

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA PARA EL
CONTROL DE POSICIÓN Y VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO
USANDO UN PLC Y UN TOUCH PANEL SIMATIC DE SIEMENS**

KARIME VANESSA ARANGO FONTECHA

ID: 000256985

UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA-SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA
2018

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA PARA EL
CONTROL DE POSICIÓN Y VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO
USANDO UN PLC Y UN TOUCH PANEL SIMATIC DE SIEMENS**

**ESTUDIANTE:
KARIME VANESSA ARANGO FONTECHA**

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR EL
TÍTULO DE:**

INGENIERA ELECTRÓNICA

**DIRECTOR:
Ing. OMAR PINZÓN ARDILA, PhD.**

**UNIVERSIDAD PONTIFICA BOLIVARIANA- SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍA
2018**

Nota de aceptación.

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

No digas todo lo que sabes,
no hagas todo lo que puedes,
no creas todo lo que oyes,
no gastes todo lo que tienes,

Porque:

El que dice todo lo que sabe,
el que hace todo lo que puede,
el que cree todo lo que oye,
el que gasta todo lo que tiene,

Muchas veces:

Dice lo que no conviene,
hace lo que no debe,
juzga lo que no ve,
gasta lo que no puede.

Proverbio árabe.

Tabla de Contenidos

Introducción	11
Capítulo 1 Delimitación del problema	12
Capítulo 2 Antecedentes	13
Capítulo 3 Justificación.....	14
Capítulo 4 Objetivos	15
4.1 Objetivo general	15
4.2 Objetivos específicos	15
Capítulo 5 Marco teórico	16
5.1 Hardware	16
5.1.1 Simatic S7- 300.....	16
5.1.2 CPU 315 F-2 PN/DP	18
5.1.3 Sinamic G120.....	19
5.1.4 CU240B-2 DP	19
5.1.5 BOP-2.....	20
5.1.6 Siemens Sirius 3RW3013-1BB14- arrancador suave	20
5.1.7 Motor trifásico 1LA7073-4YA60 Siemens.....	20
5.1.8 Simatic <i>HMI</i> KTP700 Basic (6AV2123-2GB03-0AX0)	21
5.2 Software	21
5.2.1 TIA portal.....	21
5.2.2 Simatic WinCC (TIA portal).....	22
5.2.3 Simatic WinCC <i>Runtime Advanced</i> (TIA Portal)	22
5.3 Comunicación	23
5.3.1 Profibus	23

5.3.2 Profinet.....	23
5.4 Control PID	23
5.5 Norma ANSI/ISA -101.01-2015	24
Capítulo 6 Resultados	26
6.2 Configuración de los parámetros del variador G120	28
6.3 Conexión analógica entre el variador G120 y el <i>PLC S7-300</i>	28
6.4 Configuración de los parámetros del FM 350-1	28
6.5 Software <i>TIA portal professional V13</i>	29
6.6 Interfaz hombre máquina (<i>HMI</i>).....	31
6.6.1 <i>HMI KTP 700 Basic PN</i>	31
6.6.2 <i>HMI WinCC Runtime Advanced</i>	36
6.7 Sintonización del módulo de control de posición o velocidad.....	38
Capítulo 7 Conclusiones	46
Capítulo 8 Recomendaciones.....	47
Lista de Referencias	48
Anexos	51
Anexo1. Referencia de los equipos.....	51
Anexo 2. Instalación de programas.....	52
Anexo3. Crear proyecto y configuración de dispositivos en <i>TIA portal V13</i>	57
Anexo 4. Restauración de fábrica CPU SIMATIC S7-300 y de la MICRO MEMORY CARD (MMC)	64
Anexo 5. Tipos de datos elementales.....	66
Anexo 6. Configuración de parámetros en el variador de velocidad G120 y el panel SINAMICS BOP-2.	68
Anexo 7. Configuración de parámetros análogos en el variador de velocidad G120 y el panel SINAMICS BOP-2.....	73

Anexo 8. Configuración del modulo análogo S7-300 (6ES7334-0CE01-0AA0).....	75
Anexo 9. Configuración del módulo de conteo rápido FM 350-1	86
Anexo 10. Configuración del módulo de conteo rápido FM 350-1-Software.	105
Anexo11. Algoritmo COMPLETO.....	123
Anexo 12. Algoritmo PRINCIPAL [OB1]	123
Anexo 13. Algoritmo COMPLETE RESTART [OB100]	123
Anexo 14. Algoritmo CNT_EXAM [FB100]	123
Anexo 15. Algoritmo CNT_EXAM1 [DB1]	123
Anexo 16. Algoritmo CNT_EXAM_DB [DB100].....	123
Anexo 17. Planos eléctricos	124

Lista de figuras

Figura 1. Unidad de control de velocidad y posición de un motor 1LA7 073- 4YA60.....	16
Figura 2. Módulos del <i>PLC S7-300</i>	17
Figura 3. Sinamic G120	19
Figura 4. TIA portal V13	22
Figura 5. Sistema de control de posición y velocidad.....	27
Figura 6. Algoritmo del controlador	30
Figura 7. Ventana principal HMI SIMATIC HMI KTP 700 PN	31
Figura 8. Ventana del controlador de velocidad	32
Figura 9. Ventana del controlador de posición	32
Figura 10. Ventana trend del controlador de velocidad	33
Figura 11. Ventana trend del controlador de posición	33
Figura 12. Ventana del controlador de velocidad en porcentaje.....	34
Figura 13. Ventana del controlador de posición en porcentaje.....	34
Figura 14. Ventana trend del controlador de velocidad en porcentaje.....	35
Figura 15. Ventana trend del controlador de posición en porcentaje.....	35
Figura 16. Ventana principal HMI WinCC Runtime Advanced.....	36
Figura 17. Ventana del controlador de posición <i>HMI WinCC Runtime Advanced</i>	36
Figura 18. Ventana del controlador de velocidad <i>HMI WinCC Runtime Advanced</i>	37
Figura 19. Ventana del controlador de posición en porcentaje HMI WinCC Runtime Advanced.....	37
Figura 20. Ventana del controlador de velocidad en porcentaje <i>HMI WinCC Runtime Advanced</i>	38
Figura 21. Ficheros en WinCC Runtime Advanced.....	39
Figura 22. Tiempo de actualización <i>S7trend</i>	39
Figura 23. Conexión entre <i>S7trend</i> y la CPU.....	40
Figura 24. Base de datos	41
Figura 25. Identificación del control de velocidad utilizando <i>Ident</i>	42
Figura 26. Función de transferencia de primer orden con <i>delay</i> en <i>ident</i>	43
Figura 27. Diagrama de bloque para el módulo de velocidad.....	43
Figura 28. <i>Autotuning</i> del bloque PID para el módulo de velocidad.....	44

Figura 29. Parámetros del controlador de velocidad.....	44
Figura 30. Diagrama de bloque para el módulo de posición.....	45
Figura 31. Autotuning del bloque PID para el módulo de posición.....	45
Figura 32. Parámetros del controlador de posición.....	45

Lista de tablas

Tabla 1. Especificaciones de la CPU 315 F-2 PN/DP	18
Tabla 2. Funciones del CU240B-2 DP.....	19
Tabla 3. Parámetros del arrancador suave.....	20
Tabla 4. Características de un motor trifásico.....	20
Tabla 5. Características de SIMATIC <i>HMI</i> KTP700 BASIC.....	21
Tabla 6. Función de transferencia de primer orden con <i>delay</i>	42

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: Implementación de una interfaz hombre máquina para el control de posición y velocidad de un motor trifásico usando un PLC y un Touch panel Simatic de Siemens.

AUTOR(ES): Karime Vanessa Arango Fontecha.

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR(A): Omar Pinzón Ardila.

RESUMEN

La finalidad de este trabajo de grado es la realización de una interfaz hombre-máquina donde se puede controlar la posición y velocidad de un motor trifásico, para ello se usó WinCC Runtime Advanced para un sistema PC y un KTP 700 Basic PN para un Touch panel, el proyecto cuenta con un PLC S7-300 de Siemens el cual consta de un módulo digital, un módulo análogo y un módulo de funciones, por medio de una conexión análoga de 0 a 10V se logró conectar el PLC y el variador de velocidad, además cuenta con un motor trifásico de 0.75 HP acoplado a una caja reductora de 1:40 y un encoder relativo de 1024 pulsos. Este proyecto fue implementado en la unidad de control 3 del Laboratorio de Electrónica Industrial de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Para la sintonización del lazo de control de posición y velocidad se usó la herramienta de identificación Ident de Matlab, una vez obtenido el modelo con sus respectivas constantes se ingresaron en la herramienta Simulink de Matlab para determinar comportamiento y desempeño del control. El software para el desarrollo de la interfaz gráfica y el desarrollo del algoritmo de control se emplea en el Tia portal versión 13.

PALABRAS CLAVE:

Motor trifásico, Variador de velocidad, PLC, HMI, TIA portal, PID.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: Implementation of a human-machine interface for position and speed control of three-phase motor using a PLC and a Simatic panel Siemens.

AUTHOR(S): Karime Vanessa Arango Fontecha.

FACULTY: Facultad de Ingeniería Electrónica

DIRECTOR: Omar Pinzón Ardila.

ABSTRACT

The finality of this graduate work is the realization of a human-machine interface, where can be controlled the speed and position of a three-phase motor, for this WinCC Euntime Advanced was used for a PC system and a KPT 700 Basic for a Touch panel, the project counts with a Siemens PLC S7-300, which consists of a digital module, an analog module and a function module, by means of a 0 to 10 V analog connection it was possible to connect the PLC with the speed shifter, the project also counts with a 0.75 HP motor coupled to a reduction box of 1:40 and a 1024 pulse relative encoder. This project was implemented in the control unit 3 of the Industrial Electronics Laboratory. For the tuning of the speed and position control loop, Matlab-ident identification tool was used once the model was obtained with it's respective constants, they were introduced into the Matlab Simulink tool to determine the behavior and performance of the controller. The development of the graphic interface and the control algorithm was implemented in the TIA portal V13 software.

KEYWORDS:

Three-phase motor, Speed shifter, PLC, HMI, TIA portal, PID.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

Introducción

A partir de la industrialización en los siglos XVII y XIX se ha podido automatizar y ser más fácil, económico e intuitivo los procesos en diversas empresas a nivel mundial. Una herramienta muy utilizada en esos procesos ha sido el *PLC* un controlador lógico programable, el cual brinda una máxima confianza y a su vez un rendimiento en un ambiente industrial, estos están diseñados también para soportar condiciones extremas en la industria. Hoy en día son llamados los cerebros de la automatización, son procesos y máquinas especiales de la industria [1].

Todo esto se ha logrado gracias a los avances que ha obtenido la electrónica y en especial la electrónica industrial, consiguiendo transformar la electricidad y así poder alimentar otros equipos, transportar energía y controlar los mismos, esto es posible mediante la adaptación y transformación de la electricidad [2].

Este trabajo de grado tiene como finalidad, implementar los conocimientos obtenidos en la industria, además de comprender un poco más las características de los equipos industriales tales como el *PLC*, un motor trifásico, la interfaz gráfica usando un *PLC* Siemens S7-300. Dicha interfaz gráfica se realizará con la configuración en el TIA portal, la cual permite realizar un proceso de una manera fácil e intuitiva, permitiendo así, controlar la posición y velocidad del motor de inducción.

En este trabajo de grado se logró configurar el variador por medio del TIA portal con una conexión a un motor trifásico, consiguiendo el control de posición y velocidad, cuyas variables se puede observar por medio de *WinCC Run Time Advanced* mediante una interfaz hombre máquina.

Capítulo 1

Delimitación del problema

En nuestros días muchas empresas le están apostando a la automatización en sus procesos, para que sea más fácil la operación y se pueda mejorar la administración de las materias primas, esto se logran mediante la utilización de un *PLC*, haciendo más intuitivo y en menor tiempo el proceso a realizar.

El control PID es actualmente muy utilizado en la industria porque permite calcular el error entre una variable medida y compararla con el valor deseado que se requiere en el proceso. En este trabajo se utilizarán las variables de velocidad y posición en un motor trifásico, las cuales se regulan mediante un controlador PID embebido en un *PLC*.

Capítulo 2

Antecedentes

El ingeniero electrónico de la Universidad Pontificia Bolivariana cuenta con la capacidad de desempeñarse profesionalmente en áreas como el diseño, mantenimiento y operación de sistemas de radiocomunicaciones y redes de datos, desarrollo y manejo de software especializado, diseño, desarrollo y mantenimiento de equipos biomédicos, diseño e implementación de aplicaciones en microelectrónica, planeación y evaluación de proyectos de ingeniería y finalmente en una de las área más destacadas que es el control y automatización de procesos industriales [3].

Con el transcurrir de los años se han realizado diversos trabajos de grados tanto en pregrado como en posgrado, específicamente en el control de posición y velocidad de un motor trifásico el cual se encuentra el laboratorio de Electrónica Industrial, para la realización de este trabajo de grado se tiene en cuenta como referencia el trabajo de grado de la especialización de control e instrumentación de la Universidad Pontificia Bolivariana titulada **“CONTROL DE POSICIÓN ANGULAR DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN UTILIZANDO UN PLC S7-300”** del ingeniero Miguel Alberto Dávila Arévalo, el cual realizo el diseño de un interfaz hombre máquina para la identificación y control de posición de un motor, además de la sintonización de un controlador PID utilizando el PID del PLC S7-300 para controlar la posición en un motor de inducción en lazo cerrado [4].

Otros trabajos realizados en esta área, se encuentra el trabajo de grado de pregrado titulado **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA PARA LA OPERACIÓN DEL MÓDULO DE CONTROL DE POSICIÓN O VELOCIDAD DEL LABORATORIO DE ELECTRONICA INDUSTRIAL”** del ingeniero José Carlo Díaz Castellanos, el cual realizo la interfaz gráfica en *WinCC Run Time Advanced* y el desarrollo de las prácticas para el laboratorio de Electrónica Industrial para el uso del módulo [5].

Finalmente se tiene como referencia el trabajo de grado titulado **“Implementación de una interfaz gráfica con Matlab para la operación de un módulo de control de posición o velocidad utilizando un PLC S7-300 de la empresa Siemens”** del ingeniero Héctor Fernando Quintero Ramírez, utilizo el software TIA portal para la programación del controlador y el *WinCC Run Time Advanced*, para la configuración del servidor OPC estableció la comunicación con el *TIA portal* y *Matlab* [6].

Capítulo 3

Justificación

Debido a la revolución industrial que vive el mundo es de gran importancia implementar la automatización en los procesos, para acortar el tiempo de producción, para manipular de una forma adecuada las materias primas logrando el control del proceso sin la intervención de seres humanos.

El manejo de motores en la industria se puede usar de una manera fácil y confiable por medio de un *PLC* junto con una pantalla táctil, la cual cuenta con un acceso al motor sin necesidad de una manipulación directa sobre el *Touch panel* para realizar una determinada tarea.

Capítulo 4

Objetivos

4.1 Objetivo general

Implementar una interfaz hombre máquina para el módulo del control de posición o velocidad utilizando el PLC S7-300 de la empresa Siemens.

4.2 Objetivos específicos

- Documentar y dibujar el sistema de control de posición o velocidad.
- Proponer un diagrama de flujo funcional de la interfaz *HMI*.
- Implementar un algoritmo de control PID en el módulo de control de posición.
- Implementar un algoritmo de control PID en el módulo de control de velocidad.
- Desarrollar un interfaz humano maquina (*HMI*) para el módulo de control de posición.
- Desarrollar un interfaz humano maquina (*HMI*) para el módulo de control de velocidad.

Capítulo 5

Marco teórico

Como los controladores lógicos programables hacen parte de la tercera revolución industrial, debido a que muchos procesos están automatizados, dentro de estas industrias uno de los *PLC* más utilizados es el S7-300 de Siemens con la ayuda de una pantalla *Touch KP 700 PN* de Siemens estos procesos se vuelven eficientes y seguros.



Figura 1. Unidad de control de velocidad y posición de un motor 1LA7 073- 4YA60. Fuente: Autor.

5.1 Hardware

5.1.1 Simatic S7- 300

Simatic S7-300 es un controlador lógico programable (*PLC*) de automatización universal, el cual está diseñado para cualquier sector industrial.

- Cuenta con la compatibilidad de 22 CPUs de tipo estándar, compacta (C), *Failsafe* (F) y tecnología (T), el cual permite tener dos tipos de configuraciones: la centralizada por medio de un armario RACK y la descentralizada cuenta con los módulos de interfaz ET200 y PROFIBUS DP.

- Funciona como una memoria de datos y de programa (MMC), el cual archiva proyectos hechos anteriormente y facilita actualizar de manera sencilla el firmware de la CPUs S7-300.
- Cuenta con la conexión a diferentes sistemas de bus convencional tales como: Industrial ETHERNET, PROFINET, Industrial Wireless LAN, PROFIBUS, AS-Interface, Modbus RTU, Modbus TCP/IP, entre otros.
- Al tener SIMATIC S7-300 con una interfaz PROFIBUS DP, cuenta con un servidor web integrado. Permite el acceso al mismo desde cualquier computador y poder manipular la información guardada. Adicionalmente se pueden crear páginas web por medio de la edición por HTML.
- *SIMATIC S7-300* se puede integrar la parte de seguridad ya sea para persona o maquinaria, que es un nivel de Seguridad SIL 3.
- Cuenta con un sistema de alarmas integradas, para así ahorrar tiempo en la visualización de las mismas en *HMI*.
- *SIMATIC S7-300* es posible utilizar cualquiera de los dos *softwares SIMATIC STEP7* o *TIA portal STEP7 Profesional V11* [7].



Figura 2. Módulos del *PLC S7-300*. **Fuente:** Autor.

5.1.2 CPU 315 F-2 PN/DP

- CPU 315F-2 PN/DP proporciona una configuración de un “sistema de automatización de seguridad positiva”
- De acuerdo con las normas de seguridad tiene hasta SIL 3 (Nivel de Integridad de Seguridad) según con IEC 61508 el cual cumple con las normas internacionales de seguridad funcional aplicada a todo tipo de industria y cuenta con PL e según ISO 13849.1
- Dispone de un microprocesador el cual tiene un tiempo de 50ns por binario y 450ns por coma flotante ingresado.
- Cuenta con una memoria de trabajo de 512 kbytes.
- Tiene la posibilidad a adicionar un máximo de 32 módulos.
- Cuenta con una interfaz combinada MPI/DP y una Interfaz Ethernet.
- Entre sus funciones cuenta con la posibilidad de agregarle clave al programa, un buffer el cual guarda los últimos 500 errores para así puedan ser analizados y *Backup* de datos.
- Cuenta con las funciones de comunicación integradas tales como: Comunicación PG/OP, comunicación por datos globales, comunicación básica S7, comunicación S7, comunicación abierta vía TCP/IP, PROFINET CBA, servidor web, enrutado de juegos de datos [4].
- Para el funcionamiento de la CPU es necesario el uso de una SIMATIC Micro *Memory Card*. El cual puede ser de 64 kB, 128 kB, 512 kB, 2 MB y 4 MB [8], [9].

Tabla 1. Especificaciones de la CPU 315 F-2 PN/DP. [8].

Paquete de programación	STEP 7 V5.5, Distributed Safety V5.4 SP4 o superiores.
Tensión de alimentación	24 V DC
Pérdidas	4,65 W
Tipo de interfaz	Interfaz RS485 integrada
Temperatura ambiente en servicio	Mínimo 0 °C y máximo 60 °C
Lenguaje de programación	KOP, FUP, AWL, SCL, CFC, GRAPH y HiGraph

5.1.3 Sinamic G120

Variador de frecuencia modulador es usado en el sector industrial tales como automotriz, textil, química, el sector de impresión, embalaje y maquinaria, también en sistemas de transporte, en el sector del acero, petróleo y del gas y en la extracción de energías renovables, algunas de las ventajas del G120:

- Fácil instalación y mantenimiento.
- Robustez y durabilidad para entornos.
- Eficiencia energética.
- Funciones de seguridad [10].



Figura 3. Sinamic G120. **Fuente:** Autor.

5.1.4 CU240B-2 DP

Es el control de unidad del SINAMIC G120 cuenta con funciones tales como:

Tabla 2.Funciones del CU240B-2 DP. [11].

Bus de campo	PROFIBUS DP
Entradas digitales	4
Entradas analógicas	1
Salidas digitales	1
Salidas analógicas	1

5.1.5 BOP-2

Panel operador básico, fue diseñado para poder prestar una interfaz fiable y fácil de manejar, así como una comunicación con los convertidores Sinamics, es compatible con las siguientes *Control Units*:

- SINAMICS G120 CU230P-2
- SINAMICS G120 CU240B-2
- SINAMICS G120 CU240E-2
- SINAMICS G120 CU250S-2
- SINAMICS G120C [12].

5.1.6 Siemens Sirius 3RW3013-1BB14- arrancador suave

Debidos arranques bruscos que ocasionan los motores eléctricos se ha creado una solución que son los arrancadores suaves, con esto se logra evitar que el arranque sea directo o en estrella-triángulo los cuales, con el uso, tienen efectos secundarios, por ejemplo, vibraciones mecánicas o bajas de tensión en la línea de alimentación.

Los arrancadores suaves, controlan continuamente la electricidad que van a recibir los motores teniendo en cuenta las características de cada uno, generando esto un efecto positivo en la operación, así como en la vida útil del motor [13].

Tabla 3. Parámetros del arrancador suave. [13].

Corriente	3.6 A
Potencia a 400 v	1.5 KW
Potencia a 230 v	700 W
Potencia mecánica suministrada	0.5 hp

5.1.7 Motor trifásico 1LA7073-4YA60 Siemens

Un motor trifásico es aquel que es capaz de convertir la energía eléctrica trifásica suministrada, en energía mecánica. La energía de eléctrica trifásica es la que permite los campos magnéticos rotativos en el bobinado del estator lo cual hace que el motor arranque, además que esto hace que sea pequeño y liviano a diferencia de un motor monofásico [14].

Tabla 4. Características de un motor trifásico. [15].

Potencia	1 hp
potencia	0.75 W
Eficiencia	65%
Factor de potencia	0.89
Velocidad nominal	3320 rpm

5.1.8 Simatic HMI KTP700 Basic (6AV2123-2GB03-0AX0)

Conocida como interfaz hombre-máquina, denominada así ya que permite unificar el software y el hardware de una manera interactiva teniendo el control y la información a la mano del usuario para sus necesidades. A veces permite que el usuario vaya más allá del manejo de la máquina lo que busca es que pueda observar el estado en él que se encuentra el equipo y pueda conocer su proceso.

Una de las ventajas del *HMI* es la manera en que se diseña, para que sea fácil e intuitiva su manipulación, sin necesidad de un manual o formación de este, otro aspecto importante en su evolución y como se muestra al público intentan reducir botones de control y colocar iconos habituales para así permitir un uso intuitivo [16].

Tabla 5. Características de SIMATIC HMI KTP700 BASIC. [17].

CARACTERISTICAS	COMPATIBLE
PROFINET	Si
Memoria flash	Si
Memoria RAM	Si
STEP 7 Basic (TIA Portal)	Si, integrado WinCC Basic (TIA Portal)
STEP 7 Professional (TIA Portal)	Si, integrado WinCC Basic (TIA Portal)
WinCC Basic (TIA Portal)	Si
WinCC Comfort (TIA Portal)	Si
WinCC Advanced (TIA Portal)	Si
WinCC Professional (TIA Portal)	Si
S7-300/400	Si

5.2 Software

5.2.1 TIA portal

Totally Integrated Automation Portal (TIA portal), es un software innovador que optimiza los procesos de planificación y producción. Este Software se caracteriza por su intuitivo y eficiente interfaz de usuario, para así generar una fácil utilización. TIA portal tiene incluido en su sistema las últimas versiones de SIMATIC STEP 7, *WinCC* y *Startdrive*, para un fácil diagnóstico y programación en los controladores de SIMATIC y en las pantallas de visualización [18] [19].

TIA portal cuenta con dos *paquetes*, el *SIMATIC STEP 7 Basic* que es un software de ingeniería fácil de manejar y compatible con SIMATIC S7-1200, también cuenta con *SIMATIC STEP 7 Professional* que es un software completo para los controladores de SIMATIC, compatible con S7-1500, S7-1200, S7-300, S7-400 y *WinAC* [20].

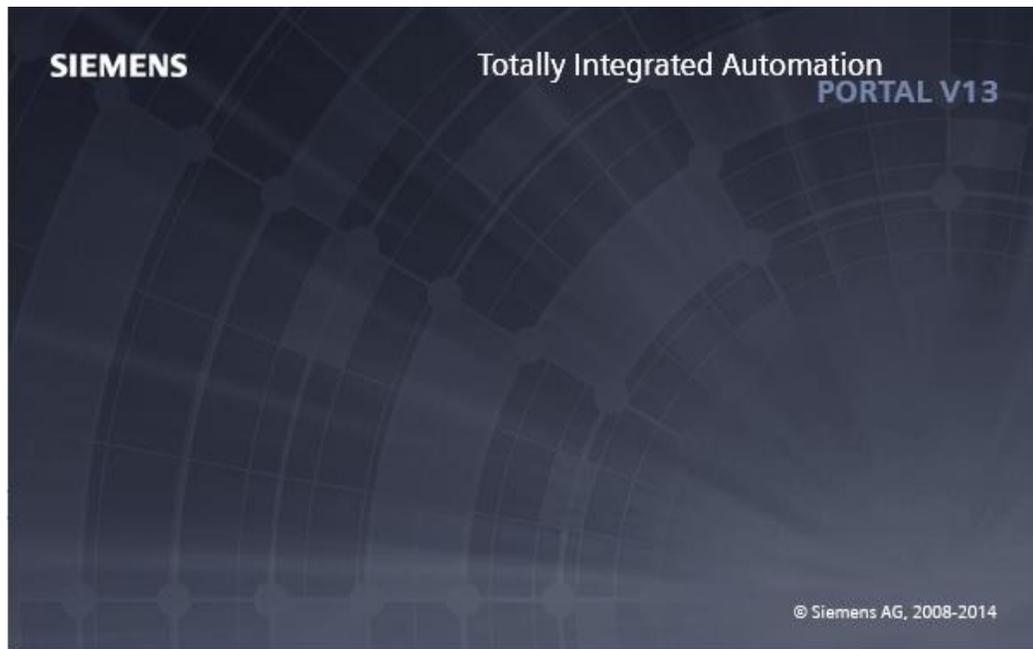


Figura 4. TIA portal V13. **Fuente:** Autor.

5.2.2 Simatic WinCC (TIA portal)

El Simatic WinCC es un software que cuenta con todas las aplicaciones de *HMI*, este tiene soluciones de *WinCC Basic*, *WinCC Comfort*, *WinCC Advanced* y *WinCC Professional*, el cual permite operaciones más simples con *Basic Panels* hasta SCADA con sistemas multi-usuarios.

Para tener acceso de las aplicaciones de la *HMI*, mencionadas anteriormente, es necesario contar con *Simatic WinCC Runtime Advanced* y *SIMATIC WinCC Runtime Professional*, los cuales están disponibles como productos independientes. [21].

5.2.3 Simatic WinCC Runtime Advanced (TIA Portal)

Entre las funciones incluidas de las componentes *HMI* es visualizar e informar en tiempo real, además se puede ampliar las características de la *HMI* mediante paquetes adicionales.

- Paquete básico para valuación, se puede crear informes y registros, administración de usuarios además cuenta con una manera flexible de ampliar con scripts VB.
- Paquetes básicos expandibles.
- Tiene soluciones de automatización basada en redes TCP/IP.
- Operación remota, diagnóstico y administración en intranet e internet [22].

5.3 Comunicación

5.3.1 Profibus

El bus de campo logra adaptarse a las diversas soluciones de un sistema, dichas soluciones ayudan a reducir significativamente los gastos de inversión, explotación y mantenimiento, así permitiendo aumentar la productividad, una de sus mayores ventajas es que logra que sea una comunicación universal en la automatización industrial [23].

La comunicación PROFIBUS un sistema líder de bus de campo el cual es universal, permitiendo el paso de información de procesos, fabricación y automatización. Este está vigilado por los estándares EN50170 y EN50254, también se encuentra vinculado con IEC 61158 [20].

El PROFIBUS DP está diseñado para dar una solución de alta velocidad para la comunicación entre un sistema de automatización y los equipos descentralizados, en especial a sistemas de control de I/O sustituyendo sistemas como 4 a 20 mA, HART o transmisiones 23 Volts.

Esta comunicación tiene funciones tales como configuración, monitoreo, diagnósticos y supervisión de alarmas, este sistema de comunicación solo requiere de 1ms para transmitir 512 bits de entrada y 512 bits de salida distribuidos en 32 estaciones [24].

5.3.2 Profinet

Es una estandarización de una red industrial llamado Ethernet, lo cual logra que el hardware y Ethernet se adapten a las necesidades de la industria de la automatización [25]. PROFINET se basa en TI logrando una funcionalidad TCP/IP manteniendo una comunicación completa al transferir datos tanto en la empresa como a todos los niveles [26], las principales características son:

- Una mayor productividad de la planta debido a una comunicación más rápida y más precisa.
- Mejora la fiabilidad del sistema con una transferencia de datos estable y dinámica.
- Conmutador Ethernet interno permitiendo abrir el ciclo de vida en cualquier momento [25].

5.4 Control PID

En un controlador PID tiene tres acciones la proporcional (P), integral (I) y la derivativa (D) [27], esto permite que no tenga la necesidad de tener una supervisión continua por parte de un supervisor [28]. El PID es un sistema que se calcula a partir de la salida deseada menos

la salida obtenida esto va a hacer parte de la entra del sistema como el error producido. El controlador minimiza el error ajustando su entrada [29].

Acción proporcional

Es el cambio que hay en la salida del controlador es algún múltiplo del porcentaje del cambio en la medición denominado ganancia [29].

Acción integral

Es la respuesta proporcional de la integral del error, esta acción permite eliminar el error en régimen estacionario, esto eleva el tiempo de establecimiento y se obtiene una repuesta más lenta [29].

Acción derivativa

Esta acción da una respuesta proporcional a la derivada del error. Teniendo las tres acciones se disminuye el exceso de sobre oscilaciones [29].

Aplicaciones del control PID

En los controladores PID tiene sistemas como *Stand Alone* que son capaces de realizar un control de uno y varios lazos, además hoy en día son de gran importancia en la industria que alrededor del 95% de estos procesos son controlados con un PID. Los PID son controladores que se encuentran por debajo de dispositivos como un *PLC*, supervisores y sistemas de monitoreo, pero aun así los PID es el controlador más usado actualmente [29].

Aplicaciones tales como:

- Lazos de Temperatura.
- Lazos de Nivel.
- Lazos de Presión.
- Lazos de Flujo [29].

5.5 Norma ANSI/ISA -101.01-2015

Es una norma especializada en la interfaz de hombre máquina para sistemas de procesos de automatización, elaborada en el 2015. Esta norma permite tanto a los usuarios como a la persona que la diseñan que sea más efectiva, una mayor seguridad, calidad, productividad y confiabilidad [30].

El contenido de este documento es recomendado para cualquier proceso que sea necesario una *HMI* y que a su vez esté conectado con el sistema de control para su correcto funcionamiento [30].

De las características que se tuvo en cuenta de la norma en la realización de la *HMI* son:

- Sea funcional y no distraiga al usuario.
- Debe contener todos los modos de operación, incluyendo los anormales.
- Debe prever información apropiada a la tarea.
- La información suministrada debe incluir unidades en una escala o rango.
- evitar el uso excesivo de constates de color.
- Se debe tener en cuenta la limitación de los usuarios.
- Los colores usados en las alarmas deben ser exclusivas.
- El fondo debe ser claro (gris claro)
- No usar parpadeo, ni luces en exceso, solo para alarmas.

Capítulo 6

Resultados

En la figura 5 se muestra el sistema funcional del control de posición y velocidad que está compuesto de un computador personal donde se puede controlar el proceso a través de la *HMI* en *SIMATIC WinCC Runtime Advanced*, para ello se realizó la programación en TIA portal V13, así mismo se puede manipular el proceso desde una pantalla *Touch panel KTP700 Basic* de Siemens, estas cuentan con una red Ethernet al *PLC S7-300* de Siemens.

Entre el *PLC S7-300* y el variador G120 de Siemens, tienen una conexión analógica de 0 a 10 V, el módulo FM 350-1 está conectado al encoder relativo, el cual lee las señales y detecta los pulsos, una vez se tiene estos valores se puede parametrizar el módulo para la obtención de la velocidad y el conteo de pulsos.

