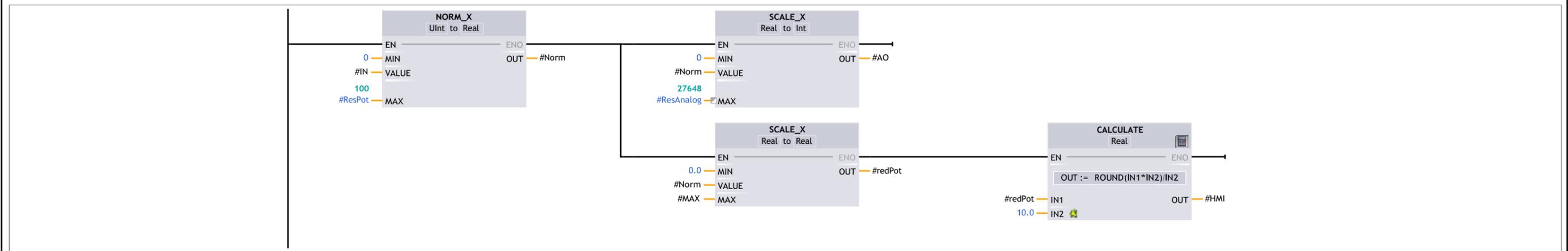
Nombre	Potenciometro	Número	9	Tipo	FC	Idioma	KOP	Numeración	Manual
--------	---------------	--------	---	------	----	--------	-----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
▼ Input			
IN	UInt		Entrada
MAX	Real		Valor máximo a escalar
▼ Output			
AO	Int		Salida analógica
HMI	Real		Salida de referencia (HMI)
InOut			
▼ Temp			
Norm	Real		
redPot	Real		Limitar decimales HMI
▼ Constant			
ResPot	UInt	100	Resolución potenciometro
ResAnalog	UInt	27648	Resolución analogica
ParNom	Real	15.5	Par PMSM
▼ Return			
Potenciometro	Void		

### Segmento 1:



## AnimacionHMI [FC10]

### AnimacionHMI Propiedades

#### General

<b>Nombre</b>	AnimacionHMI	<b>Número</b>	10	<b>Tipo</b>	FC	<b>Idioma</b>	SCL	<b>Numeración</b>	Automático
---------------	--------------	---------------	----	-------------	----	---------------	-----	-------------------	------------

#### Información

<b>Título</b>		<b>Autor</b>		<b>Comentario</b>		<b>Familia</b>		<b>Versión</b>	0.1	<b>ID personalizado</b>	
---------------	--	--------------	--	-------------------	--	----------------	--	----------------	-----	-------------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
▼ Temp			
j	Int		
Constant			
▼ Return			
AnimacionHMI	Void		

```

0001 //Cinta transportadora
0002 IF "Sel".Prog = 7 THEN
0003   "cintaFrame".CTU(CU := "Clock_2Hz" AND "M".ED.ON,
0004     R := "cintaFrame".QU OR NOT "M".ED.ON,
0005     PV := 20);
0006
0007   IF "HMI".Sel_TCG = 2 THEN
0008     "HMI".Cin.frame := "cintaFrame".CV;
0009   ELSE
0010     "HMI".Cin.frame := 100;
0011   END_IF;
0012
0013   IF "HMI".Sel_TCG = 2 AND NOT "M".ED.ON THEN
0014     "HMI".Cin.frame := 20;
0015   END_IF;
0016
0017 END_IF;
0018
0019 //Montacargas
0020
0021 IF "Sel".Prog = 8 THEN
0022   "montaFrame".CTU(CU := "Clock_2Hz" AND "M".ED.ON,
0023     R := "montaFrame".QU OR NOT "M".ED.ON,
0024     PV := 46);
0025
0026   IF "HMI".Sel_TCG = 2 THEN
0027     "HMI".Mon.frame := "montaFrame".CV;
0028   ELSE
0029     "HMI".Mon.frame := 100;
0030   END_IF;
0031
0032   IF "HMI".Sel_TCG = 2 AND NOT "M".ED.ON THEN
0033     "HMI".Mon.frame := 46;
0034   END_IF;
0035
0036 END_IF;
0037

```

```

0038 //Ventilador
0039
0040 IF "Sel".Prog = 9 THEN
0041   "ventFrame".CTU(CU := "Clock_5Hz" AND "M".ED.ON,
0042     R := "ventFrame".QU OR NOT "M".ED.ON,
0043     PV := 3);
0044
0045   IF "HMI".Sel_TCG = 2 THEN
0046     "HMI".Ven.frame := "ventFrame".CV;
0047   ELSE
0048     "HMI".Ven.frame := 100;
0049   END_IF;
0050
0051   IF "HMI".Sel_TCG = 2 AND NOT "M".ED.ON THEN
0052     "HMI".Ven.frame := 0;
0053   END_IF;
0054
0055 END_IF;
0056
0057 //Bobinadora
0058
0059 IF "Sel".Prog = 10 THEN
0060
0061   "bobFrame".CTU(CU := "Clock_1Hz" AND "M".ED.ON,
0062     R := "bobFrame".QU OR NOT "M".ED.ON,
0063     PV := 14);
0064
0065   IF "HMI".Sel_TCG = 2 THEN
0066     "HMI".Bob.frame := "bobFrame".CV;
0067   ELSE
0068     "HMI".Bob.frame := 100;
0069   END_IF;
0070
0071   IF "HMI".Sel_TCG = 2 AND NOT "M".ED.ON THEN
0072     "HMI".Bob.frame := 0;
0073   END_IF;
0074
0075 END_IF;
0076
0077

```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"bobFrame".CV		Int	
"bobFrame".QU		Bool	
"cintaFrame".CV		Int	
"cintaFrame".QU		Bool	
"Clock_1Hz"	%M0.5	Bool	
"Clock_2Hz"	%M0.3	Bool	
"Clock_5Hz"	%M0.1	Bool	
"HMI".Bob.frame		Byte	
"HMI".Cin.frame		Byte	
"HMI".Mon.frame		Byte	
"HMI".Sel_TCG		Byte	Selector tabla-curvas-gráficos
"HMI".Ven.frame		Byte	
"M".ED.ON		Bool	On/Off
"montaFrame".CV		Int	
"montaFrame".QU		Bool	
"Sel".Prog		Byte	Selector del programa a emplear
"ventFrame".CV		Int	

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ventFrame".QU		Bool	

## driverIM [FC11]

### driverIM Propiedades

#### General

Nombre	driverIM	Número	11	Tipo	FC	Idioma	SCL	Numeración	Manual
--------	----------	--------	----	------	----	--------	-----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
Input			
Output			
InOut			
Temp			
Constant			
▼ Return			
driverIM	Void		

```

0001 IF "Sel".Prog > 1 THEN
0002     CASE "Sel".driverIM OF
0003         (* 1: // Referencia de velocidad botonera o HMI, en función de posición DB9 VSD.
0004 IF "M".ED.ON THEN
0005 // "M".SD.OD0 := TRUE;
0006 "rpm2Analog"(IN := "M".EA.Vel,
0007 OUT => "Lec".Vel.Out);
0008 ELSE
0009 "M".SD.OD0 := FALSE;
0010 END_IF; *)
0011
0012     2..3:// Referencia de velocidad solo botonera. DB9 "other drives" para realimentación velocidad.
0013     "rpm2Analog"(IN := "Lec".Vel.In,
0014                 OUT => "Lec".Vel.Out);
0015
0016     IF "M".ED.ON THEN
0017         "M".SD.OD0 := TRUE;
0018         "Lec".Vel."Ref" := "M".EA.Vel;
0019     ELSE
0020         "M".SD.OD0 := FALSE;
0021         "Lec".Vel."Ref" := 0;
0022     END_IF;
0023 END_CASE;
0024 END_IF;

```

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Lec".Vel.In		Real	Entrada de velocidad en rpm
"Lec".Vel.Out		UInt	Salida analógica de velocidad
"Lec".Vel.Ref		UInt	Salida de velocidad en rpm
"M".EA.Vel		UInt	Entrada velocidad
"M".ED.ON		Bool	On/Off
"M".SD.OD0		Bool	DB9 "Other drives" SDO
"Sel".driverIM		Byte	Selector variador IM
"Sel".Prog		Byte	Selector del programa a emplear

### CTRL\_HSC\_0\_DB [DB1]

#### CTRL\_HSC\_0\_DB Propiedades

##### General

<b>Nombre</b>	CTRL_HSC_0_DB	<b>Número</b>	1	<b>Tipo</b>	DB	<b>Idioma</b>	DB	<b>Numeración</b>	Automático
---------------	---------------	---------------	---	-------------	----	---------------	----	-------------------	------------

##### Información

<b>Título</b>		<b>Autor</b>	SIMATIC	<b>Comentario</b>		<b>Familia</b>	COUNTER	<b>Versión</b>	1.0	<b>ID personaliza- do</b>	CTRL_HSC
---------------	--	--------------	---------	-------------------	--	----------------	---------	----------------	-----	-------------------------------	----------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Input			
HSC	HW_HSC	0	False
DIR	Bool	False	False
CV	Bool	False	False
RV	Bool	False	False
PERIOD	Bool	False	False
NEW_DIR	Int	0	False
NEW_CV	DInt	0	False
NEW_RV	DInt	0	False
NEW_PERIOD	Int	0	False
▼ Output			
BUSY	Bool	False	False
STATUS	Word	16#0	False
InOut			
Static			

**M [DB2]**

**M Propiedades**

**General**

Nombre	M	Número	2	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Automático
--------	---	--------	---	------	----	--------	----	------------	------------

**Información**

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personaliza- do	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	-----------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Static									
▼ ED	Struct		False	True	True	True	False		ENTRADAS DIGITALES
ON	Bool	false	False	True	True	True	False		On/Off
NC	Bool	false	False	True	True	True	False		No conectado
RST	Bool	false	False	True	True	True	False		Reset
PV	Bool	true	False	True	True	True	False		Selector par/velocidad
▼ SD	Struct		False	True	True	True	False		SALIDAS DIGITALES
ON	Bool	false	False	True	True	True	False		On/Off
NC	Bool	false	False	True	True	True	False		No conectado
RST	Bool	false	False	True	True	True	False		Reset
PV	Bool	false	False	True	True	True	False		Selector par/velocidad
OD0	Bool	false	False	True	True	True	False		DB9 "Other drives" SD0
OD1	Bool	false	False	True	True	True	False		DB9 "Other drives" SD1
OD2	Bool	false	False	True	True	True	False		DB9 "Other drives" SD2
OD3	Bool	false	False	True	True	True	False		DB9 "Other drives" SD3
OD4	Bool	false	False	True	True	True	False		DB9 "Other drives" SD4
▼ EA	Struct		False	True	True	True	False		ENTRADAS ANALÓGICAS
Par	UInt	0	False	True	True	True	False		Potenciómetro par
Vel	UInt	0	False	True	True	True	False		Entrada velocidad
▼ SA	Struct		False	True	True	True	False		SALIDAS ANALÓGICAS
Nmax	UInt	1500	False	True	True	True	False		Velocidad máxima (rpm)
Nmin	UInt	0	False	True	True	True	False		Velocidad mínima (rpm)
Potmax	UInt	100	False	True	True	True	False		Rango máximo potenciómetro (%)
Potmin	UInt	0	False	True	True	True	False		Rango mínimo potenciómetro (%)
Tmax	Real	15.5	False	True	True	True	False		Par máximo (Nm)
Tmin	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par mínimo (Nm)

PC [DB3]

PC Propiedades

General

Nombre	PC	Número	3	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Automático
--------	----	--------	---	------	----	--------	----	------------	------------

Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Static									
ED	Bool	false	False	True	True	True	False		ENTRADAS DIGITALES
SD	Bool	false	False	True	True	True	False		SALIDAS DIGITALES
▼ EA	Struct		False	True	True	True	False		ENTRADAS ANALÓGICAS
▼ Con	Struct		False	True	True	True	False		Carga constante
T	Real	0.0	False	True	True	True	False		Referencia de par (Nm)
N	UInt	0	False	True	True	True	False		Referencia de velocidad (rpm)
Nmax	UInt	1500	False	True	True	True	False		Velocidad máxima (rpm)
Nmin	UInt	0	False	True	True	True	False		Velocidad mínima (rpm)
Tmax	Real	15.5	False	True	True	True	False		Par máximo (Nm)
Tmin	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par mínimo (Nm)
▼ Esc	Struct		False	True	True	True	False		Carga escalonada
T1	Real	0.0	False	True	True	True	False		Referencia de par escalón 1 (Nm)
T2	Real	0.0	False	True	True	True	False		Referencia de par escalón 2 (Nm)
Tim1	Byte	16#0	False	True	True	True	False		Tiempo del escalón 1 (s)
Tim2	Byte	16#0	False	True	True	True	False		Tiempo del escalón 2 (s)
N	UInt	0	False	True	True	True	False		Referencia de velocidad (rpm)
Nmax	UInt	1500	False	True	True	True	False		Velocidad máxima (rpm)
Nmin	UInt	0	False	True	True	True	False		Velocidad mínima (rpm)
Tmax	Real	15.5	False	True	True	True	False		Par máximo por escalón (Nm)
Tmin	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par mínimo por escalón (Nm)
timMax	Byte	5	False	True	True	True	False		Tiempo máximo por escalon (s)
timMin	Byte	0	False	True	True	True	False		Tiempo mínimo por escalon (s)
▼ Cuad	Struct		False	True	True	True	False		Carga cuadrática
T	Real	0.0	False	True	True	True	False		Referencia de par (Nm)
N	UInt	0	False	True	True	True	False		Referencia de velocidad (rpm)
Nmax	UInt	1500	False	True	True	True	False		Velocidad máxima (rpm)
Nmin	UInt	0	False	True	True	True	False		Velocidad mínima (rpm)
Tmax	Real	15.5	False	True	True	True	False		Par máximo (Nm)
Tmin	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par mínimo (Nm)
▼ InvProp	Struct		False	True	True	True	False		Carga inversamente proporcional
T	Real	0.0	False	True	True	True	False		Referencia de par (Nm)
N	UInt	0	False	True	True	True	False		Referencia de velocidad (rpm)
Nmax	UInt	1500	False	True	True	True	False		Velocidad máxima (rpm)
Nmin	UInt	0	False	True	True	True	False		Velocidad mínima (rpm)
Tmax	Real	15.5	False	True	True	True	False		Par máximo (Nm)

Totally Integrated Automation Portal										
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario	
Tmin	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par mínimo (Nm)	
▼ SA	Struct		False	True	True	True	False		SALIDAS ANALÓGICAS	
Con	Bool	false	False	True	True	True	False		Carga lineal	
▼ Esc	Struct		False	True	True	True	False		Carga escalonada	
Aux	Real	0.0	False	True	True	True	False		Valor auxiliar de referencia de par	
▼ Cuad	Struct		False	True	True	True	False		Carga cuadrática	
Aux	Real	0.0	False	True	True	True	False		Valor auxiliar de referencia de par	
▼ InvProp	Struct		False	True	True	True	False		Carga inversamente proporcional	
Aux	Real	0.0	False	True	True	True	False		Valor auxiliar de referencia de par	