El sensor inductivo se encuentra conectado a una de las entradas del módulo digital del *S7-300* y a su vez al tacómetro. El sensor inductivo se usa para el realizar el paso por cero en el control de posición.

Finalmente encontramos un motor asíncrono trifásico de 0.75 Hp, con una caja reductora de 1:40, el motor está conectado a un arrancador suave y a un variador G120. En el anexo 1 se encuentra cada una de las referencias que se usó en el proyecto.

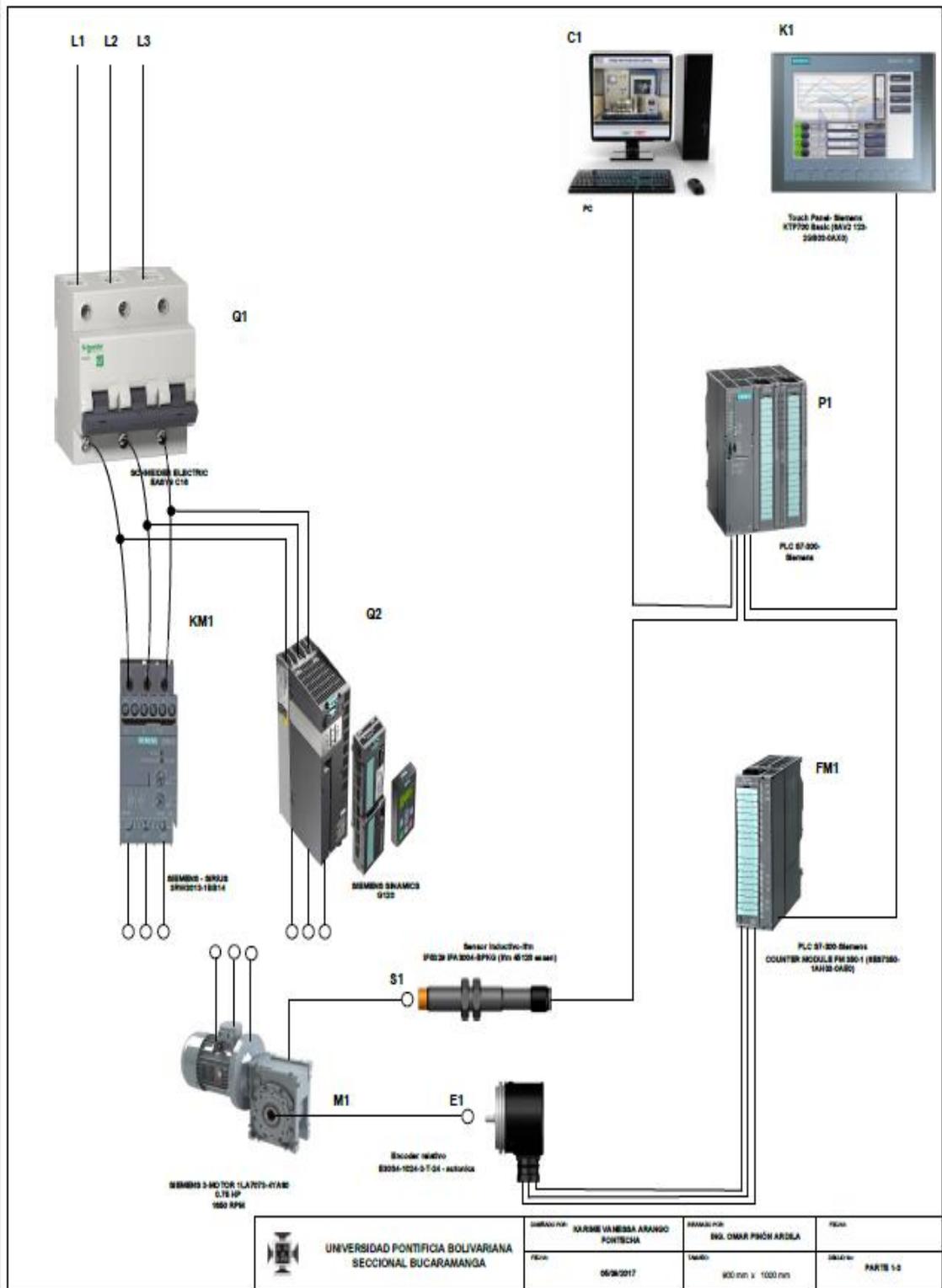


Figura 5. Sistema de control de posición y velocidad. **Fuente.** Autor.

6.2 Configuración de los parámetros del variador G120

Para manipular la velocidad del motor es necesario parametrizar el variador con los valores del motor trifásico (1LA7 073- 4YA60), para ello se tienen en cuenta voltajes, potencia, corriente, velocidades tanto mínima como máxima, entre otras.

En el anexo 6 hay una descripción más completa de cada uno de los parámetros modificados en el variador con sus respectivos valores, teniendo en cuenta el motor que se usa, así mismo la forma de acceder a los parámetros desde el panel *SINAMICS BOP-2*.

6.3 Conexión analógica entre el variador G120 y el PLC S7-300

Una vez realizado la configuración de los parámetros de arranque del variador G120 se realiza la parametrización analógica del variador, estos parámetros se pueden obtener en el anexo 7 donde se encuentra cuáles son los parámetros que se modifican y además se indican las conexiones del variador y *PLC*, también en el anexo 18 se puede obtener los planos eléctricos pertinentes para una correcta conexión.

En el anexo 8 se encuentra las características del *PLC* para una conexión analógica, además del sistema decimal que tiene el módulo **análogo** de 0 a 27648 para un rango de mediciones de 0 a 10 V, en este anexo también se encuentra la instrucción *UNSCALE* que se usó para la conversión en el sistema decimal, también describe lo que es un direccionamiento periférico que se usó para la salida analógica del módulo análogo.

Finalmente se eligió una conexión entre 0 a 10 V debido a que el *PLC* sólo cuenta con una conexión de 0 a 10 V y otra de 0 a 20 mA, a diferencia del variador que cuenta con muchas más entradas analógicas entre 0 a 10 V, de 2 a 10V, -10 a 10 V, 0mA a 20mA y de 4mA a 20mA.

6.4 Configuración de los parámetros del FM 350-1

Debido a que se usó un encoder relativo, se necesita de un módulo eficiente capaz de leer las señales que emite el encoder, para ello se usó un FM350-1 que cuenta con una frecuencia de conteo máxima de 200 KHz y un ancho mínimo de pulso de 2,5 μ s, para un encoder de 24 V, a diferencia del módulo de funciones 350-1, el módulo digital tiene una frecuencia máxima con una carga resistiva de 100 Hz y una frecuencia máxima con una carga inductiva de 0,5 Hz.

En el anexo 9 se describe cada uno los parámetros con los que cuenta el módulo de funciones, el estado y el diagnóstico de los *leds*, las conexiones eléctricas, la posición del conector codificador y finalmente los parámetros con los que se trabajó.

En el anexo 10 se encuentra la parte de *software*, la parametrización y el funcionamiento en el *TIA portal*, se describe cada uno de los bloques de funciones, bloques de organización

y base de datos que usaron en la programación de este módulo y los valores de medición que nos entrega el FM 350-1.

6.5 Software *TIA portal professional V13*

Se desarrolló en *TIA portal professional V13*, con un lenguaje de programación KOP; en el anexo 2 se describe cada uno de los programas que se instalaron para el desarrollo del proyecto, en el anexo 5 se describen los tipos de datos que se requieren para la programación, al igual que los símbolos y direcciones permitidas.

El Anexo11- Algoritmo completo, se tiene el algoritmo completo para el desarrollo de un control de posición y velocidad; incluyendo los bloques de organización; bloques de función y bloques de datos que se usaron, en el anexo 12- algoritmo principal [OB1], se encuentra el bloque de organización principal; en el anexo 13- algoritmo *complete restart* [OB100], se debe insertar las direcciones y la longitud de la interfaz del FM350-1; en el anexo 14- algoritmo cnt_exam [FB100]; aquí se encuentra la instrucción del FM 350-1 y además de los estados de salida de las direcciones de la instrucción FM350-1, el anexo 16- algoritmo cnt_exam1 [DB1], es la base de datos de todas la direcciones que se van a utilizar en el módulo FM350-1 donde se encuentra la base de datos del TIA portal, esta base de datos no es necesario crearla sólo se requiere adjuntarla al programa; finalmente está el anexo 17- algoritmo cnt_exam_db [DB100] es la base de datos del bloque de función cnt_exam [FB100].

Para inicializar el motor se envía la palabra de inicio (*Start Word*), la cual permite que las variables y las constantes se inicialicen a su vez, luego se debe seleccionar si se quiere controlar la posición o la velocidad, una vez terminada esta acción se debe elegir si se requiere utilizar el controlador con las contantes porcentual o en unidades reales, rpm para velocidad o grados para posición, tanto para el controlador de posición como el de velocidad se debe seleccionar de los 2 modos de operación: Manual (Lazo abierto) o automático (Lazo cerrado).

En modo manual se manipula la variable CO (*Control Output*); en el modo automático se manipula el *Setpoint* y éste a su vez se realiza una lectura a la variable *Process Variable*, la cual obtiene la posición o velocidad actual, debido a que el FM 350-1 es el que realiza la lectura del encoder y éste lee los pulsos, una vez determinado este valor se realiza las conversiones pertinentes a grados o rpm, finalizado lo anterior se continua con la acción de control PID, además se debe tener en cuenta que la señal del mando está dada en voltios.

Una vez se calcula la señal de mando en voltaje, esta se compara con los límites de saturación que tiene el variador de velocidad, en este caso es importante detallar que se realiza una conversión de la señal de mando de 10 V a la señal equivalente de control del variador que es de 27648.

Finalmente, las variables de la *HMI* se actualizan y se vuelve a inicializar el código, hasta que se finaliza el proceso con la palabra de parado (*Stop Word*).

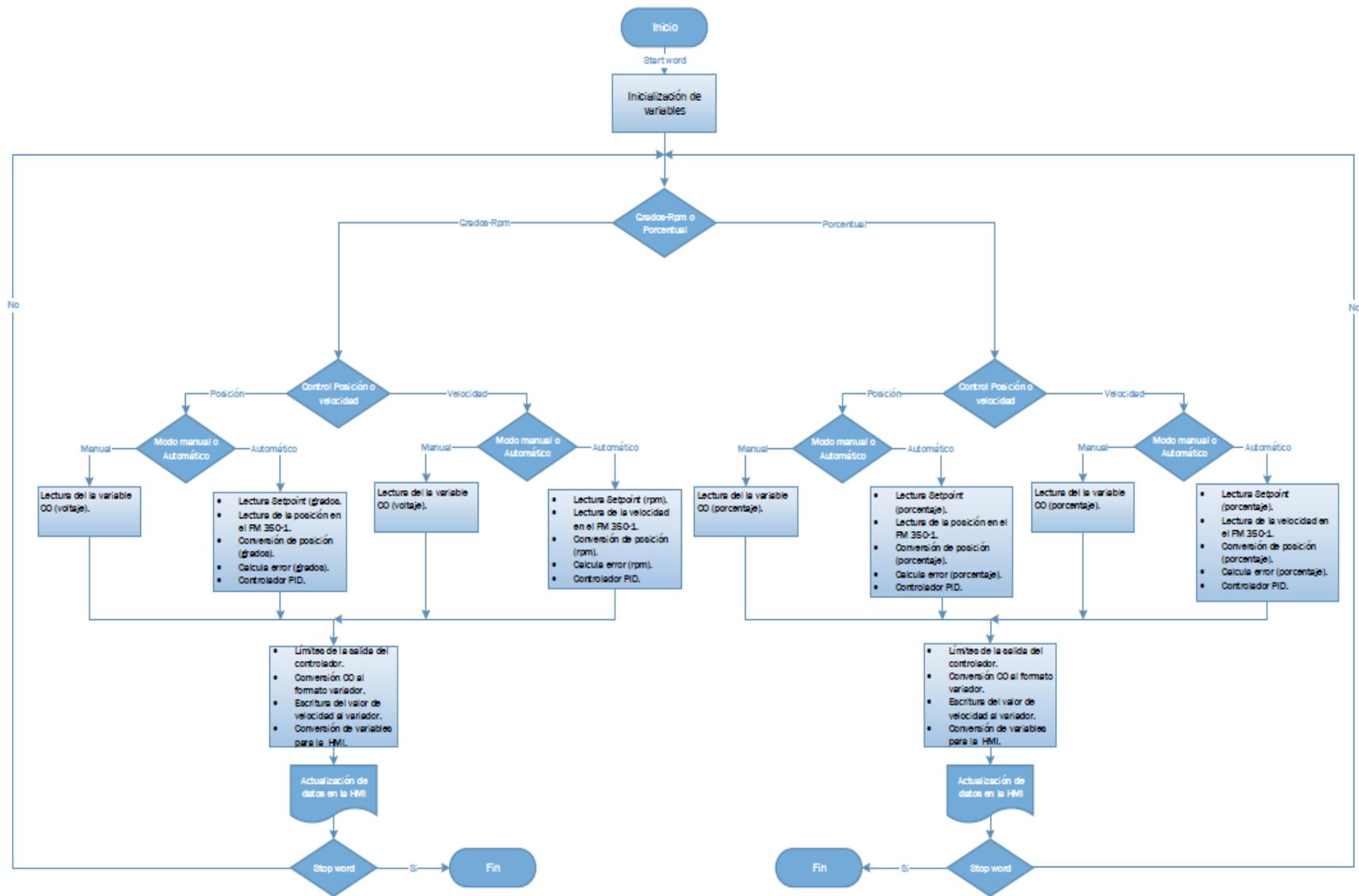


Figura 6. Algoritmo del controlador. **Fuente:** Autor.

6.6 Interfaz hombre máquina (HMI)

En la HMI del proyecto se desarrolló dos tipos de interfaz gráfica, la primera se realizó en *SIMATIC HMI KTP 700 PN* la cual es una pantalla física de Siemens y la segunda se realizó en *WinCC Runtime Advanced* es una pantalla que se despliega desde el mismo *TIA portal*.

6.6.1 HMI KTP 700 Basic PN

La figura 7 se muestra la ventana principal, al hacer clic en *LOGIN* se desliza una ventana auxiliar donde se ingresa el usuario y la contraseña asignada para tener acceso a la HMI.

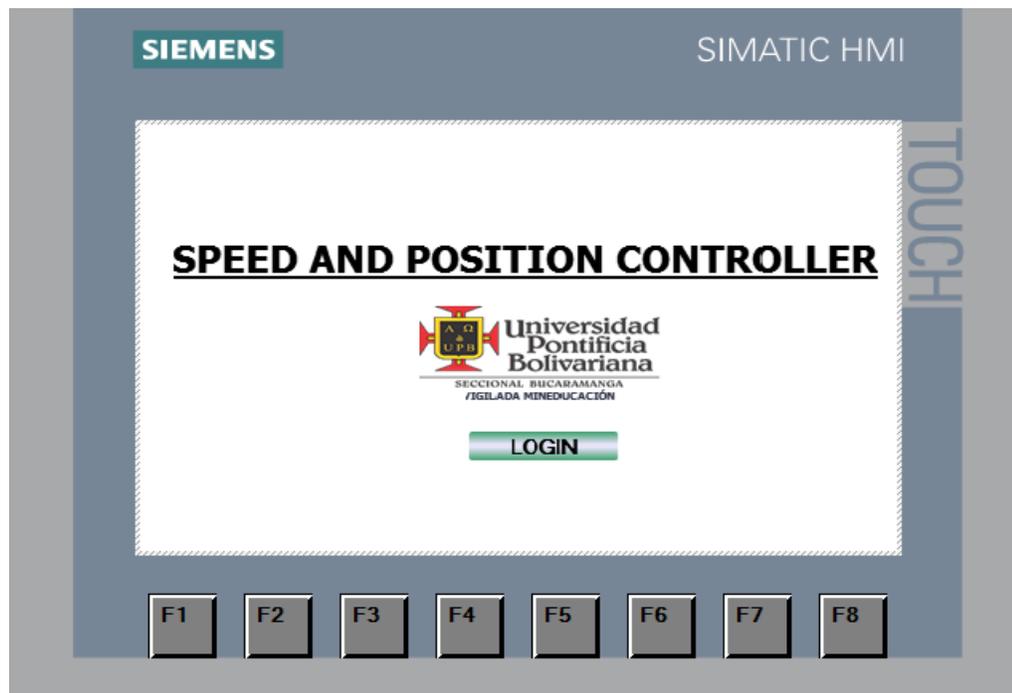


Figura 7. Ventana principal HMI SIMATIC HMI KTP 700 PN. **Fuente:** Autor.

La figura 8 y 9 se puede observar los controladores de velocidad y posición respectivamente que cuenta con un menú en la parte izquierda de la ventana entre estos botones están: la ventana principal *main*, la venta del control de posición *position* y *position [%]*, la venta del control de velocidad *speed* y *speed [%]*, el botón de paro e inicialización del proceso *run/stop*, el botón de modo *automatic* o *manual* y para la ventana del control de posición también cuenta con un botón para determinar el cero *zero lignment*.

En el centro de la ventana cuenta con tres secciones: la primera es *process indications*, se puede visualizar las variables en tiempo real del proceso se encuentra tres indicadores como lo son: el *set point*, *process variable* y *controller output*, el segundo es *controller value*, el cual se ingresa el valor del *set point* y del *controller output* en modo manual y se lee la variable *process variable*, se debe tener en cuenta que para el control de posición el rango es de -360° a 360° y para el control de velocidad el rango es de -45 rpm a 45 rpm y el tercero se encuentra con *PID controller panel* aquí se ingresara los valores de los limites inferiores

y superiores estos valores son -10 V y 10 V respectivamente, se puede visualizar el error, activar y desactivar las constantes del PID y además de ingresar los valores de K_p , T_i y T_d .

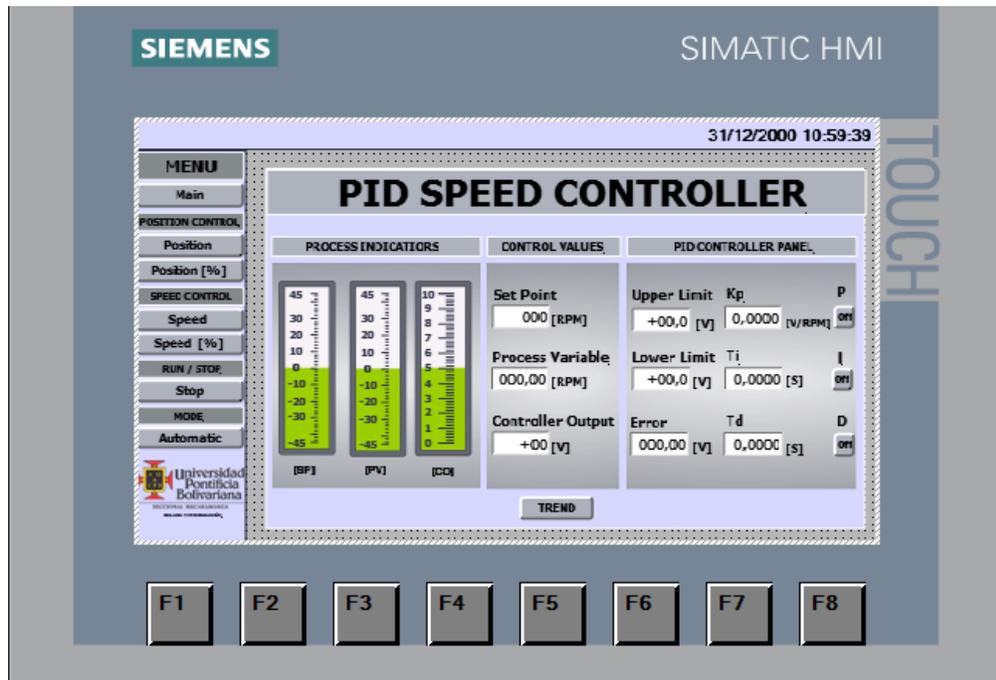


Figura 8. Ventana del controlador de velocidad. **Fuente:** Autor.

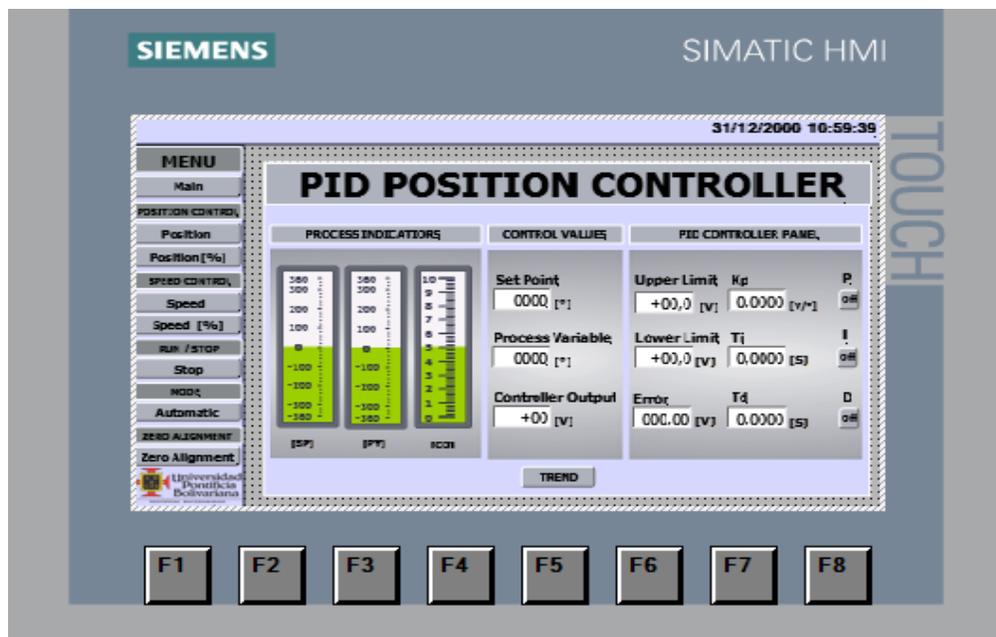


Figura 9. Ventana del controlador de posición. **Fuente:** Autor.

Las ventanas del controlador de posición y velocidad cuentan con un botón inferior en el centro llamado *trend*, el cual muestra la gráfica de las variables *set point*, *controller output* y *process variable* en el tiempo, como lo muestra en las figuras 10 y 11.

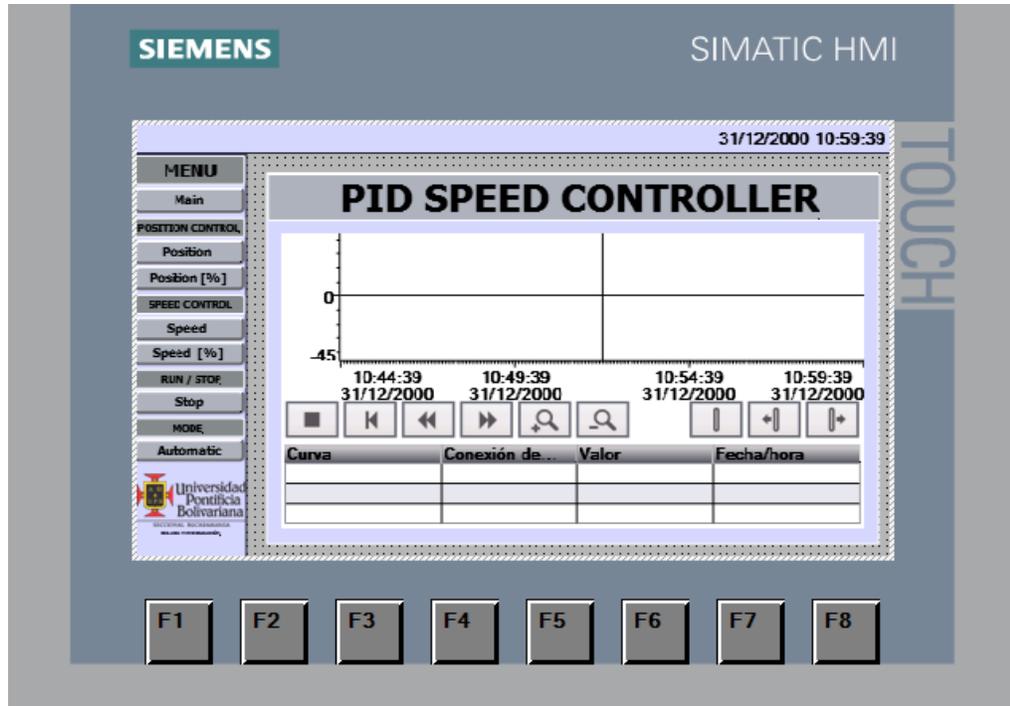


Figura 10. Ventana *trend* del controlador de velocidad. Fuente: Autor.

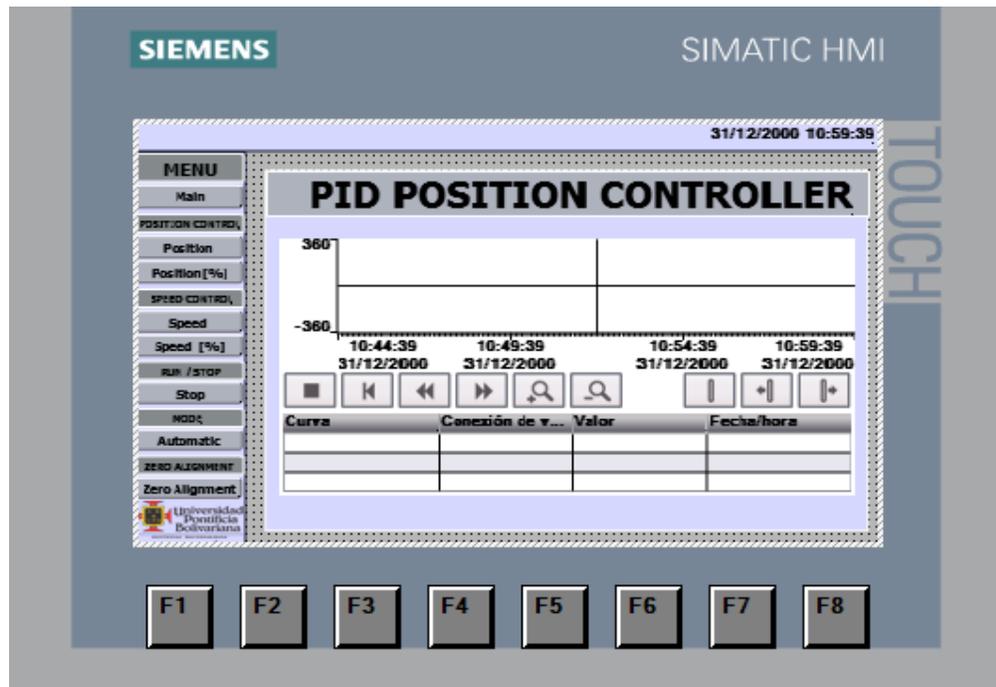


Figura 11. Ventana *trend* del controlador de posición. Fuente: Autor.

La figura 12 y 13 se observa los controladores de velocidad y posición en porcentaje respectivamente, contienen el mismo diseño de las ventanas de los controladores en unidades reales de velocidad y posición con su respectivo menú y las tres secciones en el centro de la ventana, lo que las diferencia son los valores que se ingresan en el *set point*, *process variable* y *controller output*, *upper limit* y *lowe limit* ya que se estos rangos son -100 % a 100 %.

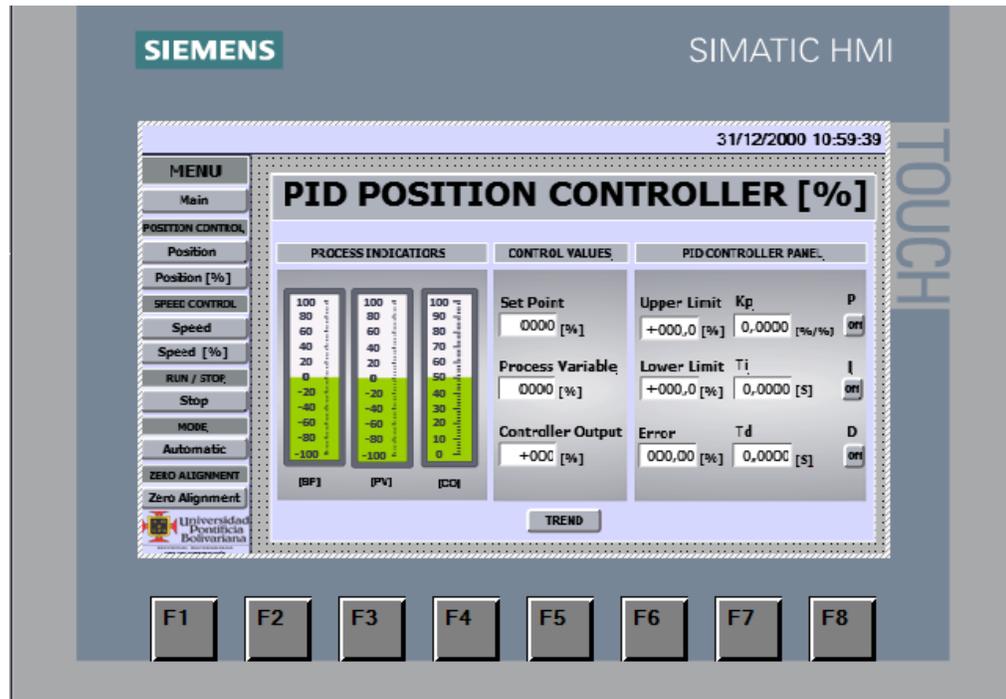


Figura 12. Ventana del controlador de velocidad en porcentaje. Fuente: Autor.

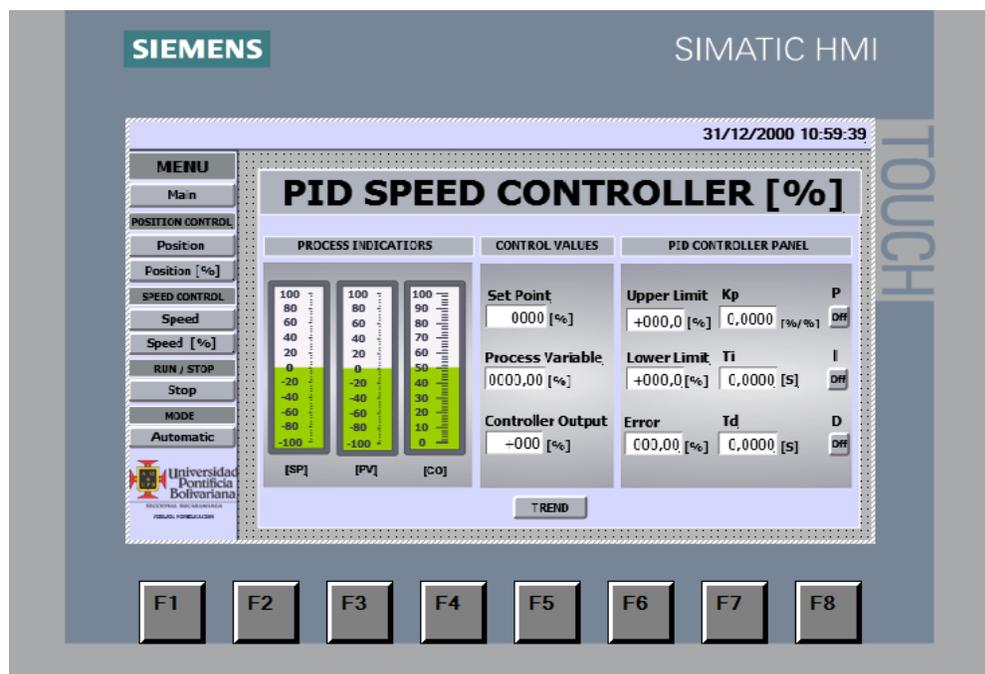


Figura 13. Ventana del controlador de posición en porcentaje. Fuente: Autor.

En las figuras 14 y 15 se puede observar las *trends* de velocidad y posición respectivamente, estas graficas tiene las tres variables *set point*, *controller output* y *process variable* en valores porcentuales.

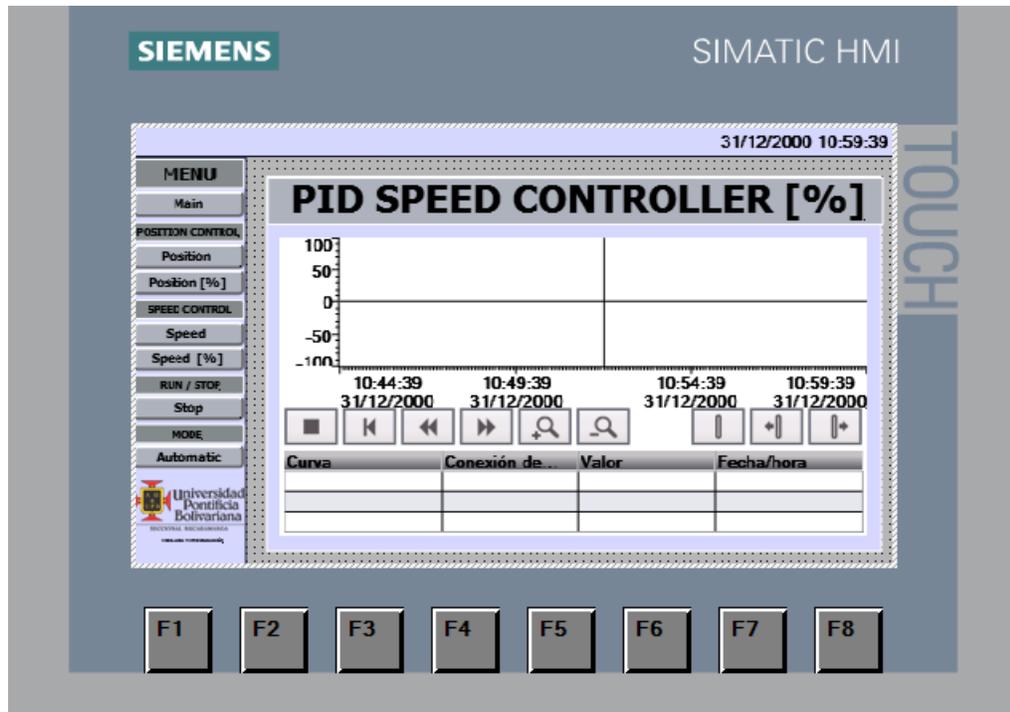


Figura 14. Ventana *trend* del controlador de velocidad en porcentaje. **Fuente:** Autor.

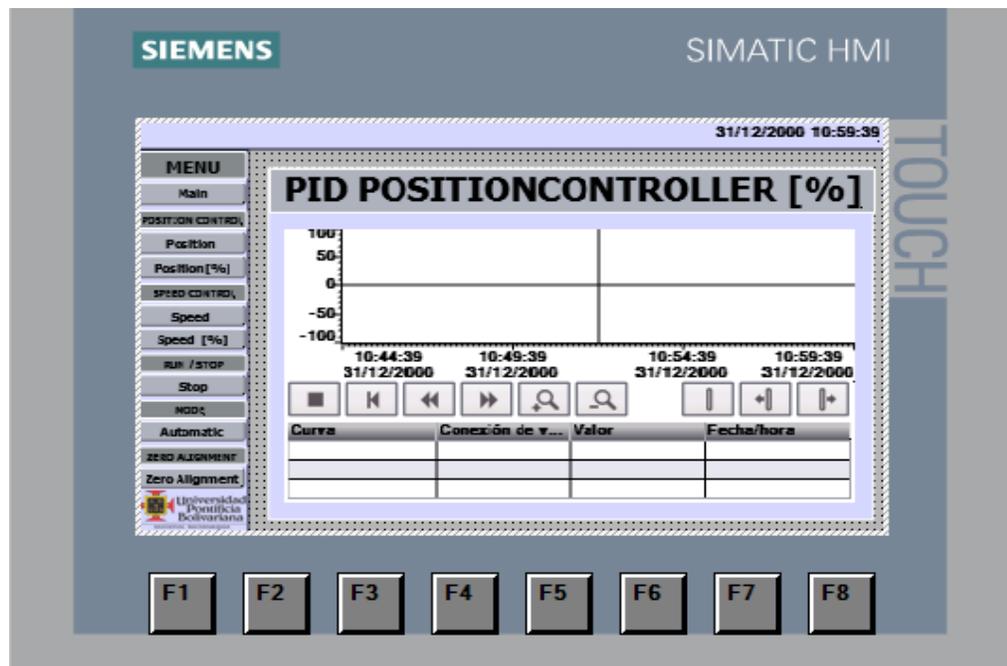


Figura 15. Ventana *trend* del controlador de posición en porcentaje. **Fuente:** Autor.

6.6.2 HMI WinCC Runtime Advanced

La figura 16 se muestra la ventana principal, al hacer clic en *LOGIN* se desliza una ventana auxiliar donde se ingresa el usuario y la contraseña asignada para tener acceso a la *HMI*.



Figura 16. Ventana principal *HMI WinCC Runtime Advanced*. **Fuente:** Autor.

A continuación, de la figura 17 a la 20 se muestra la implementación de las ventanas de la *HMI WinCC Runtime Advanced*, la cual cuenta con las mismas características de las mostradas anteriormente en la *HMI SIMATIC HMI KTP 700 BASIC PN*, sin embargo, las ventanas de *trends* ya no se encuentran por separado de cada control, si no en cada ventana del control está incluida en la parte central inferior de la pantalla.

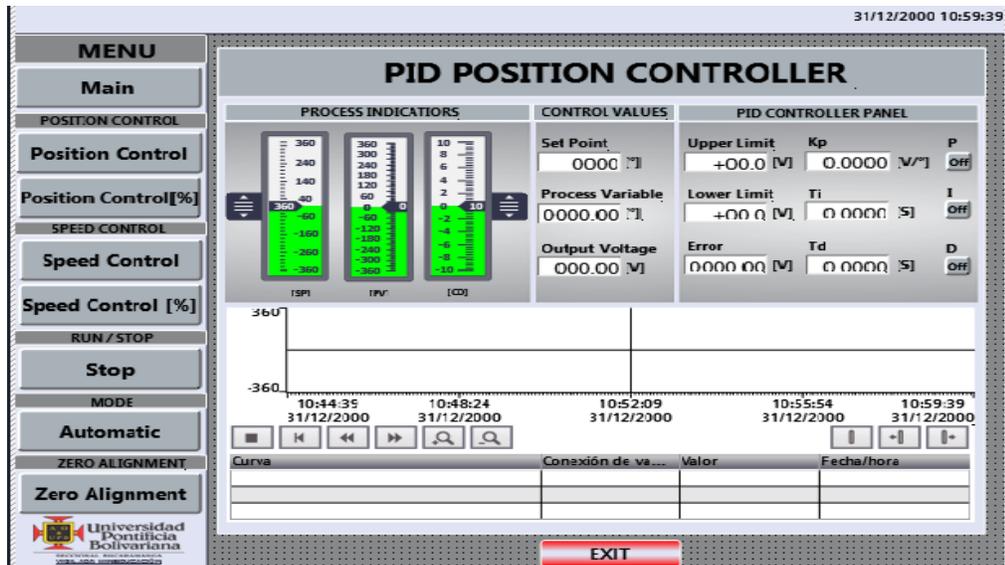


Figura 17. Ventana del controlador de posición *HMI WinCC Runtime Advanced*. **Fuente:** Autor.

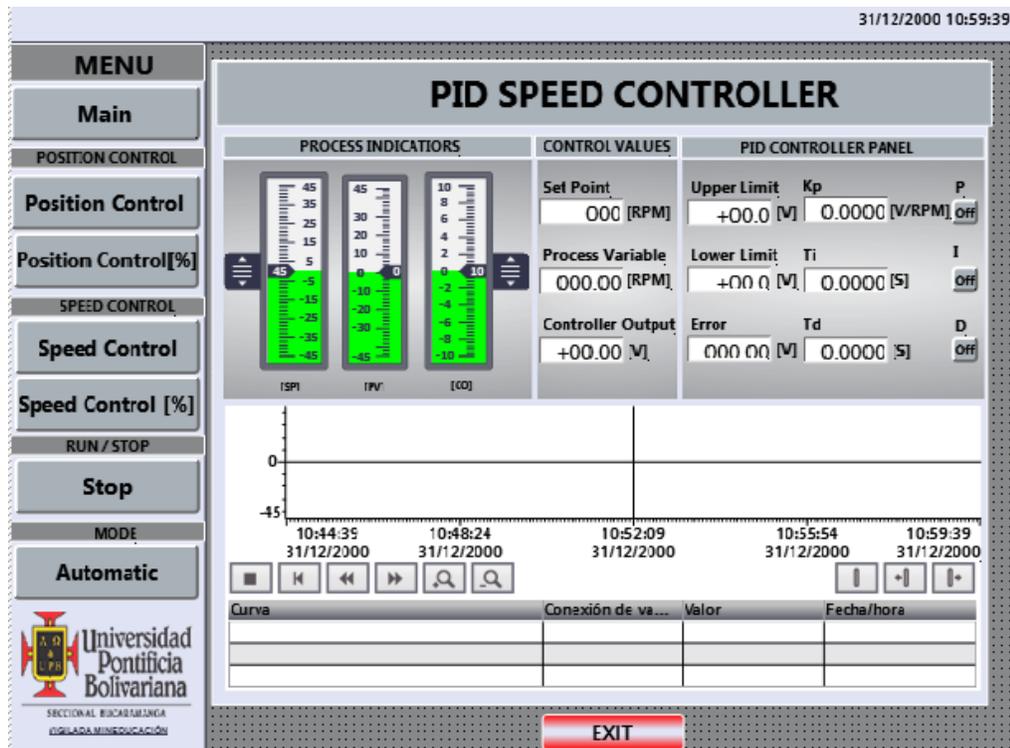


Figura 18. Ventana del controlador de velocidad *HMI WinCC Runtime Advanced*. Fuente: Autor.

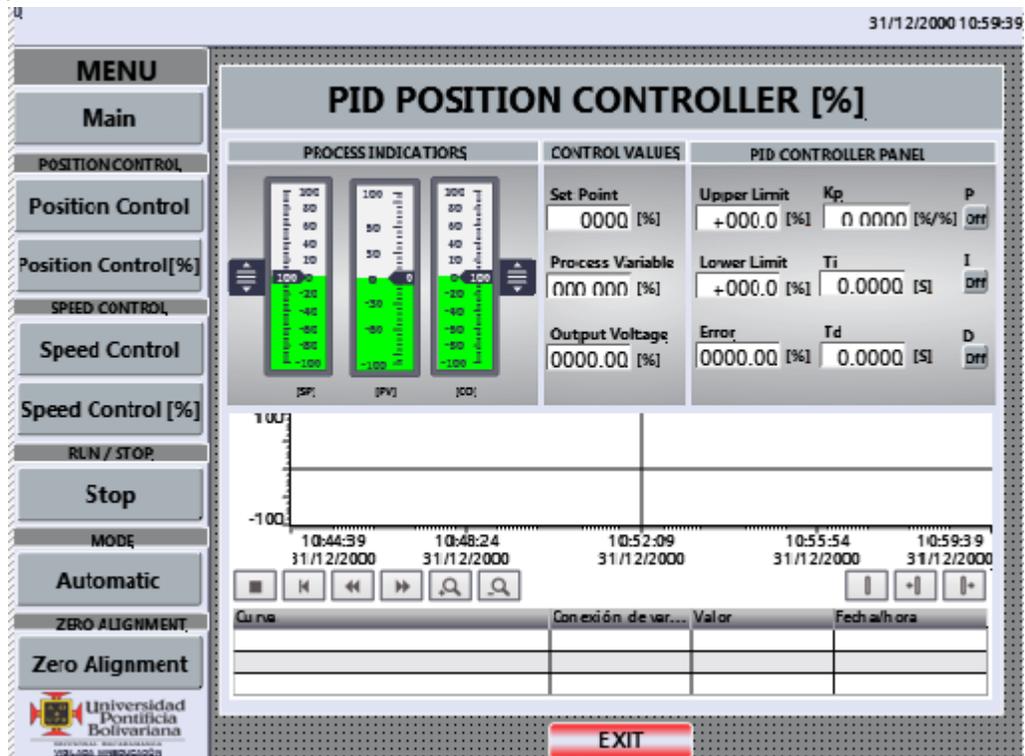


Figura 19. Ventana del controlador de posición en porcentaje *HMI WinCC Runtime Advanced*. Fuente: Autor.

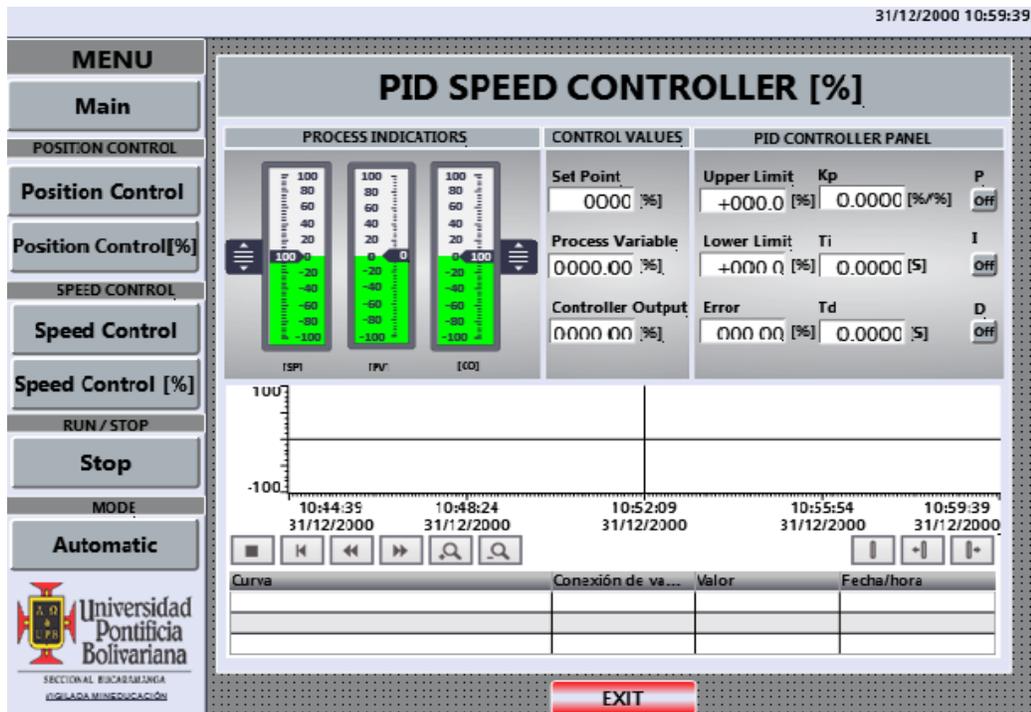


Figura 20. Ventana del controlador de velocidad en porcentaje *HMI WinCC Runtime Advanced*. **Fuente:** Autor.

6.7 Sintonización del módulo de control de posición o velocidad

Para la identificación del módulo de velocidad se usó S7trend, debido que al utilizar los ficheros con los que cuenta *WinCC Runtime Advanced* para la base de datos el tiempo de archivación sólo es posible utilizar un muestreo de 1 segundo que no son suficientes para la realizar la identificación del proceso, como se muestra en la figura 21.

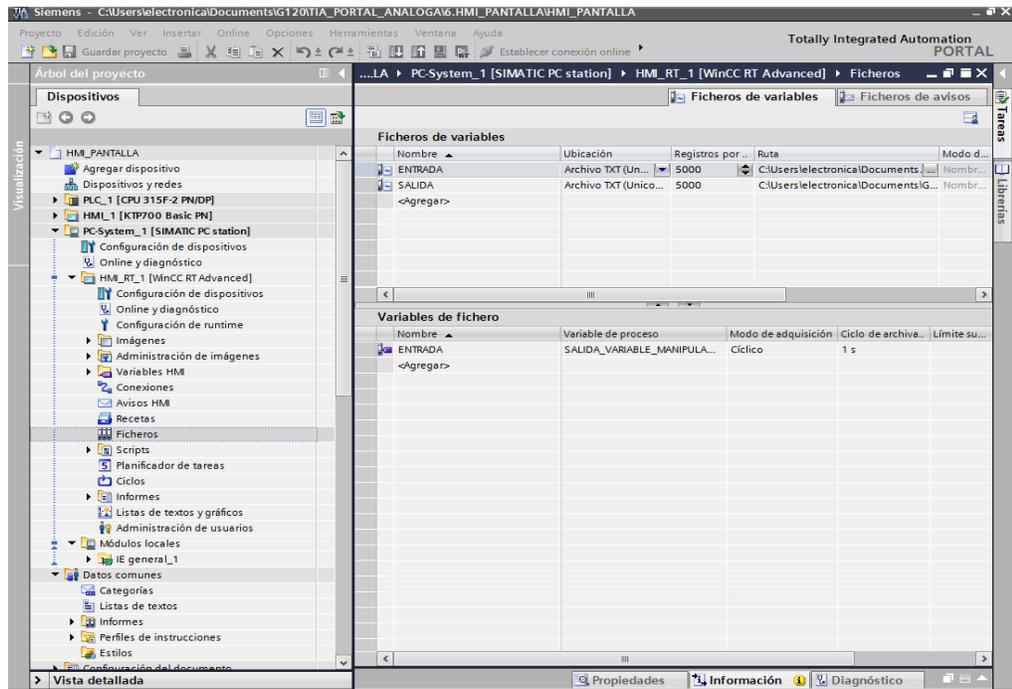


Figura 21. Ficheros en WinCC Runtime Advanced. **Fuente:** Autor.

Para ello se usó S7trend, que permite modificar el tiempo de captura dependiendo de las necesidades, para este caso el FM 350-1 se parametrizó con un tiempo de medición de 10 mS, Por lo tanto se ha seleccionado este mismo tiempo de muestreo en el S7trend, tal y como se muestra en la figura 22.

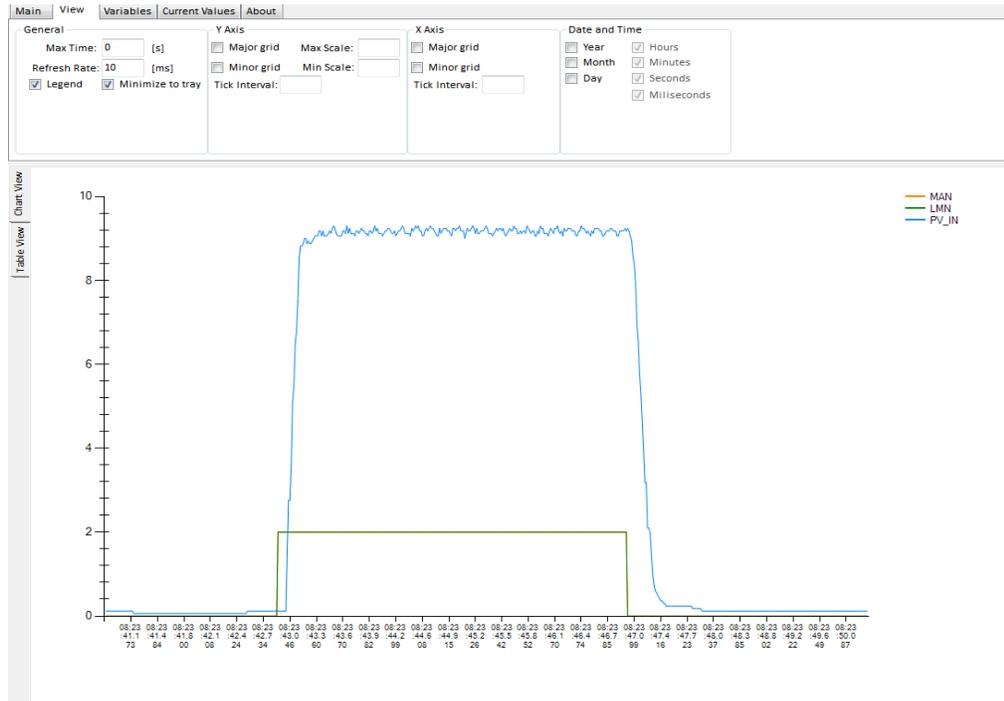


Figura 22. Tiempo de actualización S7trend. **Fuente:** Autor.

Para tener una conexión entre S7trend y el PLC, se debe colocar la dirección IP, Rack y Slot que se encuentra la CPU, una vez terminado esto se debe llamar la carpeta donde se va archivar la base de datos, queda guardado en un CSV, estos pasos de conexión se muestra en la figura 23.

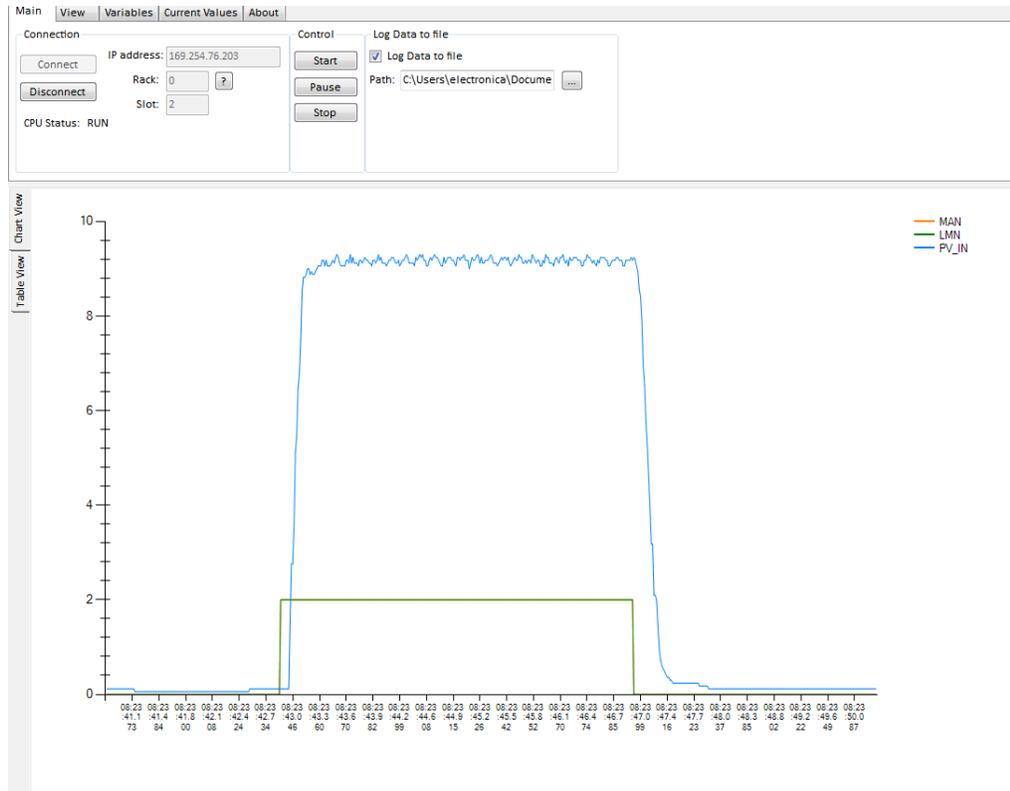


Figura 23. Conexión entre S7trend y la CPU. **Fuente:** Autor.

Se tomaron 128 datos para la sintonización del control de velocidad, que posteriormente se usaron en Matlab, como se muestra en la figura 24.

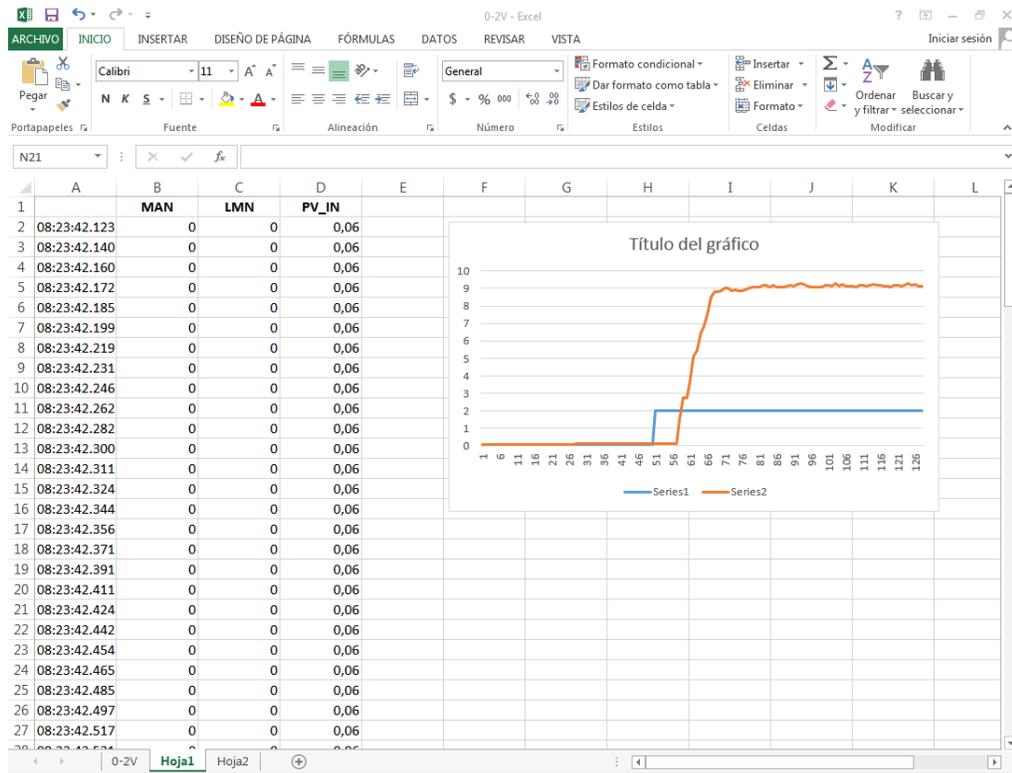


Figura 24. Base de datos. **Fuente:** Autor.

Las variables que se utilizarón en el controlador en lazo abierto como entrada es LMN (MD92) y como salida PV_IN (MD890), una vez identificada la entrada y la salida se exportan estos datos a Matlab y con la herramienta *Ident de System Identification Toolbox* que determina el modelo matemático del sistema. En esta herramienta se determinaron varios modelos, el primero de primer orden y con *delay*, el segundo es de primero de primer orden y sin *delay* y el tercero es de segundo orden y sin *delay*, como se muestra en la figura 25.

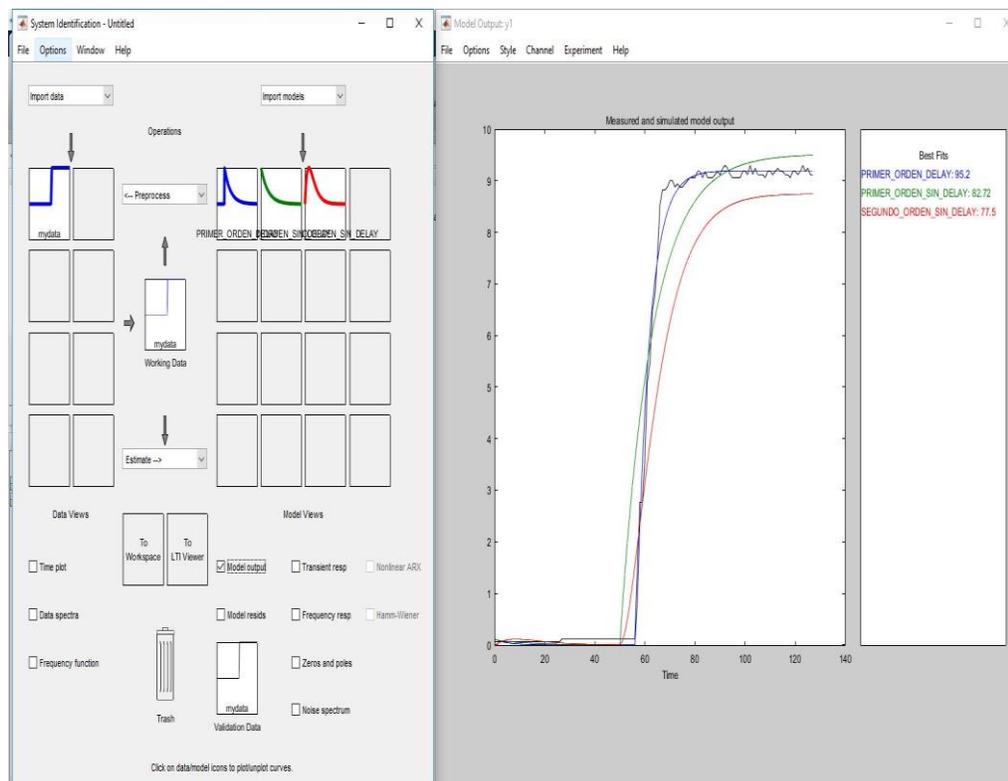


Figura 25. Identificación del control de velocidad utilizando *Ident*. **Fuente:** Autor.

Se determinó que el mejor ajuste lo tenía la función de transferencia de primer orden con *delay*, así mismo se repitieron los anteriores pasos para diferentes rangos de la entrada del controlador en lazo abierto, como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Función de transferencia de primer orden con *delay*.

Entrada	K	TP1	TD	FITS
0-2 V	4,5979	5,109	6,526	95,18%
0-4 V	4,5932	10,894	7,9	93,5%
0-6 V	4,6443	17,088	8,895	92,55%
0-8V	4,9111	27,264	9,558	90,56%
0-9V	4,6672	25,728	11,507	91,58%
0-10V	4,9644	35,077	10,784	88,50%

Fuente: Autor.

Como se puede observar en la anterior tabla, el rango entre 0 a 2 V cuenta con el mejor ajuste, por lo tanto fue el modelo matemático que se utiliza para la sintonización, como se muestra en la figura 26.

```

>> PRIMER_ORDEN_DELAY

PRIMER_ORDEN_DELAY =
Process model with transfer function:
      Kp
G(s) = ----- * exp(-Td*s)
      1+Tp1*s

      Kp = 4.5979
      Tp1 = 5.109
      Td = 6.526

Name: PRIMER_ORDEN_DELAY
Parameterization:
  'PID'
  Number of free coefficients: 3
  Use "getpvec", "getcov" for parameters and their uncertainties.

Status:
Estimated using PROCEST on time domain data "mydata".
Fit to estimation data: 95.18%
FPE: 0.04642, MSE: 0.04429

```

Figura 26. Función de transferencia de primer orden con *delay* en *ident*. **Fuente:** Autor.

Una vez obtenido el modelo matemático, usando la herramienta de *Simulink* de Matlab se realiza el diagrama de bloques, como se muestra en la figura 27, en el bloque *PID controller* se utiliza un *PID advanced* modificando la saturación de salida entre -10 V a 10 V, finalmente con la ayuda de la herramienta *autotuning* se sintonizó el controlador PID, como se muestra en la figura 28.

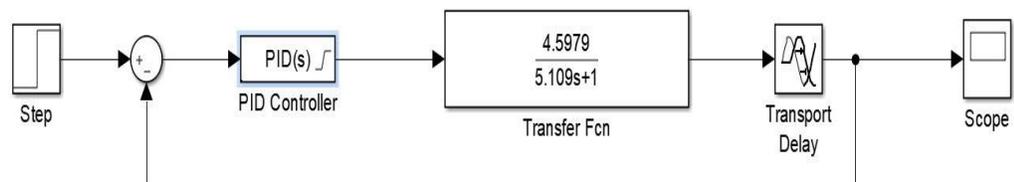


Figura 27. Diagrama de bloque para el módulo de velocidad. **Fuente:** Autor.

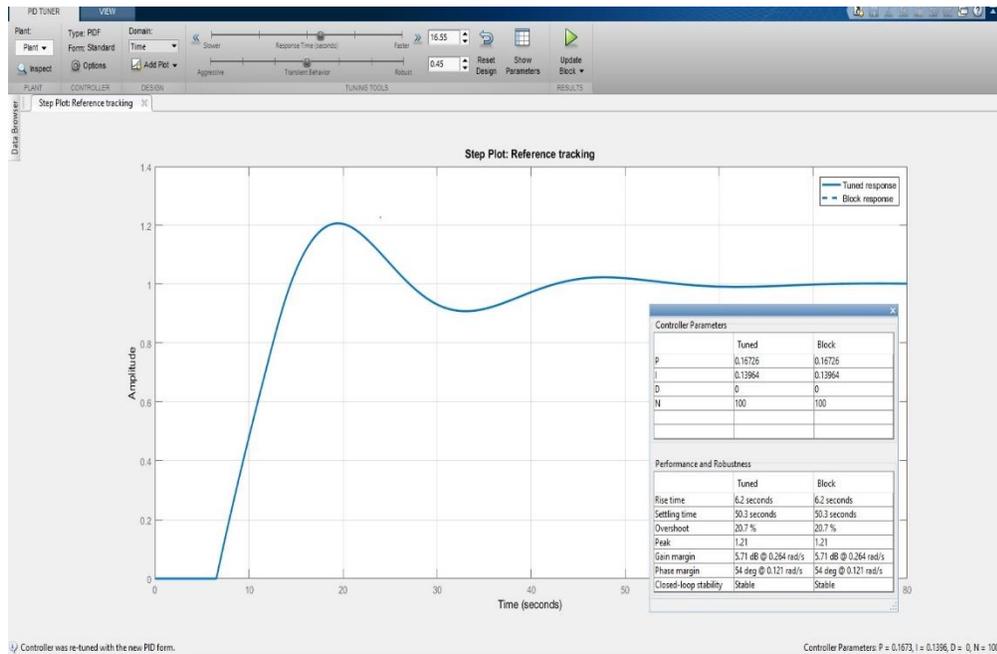


Figura 28. Autotuning del bloque PID para el módulo de velocidad. **Fuente:** Autor.