## A [DB4]

### A Propiedades

#### General

Nombre	A	Número	4	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	---	--------	---	------	----	--------	----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Static									
ED	Bool	false	False	True	True	True	False		ENTRADAS DIGITALES
SD	Bool	false	False	True	True	True	False		SALIDAS DIGITALES
▼ EA	Struct		False	True	True	True	False		ENTRADAS ANALÓGICAS
▼ Cin	Struct		False	True	True	True	False		Cinta transportadora
r	Real	0.05	False	True	True	True	False		Radio del tambor motriz (m)
vRef	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad máxima (m/s)
m	Real	0.0	False	True	True	True	False		Masa de la caja (kg)
ta	Real	1.0	False	True	True	True	False		Tiempo de aceleración (s)
rt	Byte	2	False	True	True	True	False		Relación de transmisión de la reductora
vRefMin	Real	1.0	False	True	True	True	False		Velocidad lineal de referencia min. (m/s)
vRefMax	Real	3.0	False	True	True	True	False		Velocidad lineal de referencia max. (m/s)
mMin	Real	10.0	False	True	True	True	False		Masa min. (Kg)
mMax	Real	200.0	False	True	True	True	False		Masa max. (Kg)
▼ Mon	Struct		False	True	True	True	False		Montacargas
r	Real	0.6	False	True	True	True	False		Radio de la polea (m)
vRef	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad máxima (m/s)
mCar1	Int	0	False	True	True	True	False		Masa carga 1 (kg)
mCar2	Int	0	False	True	True	True	False		Masa carga 2 (kg)
mCar3	Int	0	False	True	True	True	False		Masa carga 3 (kg)
ta	Byte	2	False	True	True	True	False		Tiempo de aceleración (s)
rt	Byte	30	False	True	True	True	False		Relacion de transmisión de la reductora
vRefMin	Real	1.0	False	True	True	True	False		Velocidad lineal de referencia min. (m/s)
vRefMax	Real	3.0	False	True	True	True	False		Velocidad lineal de referencia max. (m/s)
mMin	Int	-22	False	True	True	True	False		Masa min. (Kg)
mMax	Int	22	False	True	True	True	False		Masa max. (Kg)
▼ Ven	Struct		False	True	True	True	False		Ventilador
Qo	Real	16710.0	False	True	True	True	False		Caudal inicial (m3/h)
No	Real	1500.0	False	True	True	True	False		Velocidad inicial (rpm)
Po	Real	2200.0	False	True	True	True	False		Potencia inicial (W)
Q	UInt	0	False	True	True	True	False		Caudal de referencia (m^3/h)
Qmax	UInt	16710	False	True	True	True	False		Caudal máximo (m3/h)
Qmin	UInt	5000	False	True	True	True	False		Caudal mínimo (m3/h)
▼ Bob	Struct		False	True	True	True	False		Bobinadora
h	Byte	1	False	True	True	True	False		Altura carrete (m)
▼ r	Array[0..13] of Real		False	True	True	True	False		Radio carrete (m)

Totally Integrated Automation Portal										
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario	
r[0]	Real	0.0	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[1]	Real	0.05	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[2]	Real	0.06	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[3]	Real	0.07	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[4]	Real	0.08	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[5]	Real	0.09	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[6]	Real	0.1	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[7]	Real	0.11	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[8]	Real	0.12	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[9]	Real	0.13	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[10]	Real	0.14	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[11]	Real	0.15	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[12]	Real	0.16	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
r[13]	Real	0.17	False	True	True	True	False		Radio carrete (m)	
▼ d	Array[0..2] of UInt		False	True	True	True	False		Densidad metal (kg/m3)	
d[0]	UInt	2600	False	True	True	True	False		Densidad aluminio (kg/m3)	
d[1]	UInt	4450	False	True	True	True	False		Densidad titanio (kg/m3)	
d[2]	UInt	8300	False	True	True	True	False		Densidad cobre (kg/m3)	
vRef	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad lineal (m/s)	
ta	Byte	10	False	True	True	True	False		Tiempo de aceleración (s)	
pto	Byte	0	False	True	True	True	False		Puntero densidad	
▼ vMat	Array[0..2] of Real		False	True	True	True	False		Velocidad máxima en funcion del metal	
vMat[0]	Real	7.0	False	True	True	True	False		Al	
vMat[1]	Real	4.0	False	True	True	True	False		Ti	
vMat[2]	Real	2.0	False	True	True	True	False		Cu	
vMin	Real	1.0	False	True	True	True	False		Velocidad lineal minima (m/s)	
▼ SA	Struct		False	True	True	True	False		SALIDAS ANALÓGICAS	
▼ Cin	Struct		False	True	True	True	False		Cinta transportadora	
Tred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par reductora (Nm)	
Nred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad reductora (rpm)	
Tmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par motor (Nm)	
Nmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad motor (rpm)	
a	Real	0.0	False	True	True	True	False		Aceleración (m/s2)	
F	Real	0.0	False	True	True	True	False		Fuerza (N)	
v	Real	0.0	False	True	True	True	False		velocidad lineal (m/s)	
Sec	Byte	16#0	False	True	True	True	False		Secuencia HMI	
RefTred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par reductora real (Nm)	
RefNred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad reductora real (rpm)	
RefTmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par motor real (Nm)	
RefNmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad motor real (rpm)	
▼ Mon	Struct		False	True	True	True	False		Montacargas	
Tred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par reductora (Nm)	
Nred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad reductora (rpm)	
Tmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par motor (Nm)	
Nmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad motor (rpm)	
a	Real	0.0	False	True	True	True	False		Aceleración (m/s2)	

Totally Integrated Automation Portal										
Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario	
F	Real	0.0	False	True	True	True	False		Fuerza (N)	
v	Real	0.0	False	True	True	True	False		velocidad lineal (m/s)	
m	Int	0	False	True	True	True	False		Masa total (kg)	
Sec	Byte	16#0	False	True	True	True	False		Secuencia HMI	
Piso	Byte	16#0	False	True	True	True	False		Piso	
RefTred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par reductora real (Nm)	
RefNred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad reductora real (rpm)	
RefTmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par motor real (Nm)	
RefNmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad motor real (rpm)	
▼ Ven	Struct		False	True	True	True	False		Ventilador	
N	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad motor (rpm)	
P	Real	0.0	False	True	True	True	False		Potencia motor (W)	
T	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par motor (Nm)	
Sec	Byte	16#0	False	True	True	True	False			
RefTmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par motor real (Nm)	
RefNmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad motor real (rpm)	
▼ Bob	Struct		False	True	True	True	False		Bobinadora	
V	Real	0.0	False	True	True	True	False		Volumen (m3)	
m	Real	0.0	False	True	True	True	False		Masa (kg)	
I	Real	0.0	False	True	True	True	False		Inercia (kg·m2)	
alfa	Real	0.0	False	True	True	True	False		Aceleración angular (rad/s2)	
N	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad motor (rpm)	
T	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par motor (Nm)	
vMax	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad lineal máxima (m/s)	
Sec	Byte	16#0	False	True	True	True	False			
RefTred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par reductora real (Nm)	
RefNred	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad reductora real (rpm)	
RefTmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Par motor real (Nm)	
RefNmot	Real	0.0	False	True	True	True	False		Velocidad motor real (rpm)	

### Lec [DB5]

#### Lec Propiedades

##### General

Nombre	Lec	Número	5	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	-----	--------	---	------	----	--------	----	------------	--------

##### Información

Título		Autor		Comentario	gfgfgfgf	Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	----------	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Static									
▼ Vel	Struct		False	True	True	True	False		
Pulsos	DInt	0	False	True	True	True	False		Número de pulsos HSC
In	Real	0.0	False	True	True	True	False		Entrada de velocidad en rpm
Out	UInt	0	False	True	True	True	False		Salida analógica de velocidad
Ref	UInt	0	False	True	True	True	False		Salida de velocidad en rpm
▼ Par	Struct		False	True	True	True	False		
ACSM	UInt	0	False	True	True	True	False		Entrada analógica del ACSM
Sonda	UInt	0	False	True	True	True	False		Entrada analógica de la sonda o sensor hall
In	Real	0.0	False	True	True	True	False		Entrada de par en Nm
Out	UInt	0	False	True	True	True	False		Salida analógica de par
Ref	Real	0.0	False	True	True	True	False		Salida de par en Nm

### Sel [DB6]

#### Sel Propiedades

##### General

Nombre	Sel	Número	6	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	-----	--------	---	------	----	--------	----	------------	--------

##### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Static									
Prog	Byte	1	False	True	True	True	False		Selector del programa a emplear
ASH	Byte	1	False	True	True	True	False		Selector medida de par
driverIM	Byte	1	False	True	True	True	False		Selector variador IM

## HMI [DB7]

### HMI Propiedades

#### General

Nombre	HMI	Número	7	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	-----	--------	---	------	----	--------	----	------------	--------

#### Información

Título		Autor		Comentario		Familia		Versión	0.1	ID personalizado	
--------	--	-------	--	------------	--	---------	--	---------	-----	------------------	--

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia	Accesible desde HMI/OPC UA/Web API	Escribible desde HMI/OPC UA/Web API	Visible en HMI Engineering	Valor de ajuste	Supervisión	Comentario
▼ Static									
▼ Cin	Struct		False	True	True	True	False		
frame	Byte	16#0	False	True	True	True	False		
▼ Mon	Struct		False	True	True	True	False		
frame	Byte	16#0	False	True	True	True	False		
▼ Ven	Struct		False	True	True	True	False		
frame	Byte	16#0	False	True	True	True	False		
▼ Bob	Struct		False	True	True	True	False		
frame	Byte	16#0	False	True	True	True	False		
Sel_TCG	Byte	16#0	False	True	True	True	False		Selector tabla-curvas-gráficos
nPuest	Byte	16#0	True	True	True	True	False		Número de puesto pantalla inicio

## TON\_escalonado1 [DB8]

### TON\_escalonado1 Propiedades

#### General

Nombre	TON_escalonado1	Número	8	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	-----------------	--------	---	------	----	--------	----	------------	--------

#### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	IEC_TMR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	---------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False

## TON\_escalonado2 [DB9]

### TON\_escalonado2 Propiedades

#### General

Nombre	TON_escalonado2	Número	9	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	-----------------	--------	---	------	----	--------	----	------------	--------

#### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	IEC_TMR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	---------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
PT	Time	T#0ms	False
ET	Time	T#0ms	False
IN	Bool	false	False
Q	Bool	false	False

### CTU\_Cin [DB10]

#### CTU\_Cin Propiedades

##### General

Nombre	CTU_Cin	Número	10	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	---------	--------	----	------	----	--------	----	------------	--------

##### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	CNTR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True

### CTU\_Mon [DB11]

#### CTU\_Mon Propiedades

##### General

Nombre	CTU_Mon	Número	11	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	---------	--------	----	------	----	--------	----	------------	--------

##### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	CNTR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True

### CTU\_Ven [DB12]

#### CTU\_Ven Propiedades

##### General

Nombre	CTU_Ven	Número	12	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	---------	--------	----	------	----	--------	----	------------	--------

##### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	CNTR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True

### CTU\_Bob [DB13]

#### CTU\_Bob Propiedades

##### General

Nombre	CTU_Bob	Número	13	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	---------	--------	----	------	----	--------	----	------------	--------

##### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	CNTR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True

### cintaFrame [DB14]

#### cintaFrame Propiedades

##### General

Nombre	cintaFrame	Número	14	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Manual
--------	------------	--------	----	------	----	--------	----	------------	--------

##### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	CNTR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True

## montaFrame [DB15]

### montaFrame Propiedades

#### General

Nombre	montaFrame	Número	15	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Automático
--------	------------	--------	----	------	----	--------	----	------------	------------

#### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	CNTR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True

## ventFrame [DB16]

### ventFrame Propiedades

#### General

Nombre	ventFrame	Número	16	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Automático
--------	-----------	--------	----	------	----	--------	----	------------	------------

#### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	CNTR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True

### bobFrame [DB17]

#### bobFrame Propiedades

##### General

Nombre	bobFrame	Número	17	Tipo	DB	Idioma	DB	Numeración	Automático
--------	----------	--------	----	------	----	--------	----	------------	------------

##### Información

Título		Autor	Simatic	Comentario		Familia	IEC	Versión	1.0	ID personaliza- do	CNTR
--------	--	-------	---------	------------	--	---------	-----	---------	-----	-----------------------	------

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanencia
▼ Static			
CU	Bool	false	True
CD	Bool	false	True
R	Bool	false	True
LD	Bool	false	True
QU	Bool	false	True
QD	Bool	false	True
PV	Int	0	True
CV	Int	0	True