Una vez determinado los parámetros del controlador, se exporta el controlador a *Matlab workspace*, se obtiene para el controlador de velocidad PI con los siguientes parámetros $K_p=0.167$ y un $T_i=7.16$, como se puede observar en la figura 29.

```

C =

      Kp * (1 + ---- * ----)
                Ti      s

with Kp = 0.167, Ti = 7.16

Continuous-time PI controller in standard form

```

Figura 29. Parámetros del controlador de velocidad. **Fuente:** Autor.

Finalmente para el control de posición se tuvo en cuenta el modelo matemático anterior del control de velocidad, tal y como se muestra en la figura 30 y se realizó el diagrama de bloques. También se usó la herramienta *autotuning* como se puede observar en la figura 31, una vez obtenido los parámetros del controlador se exportan a *Matlab workspace*, este PID cuenta con una constante $K_p=0.0277$, $T_i=25.7$, y un $T_d=5.07$.

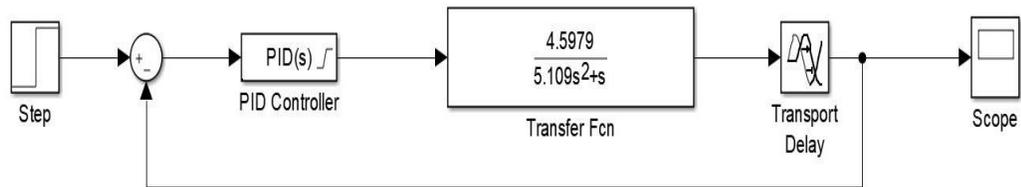


Figura 30. Diagrama de bloque para el módulo de posición. **Fuente:** Matlab.

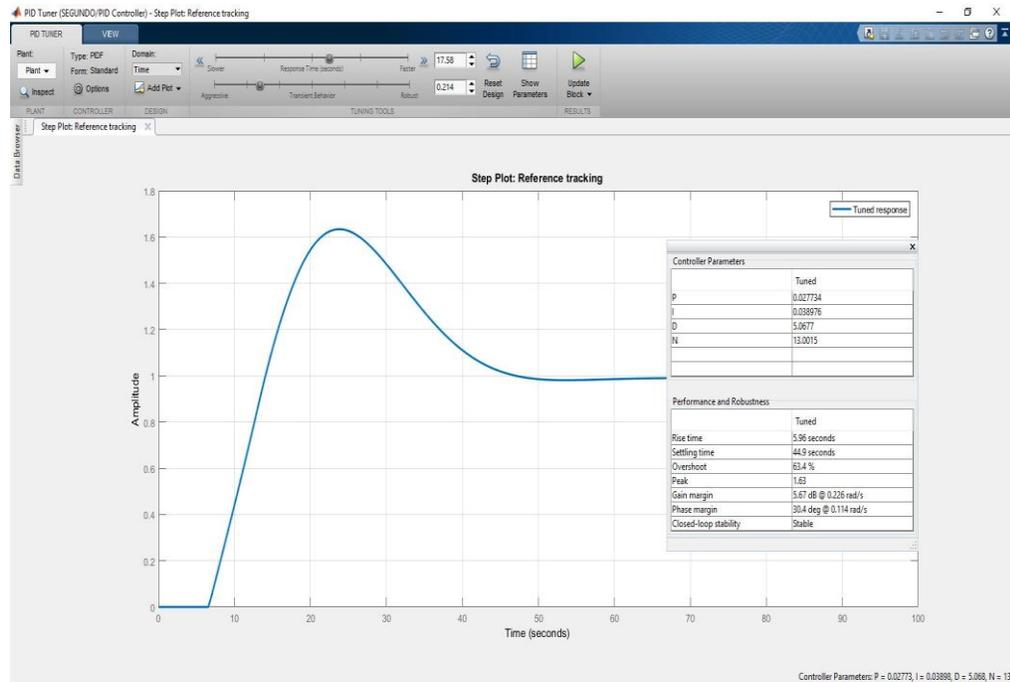


Figura 31. Autotuning del bloque PID para el módulo de posición. **Fuente:** Autor.

$$C = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_i} \cdot \frac{1}{s} + T_d \cdot \frac{s}{(T_d/N) \cdot s + 1} \right)$$

with $K_p = 0.0277$, $T_i = 25.7$, $T_d = 5.07$, $N = 65.9$

Continuous-time PIDF controller in standard form

Figura 32. Parámetros del controlador de posición. **Fuente:** Autor.

Capítulo 7

Conclusiones

En el desarrollo de este trabajo de grado se logró documentar y dibujar el sistema de control de posición y velocidad, con sus respectivos parámetros, características, equipos que se usaron en el proyecto y planos eléctricos tanto del *control unit 3*, como del *motion control system 3*, finalmente se comprobó que tan eficiente y útil es el módulo de funciones FM 350-1.

Se propuso un diagrama de flujo funcional para la interfaz *HMI*, donde se describe paso a paso el funcionamiento del control de posición y velocidad tanto para modo manual como para el modo automático con sus respectivas unidades de variables ya sea porcentual o grados/rpm.

Se implementó el algoritmo de control PID en el módulo de control de posición y velocidad, para ello se usó la instrucción *CONT_C* en TIA portal V13 y se sintonizó con las herramientas de Matlab.

La identificación del modelo del sistema se realizó utilizando Matlab en lazo abierto, por lo cual inicialmente se realizó la identificación del modelo de control de velocidad, una vez obtenido el modelo matemático y sus reactivas constantes puede determinar el modelo de posición añadiendo un integrar al modelo de velocidad.

Se desarrolló e implementó la interfaz hombre maquina (*HMI*) para el módulo de control de posición y velocidad, para ello se utiliza una pantalla *KTP 700 Basic PN* y un sistema de PC *WinCC Runtime Advanced* en TIA portal V13 donde se tuvo en cuenta las recomendaciones de la norma ANSI/ISA -101.01-2015.

El FM 350-1 y el encoder relativo que se usó son más económicos que un encoder absoluto, pero más complejo en la programación y parametrización, por lo tanto es recomendable trabajar con el encoder absoluto.

Capítulo 8

Recomendaciones

Se recomienda usar el módulo de funciones de posicionamiento FM351 (6ES7351-1AH02-0AE0) para marcha rápida/lenta con una conexión PROFIBUS, se puede utilizar sensores como: encoder incremental (con señales invertidas), encoder incremental (sin señales invertidas), encoder absoluto (SSI) y un sensor a 2 hilos.

Se recomienda utilizar la comunicación PROFIBUS entre el variador y el PLC S7-300, así realizar un comparativo entre la eficiencia de esta comunicación y la conexión analógica.

Se recomienda trabajar con un PLC S7-1500, permitiendo una alta eficiencia y además de contar con la nueva generación de controladores de TIA portal y de automatización.

Lista de Referencias

- [1] Rocatek. Que es un PLC (basico). [En línea] <http://www.rocatek.com/forum_plc1.php> [Citado el: 28 de marzo de 2015]
- [2] Scrib. INTRODUCCIÓN A LA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL. [En línea] <<https://es.scribd.com/doc/96345882/1-INTRODUCCION-A-LA-ELECTRONICA-INDUSTRIAL>> [Citado el: 13 de octubre de 2017]
- [3] Universidad Pontificia Bolivariana. Ingeniería Electrónica [En línea] <<https://www.upb.edu.co/es/pregrados/ingenieria-electronica-bucaramanga> > [Citado 27 de marzo de 2017]
- [4] Dávila Arévalo, Miguel Alberto. Control de posición angular de un motor de inducción utilizando un PLC Siemens S7-300. Bucaramanga, 2015, 40 hojas. Trabajo de grado (ingeniero electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería electrónica. Departamento de ingenieras. Disponible en el catálogo en línea de la biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana < <http://biblioteca.upbbga.edu.co/> > [Citado 13 de octubre del 2017]
- [5] Castellanos Diaz, José Carlo. Implementación de una interfaz hombre máquina para la operación del módulo de control de posición o velocidad del laboratorio de electrónica industrial. Bucaramanga, 2015, 73 hojas. Trabajo de grado (ingeniero electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería electrónica. Departamento de ingenieras. Disponible en el catálogo en línea de la biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana < <http://biblioteca.upbbga.edu.co/> > [Citado 13 de octubre del 2017]
- [6] Quintero Ramírez, Héctor Fernando. Implementación de una interfaz gráfica con Matlab para la operación de un módulo de control de posición y velocidad utilizando un OKC S7-300 de la empresa de Siemens. Bucaramanga, 2015, 83 hojas. Trabajo de grado (ingeniero electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de ingeniería electrónica. Departamento de ingenieras. Disponible en el catálogo en línea de la biblioteca de la Universidad Pontificia Bolivariana < <http://biblioteca.upbbga.edu.co/> > [Citado 13 de octubre del 2017]
- [7] Siemens. Coated Products from Automation and Drive Technology. [En línea]] <<https://w3.siemens.com/mcms/siplus/en/siplus-extreme/Pages/Default.aspxa>> [Citado 13 de octubre del 2017]
- [8] Siemens. CPU 315F-2 PN/DP. [En línea] <<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Products/10030191>> [citado 20 de marzo del 2017]
- [9] SIMATIC Micro Memory Cards für S7-300 und ET 200S jetzt lieferbar. [En línea] <<https://support.industry.siemens.com/cs/document/9539132/-simatic-micro-memory->

cards-f%C3%BCr-s7-300-und-et-200s-jetzt-lieferbar-?dti=0&dl=de&lc=en-WW>[citado 20 de marzo del 2017]

[10] Siemens. SINAMIC G120- Variador de frecuencia modulador [En línea] <http://www.coevagi.com/Docs/Si_G120.pdf> [citado 13 de octubre del 2017]

[11] Siemens. SINAMIC G120 convertidor de frecuencia control units Portal. [En línea] <<https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/Puesta%20en%20marcha%20de%20variadores%20Sinamics%20G%20con%20unidades%20de%20control%20CU240E-2%20Cu240B-2%20CU240P-2.pdf>> [citado 13 de octubre del 2017]

[12] Siemens. SINAMIC BOP-2 BASIC OPERALTOR PANEL. [En línea] <https://cache.industry.siemens.com/dl/files/379/109483379/att_870493/v1/BOP2_BA20_022016_es_es-ES.pdf> [citado 13 de octubre del 2017]

[13] Nace una nueva estrella-La generación ampliada de arrancadores suaves [En línea] <<https://www.automation.siemens.com/cd-static/material/info/e20001-a094-l300-x-7800.pdf>> [citado 26 de octubre del 2017]

[14] Motor eléctrico trifásico [En línea] <https://www.ecured.cu/Motor_el%C3%A9ctrico_trif%C3%A1sico> [citado 26 de octubre del 2017]

[15] Motores trifásicos Siemens [En línea] <<http://www.jnvingenieros.com/Web/CATALOGOS/10.pdf>> [citado 26 de octubre del 2017]

[16] Copadata. Interfaz hombre-máquina (HMI) [en línea] <<https://www.copadata.com/es-es/soluciones-hmi-scada/interfaz-hombre-maquina-hmi/>> [citado 20 de marzo del 2017]

[17] SIMATIC HMI KTP700 BASIC. [En línea] <<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/302298?ptdi=cx&lc=en-WW>> [citado 20 de marzo del 2017]

[18] Siemens. TIA Portal. [En línea] <http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/tia_portal/pages/tia-portal.aspx> [citado 20 de marzo del 2017]

[19] Siemens. Totally Integrated Automation Portal. [En línea] <<http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/tia-portal/pages/tiaportal.aspx>> [citado 20 de marzo del 2017]

[20] Siemens. Software in the TIA Portal. [En línea] <<http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/software/Pages/default.aspx>> [citado 20 de marzo del 2017]

- [21] SIMATIC WinCC (TIA Portal) - Runtime Software. [En línea] < <http://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/wincc-tia-portal/wincc-tia-portal-runtime/pages/default.aspx>> [citado 31 de octubre del 2017]
- [22] SIMATIC WinCC Runtime Advanced (TIA Portal). [En línea] < <http://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/wincc-tia-portal/wincc-tia-portal-runtime/wincc-runtime-advanced/Pages/Default.aspx>> [citado 31 de octubre del 2017]
- [23] PROFIBUS, el sistema exclusivo de bus de campo: el camino hacia el éxito [En línea]<<http://w3.siemens.com/mcms/automation/es/industrial-communications/profibus/pages/default.aspx>> [citado 4 de noviembre del 2017]
- [24] ¿Qué es PROFIBUS? [En línea] < <http://www.smar.com/espanol/profibus>> [citado 4 de noviembre del 2017]
- [25] Emerson Industrial Automation [En línea] < <http://www.emersonindustrial.com/es-ES/controltechniques/products/options/communicationsoptionmodules/smprofinet/Pages/default.aspx>> [citado 5 de noviembre del 2017]
- [26] PROFINET [En línea] < <http://w3.siemens.com/mcms/automation/es/industrial-communications/profinet/pages/default.aspx>> [citado 5 de noviembre del 2017]
- [27] CONTROL PID, METODOLOGÍA Y APLICACIONES [en línea] < <http://control-pid.wikispaces.com/>>[citado 5 de mayo del 2017]
- [28] QUE SON LAZOS DE CONTROL PID [en línea] < http://www.rocatek.com/forum_lazos_control.php > [Citado 6 de mayo del 2017]
- [29] CONTROL PID, METODOLOGÍA Y APLICACIONES [en línea] < <http://control-pid.wikispaces.com/> > [citado 6 de mayo del 2017]
- [30] ISA, ANSI / ISA-101.01-2015, Interfaces de máquina humana para sistemas de automatización de procesos [en línea] < <https://www.isa.org/store/ansi/isa-10101-2015,-human-machine-interfaces-for-process-automation-systems/41921133>> [citado 8 de junio del 2018]
- [31] Puesta en marcha rápida. Siemens, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2017.
- [32] Parámetros. Siemens, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2014.

Anexos

Anexo1. Referencia de los equipos

PLC S7-300-Siemens

- FUENTE ALIM. ESTABILIZADA PS307 5A-24V (6ES7307-1EA01-0AA0)
- CPU315F-2 PN/DP (6ES7315-2FJ14-0AB0) V 3.2.6
- 16 DI AND 16 DO (6ES7323-1BL00-0AA0)
- AI4/AO2 2X8BIT (6ES7334-0CE01-0AA0)
- COUNTER MODULE FM 350-1 (6ES7350-1AH03-0AE0)

Motor trifásico - Siemens

- 1LA7 073- 4YA60

Variador de velocidad- Siemens

- G120
- Sinamics BOP-2
- Sinamics CU240B-2-DP V4.7 SP6 HF1

Arrancador suave- Siemens

- Sirius 3RW3013-1BB14

Sensor inductivo-Ifm

- **IF5329 IFA3004-BPKG** (ifm 45128 essen)

Encoder relativo- autonics

- E30S4-1024-3-T-24 - autonics

Touch Panel- Siemens

- **KTP700 Basic (6AV2 123-2GB03-0AX0)**

Anexo 2. Instalación de programas.

1. El trabajo de grado se realizó en *TIA portal* v13, en la figura 1 se muestra cada uno de los programas instalados.

- *TIA portal* V13 SP1-Update 9.
- Sinamics Startdrive V13 SP1-Update 9.
- Simatic Step 7 professional V13.0 SP1-Update 9.
- WinCC Confort/Advanced V13. SP1-Update 9.

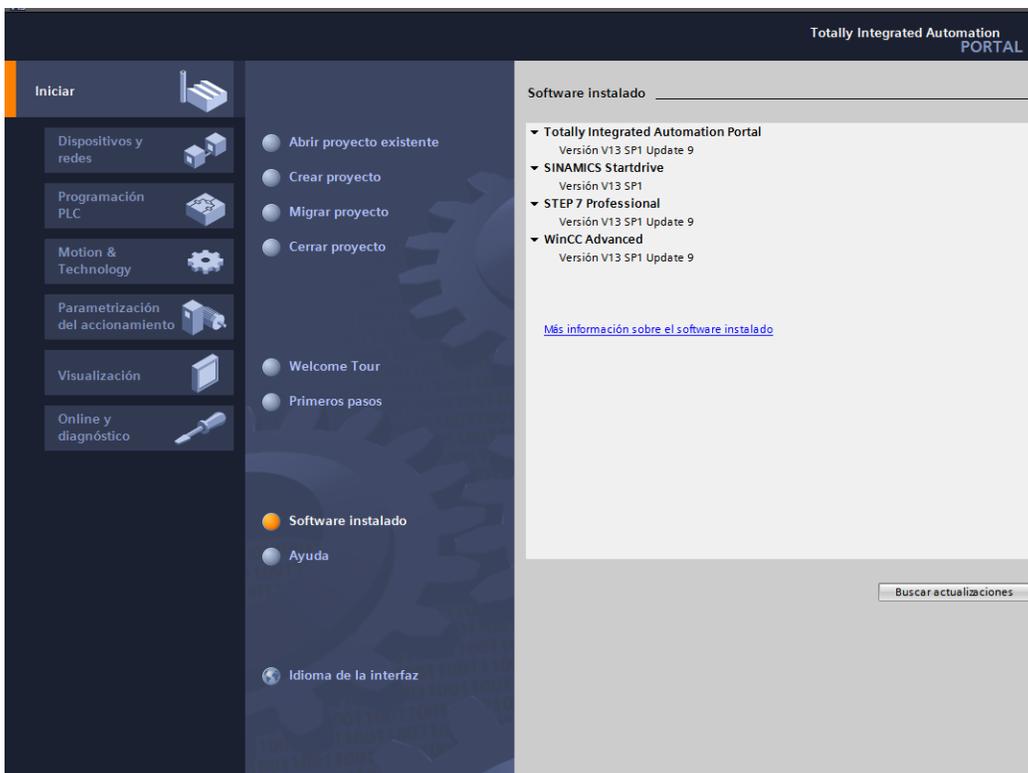


Figura 1. Software instalado. **Fuente:** Autor.

2. La dirección del *PLC* (CONTROL UNIT 03) es 169.254.76.203, para tener acceso a las direcciones se debe hacer doble clic en la CPU, como se muestra en la figura 2.

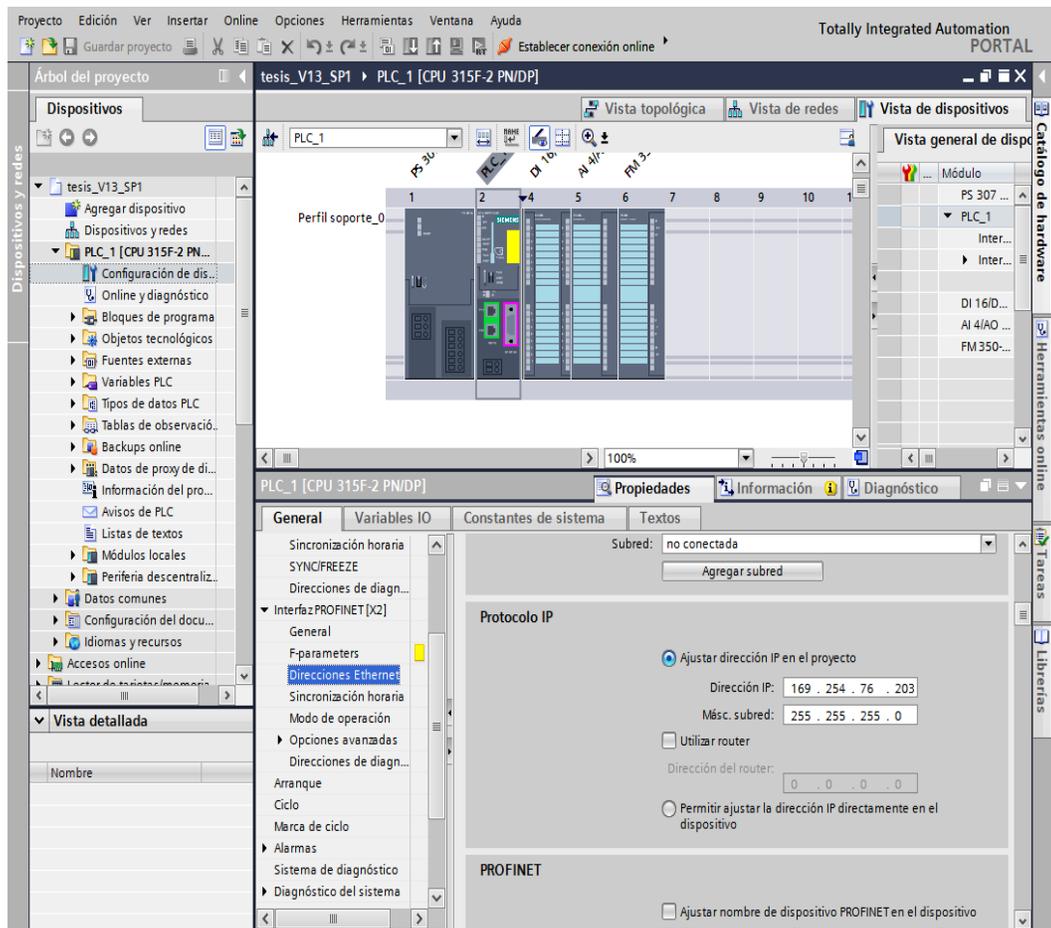


Figura 2. Dirección IP del PLC. Fuente: Autor.

3. Las direcciones de entrada y salida del módulo digital del *PLC* (CONTROL UNIT 03) es 4 y 5 respectivamente, para tener acceso a las direcciones se debe hacer doble clic, como se muestra en la figura 3.

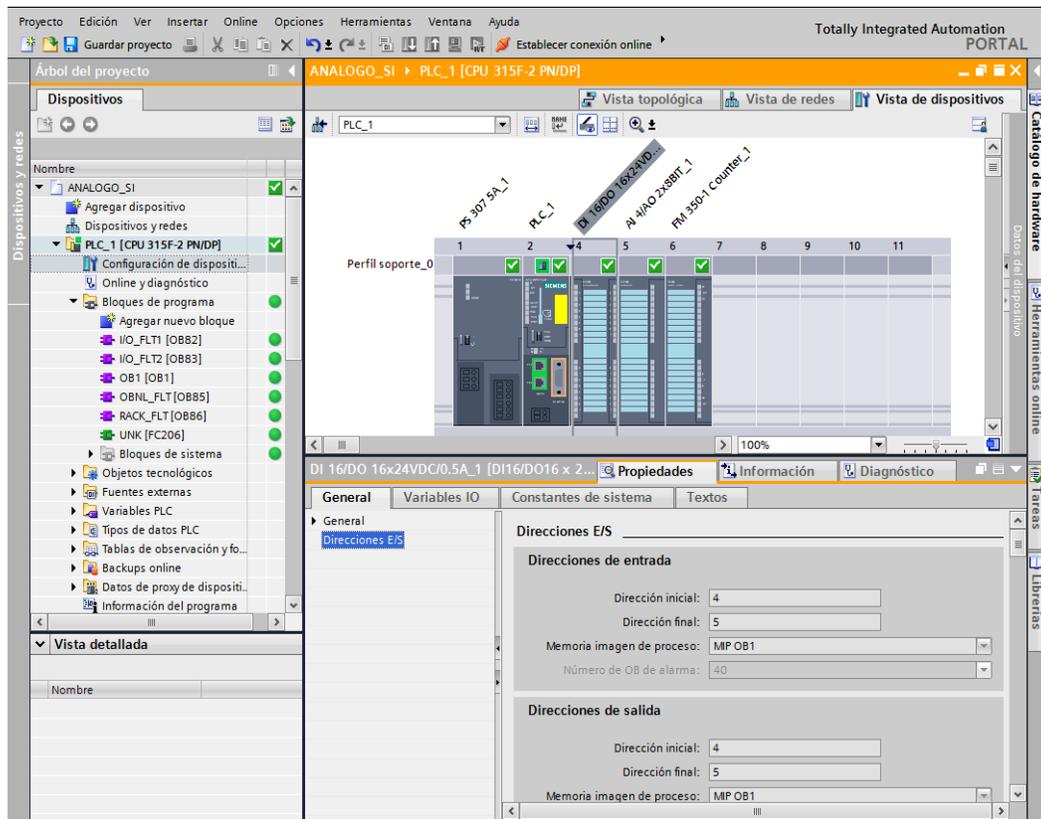


Figura 3. Direcciones de entrada y salida digitales del *PLC*. **Fuente:** Autor.

4. Las direcciones de entrada y salida del módulo análogo del *PLC* (CONTROL UNIT 03) es 277,284 y 277 y 280 respectivamente, para tener acceso a las direcciones se debe hacer doble clic, como se muestra en la figura 4.

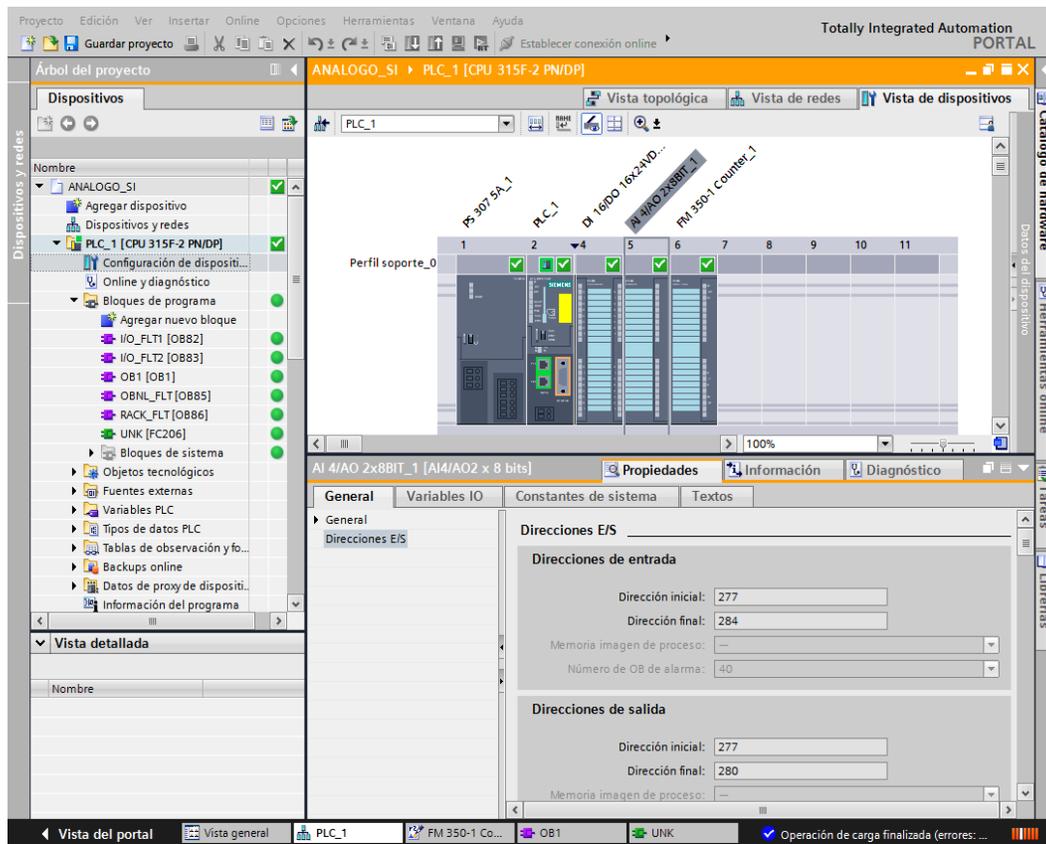


Figura 4. Direcciones de entrada y salida **análogas** del **PLC**. **Fuente:** Autor.

5. Las direcciones de entrada y salida del módulo de conteo rápido del **PLC** (CONTROL UNIT 03) es 288,303 y 288 y 303 respectivamente, para tener acceso a las direcciones se debe hacer doble clic, como se muestra en la figura 5.

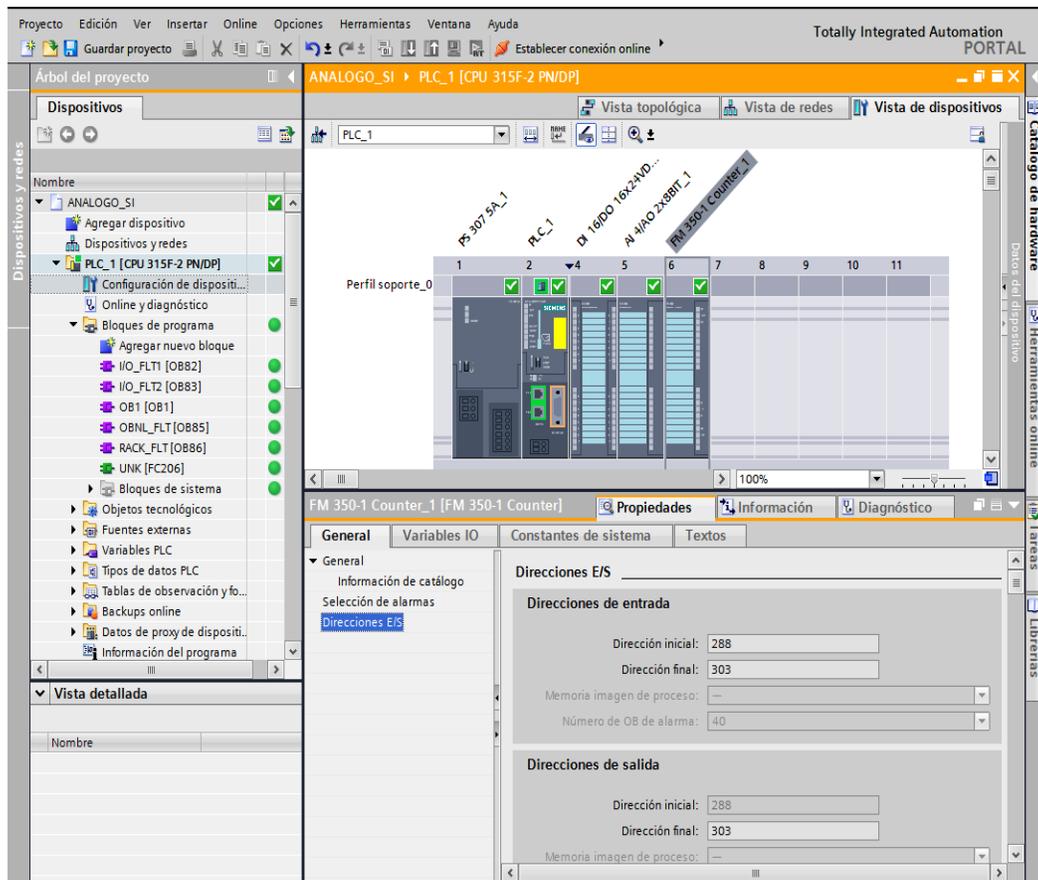


Figura 5. Direcciones de entrada y salida módulo de conteo rápido del PLC. **Fuente:** Autor.

Anexo3. Crear proyecto y configuración de dispositivos en *TIA portal V13*.

1. Inicialmente se debe hacer clic sobre Crear proyecto>Nombre del proyecto>Ruta>Autor>Crear, con estos pasos se crea el proyecto en *TIA PORTAL V13*, como se muestra en la figura 1.