## **Anexo - VI. Código WebServer.**

```
1
2 <!doctype html>
3 <html lang="es">
4 <head>
5   <meta charset="UTF-8">
6   <title>Puesto de control</title>
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link rel="icon" type="image/x-icon" href="img\favicon.png">
9   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
10  <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
11
12 </head>
13
14 <body>
15
16
17   <!-- CABECERA ----->
18
19   <header>
20
21     <div id="piloto"></div>
22
23     <!--Menú selección de programa-->
24     <select id="selectId">
25       <option class="classMenu" id="classTex" value="1">Inicio</option>
26       <option class="classMenu" id="classTit" disabled> ◇ Manual:</option>
27       <option class="classMenu" id="classTex" value="2">Control par-velocidad</option>
28       <option class="classMenu" id="classTit" disabled> ◇ Perfiles de carga:</option>
29       <option class="classMenu" id="classTex" value="3">Constante</option>
30       <option class="classMenu" id="classTex" value="4">Escalonado</option>
31       <option class="classMenu" id="classTex" value="5">Cuadrático</option>
32       <option class="classMenu" id="classTex" value="6">Inversamente proporcional</option>
33       <option class="classMenu" id="classTit" disabled> ◇ Aplicaciones:</option>
34       <option class="classMenu" id="classTex" value="7">Cinta transportadora</option>
35       <option class="classMenu" id="classTex" value="8">Montacargas</option>
36       <option class="classMenu" id="classTex" value="9">Ventilador</option>
37       <option class="classMenu" id="classTex" value="10">Bobinadora</option>
38     </select>
39
40   </header>
41
42
43   <div id="central-content">
44
45
46     <!-- CONFIGURACIÓN ----->
47
48     <div id="div0">
49
50       <p class="title_box">Configuraci&oacute;n</p><hr />
51
52       <!--Selector tablas - curvas - gráficos-->
53       <input id='valTCG' type="hidden" value="" />
```

```
54     <button id="butTCG" class="imgTCG"><img class="imgTCG" src="" /></button>
55
56 </div>
57
58
59 <!--BOTONERA----->
60
61 <div id="div1">
62
63     <p class="title_box">Botonera</p><hr />
64
65     <!--Marcha-->
66     <input id='valM' type="hidden" value="1" />
67     <button id="butM" class="img_button"></button>
68
69
70     <!--Paro-->
71     <input id='valP' type="hidden" value="0" onchange="toggleButton()" />
72     <button id="butP" class="img_button"></button>
73
74
75     <!--Reset-->
76     <input id='valR' type="hidden" value="" />
77     <button id="butR" class="img_button"></button>
78
79 </div>
80
81
82 <!-- REFERENCIA ----->
83
84 <div id="div2">
85
86     <p class="title_box">Referencia</p><hr />
87
88     <!--Input referencia según programa seleccionado-->
89     <iframe class="iframe_ref" src="" scrolling="no" frameborder="0"></iframe>
90
91 </div>
92
93
94 <!-- TABLAS ----->
95
96 <div id="div3">
97
98     <p class="title_box">Tablas</p><hr />
99
100     <!--Referencia de velocidad-->
101     <p class="title_display">Referencia de velocidad [RPM]</p>
102     <p class="display" id="velRef">0</p>
103
104
105     <!--Valor instantaneo de velocidad-->
106     <p class="title_display">Valor instantaneo velocidad [RPM]</p>
```

```
107     <p class="display" id="velIn">0</p>
108
109
110     <!--Referencia de par-->
111     <p class="title_display">Referencia de par [Nm]</p>
112     <p class="display" id="parRef">0</p>
113
114
115     <!--Valor instantaneo de par-->
116     <p class="title_display">Valor instantaneo par [Nm]</p>
117     <p class="display" id="parIn">0</p>
118
119     </div>
120
121 </div>
122
123 <script src="main.js"></script>
124
125 </body>
126 </html>
```

```
1 <!DOCTYPE html>
2
3 <html lang="en" xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
4 <head>
5   <meta charset="utf-8" />
6   <title></title>
7   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
8 </head>
9
10 <body class="bodyFrame">
11   <div>
12     <h1>INICIO</h1>
13     <p>Seleccione un programa del menú superior</p>
14   </div>
15   <style>
16
17     * {
18       font-weight: bold;
19       font-family: Tahoma, Arial, Calibri;
20     }
21
22     div {
23       display: flex;
24       flex-direction: column;
25       justify-content: center;
26       align-items: center;
27     }
28
29     h1 {
30       color: rgb(41, 101, 132);
31     }
32
33     p {
34       color: rgb(241, 89, 68);
35     }
36   </style>
37
38
39   <script src="main.js"></script>
40 </body>
41 </html>
```

```
1 <!--CONTROL PAR-VELOCIDAD-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6   <meta charset="UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14   <!--<p class="title_display">Velocidad [RPM]</p>
15   <form action="" id="form_mVel">
16     <input id="input_mVel" class="input_type1" type="number" step="1" placeholder="RPM" value="" min="0" max="1500">
17   </form-->
18
19
20   <p class="title_display">Tipo de referencia</p>
21   <form>
22     <div class="input_radio">
23       <div>
24         <input id="input_mPV1" class="radio-custom" name="radio-group" type="radio" value="1" checked>
25         <label for="input_mPV1" class="radio-custom-label">Par</label>
26       </div>
27       <div>
28         <input id="input_mPV2" class="radio-custom" name="radio-group" type="radio" value="0">
29         <label for="input_mPV2" class="radio-custom-label">Velocidad</label>
30       </div>
31     </div>
32   </form>
33
34   <p class="title_display">Referencia [%]</p>
35   <form action="" id="form_mPar">
36     <input id="input_mPar" class="input_type1" type="number" step="1" placeholder="%" value="" min="0" max="100">
37   </form>
38
39   <script src="main.js"></script>
40
41 </body>
42 </html>
43
```

```
1 <!--CONSTANTE-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6     <meta charset="UTF-8">
7     <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8     <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9     <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14     <p class="title_display">Velocidad [RPM]</p>
15     <form action="" id="form_linN">
16         <input id="input_linN" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="RPM" value="" min="0" max="1500">
17     </form>
18
19     <p class="title_display">Par [Nm]</p>
20     <form action="" id="form_linT">
21         <input id="input_linT" type="number" step="any" class="input_type1" placeholder="Nm" value="" min="0.0" max="15.5">
22     </form>
23
24
25     <script src="main.js"></script>
26
27 </body>
28 </html>
```

```
1 <!--ESCALONADO-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6   <meta charset="UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14   <p class="title_display">Velocidad [RPM]</p>
15   <form action="" id="form_escN">
16     <input id="input_escN" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="RPM" value="" min="0" max="1500">
17   </form>
18
19   <p class="title_display">Par escal&oacute;n 1 [Nm]</p>
20   <form action="" id="form_escT1">
21     <input id="input_escT1" type="number" step="any" class="input_type1" placeholder="Nm" value="" min="0.0" max="15.5">
22   </form>
23
24   <p class="title_display">Tiempo escal&oacute;n 1 [s]</p>
25   <form action="" id="form_escTim1">
26     <input id="input_escTim1" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="s" value="" min="0" max="5">
27   </form>
28
29   <p class="title_display">Par escal&oacute;n 2 [Nm]</p>
30   <form action="" id="form_escT2">
31     <input id="input_escT2" type="number" step="any" class="input_type1" placeholder="Nm" value="" min="0.0" max="15.5">
32   </form>
33
34   <p class="title_display">Tiempo escal&oacute;n 2 [s]</p>
35   <form action="" id="form_escTim2">
36     <input id="input_escTim2" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="s" value="" min="0" max="5">
37   </form>
38
39
40   <script src="main.js"></script>
41
42 </body>
43 </html>
```

```
1 <!--CUADRÁTICO-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6   <meta charset="UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14   <p class="title_display">Velocidad [RPM]</p>
15   <form action="" id="form_cuadN">
16     <input id="input_cuadN" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="RPM" value="" min="0" max="1500">
17   </form>
18
19   <p class="title_display">Par m&aacute;ximo [Nm]</p>
20   <form action="" id="form_cuadT">
21     <input id="input_cuadT" type="number" step="any" class="input_type1" placeholder="Nm" value="" min="0.0" max="15.5">
22   </form>
23
24
25
26   <script src="main.js"></script>
27
28 </body>
29 </html>
```

```
1 <!--INVERSAMENTE PROPORCIONAL-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6   <meta charset="UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14   <p class="title_display">Velocidad [RPM]</p>
15   <form action="" id="form_invPropN">
16     <input id="input_invPropN" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="RPM" value="" min="0" max="1500">
17   </form>
18
19   <p class="title_display">Par m&aacute;ximo [Nm]</p>
20   <form action="" id="form_invPropT">
21     <input id="input_invPropT" type="number" step="any" class="input_type1" placeholder="Nm" value="" min="0.0" max="15.5">
22   </form>
23
24
25   <script src="main.js"></script>
26
27 </body>
28 </html>
```

```
1 <!--CINTA TRANSPORTADORA-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6   <meta charset="UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14   <p class="title_display">Velocidad lineal [m/s]</p>
15   <form action="" id="form_cinvRef">
16     <input id="input_cinvRef" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="m/s" value="" min="1" max="3">
17   </form>
18
19   <p class="title_display">Masa de la caja [Kg]</p>
20   <form action="" id="form_cinm">
21     <input id="input_cinm" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="Kg" value="" min="10" max="200">
22   </form>
23
24   <script src="main.js"></script>
25
26 </body>
27 </html>
```

```
1 <!--MONTACARGAS-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6   <meta charset="UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14   <p class="title_display">Velocidad lineal [m/s]</p>
15   <form action="" id="form_monvRef">
16     <input id="input_monvRef" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="m/s" value="" min="1" max="3">
17   </form>
18
19   <p class="title_display">Masa carga 1 [Kg]</p>
20   <form action="" id="form_monmCar1">
21     <input id="input_monmCar1" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="Kg" value="" min="-22" max="22">
22   </form>
23
24   <p class="title_display">Masa carga 2 [Kg]</p>
25   <form action="" id="form_monmCar2">
26     <input id="input_monmCar2" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="Kg" value="" min="-22" max="22">
27   </form>
28
29   <p class="title_display">Masa carga 3 [Kg]</p>
30   <form action="" id="form_monmCar3">
31     <input id="input_monmCar3" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="Kg" value="" min="-22" max="22">
32   </form>
33
34
35
36   <script src="main.js"></script>
37
38 </body>
39 </html>
```

```
1 <!--VENTILADOR-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6   <meta charset="UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14   <p class="title_display">Caudal [m<sup>3</sup>/h]</p>
15   <form action="" id="form_venQ">
16     <input id="input_venQ" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="m³/h" value="" min="5000" max="16710">
17   </form>
18
19
20   <script src="main.js"></script>
21
22 </body>
23 </html>
```

```
1 <!--BOBINADORA-->
2
3 <!doctype html>
4 <html lang="es">
5 <head>
6   <meta charset="UTF-8">
7   <meta name="viewport" content="width=device-width,initial-scale=1">
8   <link href="style.css" rel="stylesheet" type="text/css" />
9   <script src="jquery-3.6.0.min.js"></script>
10 </head>
11
12 <body class="bodyFrame">
13
14   <p class="title_display">Velocidad lineal [m/s]</p>
15   <form action="" id="form_bobvRef">
16     <input id="input_bobvRef" type="number" step="1" class="input_type1" placeholder="m/s" value="" min="1" max=":=A".SA.Bob.vMax:'>
17   </form>
18
19
20   <p class="title_display">Tipo de material</p>
21   <form>
22     <div class="input_radio">
23       <div>
24         <input id="input_bobAl" class="radio-custom" name="radio-group" type="radio" value="0" checked>
25         <label for="input_bobAl" class="radio-custom-label">Aluminio</label>
26       </div>
27       <div>
28         <input id="input_bobTi" class="radio-custom" name="radio-group" type="radio" value="1">
29         <label for="input_bobTi" class="radio-custom-label">Titanio</label>
30       </div>
31       <div>
32         <input id="input_bobCu" class="radio-custom" name="radio-group" type="radio" value="2">
33         <label for="input_bobCu" class="radio-custom-label">Cobre</label>
34       </div>
35     </div>
36   </form>
37
38
39   <script src="main.js"></script>
40
41 </body>
42 </html>
```

```
1
2
3 /*--CABECERA -----*/
4
5
6 $(document).ready(function () {
7     $.ajaxSetup({ cache: false });
8
9     /*Menú selección de programa*/
10    var auxMenu = 1;
11    var iframeHeight = [0, 10, 25, 19, 45, 19, 19, 19, 36, 11, 30];
12
13    function changeMenu() {
14        auxMenu = $("#selectId").val();
15
16        url = "IOvariables.html";
17        name = '"Sel".Prog';
18        val = auxMenu;
19        sdata = escape(name) + '=' + val;
20        $.post(url, sdata, function (result) { });
21
22        $(".iframe_ref").attr("src", auxMenu + ".html"); //cambio iframe
23        $(".iframe_ref").css("height", iframeHeight[auxMenu] + "em"); //cambio altura iframe
24    }
25    $("select").change(changeMenu);
26    changeMenu();
27
28
29 /*--CONFIGURACIÓN -----*/
30
31
32    /*Selector tablas - curvas - gráficos*/
33    var auxTCG = 0;
34
35    $(".imgTCG").attr("src", "img/curvas.png");
36
37    $("#butTCG").click(function () {
38
39        auxTCG++;
40        if (auxTCG > 2) {
41            auxTCG = 0;
42        }
43
44        url = "IOvariables.html";
45        name = '"HMI".Sel_TCG';
46        val = auxTCG;
47        sdata = escape(name) + '=' + val;
48        $.post(url, sdata, function (result) { });
49
50        console.log("valTCG:" + val);
51
52        switch (val) {
53            case 0:
```

```
54     $(".imgTCG").attr("src", "img/curvas.png");
55     break;
56     case 1:
57         $(".imgTCG").attr("src", "img/graficos.png");
58         break;
59     case 2:
60         $(".imgTCG").attr("src", "img/tablas.png");
61         break;
62     default:
63         $(".imgTCG").attr("src", "img/curvas.png");
64     }
65 });
66
67
68
69 /*--BOTONERA -----*/
70
71
72 /*Marcha*/
73 var auxM = 1;
74
75 $("#butM").click(function () {
76     /*st()*/
77     url = "IOvariables.html";
78     name = '"M".ED.ON';
79     val = auxM;
80     sdata = escape(name) + '=' + val;
81     $.post(url, sdata, function (result) { });
82
83 });
84
85 //function st() {
86 //     $(".input_type1").prop("disabled", true);
87 //     $(".radio-custom").prop("disabled", true);
88 //     $("#piloto").css("background-color", "green"); //Piloto
89 //}
90
91 /*Paro*/
92 var auxP = 0;
93
94 $("#butP").click(function () {
95     url = "IOvariables.html";
96     name = '"M".ED.ON';
97     val = auxP;
98     sdata = escape(name) + '=' + val;
99     $.post(url, sdata, function (result) { });
100
101 });
102
103
104 /*Reset*/
105 var auxR = 0;
106
```

```
107     $("#butR").click(function () {
108
109         auxR++;
110
111         url = "IOvariables.html";
112         name = 'M'.ED.RST';
113         val = auxR;
114         sdata = escape(name) + '=' + val;
115         $.post(url, sdata, function (result) { });
116
117         setTimeout(function () {
118
119             auxR--;
120
121             url = "IOvariables.html";
122             name = 'M'.ED.RST';
123             val = auxR;
124             sdata = escape(name) + '=' + val;
125             $.post(url, sdata, function (result) { });
126         }, 1000);
127     });
128
129
130 /*--REFERENCIA -----*/
131
132
133 /*2.HTML CONTROL PAR-VELOCIDAD: velocidad*/
134 $("#form_mVel").submit(function (e) {
135     url = "IOvariables.html";
136     name = 'M'.EA.Vel';
137     val = $('input[id=input_mVel]').val();
138     sdata = escape(name) + '=' + val;
139     $.post(url, sdata, function (result) { });
140     e.preventDefault(); //permite usar <form> sin actualizar toda la pagina
141     console.log("input_mVel:" + sdata);
142 });
143
144
145 /*2.HTML CONTROL PAR-VELOCIDAD: selector par*/
146 $("#input_mPV1").click(function () {
147     url = "IOvariables.html";
148     name = 'M'.ED.PV';
149     val = $('input[id=input_mPV1]').val();
150     sdata = escape(name) + '=' + val;
151     $.post(url, sdata, function (result) { });
152     console.log("input_mPV1:" + sdata);
153 });
154
155
156 /*2.HTML CONTROL PAR-VELOCIDAD: selector velocidad*/
157 $("#input_mPV2").click(function () {
158     url = "IOvariables.html";
159     name = 'M'.ED.PV';
```

```
160     val = $('input[id=input_mPV2]').val();
161     sdata = escape(name) + '=' + val;
162     $.post(url, sdata, function (result) { });
163     console.log("input_mPV2:" + sdata);
164 });
165
166
167 /*2.HTML CONTROL PAR-VELOCIDAD: par*/
168 $("#form_mPar").submit(function (e) {
169     url = "IOvariables.html";
170     name = '"M".EA.Par';
171     val = $('input[id=input_mPar]').val();
172     sdata = escape(name) + '=' + val;
173     $.post(url, sdata, function (result) { });
174     e.preventDefault();
175     console.log("input_mPar:" + sdata);
176 });
177
178
179 /*3.HTML LINEAL: velocidad*/
180 $("#form_linN").submit(function (e) {
181     url = "IOvariables.html";
182     name = '"PC".EA.Lin.N';
183     val = $('input[id=input_linN]').val();
184     sdata = escape(name) + '=' + val;
185     $.post(url, sdata, function (result) { });
186     e.preventDefault();
187     console.log("input_linN:" + sdata);
188 });
189
190
191 /*3.HTML LINEAL: par*/
192 $("#form_linT").submit(function (e) {
193     url = "IOvariables.html";
194     name = '"PC".EA.Lin.T';
195     val = $('input[id=input_linT]').val();
196     sdata = escape(name) + '=' + val;
197     $.post(url, sdata, function (result) { });
198     e.preventDefault();
199     console.log("input_linT:" + sdata);
200 });
201
202
203 /*4.HTML ESCALONADO: velocidad*/
204 $("#form_escN").submit(function (e) {
205     url = "IOvariables.html";
206     name = '"PC".EA.Esc.N';
207     val = $('input[id=input_escN]').val();
208     sdata = escape(name) + '=' + val;
209     $.post(url, sdata, function (result) { });
210     e.preventDefault();
211     console.log("input_escN:" + sdata);
212 });
```

```
213
214
215 /*4.HTML ESCALONADO: par escalon 1*/
216 $("#form_escT1").submit(function (e) {
217     url = "IOvariables.html";
218     name = '"PC".EA.Esc.T1';
219     val = $('input[id=input_escT1]').val();
220     sdata = escape(name) + '=' + val;
221     $.post(url, sdata, function (result) { });
222     e.preventDefault();
223     console.log("input_escT1:" + sdata);
224 });
225
226
227 /*4.HTML ESCALONADO: tiempo escalon 1*/
228 $("#form_escTim1").submit(function (e) {
229     url = "IOvariables.html";
230     name = '"PC".EA.Esc.Tim1';
231     val = $('input[id=input_escTim1]').val();
232     sdata = escape(name) + '=' + val;
233     $.post(url, sdata, function (result) { });
234     e.preventDefault();
235     console.log("input_escTim1:" + sdata);
236 });
237
238
239 /*4.HTML ESCALONADO: par escalon 2*/
240 $("#form_escT2").submit(function (e) {
241     url = "IOvariables.html";
242     name = '"PC".EA.Esc.T2';
243     val = $('input[id=input_escT2]').val();
244     sdata = escape(name) + '=' + val;
245     $.post(url, sdata, function (result) { });
246     e.preventDefault();
247     console.log("input_escT2:" + sdata);
248 });
249
250
251 /*4.HTML ESCALONADO: tiempo escalon 2*/
252 $("#form_escTim2").submit(function (e) {
253     url = "IOvariables.html";
254     name = '"PC".EA.Esc.Tim2';
255     val = $('input[id=input_escTim2]').val();
256     sdata = escape(name) + '=' + val;
257     $.post(url, sdata, function (result) { });
258     e.preventDefault();
259     console.log("input_escTim2:" + sdata);
260 });
261
262
263 /*5.HTML CUADRÁTICO: velocidad*/
264 $("#form_cuadN").submit(function (e) {
265     url = "IOvariables.html";
```

```
266     name = '"PC".EA.Cuad.N';
267     val = $('input[id=input_cuadN]').val();
268     sdata = escape(name) + '=' + val;
269     $.post(url, sdata, function (result) { });
270     e.preventDefault();
271     console.log("input_cuadN:" + sdata);
272 });
273
274
275 /*5.HTML CUADRÁTICO: par máximo*/
276 $("#form_cuadT").submit(function (e) {
277     url = "IOvariables.html";
278     name = '"PC".EA.Cuad.T';
279     val = $('input[id=input_cuadT]').val();
280     sdata = escape(name) + '=' + val;
281     $.post(url, sdata, function (result) { });
282     e.preventDefault();
283     console.log("input_cuadT:" + sdata);
284 });
285
286
287 /*6.HTML INVERSAMENTE PROPORCIONAL: velocidad*/
288 $("#form_invPropN").submit(function (e) {
289     url = "IOvariables.html";
290     name = '"PC".EA.InvProp.N';
291     val = $('input[id=input_invPropN]').val();
292     sdata = escape(name) + '=' + val;
293     $.post(url, sdata, function (result) { });
294     e.preventDefault();
295     console.log("input_invPropN:" + sdata);
296 });
297
298
299 /*6.HTML INVERSAMENTE PROPORCIONAL: par máximo*/
300 $("#form_invPropT").submit(function (e) {
301     url = "IOvariables.html";
302     name = '"PC".EA.InvProp.T';
303     val = $('input[id=input_invPropT]').val();
304     sdata = escape(name) + '=' + val;
305     $.post(url, sdata, function (result) { });
306     e.preventDefault();
307     console.log("input_invPropT:" + sdata);
308 });
309
310
311 /*7.HTML CINTA TRANSPORTADORA: velocidad lineal*/
312 $("#form_cinvRef").submit(function (e) {
313     url = "IOvariables.html";
314     name = '"A".EA.Cin.vRef';
315     val = $('input[id=input_cinvRef]').val();
316     sdata = escape(name) + '=' + val;
317     $.post(url, sdata, function (result) { });
318     e.preventDefault();
```

```
319     console.log("input_cinvRef:" + sdata);
320   });
321
322
323   /*7.HTML CINTA TRANSPORTADORA: masa de la caja*/
324
325   $("#form_cinm").submit(function (e) {
326     url = "IOvariables.html";
327     name = '"A".EA.Cin.m';
328     val = $('input[id=input_cinm]').val();
329     sdata = escape(name) + '=' + val;
330     $.post(url, sdata, function (result) { });
331     e.preventDefault();
332     console.log("input_cinm:" + val);
333   });
334
335
336   /*8.HTML MONTACARGAS: velocidad lineal*/
337   $("#form_monvRef").submit(function (e) {
338     url = "IOvariables.html";
339     name = '"A".EA.Mon.vRef';
340     val = $('input[id=input_monvRef]').val();
341     sdata = escape(name) + '=' + val;
342     $.post(url, sdata, function (result) { });
343     e.preventDefault();
344     console.log("input_monvRef:" + sdata);
345   });
346
347
348   /*8.HTML MONTACARGAS: masa carga 1*/
349   $("#form_monmCar1").submit(function (e) {
350     url = "IOvariables.html";
351     name = '"A".EA.Mon.mCar1';
352     val = $('input[id=input_monmCar1]').val();
353     sdata = escape(name) + '=' + val;
354     $.post(url, sdata, function (result) { });
355     e.preventDefault();
356     console.log("input_monmCar1:" + sdata);
357   });
358
359
360   /*8.HTML MONTACARGAS: masa carga 2*/
361   $("#form_monmCar2").submit(function (e) {
362     url = "IOvariables.html";
363     name = '"A".EA.Mon.mCar2';
364     val = $('input[id=input_monmCar2]').val();
365     sdata = escape(name) + '=' + val;
366     $.post(url, sdata, function (result) { });
367     e.preventDefault();
368     console.log("input_monmCar2:" + sdata);
369   });
370
371
```

```
372  /*8.HTML MONTACARGAS: masa carga 3*/
373  $("#form_monmCar3").submit(function (e) {
374      url = "IOvariables.html";
375      name = '"A".EA.Mon.mCar3';
376      val = $('input[id=input_monmCar3]').val();
377      sdata = escape(name) + '=' + val;
378      $.post(url, sdata, function (result) { });
379      e.preventDefault();
380      console.log("input_monmCar3:" + sdata);
381  });
382
383
384  /*9.HTML VENTILADOR: caudal*/
385  $("#form_venQ").submit(function (e) {
386      url = "IOvariables.html";
387      name = '"A".EA.Ven.Q'
388      val = $('input[id=input_venQ]').val();
389      sdata = escape(name) + '=' + val;
390      $.post(url, sdata, function (result) { });
391      e.preventDefault();
392      console.log("input_venQ:" + sdata);
393  });
394
395
396  /*10.HTML BOBINADORA: velocidad lineal*/
397  $("#form_bobvRef").submit(function (e) {
398      url = "IOvariables.html";
399      name = '"A".EA.Bob.vRef';
400      val = $('input[id=input_bobvRef]').val();
401      sdata = escape(name) + '=' + val;
402      $.post(url, sdata, function (result) { });
403      e.preventDefault();
404      console.log("input_bobvRef:" + sdata);
405  });
406
407
408  /*10.HTML BOBINADORA: aluminio*/
409  $("#input_bobAl").click(function () {
410      url = "IOvariables.html";
411      name = '"A".EA.Bob.pto';
412      val = $('input[id=input_bobAl]').val();
413      sdata = escape(name) + '=' + val;
414      $.post(url, sdata, function (result) { });
415      console.log("input_bobAl:" + sdata);
416  });
417
418
419  /*10.HTML BOBINADORA: titanio*/
420  $("#input_bobTi").click(function () {
421      url = "IOvariables.html";
422      name = '"A".EA.Bob.pto';
423      val = $('input[id=input_bobTi]').val();
424      sdata = escape(name) + '=' + val;
```

```
425     $.post(url, sdata, function (result) { });
426     console.log("input_bobTi:" + sdata);
427 });
428
429
430 /*10.HTML BOBINADORA: cobre*/
431 $("#input_bobCu").click(function () {
432     url = "IOvariables.html";
433     name = '"A".EA.Bob.pto';
434     val = $('input[id=input_bobCu]').val();
435     sdata = escape(name) + '=' + val;
436     $.post(url, sdata, function (result) { });
437     console.log("input_bobCu:" + sdata);
438 });
439
440
441 /*--TABLAS -----*/
442
443
444 /*Refresco pantalla en ms*/
445 setInterval(function () {
446     $.get("velRef.html", function (result) {
447         $('#velRef').text(result.trim());
448     });
449 }, 1000);
450
451 setInterval(function () {
452     $.get("velIn.html", function (result) {
453         $('#velIn').text(result.trim());
454     });
455 }, 1000);
456
457 setInterval(function () {
458     $.get("parRef.html", function (result) {
459         $('#parRef').text(result.trim());
460     });
461 }, 1000);
462
463 setInterval(function () {
464     $.get("parIn.html", function (result) {
465         $('#parIn').text(result.trim());
466     });
467 }, 1000);
468 });
469
```

```
1 * {
2     margin: 0;
3     padding: 0;
4     box-sizing: border-box;
5     font-family: Tahoma, Arial, Calibri;
6     font-weight: bold;
7 }
8
9 body {
10     background-color: rgb(222, 227, 239);
11     background-size: cover;
12     padding: 0.5em;
13 }
14
15 /*MENU SUPERIOR-----*/
16
17 header, #central-content {
18     box-sizing: border-box;
19     margin: 0 auto;
20     max-width: 500px;
21     width: 100%;
22 }
23
24 header {
25     background: rgb(41, 101, 132);
26     box-shadow: 0 0 5px 0 rgba(0, 0, 0, 0.5);
27     padding: 0 0 0;
28     display: flex;
29     flex-direction: row;
30     justify-content: space-between;
31     align-items: center;
32 }
33
34 #piloto {
35     height: 2em;
36     width: 2em;
37     border: 2px solid black;
38     margin: 0.3em;
39     background-color: grey;
40 }
41
42 #selectId {
43     display: block;
44     width: 20em;
45     height: 2.5em;
46     float: right;
47     margin: 0.3em;
48     font-size: 1em;
49     text-align: left;
50     color: rgb(255, 255, 255);
51     background-color: rgb(57, 69, 74);
52     border: 0;
53     border-left: 3px solid white;
```

```
54     border-right: 3px solid white;
55     padding-left: 0.5em;
56
57 }
58
59
60 #classTit {
61     font-size: 1.5em;
62     padding-top: 2em;
63 }
64
65
66 /*CONTENIDO-----*/
67
68
69 #div0, #div1, #div2, #div3, #div4 {
70     margin: auto;
71     margin-top: 0.5em;
72     padding: 0.5em;
73     width: 95%;
74     height: 0 auto;
75     background-color: rgb(255, 255, 255);
76     box-shadow: 0 0 3px 0 rgba(0, 0, 0, 0.5);
77 }
78
79 .title_box {
80     color: rgb(41, 101, 132);
81     padding-left: 0.8em;
82     font-size: 2.5em;
83 }
84
85 .title_program {
86     color: rgb(41, 101, 132);
87     font-size: 1.5em;
88     border: 0.02em solid rgb(0, 0, 0);
89     border-radius: 0.2em;
90     text-align: center;
91 }
92
93 .title_display {
94     margin-top: 0.8em;
95     margin-bottom: 0.3em;
96     color: rgb(0, 0, 0);
97     padding-left: 1.8em;
98     font-size: 1em;
99 }
100
101 .display {
102     color: rgb(41, 101, 132);
103     font-size: 7em;
104     border: 0.02em solid rgb(0, 0, 0);
105     border-radius: 0.2em;
106     text-align: center;
```

```
107 }
108
109 #parIn {
110     margin-bottom: 0.2em;
111 }
112
113 hr {
114     border: 0;
115     background-color: rgb(41, 101, 132);
116     height: 0.2em;
117     margin-bottom: 0.5em;
118 }
119
120 .form_button {
121     margin: auto;
122     padding: 0.2em;
123     /*border: 1px solid red;*/
124 }
125
126 .imgTCG {
127     margin: auto;
128     margin-top: 1em;
129     margin-bottom: 1em;
130     display: flex;
131     width: 18em;
132     height: 6.2em;
133     justify-content: center;
134     align-items: center;
135     border: 0px;
136     box-shadow: 0 0 3px 0 rgba(0, 0, 0, 0.5);
137 }
138
139 .img_button {
140     margin: auto;
141     margin-top: 1em;
142     margin-bottom: 1em;
143     display: flex;
144     width: 18em;
145     height: 6.2em;
146     justify-content: center;
147     align-items: center;
148     border: 0;
149     box-shadow: 0 0 3px 0 rgba(0, 0, 0, 0.5);
150 }
151
152 .img_selector {
153     margin: auto;
154     display: flex;
155     width: 18em;
156     height: 6.2em;
157     justify-content: left;
158     align-items: center;
159     border: 0px;
```

```
160 }
161
162 .iframe_ref {
163     margin: auto;
164     border: none;
165     width: 100%;
166     /*height: 45em;*/ /*ESTO HAY QUE PONERLO DE ALGUNA FORMA EN AUTO*/
167 }
168
169 .input_type1 {
170     color: rgb(241, 89, 68);
171     font-size: 5em;
172     border-radius: 0.2em;
173     text-align: center;
174     border: 0.01em solid rgb(0, 0, 0);
175     border-radius: 0.2em;
176     width: 100%;
177 }
178
179 .input_radio {
180     border-radius: 0.2em;
181     border: 0.01em solid rgb(0, 0, 0);
182     border-radius: 1em;
183     width: 100%;
184 }
185
186 #sel_box {
187     border: 0.02em solid rgb(0, 0, 0);
188     border-radius: 0.8em;
189     width: 100%;
190 }
191
192
193 /*Check circular*/
194 .radio-custom {
195     opacity: 0;
196     position: absolute;
197 }
198
199 .radio-custom, .radio-custom-label {
200     display: inline-block;
201     vertical-align: middle;
202     cursor: pointer;
203     font-size: 2.5em;
204     margin-left: 0.5em;
205     margin-top: 0.5em;
206     margin-bottom: 0.5em;
207 }
208
209 .radio-custom-label {
210     position: relative;
211 }
212
```

```
213 .radio-custom + .radio-custom-label:before {
214     content: '';
215     background: #fff;
216     border: 3px solid rgb(241, 89, 68);
217     display: inline-block;
218     vertical-align: middle;
219     width: 30px;
220     height: 30px;
221     padding: 2px;
222     margin-right: 20px;
223     text-align: center;
224 }
225
226 .radio-custom + .radio-custom-label:before {
227     border-radius: 50%;
228 }
229
230 .radio-custom:checked + .radio-custom-label:before {
231     background: rgb(241, 89, 68);
232     box-shadow: inset 0px 0px 0px 3px #fff;
233 }
234
235 .radio-custom:focus + .radio-custom-label {
236     outline: 1px solid rgb(255, 255, 255); /* focus style */
237 }
238
239
240 #radio-1:disabled + .radio-custom-label:before, #radio-2:disabled + .radio-custom-label:before {
241     background-color: lightblue;
242     border: 3px solid blue;
243 }
244
245
246
247 .bodyFrame {
248     background-color: rgb(255, 255, 255);
249     /*box-sizing: border-box;*/
250     /*margin: 0 auto;*/
251     width: 95%;
252     height: auto;
253     display: flex;
254     flex-direction: column;
255     margin: 0 auto;
256     /*border: 1px solid red;*/
257 }
```

```
1 <!-- AWP_In_Variable Name=' "Lec".Vel.Ref' -->
2 <!-- AWP_In_Variable Name=' "Lec".Vel.In' -->
3 <!-- AWP_In_Variable Name=' "Lec".Par.Ref' -->
4 <!-- AWP_In_Variable Name=' "Lec".Par.In' -->
5 <!------->
6 <!-- AWP_In_Variable Name=' "M".ED.ON' -->:="M".ED.ON:
7 <!-- AWP_In_Variable Name=' "M".ED.RST' -->:="M".ED.RST:
8 <!-- AWP_In_Variable Name=' "HMI".Sel_TCG' -->:="HMI".Sel_TCG:
9 <!-- AWP_In_Variable Name=' "Sel".Prog' -->:="Sel".Prog:
10 <!-- AWP_In_Variable Name=' "M".ED.PV' -->:="M".ED.PV:
11 <!-- AWP_In_Variable Name=' "M".EA.Vel' -->:="M".EA.Vel:
12 <!-- AWP_In_Variable Name=' "M".EA.Par' -->:="M".EA.Par:
13 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Lin.N' -->:="PC".EA.Lin.N:
14 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Lin.T' -->:="PC".EA.Lin.T:
15 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Esc.N' -->:="PC".EA.Esc.N:
16 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Esc.T1' -->:="PC".EA.Esc.T1:
17 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Esc.Tim1' -->:="PC".EA.Esc.Tim1:
18 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Esc.T2' -->:="PC".EA.Esc.T2:
19 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Esc.Tim2' -->:="PC".EA.Esc.Tim2:
20 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Cuad.N' -->:="PC".EA.Cuad.N:
21 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.Cuad.T' -->:="PC".EA.Cuad.T:
22 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.InvProp.N' -->:="PC".EA.InvProp.N:
23 <!-- AWP_In_Variable Name=' "PC".EA.InvProp.T' -->:="PC".EA.InvProp.T:
24 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Cin.vRef' -->:="A".EA.Cin.vRef:
25 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Cin.m' -->:="A".EA.Cin.m:
26 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Mon.vRef' -->:="A".EA.Mon.vRef:
27 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Mon.mCar1' -->:="A".EA.Mon.mCar1:
28 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Mon.mCar2' -->:="A".EA.Mon.mCar2:
29 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Mon.mCar3' -->:="A".EA.Mon.mCar3:
30 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Ven.Q' -->:="A".EA.Ven.Q:
31 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Bob.vRef' -->:="A".EA.Bob.vRef:
32 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".EA.Bob.pto' -->:="A".EA.Bob.pto:
33 <!-- AWP_In_Variable Name=' "A".SA.Bob.vMax' -->:="A".SA.Bob.vMax:
34
35
36 <!DOCTYPE html>
37
38 <html lang="en" xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
39 <head>
40     <meta charset="utf-8" />
41 </head>
42 <body>
43 </body>
44 </html>
```