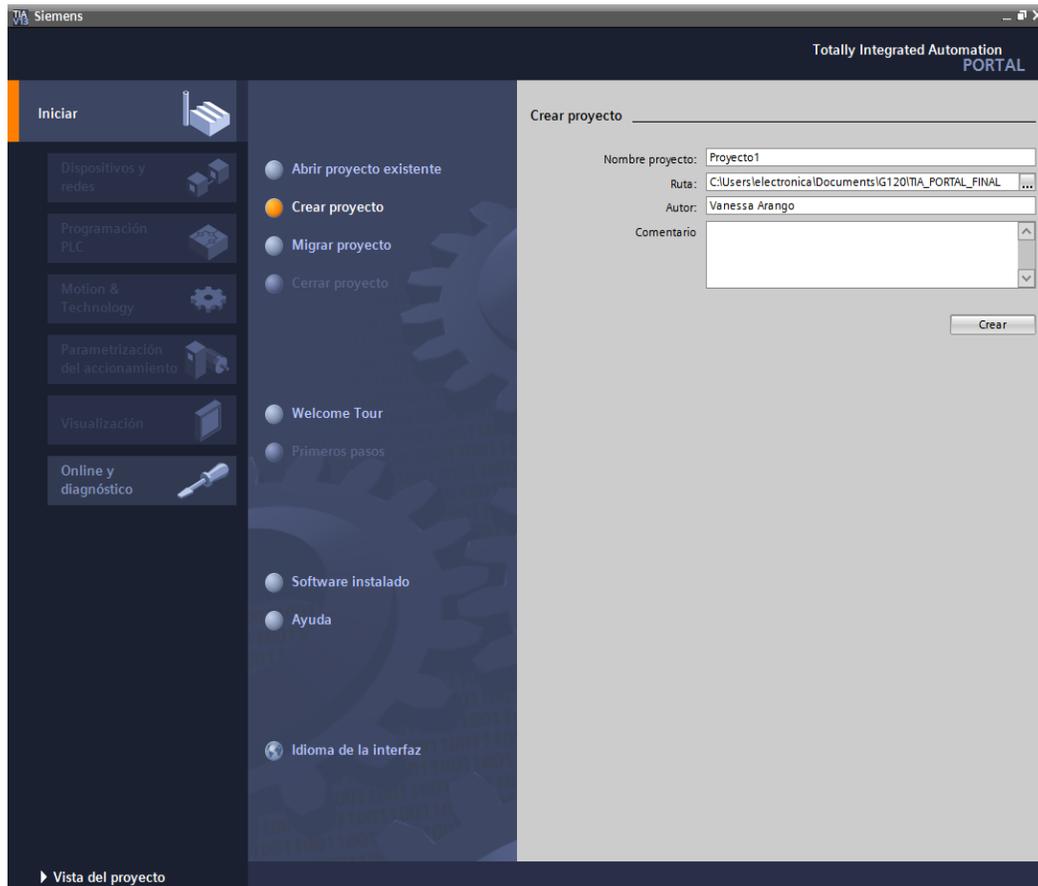


Figura1. Crear proyecto en *TIA portal*. **Fuente:** Autor.

2. Luego, se despliega una ventana donde este seleccionado Primeros pasos>configurar un dispositivo, como se muestra en la figura 2.

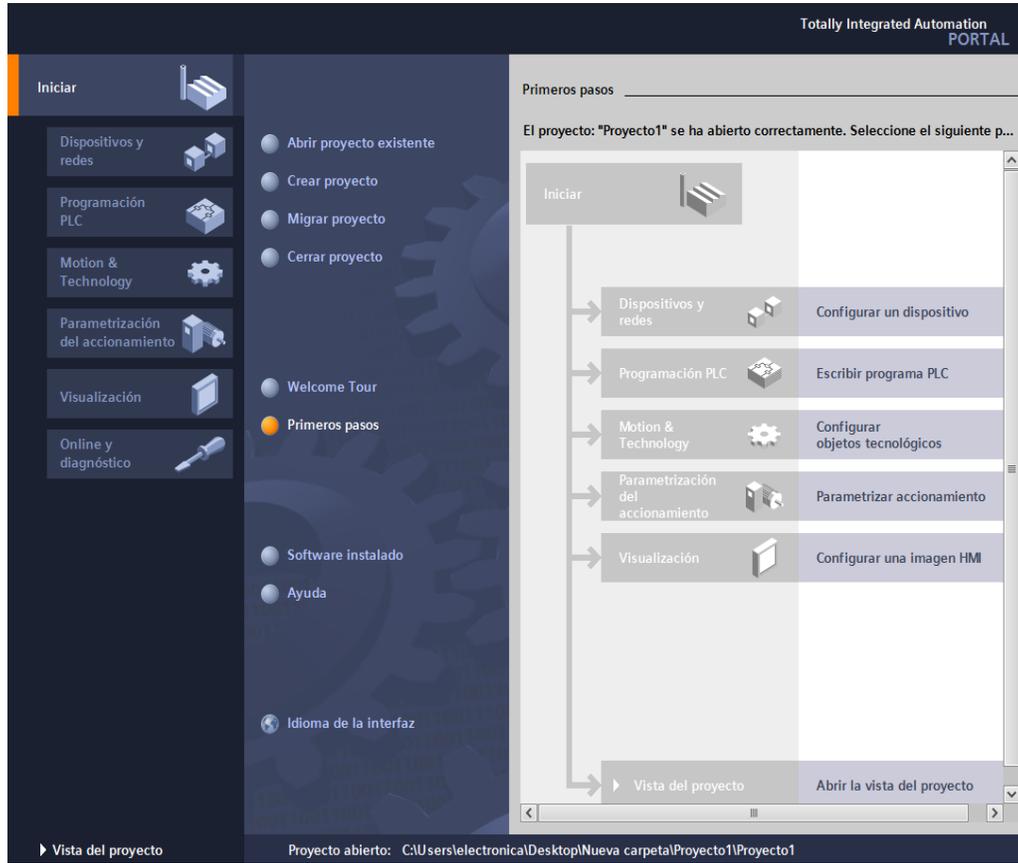


Figura 2. Primeros pasos. **Fuente:** Autor.

3. Para comenzar agregar dispositivos se debe ir a agregar dispositivos>Controladores>Simatic S7-300> CPU315F-2 PN/DP (6ES7315-2FJ14-0AB0) V 3.2.6, como se muestra en la figura 3.

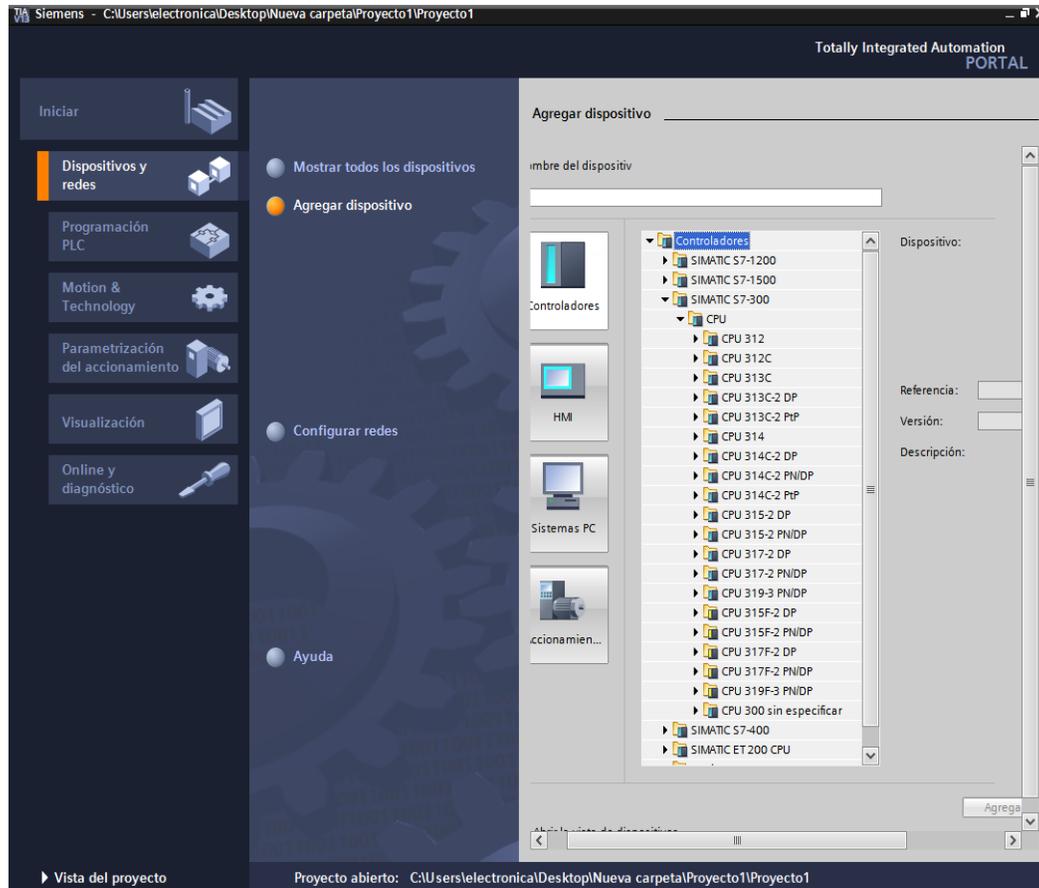


Figura 3. Agregar dispositivos. Fuente: Autor.

4. Después de tener la CPU315F-2 PN/D, se debe agregar la fuente alimentación estabilizada para ello se debe ir a Catálogo de Hardware>PS 307 5A> (6ES7307-1EA01-0AA0) este por defecto se agrega en el Slot 1, como se muestra en la figura 4.

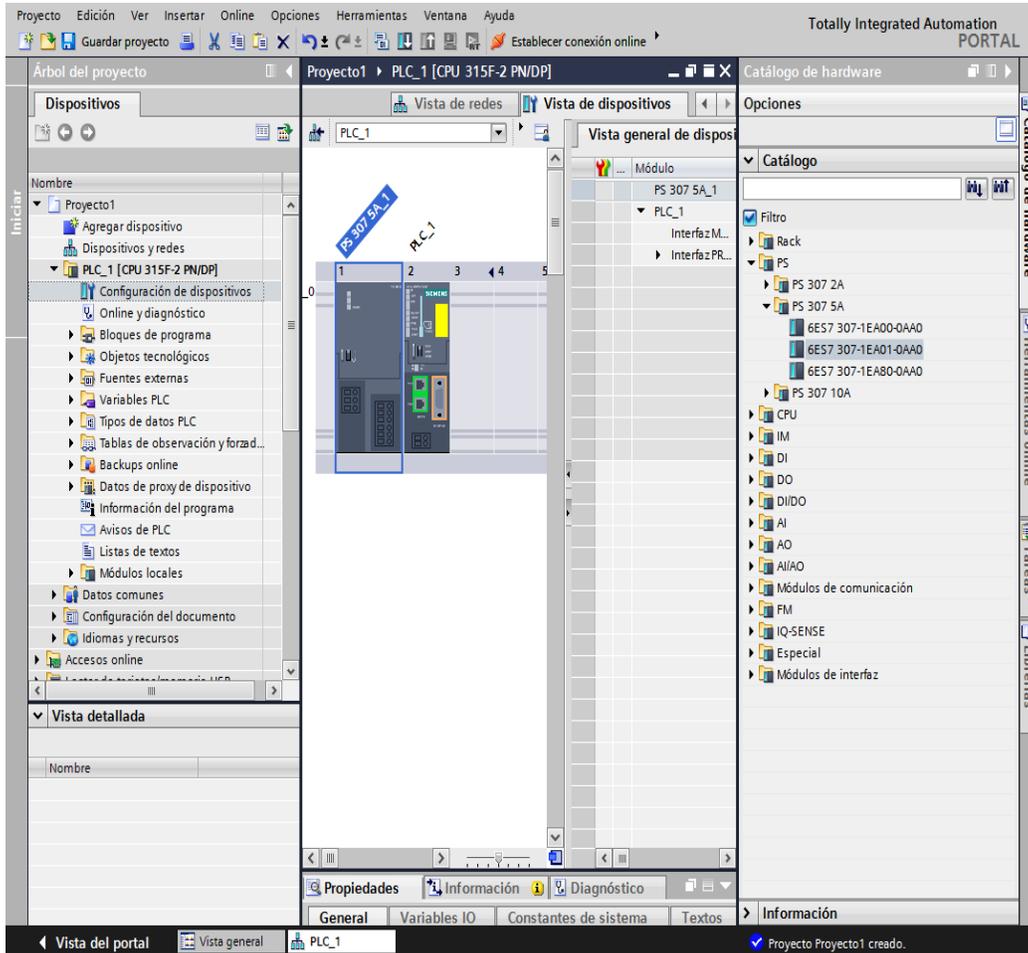


Figura 4. Fuente alimentación estabilizada. Fuente: Autor.

5. A partir del Slot 4 se agregan los módulos a utilizar, el primer módulo que se utilizo es el módulo de entradas y salidas digitales, para agregar este módulo debe ir a Catalogo de Harware>DI/DO>DI 16 DO 16X24 VDC/0.5 A> (6ES7323-1BL00-0AA0), como se muestra en la figura 5.

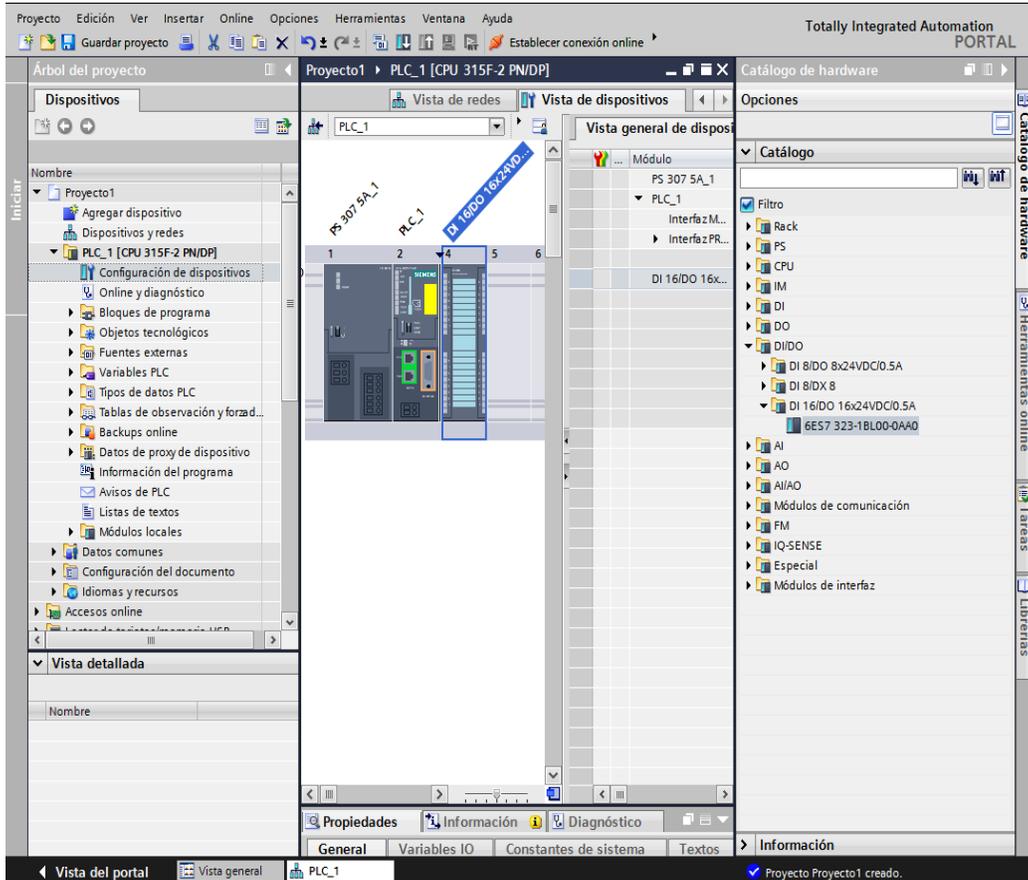


Figura 5. Entradas y salidas digitales. Fuente: Autor.

6. En el Slot 5 se el módulo de entradas y salidas **análogas**, para agregar este módulo debe ir a Catalogo de Harware>AI/AO>AI 4/AO 2X8 BIT> (6ES7334-0CE01-0AA0), como se muestra en la figura 6.

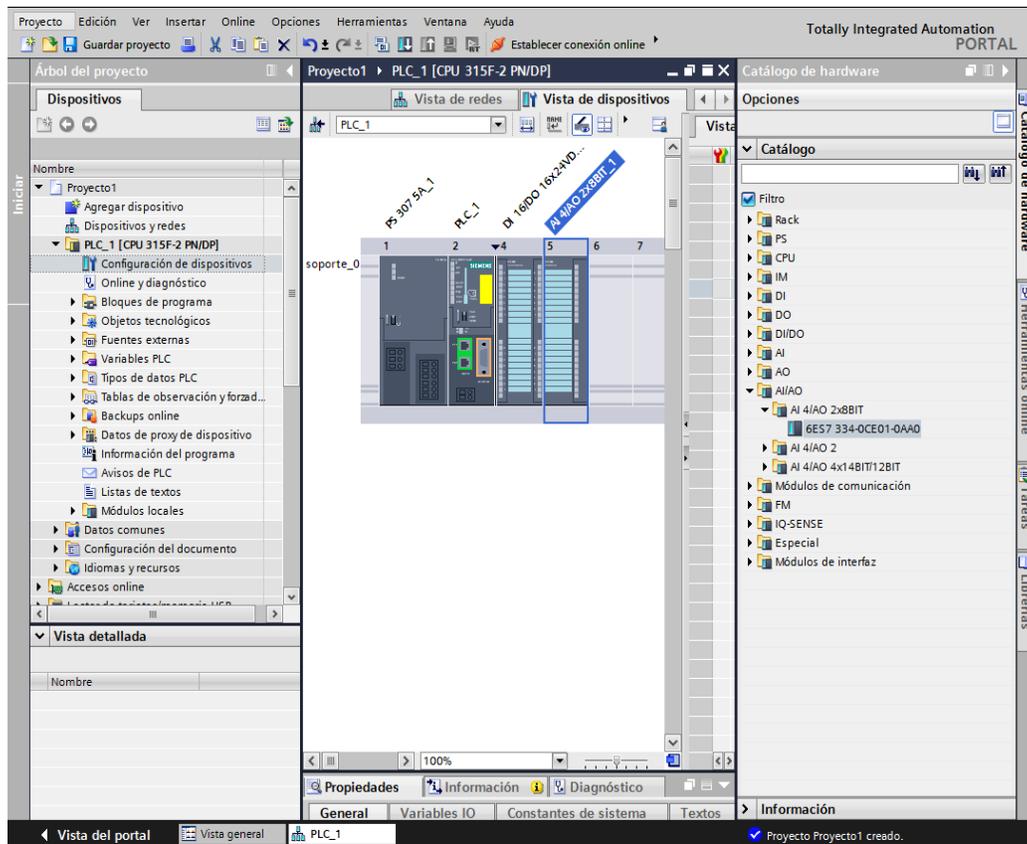


Figura 6. Entradas y salidas análogas. Fuente: Autor.

7. Finalmente, en el Slot 6 se encuentra el módulo de conteo rápido, para agregar este módulo debe ir a Catálogo de *Hardware*>FM>CONTAJE> FM 350-1, como se muestra en la figura 7.

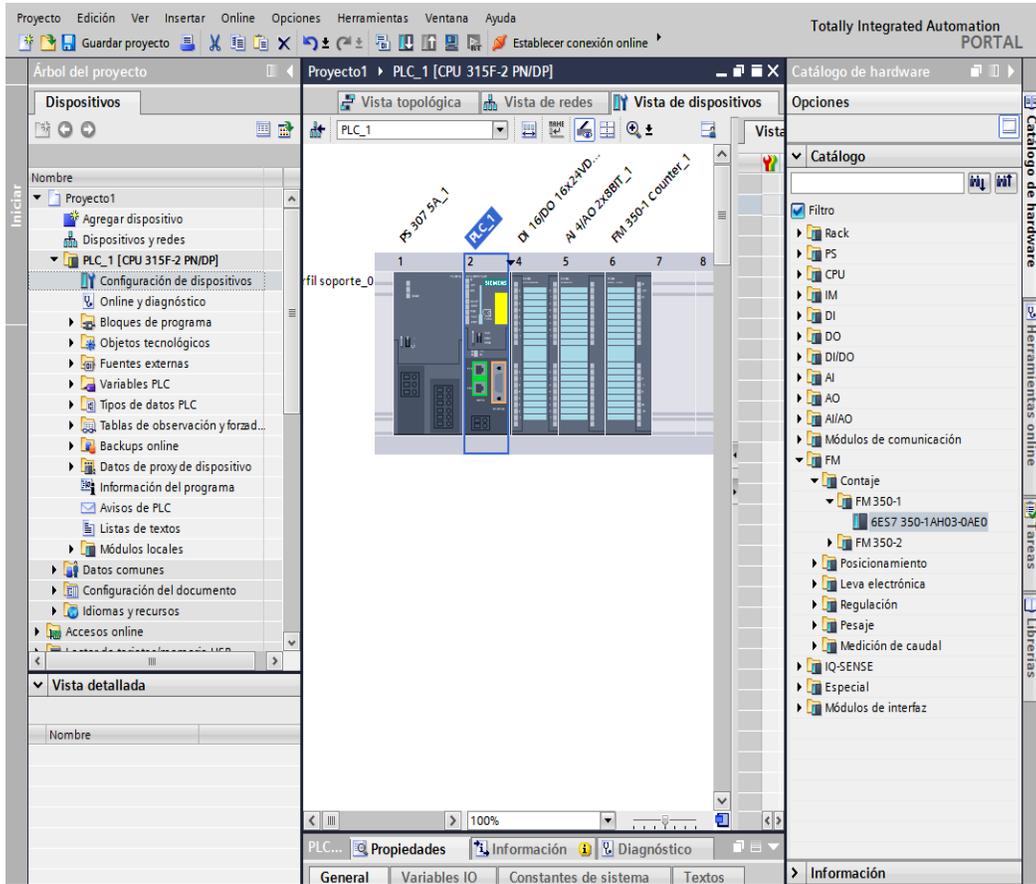


Figura 7. Módulo de conteo rápido FM 350-1. **Fuente:** Autor.

Anexo 4. Restauración de fábrica CPU SIMATIC S7-300 y de la MICRO MEMORY CARD (MMC)

1. Para poder realizar la restauración de la CPU es importante tener en cuenta los siguientes pasos:

- Primero se debe desconectar la alimentación, se podría apagar desde la fuente de alimentación¹.
- Segundo, se debe extraer la MMC de la CPU¹.
- Tercero, Mantener en posición MRES y conectar la alimentación¹.
- Cuarto, debe encender los LEDS de la primera imagen de la figura 1¹.
- Quinto, suelte el selector, después de 3 segundos colocarlo de nuevo en la posición MRES y manténgalo¹.
- Sexto, debe encender los LEDS de la segunda imagen de la figura 1. Se debe esperar aproximadamente 5 segundos mientras se realiza el reseteo, si desea puede cancelar el reseteo soltando el selector¹.
- Finalmente, debe encender los LEDS de la tercera imagen de la figura 1 y se debe soltar el selector¹.

LED	color	1ª imagen	2ª imagen	3ª imagen
PARADA	Amarillo	○	□	□
RUN	Verde	○	□	□
FRCE	Amarillo	○	□	□
DC 5V	Verde	Δ	Δ	Δ
SF	Rojo	□	○	Δ
BFX	Rojo	□	□	□

Δ = LED encendido
 □ = LED
 apagado ○ = LED parpadea a 0.5 Hz

Figura 1. Imágenes de LED¹.

¹ SIEMENS. SIMATIC S7-300 CPU 31xC y CPU 31x: Configuración e instalación [En línea]<
<https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/13008499?c=24570788363&dl=es&lc=de-WW>>
 [citado 25 de febrero de 2018]

2. Para poder realizar la restauración de la MMC es importante tener en cuenta los siguientes pasos:

- La CPU es necesario hacerle un borrado total cuando hay un parpadeo lento del LED de stop².
- Mantenga el selector MRES hasta que aparezca el LED de STOP, aproximadamente 9 segundos².
- Suelte el selector aproximadamente 3 segundos y de nuevo mantenga el selector en MRES².
- Por último, el LED de STOP parpadea durante el proceso de borrado si la CPU sigue solicitando un borrado total esto quiere decir que la MMC está defectuosa².

3. Si después de restaurar la CPU y la MMC se sigue mostrando el error, lo mejor es cargarle un programa solo con los módulos a utilizar sin bloques de programa y con sus respectivas direcciones, como se muestra en la figura 1.

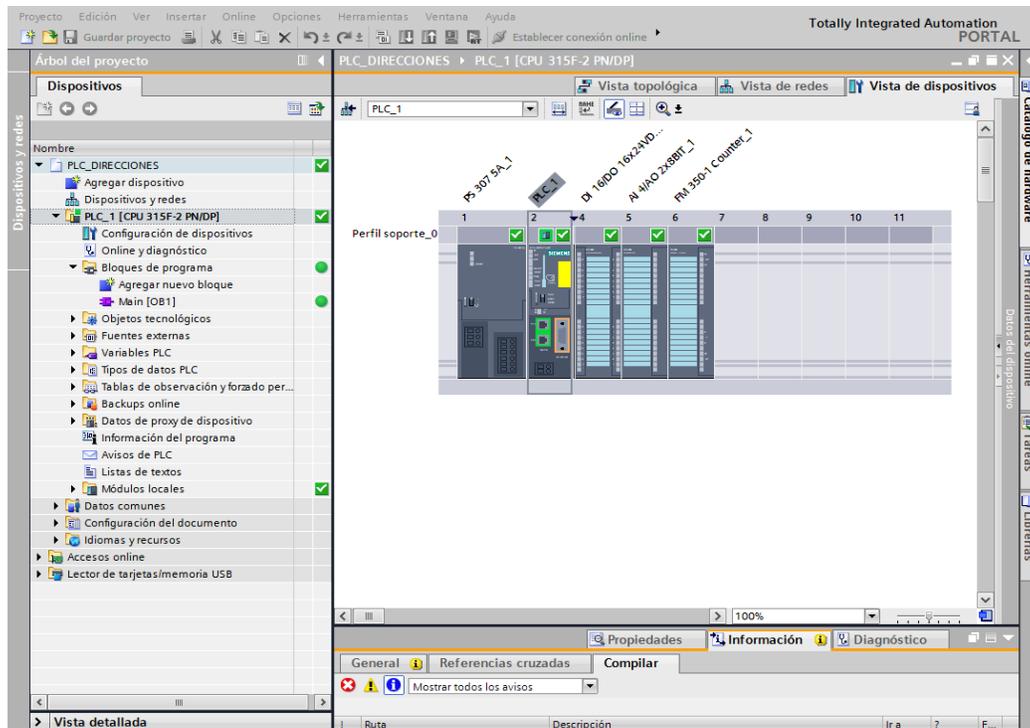


Figura 1. Configuración de Dispositivos. Fuente: Autor.

² SIEMENS. ¿Cómo se puede resetear una CPU SIMATIC S7-300 y una MMC (Reseteo de fábrica o borrado total)? [En línea] <[https://support.industry.siemens.com/cs/document/29801950/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-resetear-una-cpu-simatic-s7-300-y-una-mmc-\(reseteo-de-f%C3%A1brica-o-borrado-total\)-?dti=0&dl=es&lc=en-WW](https://support.industry.siemens.com/cs/document/29801950/%C2%BFc%C3%B3mo-se-puede-resetear-una-cpu-simatic-s7-300-y-una-mmc-(reseteo-de-f%C3%A1brica-o-borrado-total)-?dti=0&dl=es&lc=en-WW)> [citado 25 de febrero de 2018]

Anexo 5. Tipos de datos elementales

1. Antes de poder programar en *TIA portal* se debe tener en cuenta los tipos de datos a usar como se muestra en la figura 1, para ello se debe saber que un 1byte=8bits.

Type and Description	Size in Bits	Format Options	Range and Number Notation (lowest to highest values)	Example in STL
BOOL (Bit)	1	Boolean text	TRUE/FALSE	TRUE
BYTE (Byte)	8	Hexadecimal number	B#16#0 to B#16#FF	L B#16#10 L byte#16#10
WORD (Word)	16	Binary number	2#0 to 2#1111_1111_1111_1111	L 2#0001_0000_0000_0000
		Hexadecimal number	W#16#0 to W#16#FFFF	L W#16#1000 L word#16#1000
		BCD	C#0 to C#999	L C#998
		Decimal number unsigned	B#(0,0) to B#(255,255)	L B#(10,20) L byte#(10,20)
DWORD (Double word)	32	Binary number	2#0 to 2#1111_1111_1111_1111_1111_1111	L 2#1000_0001_0001_1000_1011_1011_0111_1111
		Hexadecimal number	W#16#0000_0000 to W#16#FFFF_FFFF	L DW#16#00A2_1234 L dword#16#00A2_1234
		Decimal number unsigned	B#(0,0,0,0) to B#(255,255,255,255)	L B#(1, 14, 100, 120) L byte#(1,14,100,120)
INT (Integer)	16	Decimal number signed	-32768 to 32767	L 101
DINT (Double integer)	32	Decimal number signed	L#-2147483648 to L#2147483647	L L#101
REAL (Floating-point number)	32	IEEE Floating-point number	Upper limit +/-3.402823e+38 Lower limit +/-1.175495e-38	L 1.234567e+13
SSTIME (SIMATIC time)	16	S7 time in steps of 10ms (default)	SST#0H_0M_0S_10MS to SST#2H_46M_30S_0MS and SST#0H_0M_0S_0MS	L SST#0H_1M_0S_0MS L SSTIME#0H_1H_1M_0S_0MS
TIME (IEC time)	32	IEC time in steps of 1 ms, integer signed	T#24D_20H_31M_23S_648MS to T#24D_20H_31M_23S_647MS	L T#0D_1H_1M_0S_0MS L TIME#0D_1H_1M_0S_0MS
DATE (IEC date)	16	IEC date in steps of 1 day	D#1990-1-1 to D#2168-12-31	L D#1996-3-15 L DATE#1996-3-15
TIME_OF_DAY (Time)	32	Time in steps of 1 ms	TOD#0:0:0.0 to TOD#23:59:59.999	L TOD#1:10:3.3 L TIME_OF_DAY#1:10:3.3
CHAR (Character)	8	ASCII characters	A', 'B' etc.	L 'E'

Figura 1. Tipos de datos³.

³PLC DEV Logo Tools for PLC programming. Step 7 Elementary Data Types [En línea]<
http://www.plcdev.com/step_7_elementary_data_types> [citado 5 de marzo de 2018]

2. Los símbolos usados en *TIA portal*, dependiendo de qué tipo de dato se va a usar ya sea entradas, salidas, marcador de memoria, periféricos, entre otras como se muestra en la figura 2.

English Mnemonics	German Mnemonics	Description	Data Type	Address Range
I/O Signals				
I	E	Input bit	BOOL	0 to 65535.7
IB	EB	Input byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
IW	EW	Input word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
ID	ED	Input double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532
Q	A	Output bit	BOOL	0 to 65535.7
QB	AB	Output byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
QW	AW	Output word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
QD	AD	Output double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532
Marker Memory				
M	M	Memory bit	BOOL	0 to 65535.7
MB	MB	Memory byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
MW	MW	Memory word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
MD	MD	Memory double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532
Peripheral I/O				
PIB	PEB	Peripheral input byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
PIW	PEW	Peripheral input word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
PID	PED	Peripheral input double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532
PQB	PAB	Peripheral output byte	BYTE, CHAR	0 to 65535
PQW	PAW	Peripheral output word	WORD, INT, S5TIME, DATE	0 to 65534
PQD	PAD	Peripheral output double word	DWORD, DINT, REAL, TOD, TIME	0 to 65532
Timers and Counters				
T	T	Timer	TIMER	0 to 65535
C	Z	Counter	COUNTER	0 to 65535
Logic Blocks				
FB	FB	Function block	FB	0 to 65535
OB	OB	Organization block	OB	1 to 65535
FC	FC	Function	FC	0 to 65535
SFB	SFB	System function block	SFB	0 to 65535
SFC	SFC	System function	SFC	0 to 65535
Data Blocks				
DB	DB	Data block	DB, FB, SFB, UDT	1 to 65535
User-defined data types				
UDT	UDT	User-defined data type	UDT	0 to 65535

Figura 2. Símbolos, direcciones permitidas y tipos de datos⁴.

⁴PLC DEV Logo Tools for PLC programming. Symbol Table Allowed Addresses and Data Types [En línea]< http://www.plcdev.com/symbol_table_allowed_addresses_and_data_types> [citado 5 de marzo de 2018]

Anexo 6. Configuración de parámetros en el variador de velocidad G120 y el panel SINAMICS BOP-2.