## **Anexo - VII. Interfaz gráfica HMI.**

**SIEMENS**

SIMATIC HMI

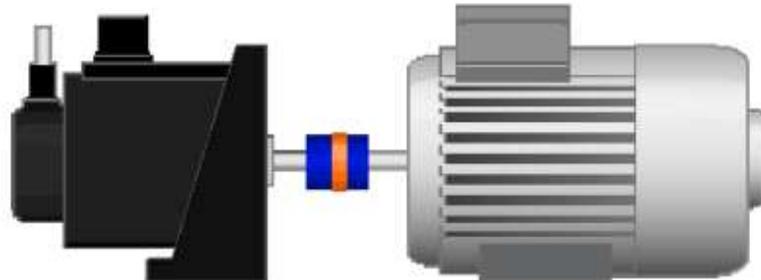
**Inicio** 13/09/2022 16:07:18 

 **Manual** ▾ | **Perfiles de carga** ▾ | **Aplicaciones** ▾



# Puesto de control 4

Departamento de Ingeniería Eléctrica



Pulsa sobre el motor para ver sus características

TOUCH

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8



# SIMATIC HMI

Manual | Control par - velocidad 13/09/2022 16:07:55

Manual ▼ | Perfiles de carga ▼ | Aplicaciones ▼

### Configuración

- Ayuda
- Curvas

### Botonera

- Marcha
- Paro
- Reset

### Referencia

Tipo de referencia

Par

Velocidad

Referencia

**0** %

### Tablas

Velocidad	Referencia	<b>0</b>	<b>rpm</b>
	Valor instantaneo	<b>0</b>	<b>rpm</b>
Par	Referencia	<b>0,0</b>	<b>Nm</b>
	Valor instantaneo	<b>0,0</b>	<b>Nm</b>

TOUCH

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8

# SIEMENS

# SIMATIC HMI

Perfiles de carga | Lineal 13/09/2022 16:08:09

Manual ▼ | Perfiles de carga ▼ | Aplicaciones ▼

### Configuración

- Ayuda
- Curvas

### Botonera

- Marcha
- Paro
- Reset

### Referencia

Velocidad

**0** rpm

Par

**0,0** Nm

### Tablas

Velocidad	Referencia	<b>0</b> rpm
	Valor instantaneo	<b>0</b> rpm
Par	Referencia	<b>0,0</b> Nm
	Valor instantaneo	<b>0,0</b> Nm

TOUCH

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8

# SIEMENS

# SIMATIC HMI

Perfiles de carga | Escalonado 13/09/2022 16:08:21

Manual ▾ | Perfiles de carga ▾ | Aplicaciones ▾

### Configuración

- Ayuda
- Curvas

### Botonera

- Marcha
- Paro
- Reset

### Referencia

Velocidad

**0** rpm

Par escalón 1

**0,0** Nm

Tiempo escalón 1

**0** s

Par escalón 2

**0,0** Nm

Tiempo escalón 2

**0** s

### Tablas

**Velocidad**

Referencia

**0** rpm

**0** rpm

Valor instantaneo

**Par**

Referencia

**0,0** Nm

**0,0** Nm

Valor instantaneo

TOUCH

- F1
- F2
- F3
- F4
- F5
- F6
- F7
- F8

# SIEMENS

# SIMATIC HMI

Perfiles de carga | Cuadrático 13/09/2022 16:08:32

Manual | Perfiles de carga | Aplicaciones

### Configuración

- Ayuda
- Curvas

### Botonera

- Marcha
- Paro
- Reset

### Referencia

Velocidad

**0** rpm

Par máximo

**0,0** Nm

### Tablas

Velocidad	Referencia	<b>0</b> rpm
	Valor instantaneo	<b>0</b> rpm
Par	Referencia	<b>0,0</b> Nm
	Valor instantaneo	<b>0,0</b> Nm

TOUCH

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8

# SIEMENS

# SIMATIC HMI

Perfiles de carga | Inversamente proporcional 13/09/2022 16:08:52 

Manual ▾ | Perfiles de carga ▾ | Aplicaciones ▾

### Configuración

-  Ayuda
-  Curvas

### Botonera

-  Marcha
-  Paro
-  Reset

### Referencia

Velocidad

**0** rpm

Par máximo

**0,0** Nm

### Tablas

**Velocidad**

Referencia

**0** rpm

**0** rpm

Valor instantaneo

**Par**

Referencia

**0,0** Nm

**0,0** Nm

Valor instantaneo

TOUCH

- F1
- F2
- F3
- F4
- F5
- F6
- F7
- F8



# SIMATIC HMI

Aplicaciones | Cinta transportadora 13/09/2022 16:09:10

Manual | Perfiles de carga | Aplicaciones

### Configuración

- Ayuda
- Tablas

### Botonera

- Marcha
- Paro
- Reset

### Referencia

Velocidad lineal

**0** m/s

Masa de la caja

**0** Kg

### Gráficos

**MOTOR**  
0 rpm 0 Nm

**REDUCTOR**  
0 rpm 0 Nm

TOUCH

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8



# SIMATIC HMI

Aplicaciones | Montacargas 13/09/2022 16:09:23 ⚙️

🏠 | Manual | Perfiles de carga | Aplicaciones

### Configuración

- Ayuda
- Tablas

### Botonera

- Marcha
- Paro
- Reset

### Referencia

Velocidad lineal

**0** m/s

Masa carga 1

**+0** Kg

Masa carga 2

**+0** Kg

Masa carga 3

**+0** Kg

### Gráficos

**MOTOR**  
0 rpm 0 Nm

**REDUCTOR**  
0 rpm 0 Nm

The diagram shows a 3D perspective of a crane's lifting mechanism. A grey platform is suspended by a cable from a motor and reducer assembly. The background features a blue and white diagonal pattern with large red letters 'P3'.

TOUCH

F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8



# SIMATIC HMI

Aplicaciones | Ventilador 13/09/2022 16:09:37

Manual | Perfiles de carga | Aplicaciones

### Configuración

- Ayuda
- Tablas

### Botonera

- Marcha
- Paro
- Reset

### Referencia

Caudal

**0** m<sup>3</sup>/h

### Gráficos

**MOTOR**  
0 rpm 0 Nm

TOUCH

- F1
- F2
- F3
- F4
- F5
- F6
- F7
- F8

### Configuración

- Ayuda
- Tablas

### Botonera

- Marcha
- Paro
- Reset

### Referencia

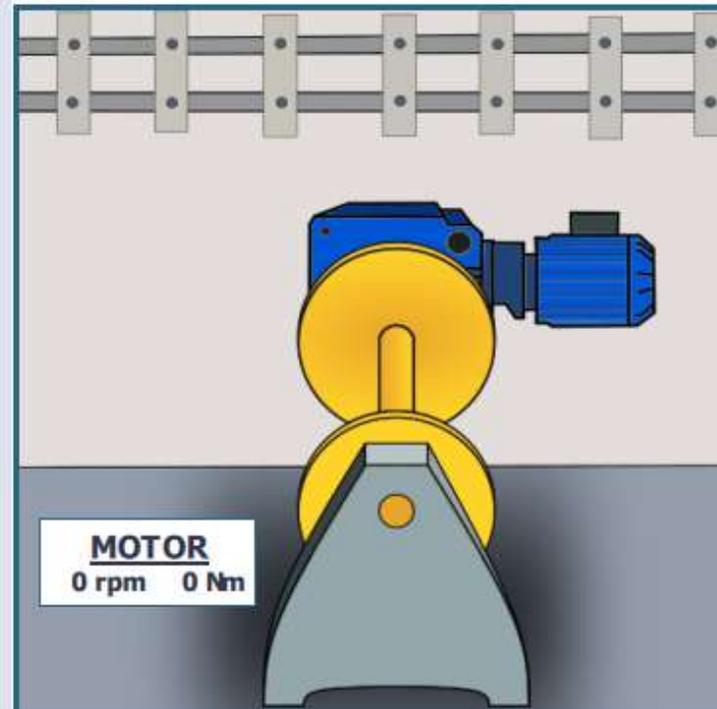
Velocidad lineal

**0** m/s

Material

- Aluminio
- Titanio
- Cobre

### Gráficos



TOUCH

- F1
- F2
- F3
- F4
- F5
- F6
- F7
- F8

Configuración

13/09/2022 16:10:20



Manual



Perfiles de carga



Aplicaciones



## Fuentes de entrada

Fuente de par

- ACSM  
 Sonda  
 Hall

Control de velocidad

- Manual  
 G120  
 ACS880

## Manual

Par/velocidad

Nmin = 0 rpm  
Nmax = 1500 rpm

## Perfiles de carga

Escalonado

Nmin: 0 rpm  
Nmax: 1500 rpm  
Tmin: 0,0 Nm  
Tmax: 15,5 Nm  
timMin: 0 s  
timMax: 5 s

## Aplicaciones

Montacargas

r: 0,60 m  
ta: 2 s  
rt: 30  
vRefMin: 1,0 m/s  
vRefMax: 3,0 m/s  
mMin: -22 Kg  
mMax: 22 Kg

F1

F2

F3

F4

F5

F6

F7

F8



## **Anexo - VIII. Interfaz gráfica WebServer.**

## Configuración

 **Curvas**

## Botonera

 **Marcha**

 **Paro**

 **Reset**

## Referencia

**INICIO**

Seleccione un programa del menú superior

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

**0**

Valor instantaneo velocidad [RPM]

**0**

Referencia de par [Nm]

**0**

Valor instantaneo par [Nm]

**0**

## Configuración

 **Curvas**

## Botonera

 **Marcha**

 **Paro**

 **Reset**

## Referencia

Tipo de referencia

**Par**

**Velocidad**

Referencia [%]

%

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

0

Valor instantaneo velocidad [RPM]

0

Referencia de par [Nm]

0

Valor instantaneo par [Nm]

0

## Configuración

 **Curvas**

## Botonera

 **Marcha**

 **Paro**

 **Reset**

## Referencia

Velocidad [RPM]

**RPM**

Par [Nm]

**Nm**

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

**0**

Valor instantaneo velocidad [RPM]

**0**

Referencia de par [Nm]

**0**

Valor instantaneo par [Nm]

**0**

## Configuración



Curvas

## Botonera



Marcha



Paro



Reset

## Referencia

Velocidad [RPM]

RPM

Par escalón 1 [Nm]

Nm

Tiempo escalón 1 [s]

S

Par escalón 2 [Nm]

Nm

Tiempo escalón 2 [s]

S

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

0

Valor instantaneo velocidad [RPM]

0

Referencia de par [Nm]

0

Valor instantaneo par [Nm]

0

## Configuración

 **Curvas**

## Botonera

 **Marcha**

 **Paro**

 **Reset**

## Referencia

Velocidad [RPM]

**RPM**

Par máximo [Nm]

**Nm**

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

**0**

Valor instantaneo velocidad [RPM]

**0**

Referencia de par [Nm]

**0**

Valor instantaneo par [Nm]

**0**

## Configuración

 **Curvas**

## Botonera

 **Marcha**

 **Paro**

 **Reset**

## Referencia

Velocidad [RPM]

**RPM**

Par máximo [Nm]

**Nm**

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

**0**

Valor instantaneo velocidad [RPM]

**0**

Referencia de par [Nm]

**0**

Valor instantaneo par [Nm]

**0**

## Configuración

 **Curvas**

## Botonera

 **Marcha**

 **Paro**

 **Reset**

## Referencia

Velocidad lineal [m/s]

**m/s**

Masa de la caja [Kg]

**Kg**

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

**0**

Valor instantaneo velocidad [RPM]

**0**

Referencia de par [Nm]

**0**

Valor instantaneo par [Nm]

**0**

## Configuración



Curvas

## Botonera



Marcha



Paro



Reset

## Referencia

Velocidad lineal [m/s]

m/s

Masa carga 1 [Kg]

Kg

Masa carga 2 [Kg]

Kg

Masa carga 3 [Kg]

Kg

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

0

Valor instantaneo velocidad [RPM]

0

Referencia de par [Nm]

0

Valor instantaneo par [Nm]

0

## Configuración

 **Curvas**

## Botonera

 **Marcha**

 **Paro**

 **Reset**

## Referencia

Caudal [m<sup>3</sup>/h]

**m<sup>3</sup>/h**

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

**0**

Valor instantaneo velocidad [RPM]

**0**

Referencia de par [Nm]

**0**

Valor instantaneo par [Nm]

**0**

## Configuración



## Botonera



## Referencia

Velocidad lineal [m/s]

**m/s**

Tipo de material

**Aluminio**

**Titanio**

**Cobre**

## Tablas

Referencia de velocidad [RPM]

**0**

Valor instantaneo velocidad [RPM]

**0**

Referencia de par [Nm]

**0**

Valor instantaneo par [Nm]

**0**



## **Anexo - IX. Lista de parámetros personalizada Siemens G120C.**

## LISTA DE PARAMETROS VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMICS G120C

### 1. Restablecer los valores de fábrica.

---

#### p0010 Accto Puesta en marcha Filtro de parámetros / PeM accto filt\_par

**Descripción:** Ajusta el filtro de parámetros para la puesta en marcha de un accionamiento.

Ajuste de fábrica	Valor modificado
1	30

**Valor:**  
0: Listo.  
1: Puesta en marcha rápida.  
30: Reset parámetros.

---

#### p0970 Accto Resetear todos los parámetros / Accto Reset parám

**Descripción:** El parámetro sirve para activar el reseteo de los parámetros de accionamiento.

Ajuste de fábrica	Valor modificado
0	1 (esperar a que se ponga a 0)

---

#### p0971 Guardar parámetros / Guardar parámetros

**Descripción:** Ajuste para guardar los parámetros en la memoria no volátil.

Ajuste de fábrica	Valor modificado
0	1 (esperar a que se ponga a 0)

**Nota:** Tras el proceso de restablecimiento de los valores de fábrica se debe reiniciar el variador de frecuencia SINAMICS G120C.

### 2. Placa de características del motor.

---

#### p0010 Accto Puesta en marcha Filtro de parámetros / PeM accto filt\_par

**Descripción:** Ajusta el filtro de parámetros para la puesta en marcha de un accionamiento.

Ajuste de fábrica	Valor modificado
1	1

**Valor:**  
0: Listo.  
1: Puesta en marcha rápida.  
30: Reset parámetros.

---

#### p0100 Motor IEC/NEMA / Motor IEC/NEMA

**Descripción:** Definición del estándar de normalización.

Ajuste de fábrica	Valor modificado
1	1

---

#### p0300 Tipo motor Selec. / Sel. tipo motor

**Descripción:** Selecciona el tipo de motor.

Ajuste de fábrica	Valor modificado
1	1

---

**p0304 Tensión asignada del motor / Mot U\_asignada**

Descripción: Ajusta la tensión asignada del motor (placa de características).

Ajuste de fábrica  
400 [V]

Valor modificado  
400 [V]

---

**p0305 Intensidad asignada del motor / Mot I\_asignada**

Descripción: Ajusta la intensidad asignada del motor (placa de características).

Ajuste de fábrica  
4,1 [A]

Valor modificado  
4,9 [A]

---

**p0306 Número de motores conectados en paralelo / Nº motores**

Descripción: Ajusta el número de motores en paralelo con un juego de datos de motor.

Ajuste de fábrica  
1

Valor modificado  
1

---

**p0307 Potencia asignada del motor / Mot P\_asignada**

Descripción: Ajusta la potencia asignada del motor (placa de características).

Ajuste de fábrica  
1,5 [kW]

Valor modificado  
2,2 [kW]

---

**p0308 Factor de potencia asignado del motor / Cos phi asign mot**

Descripción: Ajusta el factor de potencia asignado del motor (cos phi, placa de características).

Ajuste de fábrica  
0

Valor modificado  
0,82

---

**p0310 Frecuencia asignada del motor / Mot f\_asignada**

Descripción: Ajusta la frecuencia asignada del motor (placa de características).

Ajuste de fábrica  
50 [Hz]

Valor modificado  
50 [Hz]

---

**p0311 Velocidad de giro asignada del motor / Mot n\_asignada**

Descripción: Ajusta la velocidad de giro asignada del motor (placa de características).

Ajuste de fábrica  
1425 [1/min]

Valor modificado  
1420 [1/min]

---

**p0314 Nº de pares de polos del motor / Mot Nº pares polos**

Descripción: Ajusta el número de pares de polos del motor.

Ajuste de fábrica  
2

Valor modificado  
2

---

### 3. Rampa de aceleración y deceleración.

---

#### p1120 Generador de rampa Tiempo de aceleración / GdR T aceler

**Descripción:** Duración de la aceleración en segundos desde la velocidad cero hasta la velocidad máxima.

**Ajuste de fábrica**

10 [s]

**Valor modificado**

2 [s]

---

#### p1121 Generador de rampa Tiempo de deceleración / GdR T deceler

**Descripción:** Duración del frenado en segundos desde la velocidad máxima hasta la parada.

**Ajuste de fábrica**

10 [s]

**Valor modificado**

2 [s]

### 4. E/S digitales y analógicas.

---

#### p0015 Macro unidad de accto. / Macro equipo

**Descripción:** Ejecución del archivo de macro correspondiente.

**Ajuste de fábrica**

7

**Valor modificado**

12

---

#### p0840 BI: CON / DES (DES1) / CON / DES (DES1)

**Descripción:** Ajusta la fuente de señal para la orden "CON/DES (DES1)".

**Ajuste de fábrica**

r722: CU DI Estado > 0: DI 0 (borne 5)

**Valor modificado**

r722: CU DI Estado > 0: DI 0 (borne 5)

---

#### p1113 BI: Inversión de consigna / Inv cons

**Descripción:** Ajusta la fuente de señal para invertir la consigna.

**Ajuste de fábrica**

r722: CU DI Estado > 1: DI 1 (borne 6)

**Valor modificado**

r722: CU DI Estado > 1: DI 1 (borne 6)

---

#### p0756 CU Tipos de entradas analógicas / CU AI Tipo

**Descripción:** Ajusta el tipo de entradas analógicas.

**Ajuste de fábrica**

[0]: AI0 (bor 3/4) > 4: -10 .. +10V

**Valor modificado**

[0]: AI0 (bor 3/4) > 0: 0 .. +10V

**Nota:** Al accionar por primera vez la orden CON, se realiza una identificación de los parámetros del motor y del control. Tras ello el equipo estará listo.

### 4. Velocidad fija como fuente de consigna.

---

#### p1075 CI: Consigna adicional / Consigna ad.

**Descripción:** Ajusta la fuente de señal para la consigna adicional.

**Ajuste de fábrica**

0

**Valor modificado**

r1024: Cons vel prefijada

---

**p1020 BI: Selección consigna de velocidad de giro prefijada**

**Descripción:** Ajusta la fuente de señal para seleccionar la consigna de velocidad de giro prefijada.

**Ajuste de fábrica**  
0

**Valor modificado**  
r722: CU DI Estado > (DI a elección)

---

**p1001 CO: Consigna de velocidad de giro prefijada**

**Descripción:** Ajusta, y saca por conector, la consigna de velocidad de giro prefijada.

**Ajuste de fábrica**  
0

**Valor modificado**  
"n" [1/min]

**Ejemplo:** p1020 = r722: CU DI Estado > 2: DI 2 (borne 8)  
p1021 = r722: CU DI Estado > 3: DI 3 (borne 9)

p1001 = 400 [1/min]  
p1002 = 1000 [1/min]

Al accionar DI 2 el motor gira a 400 rpm. Al accionar DI 3 el motor gira a 1000 rpm. Si se accionan ambas el motor gira a 1400 rpm. Esta suma también es válida con la consigna analógica, sumando este valor al de las entradas digitales.

## 5. Rango de velocidades y velocidades inhibidas.

---

**p1080 Veloc. giro mín. / n\_mín**

**Descripción:** Ajusta la velocidad de giro más pequeña posible del motor.

**Ajuste de fábrica**  
0 [1/min]

**Valor modificado**  
0 [1/min]

---

**p1082 Velocidad de giro máxima / n\_máx**

**Descripción:** Ajusta la máxima velocidad de giro posible.

**Ajuste de fábrica**  
1500 [1/min]

**Valor modificado**  
1500 [1/min]

---

**p1091 Velocidad inhib. 1 / n\_inhibida 1**

**Descripción:** Ajusta la velocidad inhibida 1.

**Ajuste de fábrica**  
0 [1/min]

**Valor modificado**  
"n" [1/min]

---

**p1092 Velocidad inhib. 2 / n\_inhibida 2**

**Descripción:** Ajusta la velocidad inhibida 2.

**Ajuste de fábrica**  
0 [1/min]

**Valor modificado**  
"n" [1/min]

---

**p1101 Velocidad inhibida Ancho de banda / n\_inhib Ancho de banda**

**Descripción:** Ajusta el ancho de banda para las velocidades inhibibles 1 y 2.

**Ajuste de fábrica**  
0 [1/min]

**Valor modificado**  
±"n" [1/min]

**Ejemplo:** p1091 = 400 [1/min]  
p1092 = 1000 [1/min]

p1101 = 50 [1/min]

El rango de velocidades inhibidas se comprende entre 350 - 450 rpm y 950 - 1050 rpm.

## 6. Frenado por corriente continua.

---

### p1230 BI: Frenado por corrient cont. Activación / Frenado CC act

**Descripción:** Ajusta la fuente de señal para activar el frenado por corriente continua.

**Ajuste de fábrica**

0

**Valor modificado**

r722: CU DI Estado > (DI a elección)

**Nota:** Este parámetro no tiene relación con p1233, por lo tanto, para evitar daños en el motor no prolongar su forzado a 1.

---

### p1231 Frenado por corriente cont. Configuración / DCBRK Config

**Descripción:** Ajuste para activar el frenado por corriente continua.

**Ajuste de fábrica**

0

**Valor modificado**

4: para trabajar con DI

**Valor:**

- 0: Sin función.
- 4: Frenado por corriente continua.
- 5: Frenado por corriente continua en caso de DES1/DES3.
- 14: Frenado por corriente continua bajo velocidad inicial.

---

### p1233 Frenado por corriente continua Duración / DCBRK Duración

**Descripción:** Ajusta la duración del frenado por corriente continua (como reacción a fallo).

**Ajuste de fábrica**

1 [s]

**Valor modificado**

1 [s]

## 7. Control escalar (U/f) lineal, parabólico y programable.

---

### p0096 Clase de aplicación / Clase aplic

**Descripción:** En función del ajuste se limitará la visibilidad de los parámetros de regulación de acuerdo con la aplicación.

**Ajuste de fábrica**

1

**Valor modificado**

0

**Valor:**

- 0: Experto.
- 1: Standard Drive Control (SDC).
- 2: Dynamic Drive Control (DDC).

**Nota:** Es necesario el modo experto para trabajar en modo U/f con característica programable.

---

### p1300 Modo de operación Lazo abierto/cerrado / Modo Lazo ab/cerr

**Descripción:** Ajusta el tipo de control (lazo abierto o cerrado -regulación-) del accionamiento.

**Ajuste de fábrica**

0

**Valor modificado**

a elección del usuario

**Valor:**

- 0: Control U/f con característica lineal.
- 2: Control U/f con característica parabólica.
- 3: Control U/f con característica programable.
- 20: Regulación de velocidad de giro (sin encóder).

---

### p1310 Elevación de tensión permanente / I\_Arranq (Ua) perm

**Descripción:** Define la elevación de tensión en [%] referida a la intensidad asignada del motor (p0305).

**Ajuste de fábrica**  
50 [%]

**Valor modificado**  
70 [%]

---

### p1311 Elevación de tensión al acelerar / I\_ arranq aceler

**Descripción:** Provoca una elevación de tensión sólo durante el arranque, generando un par adicional para la aceleración.

**Ajuste de fábrica**  
35 [%]

**Valor modificado**  
10 [%]

---

### p1312 Elevación de tensión al arrancar / I\_Arranq arranc

**Descripción:** Ajusta la elevación adicional de la tensión en el arranque, pero sólo para el primer proceso de aceleración.

**Ajuste de fábrica**  
0 [%]

**Valor modificado**  
5 [%]

**Requisitos:**

- Ajuste el tiempo de aceleración a 1 s (< 1kW) ... 10 s (>10kW)
- Aumente la corriente de arranque (p1312) en intervalos de 5 %.

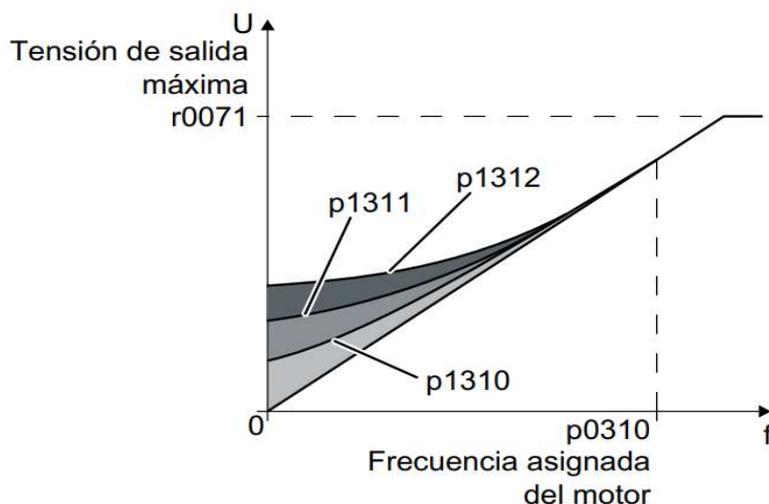
Cuando aparece la alarma A07409 se ha producido un sobrecalentamiento y ya no se puede seguir aumentando.