1. Para obtener un resultado óptimo en la configuración de los parámetros del variador de velocidad se debe restablecer el convertidor a los ajustes de fábrica (ver Figura 1), esto se logra con el SINAMICS BOP-2.

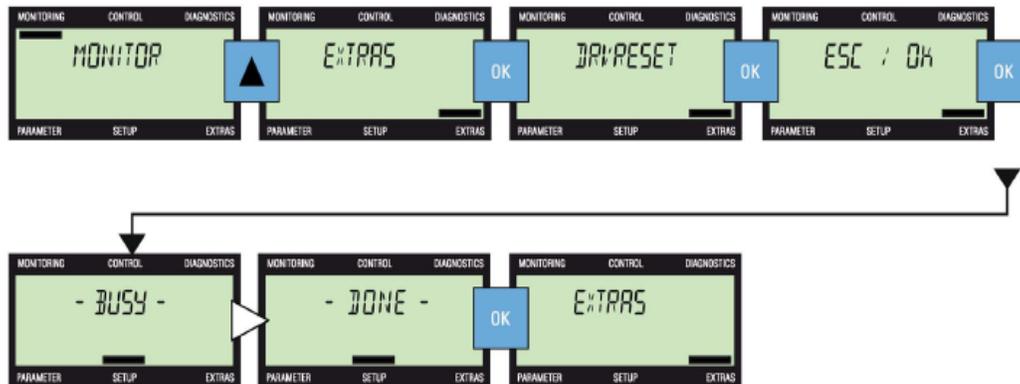


Figura 1. Herramientas: restablecimiento del accionamiento⁵.

2. Para lograr configurar los parámetros de la puesta en marcha rápida, acceder a Params>Expert (ver Figura 2), navegar mediante las flechas ubicadas en el panel frontal.

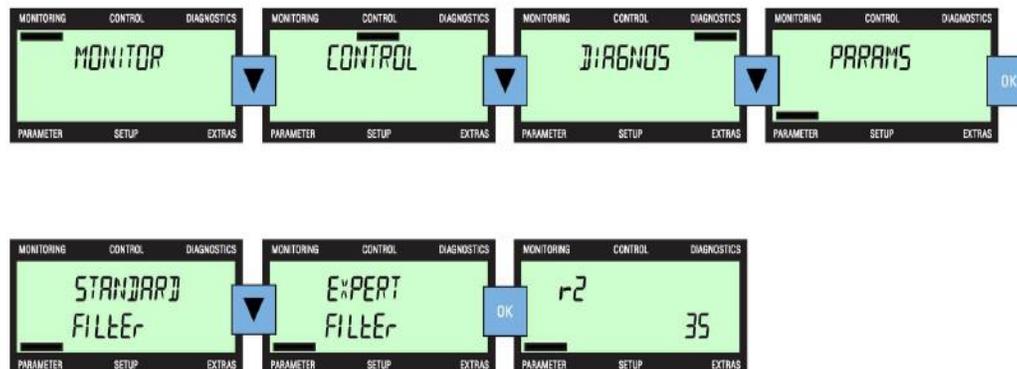


Figura 2. Selección de un filtro de parámetros estándar o exportación de filtros de parámetro⁵.

⁵ SIEMENS, Manual: SINAMICS BOP-2, SINAMICS G120 Basic Operational Panel 2, 2016.

3. Configurar el parámetro P0010 (puesta en marcha filtro de parámetros) en 1 para iniciar la puesta en marcha rápida. Acceder a los parámetros de configuración por medio de la tecla OK y navegar mediante las flechas ubicadas en el panel frontal.

4. Iniciar la puesta en marcha rápida para realizar la parametrización del motor 1LA7 073- 4YA60 se representa en la Figura 3, ingresar los valores indicados en la Tabla 1.

Nº par.	Nombre	Nivel de acceso		Modificable
p0010	Accto Puesta en marcha Filtro de parámetros	1		C(1)T
p0015	Macro Unidad de accionamiento	1		C(1)
p0100	Norma de motor IEC/NEMA	1		C(1)
p0205	Aplicación etapa de potencia	1		C(1,2)
p0230	Accionamiento Tipo de filtro por lado del motor	1		C(1,2)
p0300	Tipo de motor Selección	2		C(1,3)
p0301	Código del motor Selección	2		C(1,3)
p0304	Tensión asignada del motor	1		C(1,3)
p0305	Intensidad asignada del motor	1		C(1,3)
p0306	Número de motores conectados en paralelo	1		C(1,3)
p0307	Potencia asignada del motor	1		C(1,3)
p0308	Factor de potencia asignado del motor	1		C(1,3)
p0309	Rendimiento asignado del motor	1		C(1,3)
p0310	Frecuencia asignada del motor	1		C(1,3)
p0311	Velocidad de giro asignada del motor	1		C(1,3)
p0314	N.º de pares de polos del motor	4		C(1,3)
p0316	Constante de par del motor	3		C(1,3)UT
p0322	Velocidad máxima del motor	1		C(1,3)
p0323	Intensidad máxima del motor	1		C(1,3)
p0335	Tipo de refrigeración del motor	2		C(1,3)T
p0500	Aplicación tecnológica (aplicación)	4	PM230 PM330	C(1,5)T
p0500	Aplicación tecnológica (aplicación)	2	PM240 PM250 PM260, PM330	C(1,5)T
p0640	Límite de intensidad	2		C(1,3)UT
p0922	Selección de telegrama PROFIdrive	1		C(1)T
p0970	Accto Resetear todos los parámetros	1		C(1,30)
p1080	Velocidad mínima	1		C(1)T
p1082	Velocidad máxima	1		C(1)T
p1120	Generador de rampa Tiempo de aceleración	1		C(1)UT
p1121	Generador de rampa Tiempo de deceleración	1		C(1)UT
p1135	DES3 Tiempo de deceleración	2		C(1)UT
p1300	Modo de operación Lazo abierto/cerrado	2		C(1)T

Nº par.	Nombre	Nivel de acceso		Modificable
p1500	Selección de la consigna de par	2		C(1)T
p1900	Identificación de datos del motor y medición en giro	2		C(1)T
p3900	Finalización puesta en marcha rápida	1		C(1)

Figura 3. Puesta en marcha rápida⁶.

5. Los parámetros P0314, P0316, P0322, P0323, P0335 se modifican automáticamente cuando se selecciona un motor de lista P0301, los valores de los parámetros se ajustan de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1. Valores de configuración del variador de velocidad.⁷

Parámetro	Nombre	Valor
P0010 ⁸	Acto Puesta en marcha Filtro de parámetros	1
P0015	Marco Unidad de accionamiento	7
P0100 ⁸	Norma del motor IEC/NEMA	2
P0205	Aplicación etapa de potencia	0
P0230	Accionamiento tipo de filtro por lado del motor	0
P0300	Tipo de motor selección	17
P0304 ⁷⁻⁸	Tensiona asignada del motor	220 V
P0305 ⁷⁻⁸	Intensidad asignada del motor	2.9 A
P0306	Número de motores conectados en paralelo	1
P0307 ⁷⁻⁸	Potencia asignada del motor [Kw] (Tiene una potencia de 0.75 Hp ⁴ , en el parámetro se coloca en Kw)	0.56 Kw
P0308 ⁷⁻⁸	Factor de potencia asignado del motor	0.79
P0309 ⁷	Rendimiento asignado del motor [%]	64%
P0310 ⁷⁻⁸	Frecuencia asignada del motor	60 Hz
P0311 ⁷⁻⁸	Velocidad de giro asignada del motor	1650 rpm
P0314 ⁷	Número de pares de polos del motor [4 polos- parámetro 2]	-
P0316 ⁷	Constante de par del motor [6.1 Nm]	-
P0322 ⁷	Velocidad máxima del motor [1800 rpm]	-
P0323 ⁷	Intensidad máxima del motor [2.9 A]	-
P0335	Tipo de refrigeración del motor [0]	-
P0340	Calculo automático de los parámetros del motor	1

⁶ SIEMENS, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2013.

⁷ Parametros .SIEMENS, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2014.

⁸ Parámetros de la placa del motor.

P0500	Aplicación tecnológica	0
P0970	Parametros Reset (solo si va a dejar los parámetros de fábrica)	1
P1080 ⁸	Velocidad mínima	0 rpm
P1082 ⁸	Velocidad máxima	1800 rpm
P1120 ⁸	Generador de rampa tiempo de aceleración.	0 seg
P1121 ⁸	Generador de rampa tiempo de deceleración.	0 seg
P1900 ⁸	Identificación de datos del motor y medición en giro.	0
P3900 ⁹	Finalización puesta en marcha rápida	3

6. Para realizar una puesta rápida eficiente, se puede hacer con los siguientes parámetros, sin necesidad de usar la tabla 1 con todos los parámetros asignados a la puesta en marcha rápida del manual, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Puesta en marcha rápida.¹⁰

Parámetro	Nombre	Valor
P0010	Acto Puesta en marcha Filtro de parámetros	1
P0304 ¹⁰⁻¹¹	Tensiona asignada del motor	220 V
P0305 ¹⁰⁻¹¹	Intensidad asignada del motor	2.9 A
P0307 ¹⁰⁻¹¹	Potencia asignada del motor [Kw] (Tiene una potencia de 0.75 Hp ⁴ , en el parámetro se coloca en Kw)	0.56 Kw
P0308 ¹⁰⁻¹¹	Factor de potencia asignado del motor	0.79
P0310 ¹⁰⁻¹¹	Frecuencia asignada del motor	60 Hz
P0311 ¹¹⁻¹¹	Velocidad de giro asignada del motor	1650 rpm
P1080 ¹¹	Velocidad mínima	0 rpm
P1082 ¹¹	Velocidad máxima	1800 rpm
P1120	Generador de rampa tiempo de aceleración.	0 seg
P1121 ¹¹	Generador de rampa tiempo de deceleración.	0 seg

⁹ Puesta en marcha rápida. SIEMENS, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2017.

¹⁰ Parametros .SIEMENS, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2014.

¹¹ Parámetros de la placa del motor.

P1900 ¹²	Identificación de datos del motor y medición en giro.	0
P3900 ¹³	Finalización puesta en marcha rápida	3

¹² Puesta en marcha rápida. SIEMENS, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2017.

¹³ Puesta en marcha rápida. SIEMENS, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2017.

Anexo 7. Configuración de parámetros análogos en el variador de velocidad G120 y el panel SINAMICS BOP-2

1. Para lograr configurar los parámetros, acceder a Params> Expert (ver Figura 1), navegar mediante las flechas ubicadas en el panel frontal.



Figura 1. Selección de un filtro de parámetros estándar o exportación de filtros de parámetro¹⁴.

2. Configurar el parámetro P0010 (puesta en marcha filtro de parámetros) en 1 para iniciar la puesta en marcha rápida. Acceder a los parámetros de configuración por medio de la tecla OK y navegar mediante las flechas ubicadas en el panel frontal.

3. Los valores de los parámetros se ajustan de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1. Valores de configuración del variador de velocidad para una conexión analógica.¹⁵

Parámetro	Nombre	Valor
P0010	Acto Puesta en marcha Filtro de parámetros	1
P0015	Macro unidad de accto. / Macro equipo	12
P0756	CU Tipos de entradas analógicas / CU AI Tipo	0
P0757	CU Característica de entradas analógicas valor x1 / CU Carac. AI x1	0
P0758	CU Característica de entradas analógicas valor y1 / CU Carac. AI y1	0 %
P0759	CU Característica de entradas analógicas valor x2 / CU Carac. AI x2	10 V
P0760	CU Característica de entradas analógicas valor y2 / CU Carac. AI y2	100 %
P1000	Selección de la consigna de velocidad / seleccion_con	2

¹⁴ SIEMENS, Manual: SINAMICS BOP-2, SINAMICS G120 Basic Operational Panel 2, 2016.

¹⁵ SIEMENS, Manual: SINAMICS G120 Control Units CU230B-2 Control Units CU230E-2, 01/2017.

P2000	Velocidad de giro de referencia Frecuencia de referencia / n_ref f_ref	1800 RPM
-------	--	----------

7. Se cablea el borne 3(AI0+), los bornes 4(AI0-) y 13(GND) se realiza un puente entre ellos como entrada analógica entre -10 V a 10 V y los bornes 9 y 5 para la inicialización del variador como entrada digital ya que el variador cuenta con alimentación interna de 24 V, el borne 9 y 6 para la inversión de giro del motor con la ayuda de un interruptor(posteriormente se realizó el cableado directamente al PLC) y finalmente se realiza el cableado entre los bornes de 28 (GND) y 69(DI COM1) que sería la unión de la tierra del variador con el de las entradas digitales del variador, además se tomó la salida **análoga** 3 (AI0+),se puenteo la 4(AI0-) Y 13(GND) , como se muestra en la figura 1.

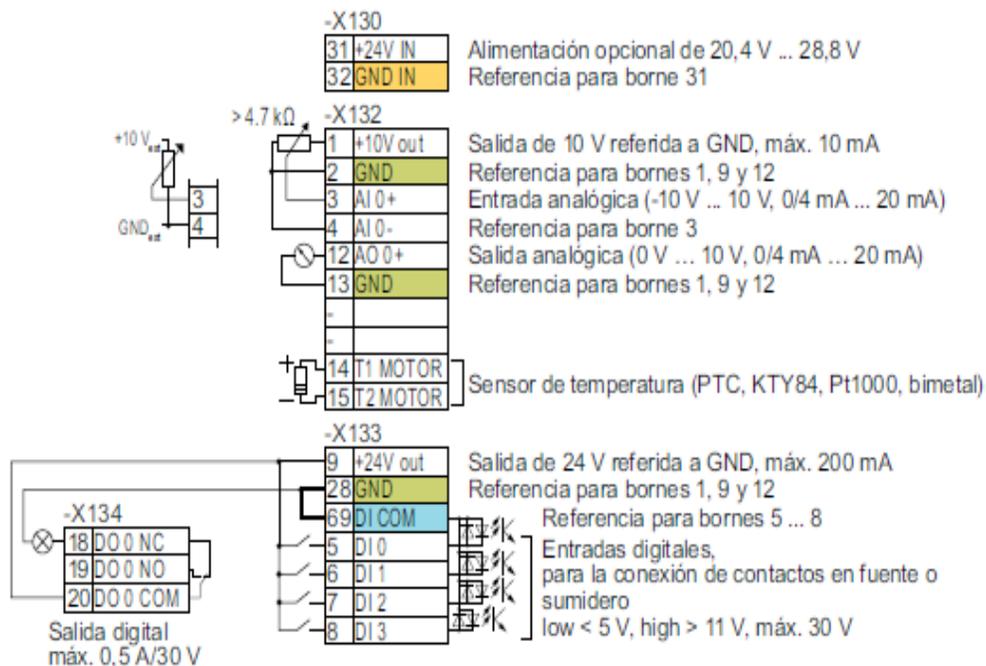


Figura 2. Cableado de las entradas digitales con la alimentación interna por convertidor de 24 V¹⁶.

¹⁶ SIEMENS, Manual: SINAMICS G120 convertidor de frecuencia con las control Units CU230P-2 CU230B-2 CU230E-2 Control Units CU230E-2, Pag 18, 04/2012.

Anexo 8. Configuración del módulo análogo S7-300 (6ES7334-0CE01-0AA0).

1. Representación de valores analógicos para canales de entrada analógica, se muestra en la figura 1.

Resolución en bits (+signo)	Unidades		Valor analógico	
	decimal	hexadecimal	Byte alto	Byte bajo
8	128	80H	Signo 0 0 0 0 0 0 0	1 x x x x x x
9	64	40H	Signo 0 0 0 0 0 0 0	0 1 x x x x x
10	32	20H	Signo 0 0 0 0 0 0 0	0 0 1 x x x x
11	16	10H	Signo 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 1 x x x
12	8	8H	Signo 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 1 x x
13	4	4H	Signo 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 1 x
14	2	2H	Signo 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 1
15	1	1H	Signo 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 1

Figura 1. Posibles resoluciones de los valores analógicos¹⁷.

2. Representación de valores analógicos en rangos de medición de tensión, se muestra en la figura 2.

Sistema		Rango de medición de tensión		
dec.	hex.	1 a 5 V	0 a 10 V	
32767	7FFF	5,741 V	11,852 V	Rebase por exceso
32512	7F00			
32511	7EFF	5,704 V	11,759 V	Margen de saturación
27649	6C01			
27648	6C00	5 V	10 V	Rango nominal
20736	5100	4 V	7,5 V	
1	1	1 V + 144,7 µV	0 V + 361,7 µV	
0	0	1 V	0 V	
-1	FFFF		valores negativos imposibles	Margen de saturación por defecto
-4864	ED00	0,296 V		
-4865	ECFF			
-32768	8000			

Figura 2. Representación de valores analógicos en el rango de medición de tensión de 1 a 5 V y de 0 a 10 V¹⁸.

¹⁷ SIEMENS, Manual: S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos, Pag 275, 06/2017.

¹⁸ SIEMENS, Manual: S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos, Pag 277, 06/2017.

3. Representación de valores analógicos para canales de salida analógica se muestra en la figura 3.

		2 ¹⁵	2 ¹⁴	2 ¹³	2 ¹²	2 ¹¹	2 ¹⁰	2 ⁹	2 ⁸	2 ⁷	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	
≥32512	0 %	0	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x	x	x	x	Rebase por exceso
32511	117,589	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	Margen de saturación
27649	≥100,004	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27648	100,000	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Rango nominal
1	0,003617	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
0	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-1	-0,003617	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
-27648	-100,000	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
-27649	≤100,004	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Margen de saturación por defecto
-32512	-117,593	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Rebase por defecto
≤-32513	0 %	1	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x	x	x	x		

Figura 3. Rangos de salida bipolares¹⁹.

4. Representación de valores analógicos en los rangos de salida de tensión se muestra en la figura 4.

Sistema	Rango de salida de tensión			
	dec.	hex.	±10 V	
118,5149 %	32767	7FFF	0,00 V	Rebase por exceso, sin tensión ni intensidad
	32512	7F00		
117,589 %	32511	7EFF	11,76 V	Margen de saturación
	27649	6C01		
100 %	27648	6C00	10 V	Rango nominal
75 %	20736	5100	7,5 V	
0,003617 %	1	1	361,7 μV	
0 %	0	0	0 V	
	-1	FFFF	-361,7 μV	
-75 %	-20736	AF00	-7,5 V	Margen de saturación por defecto
-100 %	-27648	9400	-10 V	
	-27649	93FF		
-117,593 %	-32512	8100	-11,76 V	Rebase por defecto, sin tensión ni intensidad
	-32513	80FF		
-118,519 %	-32768	8000	0,00 V	

Figura 4. Representación de valores analógicos en el rango de salida ±10 V²⁰.

¹⁹ SIEMENS, Manual: S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos, Pag 292, 06/2017.

²⁰ SIEMENS, Manual: S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos, Pag 293, 06/2017.

5. Es importante conocer los bloques en *TIA portal*, en este caso se puede usar los bloques FC 105 "SCALE (graduar valores) y FC 106 UNSCALE" (degraduar valores)"²¹.

6. "La instrucción *UNSCALE* permite desescalar el número en coma flotante del parámetro IN en unidades físicas comprendidas entre un límite inferior y uno superior y convertirlo en un número entero. Los límites inferior y superior del rango de valores en el que se desescala el valor de entrada se definen mediante los parámetros LO_LIM y HI_LIM. El resultado de la instrucción se devuelve en el parámetro OUT"²².

La instrucción *UNSCALE* utiliza la siguiente ecuación:

$$OUT = [((IN-LO_LIM)/(HI_LIM-LO_LIM)) * (K2-K1)] + K1 \quad \text{Ecuación 1}$$

OUT= resultado de la instrucción.

IN= Valor de entrada que se desescala en un valor entero.

LO_LIM= valor límite inferior.

HI_LIM= valor límite superior.

K2= para el estado lógico BIPOLAR (0), el valor es de "+27648,0".

K1= para el estado lógico BIPOLAR (0), el valor es de "0,0".

Así mismo en la figura 5 se describe cada uno de los parámetros, declaración, tipos de datos, área de memoria del *UNSCALE*.

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
EN	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Entrada de habilitación
ENO	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Salida de habilitación
IN	Input	REAL	I, Q, M, D, L, P o constante	Valor de entrada que se desescala en un valor entero
HI_LIM	Input	REAL	I, Q, M, D, L, P o constante	Valor límite superior
LO_LIM	Input	REAL	I, Q, M, D, L, P o constante	Valor límite inferior
BIPOLAR	Input	BOOL	I, Q, M, D, L o constante	Indica si el valor del parámetro IN se interpreta como bipolar o unipolar. El parámetro puede adoptar los valores siguientes: 1: Bipolar 0: Unipolar
OUT	Output	INT	I, Q, M, D, L, P	Resultado de la instrucción
RET_VAL	Output	WORD	I, Q, M, D, L, P	Información de error

Figura 5. Parámetros de la instrucción "*unscale*"²².

²¹ SIEMENS, Manual: S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos, Pag 313, 06/2017.

²² Sistema de información *TIA portal* V13, UNSCALE: Desescalar.

7. Para poder realizar la conexión entre el variador y el *PLC*, se tuvo en cuenta que en la programación en *TIA portal* se usó el sistema decimal pero que el variador lo tomaba como rpm, como se muestra en la tabla 1.

Tabla1. Sistema decimal y RPM.

Sistema decimal	RPM
27648	1800
26880	1750
26112	1700
25344	1650
24576	1600
23808	1550
23040	1500
22272	1450
21504	1400
20736	1350
19968	1300
19200	1250
18432	1200
17664	1150
16896	1100
16128	1050
15360	1000
14592	950
13824	900
13056	850
13056	800
12288	750
10752	700
9984	650
9216	600
8448	550
7680	500
6912	450
6144	400
5376	350
4608	300
3840	250
3072	200
2304	150
1536	100
768	50

0	0
---	---

Fuente: Autor.

8. Pero se decidió dejar las conversiones en 45 RPM que es lo que lee el sensor inductivo, en la siguiente tabla se puede observar el cambio de 45 RPM a 1800 RPM del motor y 25648 del sistema decimal de la conexión analógica, como se muestra en la tabla.

Tabla2. Sistema decimal y RPM.

DECIMAL	ENCODER INCREMENTAL RPM (40:1)	SENSOR INDUCTIVO RPM
27648	45	1800
27033.6	44	1760
26419.2	43	1720
25804.8	42	1680
25190.4	41	1640
24576	40	1600
23961.6	39	1560
23347.2	38	1520
22732.8	37	1480
22118.4	36	1440
21504	35	1400
20809.6	34	1360
20275.2	33	1320
19660.8	32	1280
19046.4	31	1240
18432	30	1200
17817.6	29	1160
17203.2	28	1120
16588.8	27	1080
15974.4	26	1040
15360	25	1000
14745.6	24	960
14131.2	23	920
13516.8	22	880
12902.4	21	840
12288	20	800
11673	19	760
11059	18	720
10444	17	680
9830.4	16	640
92165	15	600
8601.6	14	560

7987.2	13	520
7372.8	12	480
6758.4	11	440
6144	10	400
5529.6	9	360
4915.2	8	320
4300.8	7	280
3686.4	6	240
3072	5	200
2457.6	4	160
1843.2	3	120
1228.8	2	80
614.4	1	40

Fuente: Autor.

9. En TIA portal, se configuro en Bloques del programa> principal (OB1) la función el *UNSCALE* como se muestra en la figura 6.

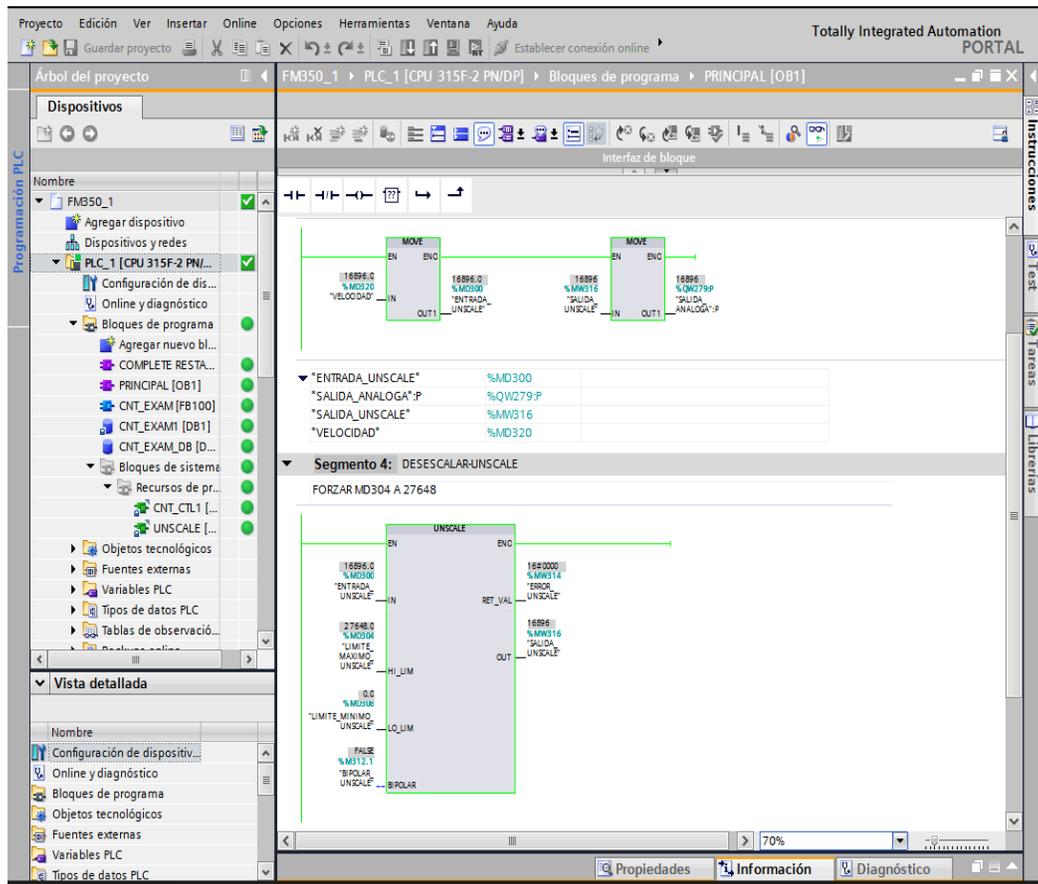


Figura 6. Unscale en TIA portal. Fuente: Autor.

10. Luego en bloques del sistema>Recursos del programa> *Unscale* (FC106), se va encontrar la función de Unscale con sus respectivas variables, como se muestra en la figura 7.

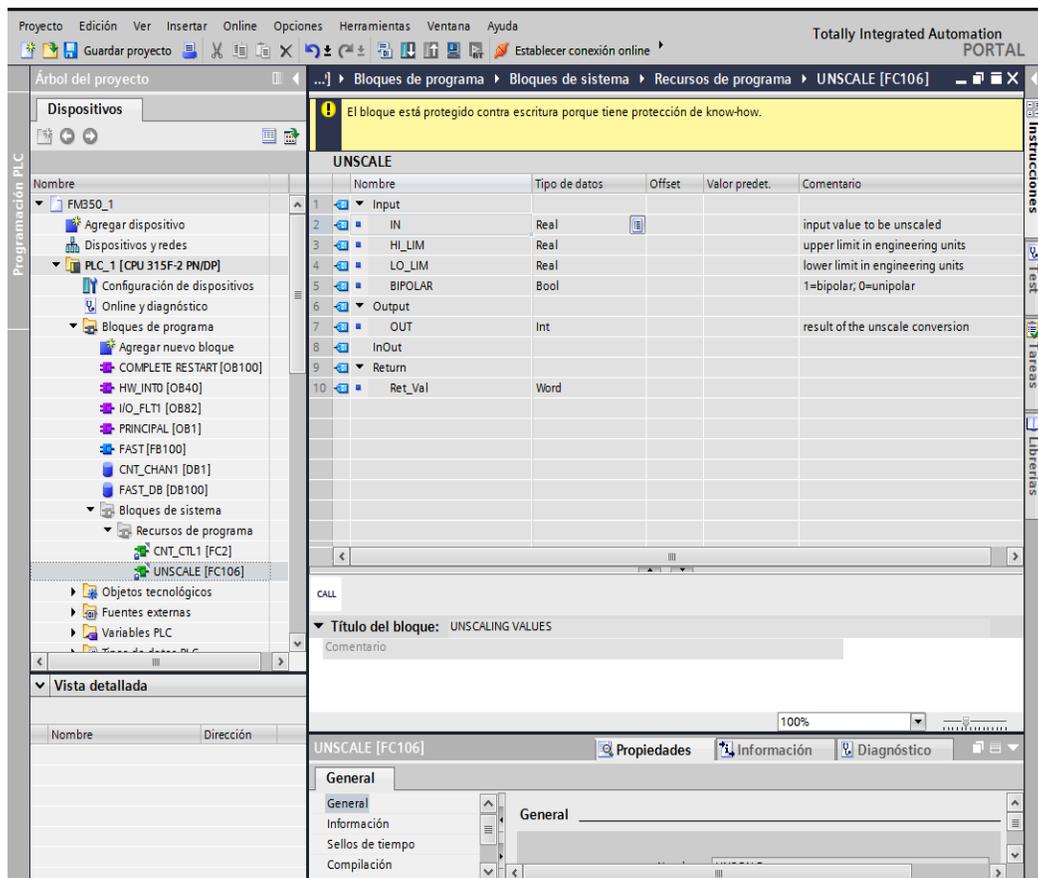


Figura 7. Bloques del sistema. **Fuente:** Autor.

11. Características del módulo análogo, se muestran en la figura 8, es importante tener en cuenta que el módulo no posee separación galvánica, y no puede parametrizar.

Características	Módulos	
	SM 334; AI 4/AO 2 x 8/8 Bit (-0CE01-)	SM 334; AI 4/AO 2 x 12 Bit (-0KE00-)
Número de entradas	4 entradas en 1 grupo de canales	4 entradas en 2 grupos de canales
Número de salidas	2 salidas en 1 grupo de canales	2 salidas en 1 grupo de canales
Resolución	8 bits	12 bits + signo
Tipo de medición	Ajustable por cada grupo de canales: <ul style="list-style-type: none"> • Tensión • Intensidad 	Ajustable por cada grupo de canales: <ul style="list-style-type: none"> • Tensión • Resistencia • Temperatura
Tipo de salida	En cada canal: <ul style="list-style-type: none"> • Tensión • Intensidad 	En cada canal: <ul style="list-style-type: none"> • Tensión
Soporta modo isócrono	No	No
Diagnóstico parametrizable	No	No
Alarma de diagnóstico	No	No
Vigilancia de valores límite	No	No
Alarma de proceso al rebasar el valor límite	No	No
Alarma de proceso al finalizar el ciclo	No	No
Salida de valores sustitutivos	No	No
Relaciones de potencial	<ul style="list-style-type: none"> • Aislado frente a la interfaz con el bus de fondo • Aislado frente a la tensión de carga 	Aislado frente a: <ul style="list-style-type: none"> • La interfaz con el bus de fondo • La tensión de carga
Particularidades	no parametrizable; ajuste del tipo de medición y de salida mediante cableado	-

Figura 8. Módulos de entradas/salidas analógicas²³.

12. Las características más importantes de modulo análogo (6ES7334-0CE01-0AA0) son:

- “4 entradas en un grupo y 2 salidas en un grupo”²⁴.
- “Resolución 8 bits”²⁴.
- “Tipo de medición ajustable por grupo de canales”²⁴.
 - Tensión
 - Intensidad
- “No parametrizable; ajuste del tipo de medición y de salida mediante cableado”²⁴.
- “Sin aislamiento galvánico respecto a la conexión del bus de fondo”²⁴.

²³ SIEMENS, Manual: S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos, Pag 319, 06/2017.

- “Con aislamiento galvánico respecto a la tensión de carga”²⁴.

13. “La masa analógica MANA (borne 15 o 18) tiene que estar enlazada con la masa M de la CPU o del módulo de interface IM. Utilice a tal efecto un conductor con una sección mínima de 1 mm²”²⁴.

Si faltara el enlace de masa entre MANA y M, se desconecta el módulo. A las entradas se aplica 7FFFH, y las salidas suministran el valor 0. Si se opera el módulo sin enlace de masa durante un período prolongado, podría destruirse el mismo”²⁴.