**Proceso:**

1. Conecte el motor con una consigna de pocas rpm.
2. Compruebe que el motor gira sin cabecear.
3. Si cabecea o no se mueve, aumente p1310 hasta que el motor gire sin cabeceo.
4. Acelere el motor hasta los valores máximos de par y velocidad.
5. Compruebe si el motor sigue la consigna.
6. Aumente en caso necesario p1311 hasta que el motor acelere sin problemas.

El parámetro p1312 debe aumentarse adicionalmente en las aplicaciones que tengan un par de despegue alto.

**Nota:** Los valores modificados del boost de tensión son simplemente informativos siguiendo los pasos mostrados previamente. Los valores del ajuste de fábrica funcionan correctamente.



---

**p1335 Compensación de deslizamiento Escalado / Comp. desl. Esc**

**Descripción:** Ajusta la consigna de la compensación de deslizamiento en [%].

**Ajuste de fábrica**  
100 [%]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p1320 Característica programable para el control U/f f1 / Caracterist. Uf f1**

**Descripción:** Define la frecuencia del primer punto de la característica.

**Ajuste de fábrica**  
0 [Hz]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p1321 Característica programable para el control U/f U1 / Caracterist. Uf U1**

**Descripción:** Define la tensión del primer punto de la característica.

**Ajuste de fábrica**  
0 [V]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p1322 Característica programable para el control U/f f2 / Caracterist. Uf f2**

**Descripción:** Define la frecuencia del segundo punto de la característica.

**Ajuste de fábrica**  
0 [Hz]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p1323 Característica programable para el control U/f U2 / Caracterist. Uf U2**

**Descripción:** Define la tensión del segundo punto de la característica.

**Ajuste de fábrica**  
0 [V]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p1324 Característica programable para el control U/f f3 / Caracterist. Uf f3**

**Descripción:** Define la frecuencia del tercer punto de la característica.

**Ajuste de fábrica**  
0 [Hz]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p1325 Característica programable para el control U/f U3 / Caracterist. Uf U3**

**Descripción:** Define la tensión del tercer punto de la característica.

**Ajuste de fábrica**  
0 [V]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p1326 Característica programable para el control U/f f4 / Caracterist. Uf f4**

**Descripción:** Define la frecuencia del cuarto punto de la característica.

**Ajuste de fábrica**  
0 [Hz]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

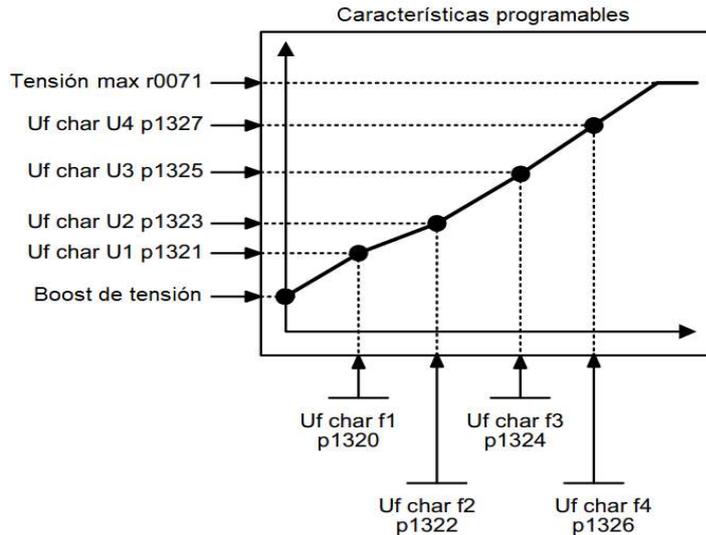
**p1327 Característica programable para el control U/f U4 / Caracterist. Uf U4**

**Descripción:** Define la tensión del cuarto punto de la característica.

**Ajuste de fábrica**  
0 [V]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

**Nota:** Representación gráfica de las características programables:



## 7. Control vectorial (sin encoder).

### p1300 Modo de operación Lazo abierto/cerrado / Modo Lazo ab/cerr

**Descripción:** Ajusta el tipo de control (lazo abierto o cerrado -regulación-) del accionamiento.

**Ajuste de fábrica**

0

**Valor modificado**

20

- Valor:**
- 0: Control U/f con característica lineal.
  - 2: Control U/f con característica parabólica.
  - 3: Control U/f con característica programable.
  - 20: Regulación de velocidad de giro (sin encóder).

**Nota:** El regulador de velocidad ya viene optimizado, aún así, si se observa un rebase del transitorio superior al 10% de la consigna se puede corregir actuando del siguiente modo:

- Proceso:**
1. Ajuste provisionalmente los tiempos del generador de rampa p1120 = 0 y p1121 = 0.
  2. Ajuste provisionalmente el control anticipativo del regulador de velocidad p1496 = 0.
  3. Indique un escalón de consigna y observe el valor real correspondiente.
  4. Optimice el regulador modificando los parámetros Kp (p1470) y Tn (p1472).
  5. Ajuste los tiempos de aceleración y deceleración del generador de rampa de nuevo a su valor original.
  6. Ajuste el control anticipativo del regulador de velocidad a p1496 = 100 %.

## 7. Control escalar (U/f) en lazo cerrado y regulador PID.

### p2200 BI: Regulador tecnológico Habilitación / R\_tec Habilitac

**Descripción:** Ajusta la fuente de señal para conectar / desconectar el regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**

0

**Valor modificado**

1

### p2264 CI: Regulador tecnológico Valor real / R\_tec Vreal

**Descripción:** Ajusta la fuente de señal para el valor real del regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**

0

**Valor modificado**

r755: CU AI Valor en % > AI0 (bor (3/4)

---

**p2253 CI: Regulador tecnológico Consigna 1 / R\_tec Consig. 1**

**Descripción:** Ajusta la fuente de señal para la consigna 1 del regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**  
0

**Valor modificado**  
r1024: Cons vel prefijada

**Nota:** Previamente, se deben de configurar los parámetros de velocidades fijas como fuente de consigna explicados en el punto 4.

---

**p2257 Regulador tecnológico Tiempo de aceleración / R\_tec t-acel**

**Descripción:** Ajusta el tiempo de aceleración del regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**  
1 [s]

**Valor modificado**  
0 [s]

---

**p2258 Regulador tecnológico Tiempo de deceleración / R\_tec t-decel**

**Descripción:** Ajusta el tiempo de deceleración del regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**  
1 [s]

**Valor modificado**  
0 [s]

---

**p2263 Regulador tecnológico Tipo / R\_tec Tipo**

**Descripción:** Ajusta el tipo de regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**  
0

**Valor modificado**  
1

**Valor:** 0: Componente D en señal valor real.  
1: Acción D en error de regulación.

---

**p2274 Reg. tecnológico Diferenciación Constante de tiempo / Reg tecn Dif T**

**Descripción:** Ajusta la constante de tiempo para la diferenciación (acción D) del regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**  
0 [s]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p2280 Reg. tecnológico Ganancia proporcional / R\_tec Kp**

**Descripción:** Ajusta la ganancia proporcional (acción P) del regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**  
1

**Valor modificado**  
a elección del usuario

---

**p2285 Reg. tecnológico Tiempo acción integral / R\_tec Tn**

**Descripción:** Ajusta el tiempo de acción integral (acción I) del regulador tecnológico.

**Ajuste de fábrica**  
30 [s]

**Valor modificado**  
a elección del usuario

**Nota:** Para la sintonización del regulador PID se recomienda el siguiente metodo empírico:

**Proceso:**

1. Ajuste el tiempo de acción integral al máximo y mantenga el resto de valores del PID con el
2. Aumente poco a poco la ganancia proporcional hasta conseguir la respuesta deseada.
3. Si el sistema oscila, aumente poco a poco la constante de tiempo para la diferenciación.
4. Si no se ha alcanzado la consigna, reduzca el tiempo de acción integral.

Como punto de partida, con el sistema funcionando a 1000 rpm y una carga de 7,5 Nm se han empleado los siguientes valores: Td = 0,2 s; Kp = 2,7; Ti = 4000 s.



## **Anexo - X. Configuración y lista de parámetros ABB ACS880.**

# CONFIGURACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN ACS880 PROTOCOLO PROFINET

## Descarga e instalación driver ACS-880.

1. A través de la siguiente página web:

<https://new.abb.com/drives/es/conectividad/fieldbus/modbus-tpc/fena-11>

En la sección: *Descargas para FENA - Ethernet Adapter* > *Software*, descargar el archivo: *FENA-01/-11/-21 Ethernet Adapter Module GSDML File*.

Descargas para FENA - Ethernet adapter

Documentos disponibles: → Búsqueda avanzada → Documentación en todos los idiomas

Documento de puesta en circulación (1)	Folleto (4)	Información (3)	Instrucción (2)	Línea directiva (4)	Manual (6)	Presentación (1)	Software (6)
ZIP	ABB Drives Libraries 1.3 for SIMATIC Manager and TIA Portal Resumen: ABB specific libraries for SIMATIC Manager and TIA Portal that enable users to configure and control... (Mostrar más) Inglés - 2020-01-29 - 4,53 MB	ZIP	FENA-21 Ethernet Adapter Module EDS Files Resumen: No hay sumario disponible Inglés - 2019-05-17 - 0,55 MB	ZIP	FENA-01/-11/-21 Ethernet Adapter Module GSDML File Resumen: FENA-01/-11/-21 Ethernet Adapter Module GSDML File Inglés - 2018-02-15 - 0,02 MB	ZIP	FENA-11 Ethernet Adapter Module EDS Files Resumen: FENA-11 Ethernet Adapter Module EDS Files Inglés - 2017-11-23 - 0,72 MB

2. Abrir TIA Portal. En el menú superior ir a: *Opciones* > *Administrar archivos de descripción de dispositivos* > *GSDs instalados* > *Ruta de origen* y seleccionar la ruta del archivo descargado. Posteriormente, instalar la versión v2.31.

Opciones Herramientas Ventana Ayuda

- Configuración
- Support Packages
- Administrar archivos de descripción de dispositivos
- Iniciar Automation License Manager
- Mostrar texto de referencia
- Librerías globales

Administrar archivos de descripción de dispositivos

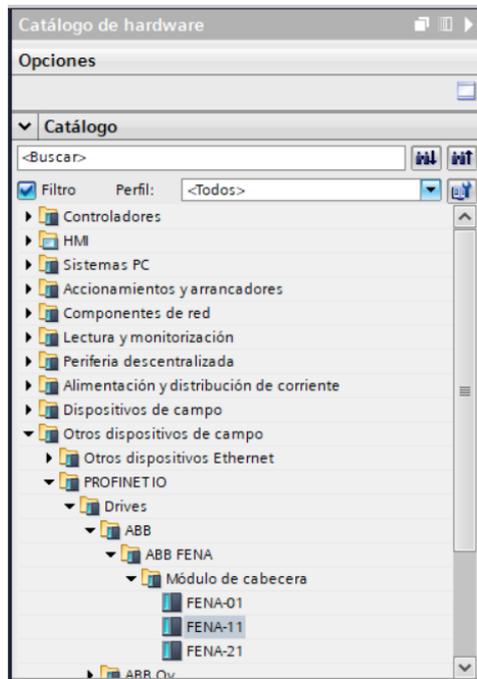
GSDs instalados GSDs en el proyecto

Ruta de origen: C:\Users\anch1\Dropbox\PROFINET ACS880\AdditionalFiles\GSD

Archivo	Versión	Idioma	Estado	Información
<input type="checkbox"/> gsdml-v2.31-abb-fena-20150402....	V2.31	Inglés	Ya instalado	
<input type="checkbox"/> gsdml-v2.33-abb-fena-20170914....	V2.33	Inglés	Ya instalado	

## Configuración driver FENA-11 en Tia Portal.

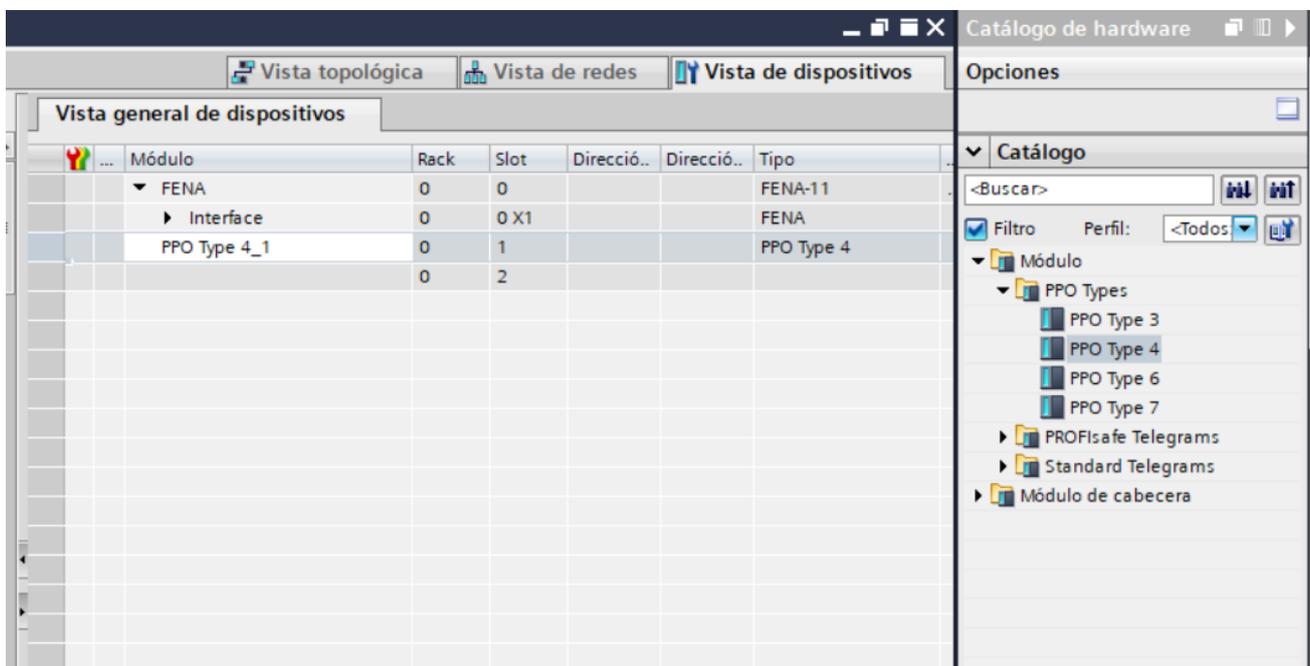
1. Una vez agregado un PLC, ir al menú: *Dispositivos y redes*. En la ventana *Catálogo de Hardware*, en *Catálogo*, ir a: *Otros dispositivos de campo* > *PROFINET IO* > *Drives* > *ABB* > *ABB FENA* > *Módulos de cabecera* y seleccionar *FENA-11*.



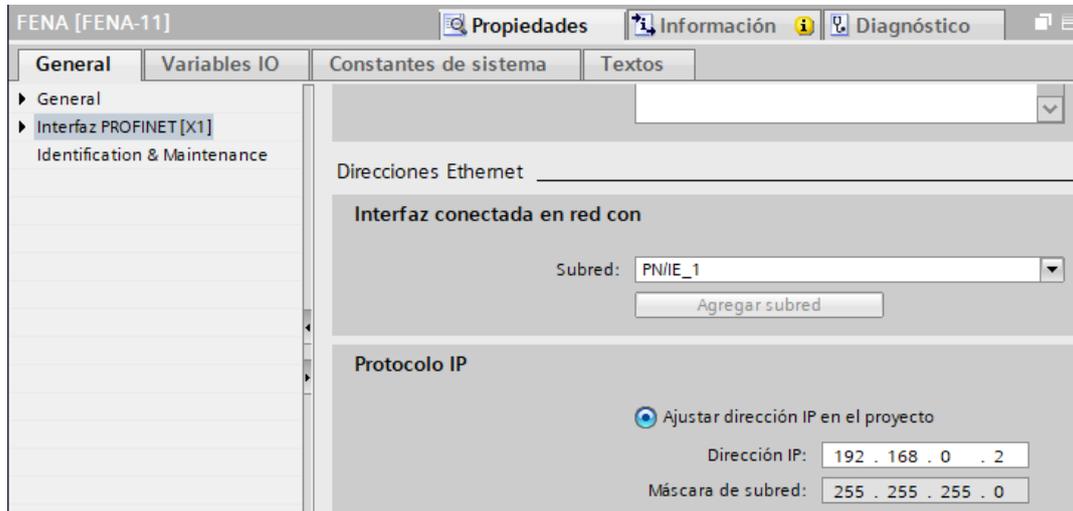
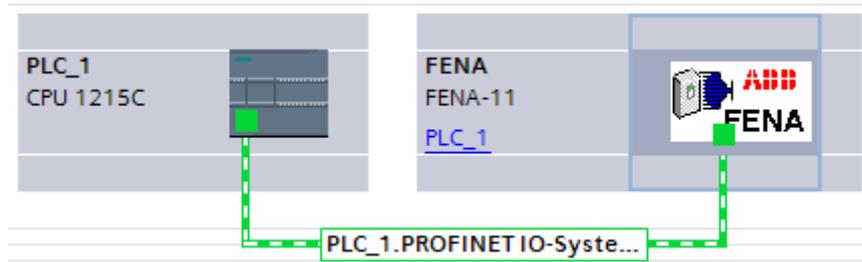
Sin todavía arrastrarlo al espacio de trabajo, ir a *Información* y revisar que está seleccionada la versión *V2.31*. Posteriormente arrastrar el driver *FENA-11* al espacio de trabajo.



- Haciendo doble click sobre el driver *FENA-11* se abrirá el menú *Vista de dispositivos*. En este menú, en el *Catálogo de Hardware*, ir a: *Modulo > PPO Types* y hacer doble click sobre: *PPO Type 4* para agregarlo al módulo.



- Conectar ambos equipos mediante una red PROFINET y asignarle una dirección IP al driver FENA-11 (debes recordar esta dirección IP para los pasos previos).



- Una vez creada la red PROFINET ya se puede seleccionar las direcciones de entradas/salidas del driver FENA-11. Haciendo doble click sobre el driver, en la *Vista general de dispositivos*, asignar estas direcciones al gusto, teniendo en cuenta que estas ocupan 12 palabras de 16 bits cada una.

Vista general de dispositivos							
Módulo	Rack	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo	Refere...	
▼ FENA	0	0			FENA-11	6438...	
▶ Interface	0	0 X1			FENA		
PPO Type 4_1	0	1	100...111	100...111	PPO Type 4		
	0	2					

En el ejemplo, ambas direcciones empiezan por la 100 y terminan en la 111.

## Parametrización protocolo PROFINET en el ACS-880.

Parámetro	Ajuste para ACS880	Descripción
50.01 FBA A enable	1 = Option slot 1	Activa la comunicación entre el variador y el módulo adaptador de bus de campo.
50.04 FBA A ref1 type	4 = Speed	Selecciona el tipo y el escalado de la referencia 1 del bus de campo A.
50.07 FBA A act1 type	0 = Auto	Selecciona el tipo del valor actual y la escala de acuerdo con el modo Ref1 activo definido en el parámetro 50.04.
51.01 FBA A enable	128 = ETHERNET	Activa la comunicación entre el variador y el módulo adaptador de bus de campo.
51.02 FBA A ref1 type	10 = PNIO Pdrive	Selecciona el tipo y el escalado de la referencia 1 del bus de campo A.
51.03 FBA A act1 type	0 = Auto	Selecciona el tipo del valor actual y la escala de acuerdo con el modo Ref1 activo definido en el parámetro 50.04.
51.04 IP configuration	0 = Static IP	Configuración obtenida de los parámetros 05..13.
51.05 .. 51.13	-	Configuración de la dirección IP del variador.
52.01 FBA data in1	4 = SW 16 bit	Palabra de estado.
52.02 FBA data in2	5 = Act1 16 bit	Valor actual 1 (velocidad).
52.03 FBA data in3	1.10 = Torque 16 bit	Par motor.
53.01 FBA data out1	1 = CW 16 bit	Palabra de control (1050 → OFF / 1051 → ON).
53.02 FBA data out2	2 = Ref1 16 bit	Referencia 1 (velocidad).
51.27 FBA A par refresh	1 = Refresh	Validación de los ajustes de configuración de FENA-11
19.12 Ext1 control mode	2= Speed	Selecciona el control de velocidad como el modo de control 1 para el control externo 1.
20.01 Ext1 commands	12 = Fieldbus A	Selecciona la interfaz de bus de campo A como fuente de marcha y paro.
22.11 Speed ref1 source	4 = FB A ref1	Selecciona la interfaz de bus de campo A como fuente de velocidad de referencia.

Reiniciar el variador ACS880 tras la parametrización.

Si se han seleccionado las direcciones de entradas y salidas antes mencionadas igual que en este ejemplo, las variables en Tia Portal serán del siguiente modo:

Entradas		Salidas		
%IW100	Palabra de estado.	%QW100	Palabra de control	1050 → OFF
%IW102	Velocidad real.			1051 → ON
%IW104	Par real.	%QW102	Velocidad de referencia.	



## 5. Referencias.



- **BIBLIOGRÁFICAS.**

Siemens SIMATIC S7-1200 Controlador programable. Manual del sistema.

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att\\_42774/v1/s71200\\_system\\_manual\\_es-ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/622/91696622/att_42774/v1/s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf)

WinCC Basic con KTP700 Basic y SIMATIC S7-1200. Documentación didáctica.

<https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/tia-portal/visualization-s7-1200/sce-041-101-wincc-basic-ktp700-s7-1200-r1709-es.pdf>

Siemens SIMATIC G120 Manual de listas.

[https://cache.industry.siemens.com/dl/files/195/109757195/att\\_949019/v1/G120\\_CU230P-2\\_List\\_Manual\\_0418\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/195/109757195/att_949019/v1/G120_CU230P-2_List_Manual_0418_es-ES.pdf)

Programa de control de movimiento del ACSM1. Manual de Firmware.

[https://library.e.abb.com/public/6e6895b9641f4c4ca1fbcfc00555c9dd/UMFI180x2\\_ES.pdf](https://library.e.abb.com/public/6e6895b9641f4c4ca1fbcfc00555c9dd/UMFI180x2_ES.pdf)

Programa de control primario ACS880. Manual de Firmware.

[https://library.e.abb.com/public/62d4af4057994944933bebf4d16f69f/ES\\_ACS880\\_FW\\_manual\\_T\\_A4.pdf](https://library.e.abb.com/public/62d4af4057994944933bebf4d16f69f/ES_ACS880_FW_manual_T_A4.pdf)

UA741CP Datasheet – STMicroelectronics.

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/25580/STMICROELECTRONICS/UA741CP.html>

ATTINY13 Datasheet – ATMEL Corporation.

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/80274/ATMEL/ATTINY13.html>

Current clamps for AC current. MN series.

<https://www.chauvin-arnoux.es/sites/default/files/HLHBDAMR.PDF>

Current Transducer LTSR 6-NP.

[https://www.lem.com/sites/default/files/products\\_datasheets/ltsr\\_6-np.pdf](https://www.lem.com/sites/default/files/products_datasheets/ltsr_6-np.pdf)

Motores y cargas. Información sobre cargas y comportamiento.

[http://www.infopl.net/files/documentacion/motion\\_control/infopl\\_net\\_guia-soluciones-aut-capitulo3.pdf](http://www.infopl.net/files/documentacion/motion_control/infopl_net_guia-soluciones-aut-capitulo3.pdf)

Urrutia, S. (primer semestre de 2017). Nivelación Física, Problemas resueltos, Leyes de Newton.

<https://www.ing.uc.cl/wp-content/uploads/2017/07/M%C3%B3dulo-4-Leyes-de-Newton.pdf>

Autor desconocido. (25 de junio de 2015). Virtual Ground Circuits

<https://tangentsoft.net/elec/vgrounds.html>

Tema 6. El Amplificador Operacional.

[https://ocw.ehu.es/file.php/110/electro\\_gen/teoria/tema-6-teoria.pdf](https://ocw.ehu.es/file.php/110/electro_gen/teoria/tema-6-teoria.pdf)

Solución Ingenieril. (2017-2021). Amplificador No Inversor – Amplificadores operacionales.

[http://solucioningenieril.com/amplificadores\\_operacionales/amplificador\\_no\\_inversor](http://solucioningenieril.com/amplificadores_operacionales/amplificador_no_inversor)

Llamas, L. (14 de diciembre de 2015). Salida analógica mediante PWM y filtro paso bajo.

<https://www.luisllamas.es/salida-analogica-mediante-pwm-y-filtro-paso-bajo/>

Soy Dalto. (16 de diciembre de 2019). Curso de HTML5 desde CERO (Completo).

[https://www.youtube.com/watch?v=kN1XP-Bef7w&ab\\_channel=SoyDalto](https://www.youtube.com/watch?v=kN1XP-Bef7w&ab_channel=SoyDalto)

Soy Dalto. (17 de abril de 2020). Curso de CSS desde CERO (Completo).

[https://www.youtube.com/watch?v=OWKXEJN67FE&list=PLhYr6TDnh8cUy7xJiN5RVItun-NYwnKva&index=8&t=19768s&ab\\_channel=SoyDalto](https://www.youtube.com/watch?v=OWKXEJN67FE&list=PLhYr6TDnh8cUy7xJiN5RVItun-NYwnKva&index=8&t=19768s&ab_channel=SoyDalto)

freeCodeCamp Español. (24 de agosto de 2021). Aprende JavaScript – Curso Completo desde Cero.

[https://www.youtube.com/watch?v=ivdTnPI1ND0&list=PLhYr6TDnh8cUy7xJiN5RVItun-NYwnKva&index=15&t=18662s&ab\\_channel=freeCodeCampEspa%C3%B1ol](https://www.youtube.com/watch?v=ivdTnPI1ND0&list=PLhYr6TDnh8cUy7xJiN5RVItun-NYwnKva&index=15&t=18662s&ab_channel=freeCodeCampEspa%C3%B1ol)

Jager, T. (7 de septiembre de 2013). Siemens S7-1200 Web Server Tutorial - From Getting Started to HTML5 User Defined Pages

<https://www.dmcinfo.com/latest-thinking/blog/articletype/articleview/articleid/8567>

- **FIGURAS.**

Figura 2.

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa\\_mecatr%C3%B3nica#/media/Archivo:Meca.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_mecatr%C3%B3nica#/media/Archivo:Meca.svg)

Figura 4.

<https://masvoltaje.com/2097-large/simatic-s7-1200-cpu-1215c-cpu-compacta-dc-dc-rele.jpg>

**Figura 5.**

[https://www.plc-city.com/shop/362-large\\_default/6av2123-2ga03-0ax0.jpg](https://www.plc-city.com/shop/362-large_default/6av2123-2ga03-0ax0.jpg)

**Figura 6.**

[https://www07.abb.com/images/librariesprovider87/products/Machinery-drives/acsm1\\_web\\_390.jpg?sfvrsn=c467e41b\\_0](https://www07.abb.com/images/librariesprovider87/products/Machinery-drives/acsm1_web_390.jpg?sfvrsn=c467e41b_0)

**Figura 7.**

[https://mall.industry.siemens.com/mall/collaterals/files/122/JPG/P\\_D011\\_XX\\_01009j.JPG](https://mall.industry.siemens.com/mall/collaterals/files/122/JPG/P_D011_XX_01009j.JPG)

**Figura 8.**

[https://motorsandcontrol.com/media/catalog/product/cache/f65b4d1e55f1e722a2a2506a07b9dc9f/\\_a/\\_acs880.jpg](https://motorsandcontrol.com/media/catalog/product/cache/f65b4d1e55f1e722a2a2506a07b9dc9f/_a/_acs880.jpg)

**Figura 9.**

[https://www07.abb.com/images/librariesprovider87/default-album/hds-servo-motorc0d817f1c1f463c09537ff0000433538.png?sfvrsn=fe2c7409\\_1&CropWidth=277&CropHeight=221&Quality=High&CropX=0&CropY=0&Width=277&Height=221&Method=CropToFixedAreaCropToFixedAreaArguments&Key=7d40b44fc6b4a39d669ed1a0a6d75e34](https://www07.abb.com/images/librariesprovider87/default-album/hds-servo-motorc0d817f1c1f463c09537ff0000433538.png?sfvrsn=fe2c7409_1&CropWidth=277&CropHeight=221&Quality=High&CropX=0&CropY=0&Width=277&Height=221&Method=CropToFixedAreaCropToFixedAreaArguments&Key=7d40b44fc6b4a39d669ed1a0a6d75e34)

**Figura 11.**

<https://www.elektropohony.com/resize/e/400/400/files/elektromotory/1la7.jpg>

**Figura 16. (pag. 29)**

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AFE68749026&LanguageCode=en&DocumentPartId=1&Action=Launch>

**Figura 17. (pag. 125)**

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3AFE68987831&LanguageCode=es&DocumentPartId=2&Action=Launch>

**Figura 30.**

<https://catalog.chauvin-arnoux.es/media/catalog/product/cache/7/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/m/n/mn39.jpg>

**Figura 42.**

<https://es.rs-online.com/web/p/transformadores-de-corriente/4995356>

**Figura 43.**

[https://mexico.newark.com/productimages/standard/en\\_US/68T3486-40.jpg](https://mexico.newark.com/productimages/standard/en_US/68T3486-40.jpg)