Ceróiese además de que la tensión de alimentación para la CPU o el módulo de interface IM no están conectada con polaridad invertida. Ello provocaría la destrucción del módulo, por aumentar inadmisiblemente el potencial (+24 V) en MANA a través del enlace de masa”²⁴.

14. El tipo de medición de los canales de entrada y el tipo de salida de los canales de salida se eligen mediante el cableado.

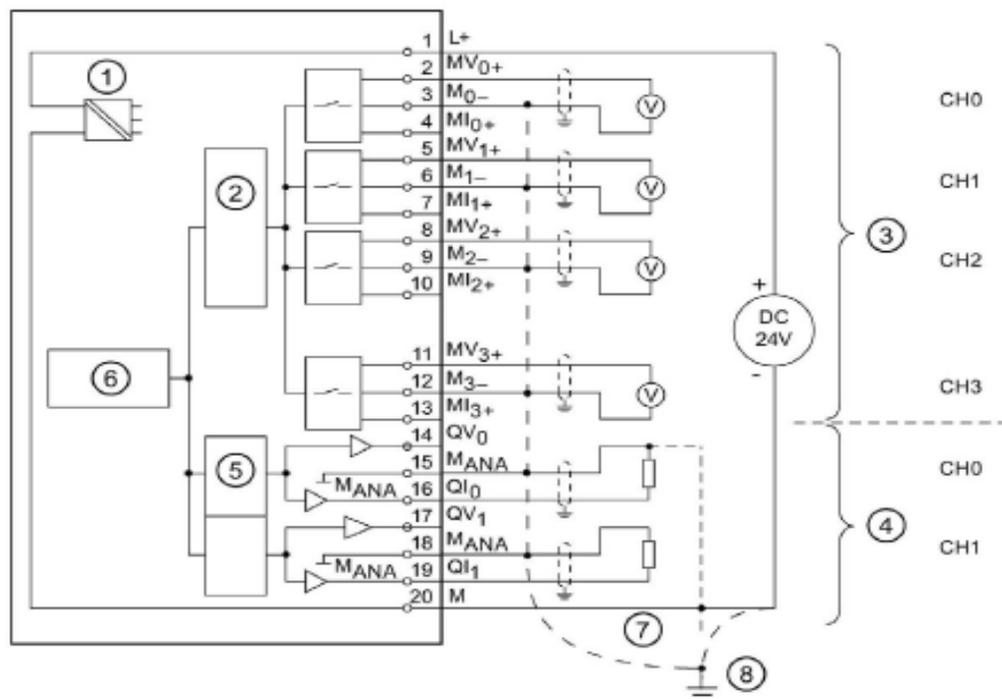


Figura 8. Esquema eléctrico y diagrama de principio²⁵.

²⁴ SIEMENS, Manual: S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos, Pag 492, 06/2017.

1. “Alimentación interna”²⁵.
2. “Convertidor analógico/digital (CAD)”²⁵.
3. “Entradas: medición de tensión”²⁵.
4. “Salidas: salida de tensión”²⁵.
5. “Convertidor digital/analógico (CDA)”²⁵.
6. “Interfaz con el bus de fondo”²⁵.
7. “Equipotencialidad”²⁵.
8. “Tierra funcional”²⁵.

15. Direccionamiento periférico:

Se debe tener en cuenta que para poder usar los bloques de “*SCALE*” y “*UNSCALE*”, se debe tener acceso de las direcciones de entrada (I) y salida (Q) pero así no se tendría un acceso directo del módulo de entradas y salidas. En este caso se debe acceder a un área de memoria de la CPU, llamado imagen de proceso de entrada y salida (PII y PIQ) no refleja los valores reales, pero logra obtener los valores en el momento que se realizó la actualización de la imagen de proceso²⁶.

Por ejemplo, cuando se tiene un área de dirección de entradas y salidas de 2047 bytes y la imagen de proceso de entradas y salidas es de 128 bytes. Por lo tanto, cuando las direcciones de entradas y salidas están por fuera de las de imagen de proceso, se debe tener acceso a las direcciones periféricas²⁶.

El direccionamiento periférico, se puede explicar de una manera más sencilla es el acceso a los módulos de una manera directa²⁶

Ejemplo:

- “PIW -> P eripheral I nput W ord”²⁶.
- “PQW -> P eripheral o utput W ord”²⁶.

²⁵ SIEMENS, Manual: S7-300 Sistema de automatización S7-300 Datos de los módulos, Pag 493, 06/2017.

²⁶ SIEMENS. ¿Dónde y cuándo necesita el direccionamiento periférico? [En línea]<
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/18325417/where-and-when-do-you-need-peripheral-addressing-?dti=0&lc=en-WW>> [citado 23 de febrero de 2018]

Anexo 9. Configuración del módulo de conteo rápido FM 350-1

1. El módulo cuenta con las siguientes tareas:

- Contaje continuo²⁷.
- Contaje único²⁷.
- Contaje periódico²⁷.
- Medición de frecuencia²⁷.
- Medición de velocidad²⁷.
- Medición del período²⁷.

2. Es importante conocer que puede contar señales generadas por:

- Encoders incrementales de 5 V²⁸.
- Encoders incrementales de 24 V²⁸.
- Encoders de impulsos de 24 V con señal de dirección²⁸.
- Iniciadores de 24 V sin señal de dirección (p. ej. barrera fotoeléctrica o BERO)²⁸.
- Base de tiempo de 1 MHz interna²⁸.

3.

4. El módulo de conteo FM 350-1 cuenta con *LEDs* de estado y de diagnóstico, como se muestra en la figura 1.

Rotulación	Color	Función
SF	rojo	Error colectivo
CR	verde	Contador funcionando (Counter running); estado del bit menos significativo del contador
DIR	verde	Sentido de contaje (Direction) El LED se enciende, si el contador está contando hacia atrás.
I0	verde	Estado de la entrada DI-Start
I1	verde	Estado de la entrada DI-Stop
I2	verde	Estado de la entrada DI-Set
Q0	verde	Estado de la salida DO0
Q1	verde	Estado de la salida DO1

²⁷ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 12.

²⁸ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 13.

Figura 1. Rotulación, color y función de los LEDs²⁹.

5. Para realizar las conexiones del módulo se debe tener en cuenta su asignación de pines del conector frontal.

“Los circuitos para las entradas del contador (alimentación y señales del encoder) no están separadas galvánicamente de la tierra de la CPU, es decir, el borne 2 (1M) se debe conectar con baja impedancia a la tierra de la CPU. Si falta esta conexión, podría ocurrir un fallo o una avería en el FM 350-1”³⁰.

“Si el encoder se alimentan externamente, también se debe conectar la tierra de dicha tensión externa con la tierra de la CPU”³⁰.

Se debe conocer cada uno de los conectores del módulo para una adecuada conexión, como se muestra en la figura 2.

²⁹ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 19.

Conector	Nombre	Entrada/ Salida	Función			
Tensión auxiliar						
1	1L+	ON	Tensión auxiliar de 24 V			
2	1M	ON	Tierra de la tensión auxiliar			
			Encoder de 5 V RS 422, simétrico	Encoder de 24 V asimétrico	Encoders de impulsos de 24 V con señal de dirección	Iniciador de 24 V
3	1M	OFF	Tierra de la alimentación del encoder			
4	DC5,2V	OFF	Alimentación de 5,2 V del encoder			
5	DC24V	OFF	Alimentación de 24 V del encoder			
6	A A*	ON	Señal del encoder A	Señal del encoder A*		
7	/A	ON	Señal del encoder /A	—		
8	B B*	ON	Señal del encoder B	Señal del encoder B*	Señal de sentido	—
9	/B	ON	Señal del encoder /B	—		
10	N N*	ON	Señal del encoder N	Señal del encoder N*	—	
11	/N	ON	Señal del encoder /N	—		
12	—	—	—			
Entradas y salidas digitales						
13	I0	ON	Entrada digital DI-Start			
14	I1	ON	Entrada digital DI-Stop			
15	I2	ON	Entrada digital DI-Set			
16	—	—	—			
17	Q0	OFF	Salida digital DO0			
18	Q1	OFF	Salida digital DO1			
Tensión de carga						
19	2L+	ON	Tensión de carga de 24 V			
20	2M	ON	Tierra de la tensión de carga para las entradas y salidas digitales			

Figura 2. Rotulación, color y función de los LEDs³⁰.

³⁰ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 31.

6. Para que sea posible la conexión analógica entre la CPU y FM 350-1 se debe usar las funciones “FC CNT_CTL1 y FC CNT_CTL2”, estos bloques también pueden usarse sin una función (FCs), como se muestra en la figura 3³¹.

Número del bloque	Nombre del bloque	Significado
FC 2	CNT_CTL1	Controlar el FM 350-1
FC 3	CNT_CTL2	Controlar el FM 350-1 (sólo en modo isócrono)
FC 1	DIAG_INF	Leer el registro de diagnóstico 1 del FM 350-1

Figura 3. Programación del FM 350-1³².

7. El FM350-1 cuenta con un conector codificador, el cual permite ajustar la señal del encoder ya sea de 5V o 24V, en este caso es de 24 V la señal del encoder.

La posición del conector codificador...	...equivale a las siguientes señales de encoder
A	Señales diferenciales de 5 V (estado de suministro)
D	Señales de 24 V

Figura 4. Ajustes del conector codificador³³.

Además, es importante saber que este conector se encuentra en la parte izquierda del módulo, en este caso como se cuenta con un encoder de 24 V la letra D debe apuntar a la flecha, como se muestra en la figura 5.

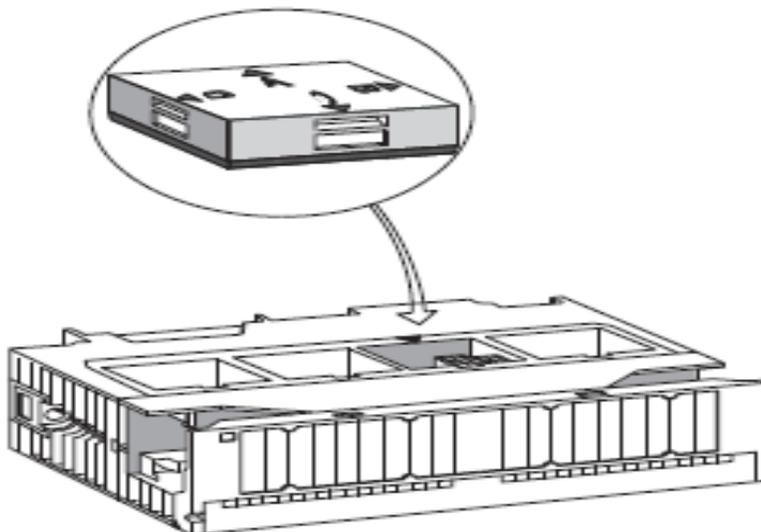


Figura 5. Montaje del conector codificador³⁴.

³¹ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 21.

³² SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 43.

³³ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 18.

³⁴ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 25.

8. Inicialmente para relizar la parametrizacion se deben parar sobre el modulo de conteo rapido FM 350-1 y se hace clic derecho, se despliega unas opciones y se hace clic sobre parametros, como se muestra en la figura 6.

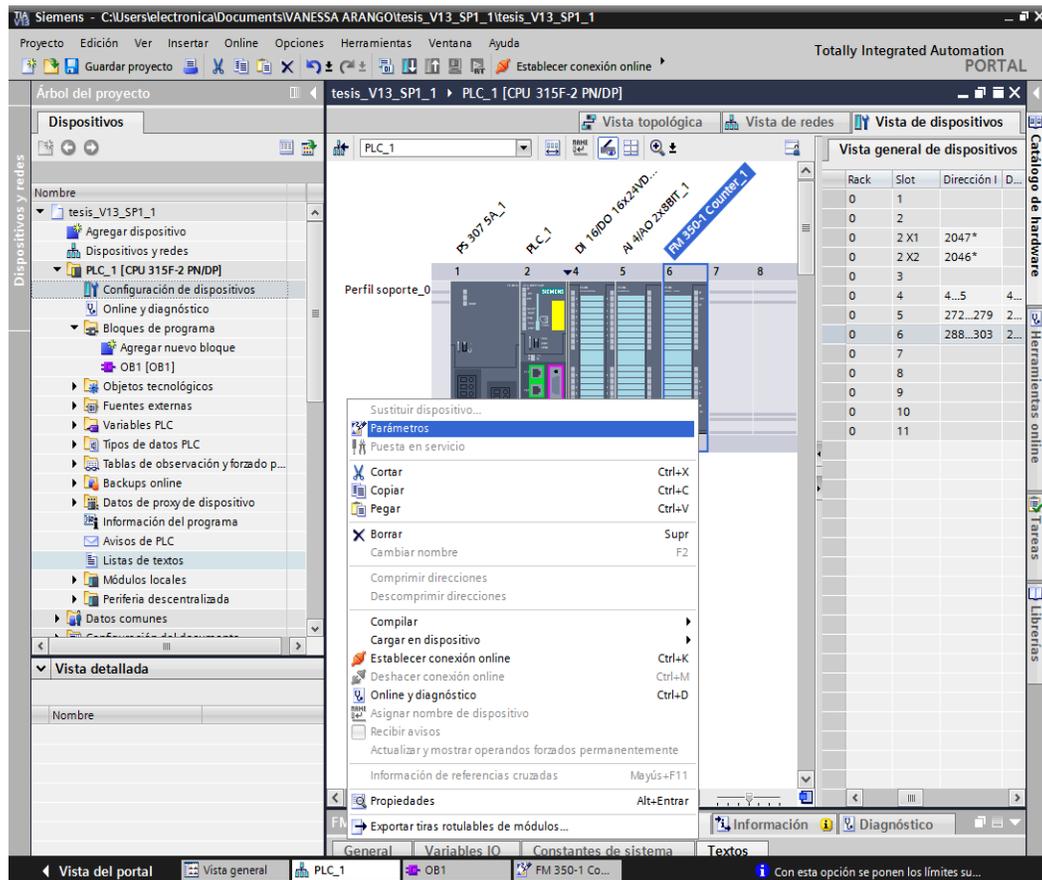


Figura 6. Módulo de conteo FM 350-1. **Fuente:** Autor.

9. En los parámetros se va a desplegar modos de operación, encoder, entradas, salidas y habilitar alarma de proceso, como se muestra en la figura 7.

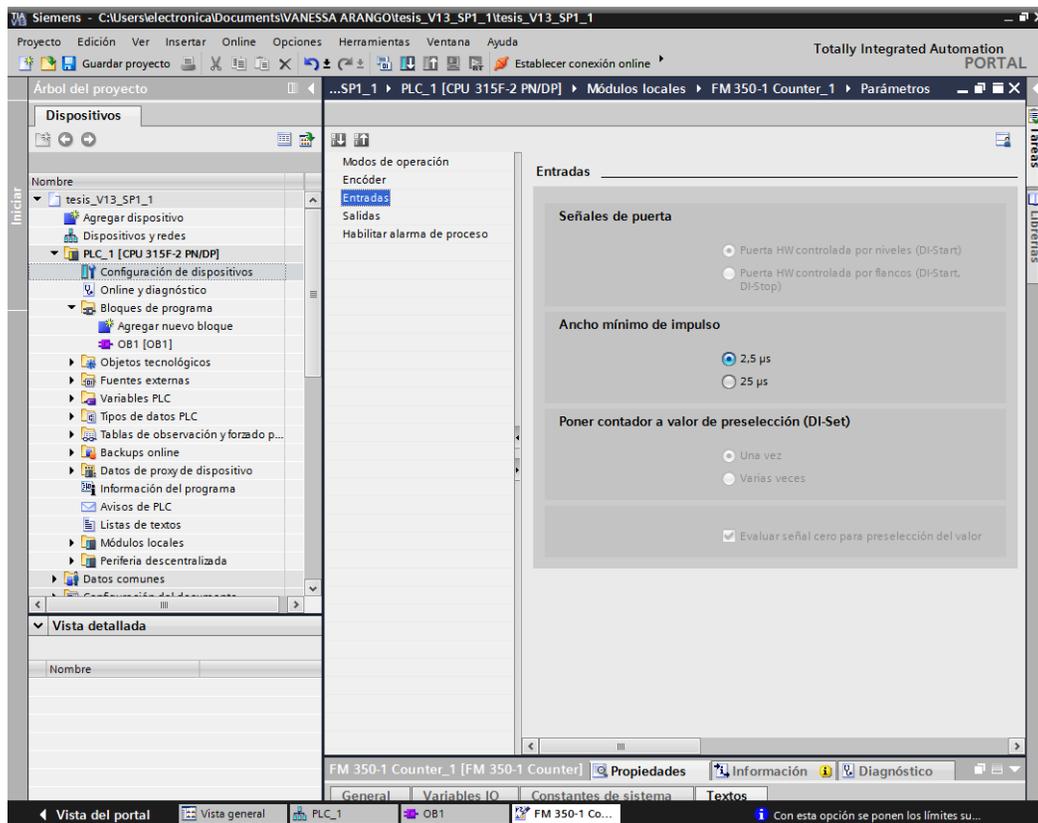


Figura 7. Parámetros del módulo de conteo. **Fuente:** Autor.

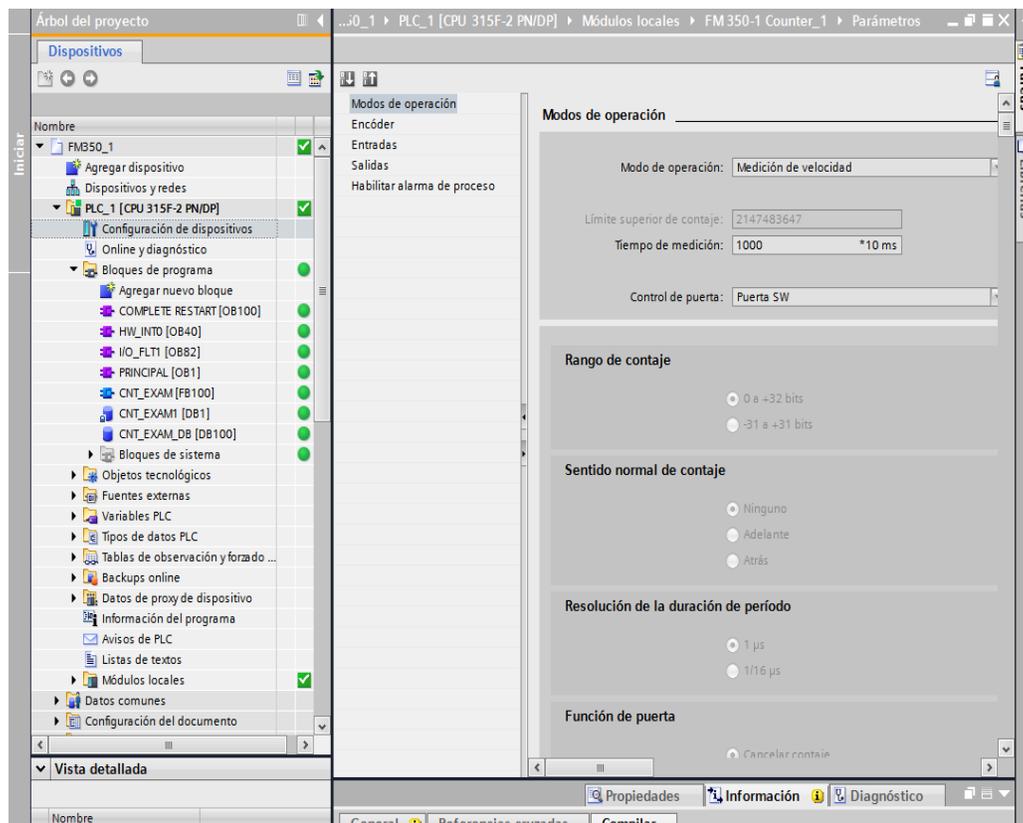
10. El primer parámetro sería seleccionar el modo de operación, hay 6 diferentes modos de operación, como se muestra en la figura 8.

Modo de operación	Descripción
Contaje sin fin (con o sin puerta)	El FM 350-1 cuenta en modo sin fin a partir del estado actual del contador.
Contaje único (con puerta HW o SW)	El FM 350-1 comienza a contar a partir del valor de carga al abrirse la puerta y se detiene en el límite de contaje.
Contaje periódico (con puerta HW o SW)	El FM 350-1 comienza a contar al abrirse la puerta a partir del valor de carga entre los límites de contaje.
Medición de la frecuencia (con puerta HW o SW)	El FM 350-1 cuenta los impulsos que llegan en un tiempo de medición dinámico.
Medición de la velocidad (con puerta HW o SW)	El FM 350-1 cuenta los impulsos que llegan de un encóder de velocidad en un tiempo de medición dinámico y calcula a partir de ello la velocidad con los impulsos por vuelta del encóder.
Medición del período (con puerta HW o SW)	El FM 350-1 indica el tiempo de medición dinámico como duración del período. Si el período es inferior al tiempo de actualización, se crea un valor medio para el período.

Figura 8. Modos de operación³⁵.

11. Para este caso se seleccionó el modo de operación **medición de velocidad**, con un tiempo de medición de 1000 ms y un control de puerta SW, existen dos tipos de control de puerta como lo es por Hardware y por software que permiten iniciar y detener los procesos los procesos de medición³⁶, estos parámetros se muestran en la figura 9.

Figura 9. Modo de operación. **Fuente:** Autor.



12. Después se selecciona los parámetros del encoder y para ello se escogió un encoder incremental 24 V: Se selecciona **24 V pista A+B desfasado** cuando se utiliza un encoder de 24 V con señales A*, B* y N*, para este tipo de encoder se debe seleccionar los siguientes parámetros: tipo de encoder, evaluación de la señal, sentido de conteo, frecuencia de conteo máximo, entradas del sensor, impulsos por vuelta del encoder³⁷, como se muestra en la figura 10.

³⁵ Sistema de información TIA PORTAL V13, Seleccionar el modo de operación.

³⁶ Sistema de información TIA PORTAL V13, 1.Conceptos básicos sobre la operación de medición.

Parámetro	Opción	Significado
Interpretación de la señal	Simple	Sólo se evalúa un flanco de señal A.
	Doble	Se evalúan ambos flancos de la señal A.
	Cuádruple	Se evalúan ambos flancos de las señales A y B.
Sentido de contaje	Normal	Para adaptar el sentido de contaje al proceso
	Invertido	Para adaptar el sentido de contaje al proceso
Frecuencia máx. de contaje	200 kHz	En las entradas se aplica un filtro con un retardo de 1 μ s.
	20 kHz	En las entradas se aplica un filtro con un retardo de 15 μ s.
Entradas del encóder	Salida tipo NPN	El encóder conmuta a 0 V (masa).
	Salida tipo PNP/simétrica	El encóder conmuta a 24 V.
Vigilancia	-	Sin relevancia

Figura 10. Parámetros del encoder³⁷.

13. El primer parámetro en encoder es decir la interpretación de la señal, para ello hay tres opciones simple, doble y cuádruple, pero normalmente se evalúa el flanco en A (A*) para obtener una mejor resolución³⁸.

- **Simple:** “Evaluación simple significa que sólo se evalúa un flanco de A”³⁸.
 - “Los impulsos de contaje adelante se registran con un flanco ascendente en A y nivel bajo en B”³⁸.
 - “Los impulsos de contaje atrás se registran con un flanco descendente de A y nivel bajo en B”³⁸.

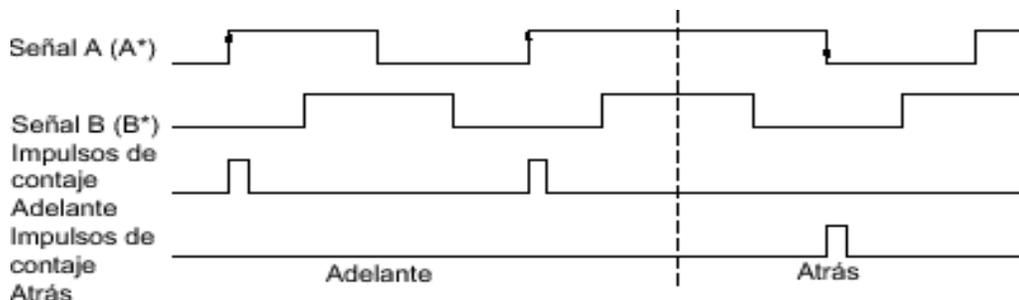


Figura 11. Evaluación simple³⁸.

³⁷ Sistema de información TIA PORTAL V13, Encoder: incremental de 24 V.

³⁸ Sistema de información TIA PORTAL V13, Evaluación simple.

- **Doble:** “Evaluación doble significa que se evalúan los flancos creciente y decreciente de la señal A. En función del nivel de la señal B, se generan impulsos de contaje adelante o atrás”³⁹, como se muestra en la figura 10.

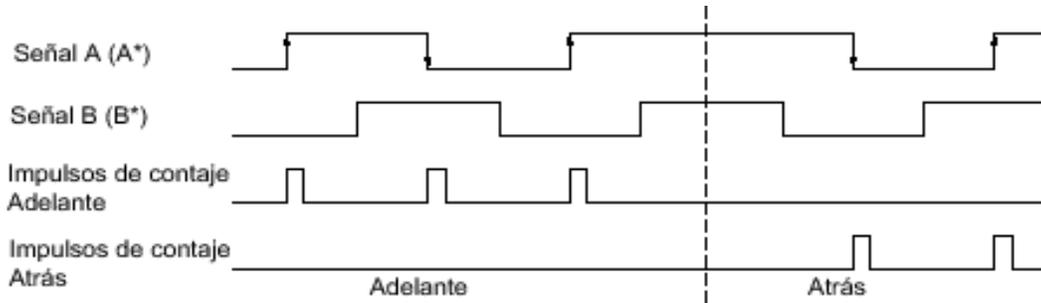


Figura 12. Evaluación doble³⁹.

- **Cuádruple:** “Evaluación cuádruple significa que se evalúan los flancos creciente y decreciente de A y B. En función de los niveles de las señales A y B, se generan impulsos de contaje adelante o atrás”⁴⁰.

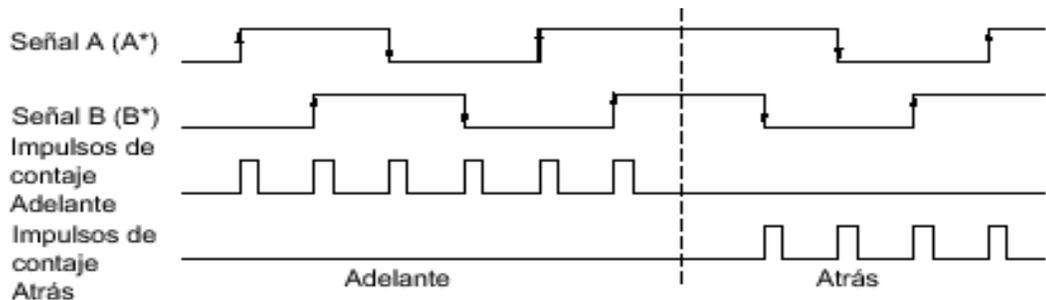


Figura 13. Evaluación cuádruple⁴⁰.

14. El segundo parámetro que es el sentido de contaje, tiene dos opciones, normal o invertido. Se puede escoger cualquiera de los dos sin necesidad de cambiar el cableado.

³⁹ Sistema de información TIA PORTAL V13, Evaluación doble.

⁴⁰ Sistema de información TIA PORTAL V13, Evaluación cuádruple.

15. El tercer parámetro es la frecuencia de conteo máxima, cuenta con dos opciones, 200 KHz y 20 KHz, como se muestra en la figura 14.

Características	Filtro de entrada 1 (predeterminado)	Filtro de entrada 2
Retardo de entrada típico	1 μ s	15 μ s
Frecuencia de conteo máxima	200 kHz	20 kHz
Ancho de pulso mínimo de las señales de conteo	2,5 μ s	25 μ s

Figura 14. Filtro de entrada para entradas de conteo de 24 V⁴¹.

16. El cuarto parámetro son las entradas del sensor, cuenta con dos opciones, que son NPN y PNP, como se muestra en la figura 15.

Parametrización	Borne de conexión B*	Sentido de conteo
Salida tipo NPN	Sin conexión	Atrás
	Cortocircuitado a masa	Adelante
Salida tipo PNP/simétrica	Sin conexión	Adelante
	24 V conectado	Atrás

Figura 15. Parametrización de las entradas del encoder⁴².

17. Para este tipo de encoder se configuro de acuerdo a las necesidades del proyecto, como se muestra en la figura 16.

⁴¹ Sistema de información TIA PORTAL V13, Filtro de entrada para entradas de conteo de 24 V.

⁴² Sistema de información TIA PORTAL V13, Parametrización de las entradas del encoder.

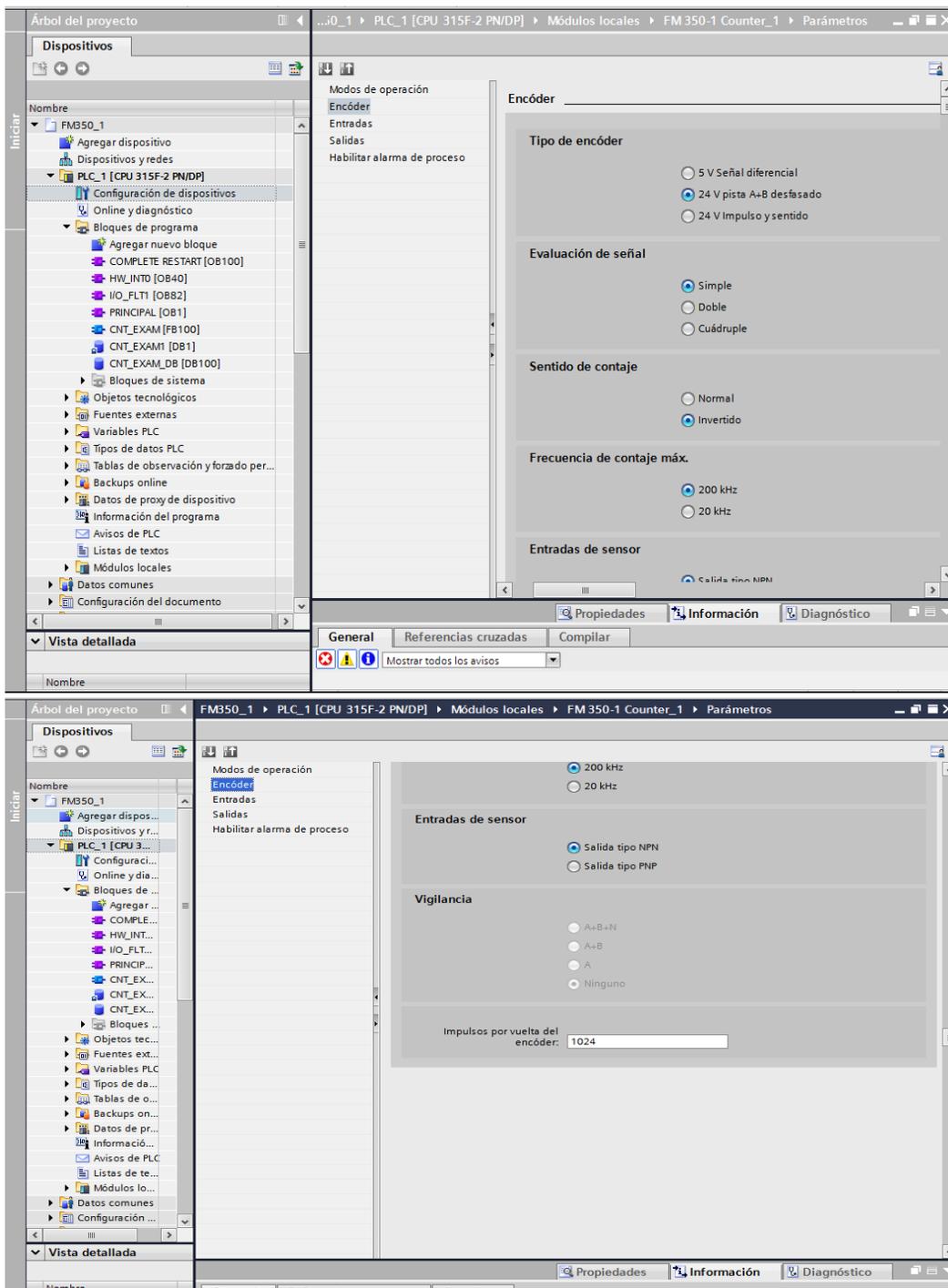


Figura 16.

Parámetros del encorder. **Fuente:** Autor.

18. Para poder transferir los valores es importante, tener en cuenta el tipo operación ya sea contaje o medición, en este caso se usó la medición de velocidad, se deben activar las siguientes variables como se muestra en la figura 17.

Modo de operación	Parámetros de la FC
Contaje	L_DIRECT, L_PREPAR, T_CMP_V1, T_CMP_V2, C_DOPARA
Medición	L_PREPAR, T_CMP_V1, T_CMP_V2, C_DOPARA

Figura 17. Parámetros de la FC para transferir valores⁴³.

19. Para poder cargar los parámetros del FM 350-1, se debe pasar la CPU de RUN a STOP y así poder modificar los parámetros, en la figura 18 se muestra esta reacción.

Parámetros básicos	Reacción del FM 350-1 a nuevos parámetros al pasar la CPU de STOP a RUN
Desactivar siempre	El FM cancela los procesos de contaje y medición, se resetea y aplica los nuevos parámetros.
Desactivar si han cambiado parámetros	El FM cancela los procesos de contaje y medición sólo si han cambiado los parámetros.

Figura 18. Reacciones del FM 350-1 a nuevos parámetros al pasar la CPU de STOP a RUN en función de los parámetros básicos⁴⁴.

20. Hay que tener claro, como se realiza la medición de velocidad con el FM 350-1, esta descripción se muestra en la figura 19.

Denominación	Descripción
Medición de frecuencia	El FM 350-1 cuenta los pulsos que llegan en un tiempo de medición dinámico.
Medición de velocidad	El FM 350-1 cuenta los pulsos que llegan de un sensor de velocidad en un tiempo de medición dinámico y calcula a partir de ello la velocidad con los pulsos por vuelta del sensor.
Medición del período	El FM 350-1 indica el tiempo de medición dinámico como duración del pulso. Si el período es inferior al tiempo de actualización, se crea un valor medio para el período.

Figura 19. Los modos de medición del FM 350-1⁴⁵.

21. Los **principios de medición** del módulo de conteo, lo primero que hace es contar cada uno de los flancos ascendentes de un pulso y a su vez les da un valor de tiempo en μs ⁴⁶.

Por lo tanto, en una secuencia de pulsos con uno o varios pulsos por intervalo de tiempo, el tiempo de medición dinámico se calcula con la diferencia de dos tiempos, como se muestra en la fórmula 1⁴⁶.

⁴³ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 48.

⁴⁴ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 78.

⁴⁵ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 139.

Tiempo de medición dinámica =
Valor de tiempo del último pulso en el intervalo de tiempo de
actualización actual – Valor de tiempo del último pulso en el intervalo de
tiempo de actualización precedente. Ecuación 1.

Si una vez calculado el tiempo de medición dinámica, se encuentra sin la actualización del pulso, entonces lo que hace es prolongar la medición⁴⁶, como se muestra en la figura 20.

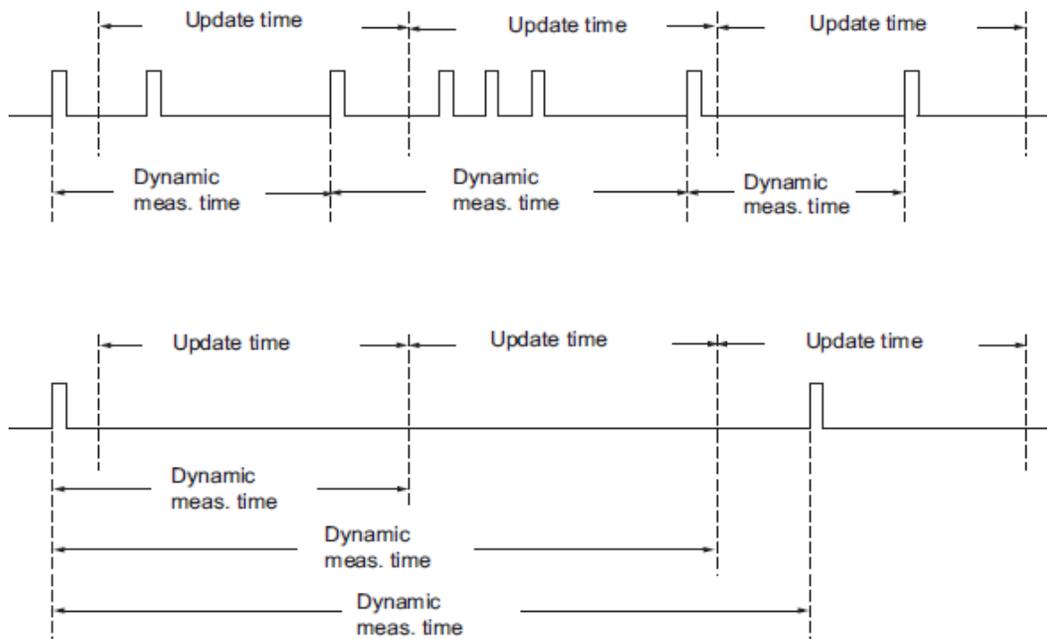


Figura 20. Principio de medición⁴⁶.

22. Como se realiza el **procedimiento de medición** del FM 350-1, el módulo de conteo mide de forma continua y en la parametrización se debe dar el tiempo de actualización, este tiempo comienza cuando se abre la puerta y detecta el primer pulso que es cuando hace la medición continua, pero realmente hasta el segundo pulso no logra tomar su primer valor medid⁴⁷.

⁴⁶ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 140.

Una vez se finaliza el tiempo de actualización, de vuelve un valor medido en la interfaz de retroalimentación (frecuencia, duración del periodo o velocidad). Es importante aclarar que, si se invierte el sentido de giro en el tiempo de actualización, el valor de la medición en ese periodo va a ser indeterminado⁴⁷.

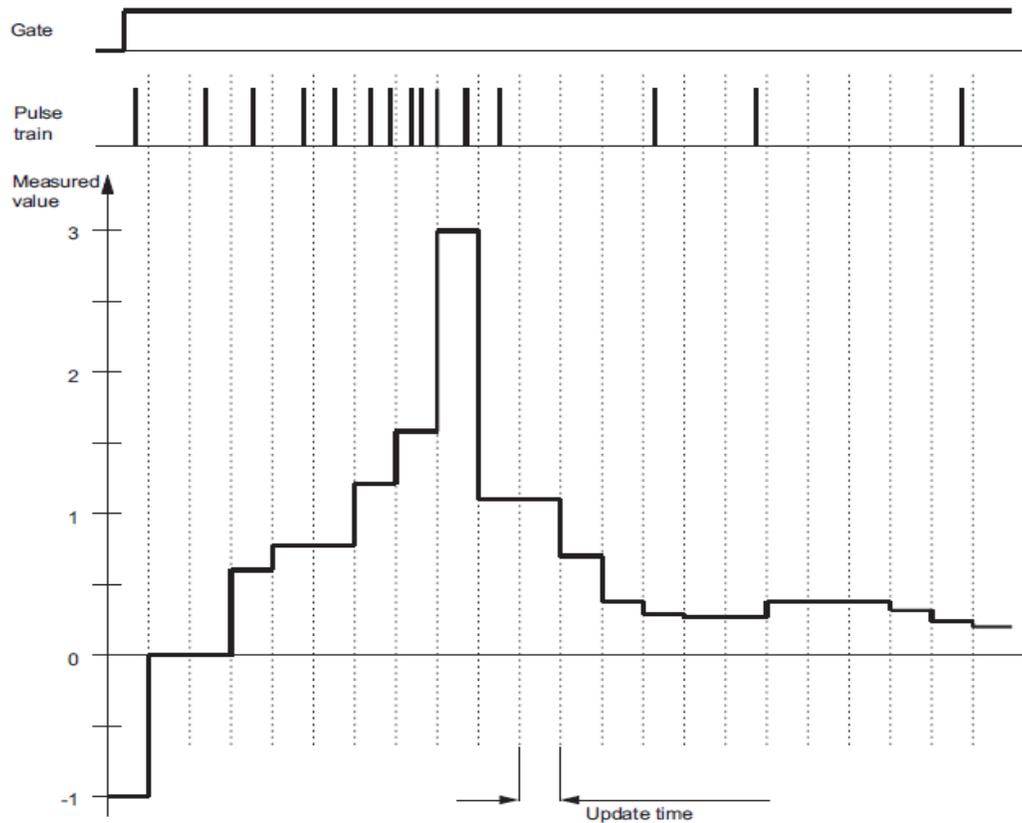


Figura 21. Principio de la medición continua (ejemplo Medida de frecuencia)⁴⁸.

23. La vigilancia de los límites se realiza cuando finaliza el tiempo de actualización y este a su vez se compara con los límites parametrizados Límite superior y Límite inferior⁴⁹.

Cuando estos valores medidos están rebasados de los límites ya establecidos, sea inferior o superior, entonces se activa el bit STS_UFLW=1 para el límite inferior y para el límite superior se activa el bit STS_OFLW = 1⁴⁹.

⁴⁷ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 141.

⁴⁸ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 142.

Para poder desactivar los bits de STS_OFLW y STS_UFLW, se logra con los bits RES_ZERO y STS_RES_ZERO⁴⁹, en la figura 22 se muestra la medición continua en frecuencia.

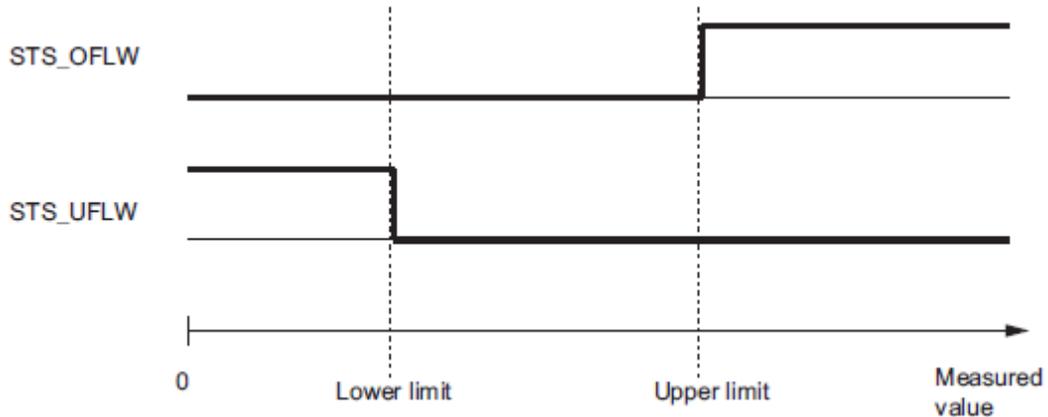


Figura 22. Principio de la medición continua (ejemplo Medida de frecuencia)⁴⁹.

24. Los datos del canal del módulo se encuentran en el DB de la FC CNT_CTL1. Antes de parametrizar el módulo es necesario escribir los siguientes datos⁵⁰:

- Dirección del módulo (dirección 6.0)
- Dirección inicial del canal (dirección 8.0)
- Longitud de la interfaz de datos útiles (dirección 12.0)

Estos datos se encuentran en asociado a un tipo de dato en UDT 1, en la figura 23 se muestra la dirección y la variable asociada en el UTD 1⁵⁰.

⁴⁹ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 143.

Dirección	Variables	Tipo de datos	Valor inicial	Comentario	
				Contaje	Medición
Parámetros de la FC, direcciones					
0.0	AR1_BUFFER	DWORD	DW#16#0	Búfer AR1	Búfer AR1
4.0	FP	BYTE	B#16#0	Flag Byte	Flag Byte
5.0	RESERVED	BYTE	B#16#0	Reservada	Reservada
6.0	MOD_ADR	WORD	W#16#0	Dirección del módulo	Dirección del módulo
8.0	CH_ADR	DWORD	DW#16#0	Dirección del canal	Dirección del canal
12.0	U_D_LGTH	BYTE	B#16#0	Longitud de datos de usuario	Longitud de datos útiles
13.0	A_BYTE_0	BYTE	B#16#0	Reservada	Reservada
Área de transferencia para valores a escribir					
14.0	LOAD_VAL ¹	DINT	L#0	Nuevo valor de carga (write user)	Límite inferior (write user)
18.0	CMP_V1 ¹	DINT	L#0	Nuevo valor de comparación 1 (write user)	Límite superior (write user)
22.0	CMP_V2 ¹	DINT	L#0	Nuevo valor de comparación 2 (write user)	Tiempo de actualización (write user)
Área de transferencia para valores a leer					
30.0	LATCH_LOAD ¹	DINT	L#0	Valor de carga o congelación actual (read user)	Valor medido actual (read user)
34.0	ACT_CNTV ¹	DINT	L#0	Valor de contaje actual (read user)	Valor de contaje actual (read user)
Números de error					
38.0	DA_ERR_W ¹	WORD	W#16#0	Palabra de error de datos (read user)	Palabra de error de datos (read user)
40.0	OT_ERR_B ¹	BYTE	B#16#0	Byte de error de operador (read user)	Byte de error de operador (read user)
Interfaz de retroaviso					
41.0	E_BIT0_0	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
41.1	E_BIT0_0	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
41.2	E_BIT0_2	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
41.3	E_BIT0_3	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
41.4	DATA_ERR ¹	BOOL	FALSE	Bit de error de datos (read user)	Bit de error de datos (read user)
41.5	E_BIT0_5	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
41.6	E_BIT0_6	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
41.7	PARA ¹	BOOL	FALSE	Módulo parametrizado (read user)	Módulo parametrizado (read user)
42.0	E_BYTE_0	BYTE	B#16#0	Reservada	Reservada
43.0	STS_RUN ¹	BOOL	FALSE	Estado contador en curso (read user)	Estado contador en funcionamiento (read user)
43.1	STS_DIR ¹	BOOL	FALSE	Estado sentido de contaje (lectura usuario)	Estado sentido de contaje (read user)
43.2	STS_ZERO ¹	BOOL	FALSE	Estado paso por cero (read user)	Fin de medición (read user)
43.3	STS_OFLOW ¹	BOOL	FALSE	Estado rebase por exceso (read user)	Estado rebase por exceso (read user)
43.4	STS_UFLOW ¹	BOOL	FALSE	Estado rebase por defecto (read user)	Estado rebase por defecto (read user)
43.5	STS_SYNC ¹	BOOL	FALSE	Estado contador sincronizado (read user)	-
43.6	STS_GATE ¹	BOOL	FALSE	Estado puerta interna (read user)	Estado puerta interna (read user)
43.7	STS_SW_G ¹	BOOL	FALSE	Estado puerta SW (read user)	Estado puerta SW (read user)

Dirección	Variables	Tipo de datos	Valor inicial	Comentario	
				Contaje	Medición
Interfaz de control					
26.0	A_BIT0_0	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
26.1	A_BIT0_1	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
26.2	A_BIT0_2	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
26.3	A_BIT0_3	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
26.4	A_BIT0_4	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
26.5	A_BIT0_5	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
26.6	A_BIT0_6	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
26.7	A_BIT0_7	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
27.0	ENSET_UP ¹	BOOL	FALSE	Habilitar inicialización en sentido ascendente (write user)	-
27.1	ENSET_DN ¹	BOOL	FALSE	Habilitar inicialización en sentido descendente (write user)	-
27.2	A_BIT1_2	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
27.3	A_BIT1_3	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
27.4	A_BIT1_4	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
27.5	A_BIT1_5	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
27.6	A_BIT1_6	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
27.7	A_BIT1_7	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
28.0	CTRL_DO0 ¹	BOOL	FALSE	Habilitación salida digital DO0 (write user)	Habilitación salida digital DO0 (write user)
28.1	CTRL_DO1 ¹	BOOL	FALSE	Habilitación salida digital DO1 (write user)	Habilitación salida digital DO1 (write user)
28.2	A_BIT2_2	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
28.3	A_BIT2_3	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
28.4	A_BIT2_4	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
28.5	A_BIT2_5	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
28.6	A_BIT2_6	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
28.7	A_BIT2_7	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
29.0	A_BIT3_0	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
29.1	A_BIT3_1	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
29.2	A_BIT3_2	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
29.3	A_BIT3_3	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
29.4	A_BIT3_4	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
29.5	A_BIT3_5	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
29.6	A_BIT3_6	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
29.7	A_BIT3_7	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada

Dirección	Variables	Tipo de datos	Valor inicial	Comentario	
				Contaje	Medición
44.0	STS_SET ¹	BOOL	FALSE	Estado entrada digital DI-Set (read user)	Estado entrada digital DI-Set (read user)
44.1	STS_LATCH ¹	BOOL	FALSE	Nuevo valor de congelación (solo en modo isócrono)	-
44.2	STS_STA ¹	BOOL	FALSE	Estado entrada digital DI-Start (read user)	Estado entrada digital DI-Start (read user)
44.3	STS_STP ¹	BOOL	FALSE	Estado entrada digital DI-Stop (read user)	Estado entrada digital DI-Stop (read user)
44.4	STS_CMP1 ¹	BOOL	FALSE	Estado salida valor de comparación 1 (read user)	Estado salida valor de comparación 1 (read user)
44.5	STS_CMP2 ¹	BOOL	FALSE	Estado salida valor de comparación 2 (read user)	Estado salida valor de comparación 2 (read user)
44.6	STS_COMP1 ¹	BOOL	FALSE	Estado almacenado del comparador 1	-
44.7	STS_COMP2 ¹	BOOL	FALSE	Estado almacenado del comparador 2	-
45.0	E_BIT3_0	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
45.1	E_BIT3_1	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
45.2	E_BIT3_2	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
45.3	E_BIT3_3	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
45.4	E_BIT3_4	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
45.5	E_BIT3_5	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
45.6	E_BIT3_6	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada
45.7	E_BIT3_7	BOOL	FALSE	Reservada	Reservada

Figura 22. Asignación del DB⁵⁰.

25. La función FC CNT_CTL1 (FC 2), los datos que se utilizan es la FC2 son guardados en el DB y este transfiere los datos cíclicamente al FM y en sentido contrario. Estos datos son mostrados en la figura 22.

⁵⁰ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 173.

Nombre	Tipo de declaración	Tipo de datos	Significado	El usuario lo...	El bloque lo...
DB_NO	INPUT	INT	Número de DB con los datos del contador	introduce	consulta
SW_GATE	INPUT	BOOL	Bit de control del contador "Puerta SW (iniciar/parar)"	activa y desactiva	consulta
GATE_STP	INPUT	BOOL	Bit de control del contador "Parar puerta"	activa y desactiva	consulta
OT_ERR_A	INPUT	BOOL	Acusar error de manejo	activa y desactiva	consulta
SET_DO0	INPUT	BOOL	Activar/desactivar DO0	activa y desactiva	consulta
SET_DO1	INPUT	BOOL	Activar/desactivar DO1	activa y desactiva	consulta
OT_ERR	OUTPUT	BOOL	Error de manejo	consulta	activa y desactiva
L_DIRECT ²⁾	IN-OUT	BOOL	Contaje: Bit de disparo para "carga directa y preparatoria" de un contador Medición: No está permitido activarlo.	activa -	consulta y desactiva
L_PREPAR ²⁾	IN-OUT	BOOL	Contaje: Bit de disparo para "carga preparatoria" de un contador Medición: Transferir el límite inferior	activa	consulta y desactiva
T_CMP_V1 ²⁾	IN-OUT	BOOL	Contaje: Bit de disparo para transferir el "valor de comparación 1" Medición: Transferir el límite superior	activa	consulta y desactiva
T_CMP_V2 ²⁾	IN-OUT	BOOL	Contaje: Bit de disparo para transferir el "valor de comparación 2" Medición: Tiempo de actualización	activa	consulta y desactiva
C_DOPARA ¹⁾	IN-OUT	BOOL	Bit de disparo para modificar parámetros	activa	consulta y desactiva
Nombre	Tipo de declaración	Tipo de datos	Significado	El usuario lo...	El bloque lo...
RES_SYNC	IN-OUT	BOOL	Desactivar el bit de estado para la sincronización	activa	consulta y desactiva
RES_ZERO	IN-OUT	BOOL	Desactivar los bits de estado para paso por cero, rebase por exceso, rebase por defecto, comparación y fin de medición	activa	consulta y desactiva
¹⁾ Este parámetro no se puede activar simultáneamente con uno de los parámetros L_DIRECT, L_PREPAR, T_CMP_V1 o T_CMP_V2.					
²⁾ Este parámetro no se puede activar simultáneamente con el parámetro C_DOPARA.					

Figura 22. Asignación del DB⁵¹.

⁵¹ SIEMENS, Manual: S7-300 Módulo de contaje FM 350-1, 05/2011, Pag 47.

Anexo 10. Configuración del módulo de conteo rápido FM 350-1-Software.

1. Luego de realizar los parámetros, se debe crear los bloques del programa para ello va PLC_1 [CPU 315F-2 PN/DP]>Bloques de programa>Agregar nuevo bloque>Bloque de función>Manual>100, como se muestra en la figura 1.

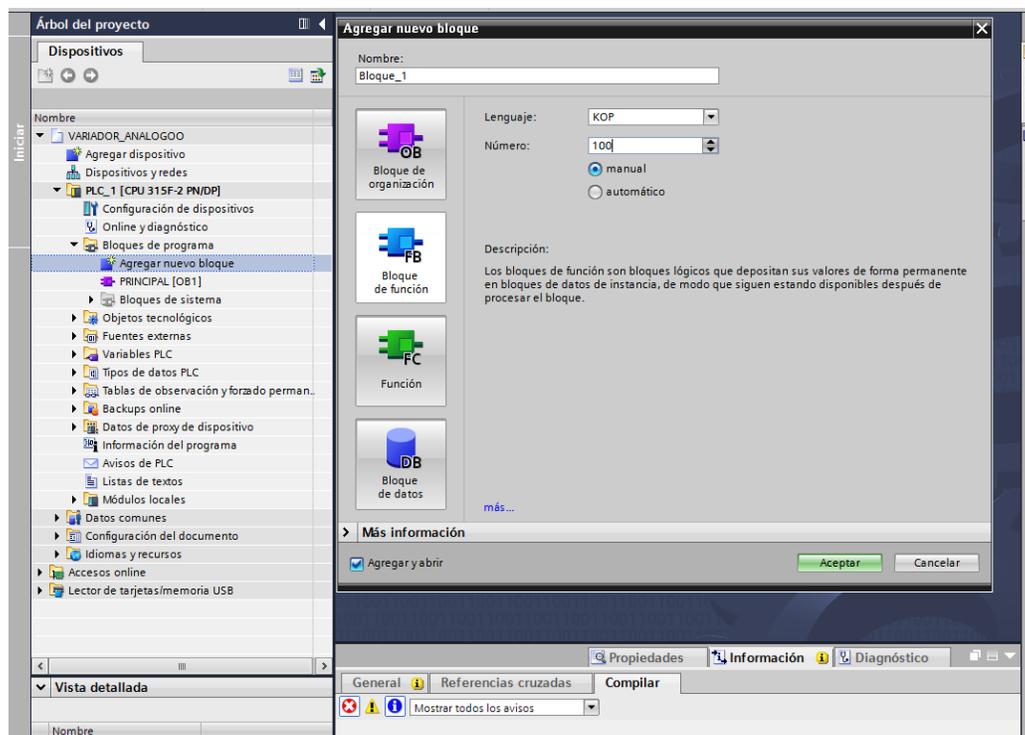


Figura 1. Bloque de Función [FB100]. **Fuente:** Autor.

2. Luego se debe agregar la instrucción CNT_CTL1 cual permite controlar los modos de contaje y medición, desde allí se puede activar y desactivar las salidas del módulo de contaje¹.

CNT_CTL1 cumple como función guardar los datos necesarios en el DB de contaje en la CPU, a su vez permite transferir cíclicamente datos de este DB y recogiendo datos al módulo de contaje¹.

La instrucción CNT_CTL1, cuenta con los siguientes parámetros, los cuales se puede activar y desactivar salidas, como se muestra en la figura 2.

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Descripción	El usuario lo ...	La instrucción lo ...
DB_NO	INPUT	INT	Número del bloque de datos de contaje	registra	consulta
SW_GATE	INPUT	BOOL	Bit de control del contador Puerta SW (iniciar/parar)	activa y desactiva	consulta
GATE_STP	INPUT	BOOL	Bit de control del contador Parar puerta	activa y desactiva	consulta
OT_ERR_A	INPUT	BOOL	Acusar error de operador	activa y desactiva	consulta
SET_D00	INPUT	BOOL	Activar/desactivar la salida D00	activa y desactiva	consulta
SET_D01	INPUT	BOOL	Activar/desactivar la salida D01	activa y desactiva	consulta
OT_ERR	OUTPUT	BOOL	Hay un error de operador	consulta	activa y desactiva
L_DIRECT 2) 3)	IN-OUT	BOOL	Contaje: bit de inicio para carga directa y preparatoria de un contador	activa	consulta y desactiva
			Medición: no está permitido activarlo	-	consulta y desactiva
L_PREPAR 2) 3)	IN-OUT	BOOL	Contaje: bit de inicio para carga preparatoria de un contador	activa	consulta y desactiva
			Medición: transferir el límite inferior	activa	consulta y desactiva
T_CMP_V1 2)	IN-OUT	BOOL	Contaje: bit de inicio para transferir el valor de comparación 1	activa	consulta y desactiva
			Medición: transferir el límite superior	activa	consulta y desactiva
T_CMP_V2 2)	IN-OUT	BOOL	Contaje: bit de inicio para transferir el valor de comparación 2	activa	consulta y desactiva
			Medición: tiempo de actualización	activa	consulta y desactiva
C_DOPARA 1)	IN-OUT	BOOL	Bit de inicio para modificar parámetros	activa	consulta y desactiva
RES_SYNC	IN-OUT	BOOL	Borrar el bit de estado de sincronización	activa	consulta y desactiva
RES_ZERO	IN-OUT	BOOL	Desactivar bits de estado de paso por cero, rebase por exceso, rebase por defecto, comparador o fin de la medición	activa	consulta y desactiva

1) Este parámetro no se puede activar simultáneamente con uno de los parámetros L_DIRECT, L_PREPAR, T_CMP_V1 o T_CMP_V2.
2) Este parámetro no se puede activar simultáneamente con el parámetro C_DOPARA.
3) Estos parámetros no se pueden activar simultáneamente.

Figura 1. Parámetros CNT_CTL1⁵².

3. Para crear el bloque CNT_CTL1 en *TIA portal*, se debe ir a CNT_EXAM1 [FB 100]>Instrucciones>Tecnología>Módulos de función>FM X50-1 contador> CNT_CTL1, como se muestra en la figura 3.

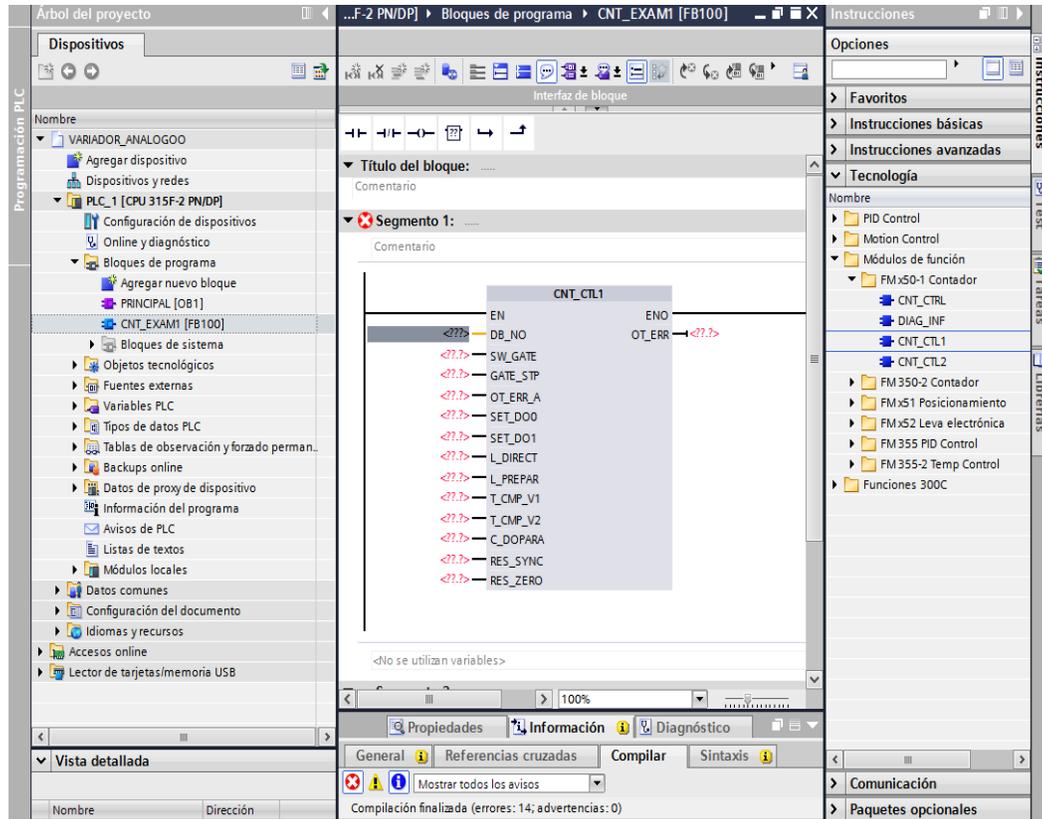


Figura 3. Función de bloque cnt_ctl1. Fuente: Autor.

4. Las variables para CNT_CTL1, se deben agregar en CNT_EXAM1 [FB 100], aquí cuenta con variables *Input*, *Output*, *InOut*, *Static*, *Temp* como se muestra en la figura 4.

The screenshot shows the Siemens SIMATIC Manager interface. On the left, the 'Programación PLC' tree is visible, with 'CNT_EXAM1 [FB100]' selected under 'Bloques de programa'. The main window displays the configuration for the 'CNT_EXAM1' block, showing a table of variables and a ladder logic diagram for 'Segmento 1'.

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
1	Input			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Output			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	InOut			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	Temp			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Constant			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

The ladder logic diagram for 'Segmento 1' shows the following connections:

- EN (Input) connected to the ENO output.
- DB_NO (Input) connected to the OT_ERR output.
- SW_GATE (Input) connected to the OT_ERR output.
- GATE_STP (Input) connected to the OT_ERR output.
- OT_ERR_A (Input) connected to the OT_ERR output.
- SET_DOO (Input) connected to the OT_ERR output.
- SET_DO1 (Input) connected to the OT_ERR output.

Figura 4.CNT_CTL1. Fuente: Autor.

5. Las variables que se agregaron en Input se muestran en la figura 5, SW_GATE su valor predeterminado es *TRUE*.

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
Input						
SW_GATE	Bool	0.0	TRUE	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Control software gate
GATE_STP	Bool	0.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Stop gate
OT_ERR_A	Bool	0.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Confirm operator error
DIAG_ERR_A	Bool	0.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Confirm diagnostic interrup
HW_INT_ERR_A	Bool	0.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Confirm hardware interrupt
SET_DOO	Bool	0.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Set output DOO
SET_DO1	Bool	0.6	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Set output DO1
SET_L_DIRECT	Bool	0.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=New counter value
SET_L_PREPAR	Bool	1.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Prepare new counter value
SET_T_CMP_V1	Bool	1.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=New compare value 1
SET_T_CMP_V2	Bool	1.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=New compare value 2
SET_C_DOPARA	Bool	1.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Triggering parameter change
SET_RES_SYNC	Bool	1.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Reset status bit "synchronization"
SET_RES_ZERO	Bool	1.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Reset status bit "zero-crossing"
ENSET_UP	Bool	1.6	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Enable set in direction up (forward)
ENSET_DN	Bool	1.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Enable set in direction down (backwa..
CTRL_DOO	Bool	2.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Control digital output DOO
CTRL_DO1	Bool	2.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Control digital output DOO
L_DIRECT_VAL	DInt	4.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	New counter value
L_PREPAR_VAL	DInt	8.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	New preparation value
T_CMP_V1_VAL	DInt	12.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	New compare value 1
T_CMP_V2_VAL	DInt	16.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	New compare value 2
DOO_MODE	Byte	20.0	16#0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Set DOO behavior (0..5)
DO1_MODE	Byte	21.0	16#0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Set DO1 behavior (0..6)
HYSTERESIS	Byte	22.0	16#0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hysteresis value (0..255)
PULSE_DURATION	Byte	23.0	16#0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pulse duration (0..250)
Output						
InOut						
Static						

Figura 5. Variables Input en CNT_EXAM1 [FB100]. Fuente: Autor.

6. Las variables que se agregaron en *Output* se muestran en la figura 6.

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
Input				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Output				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
OT_ERR	Bool	24.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Error in CNT_CTL1 function
DIAG_ERR	Bool	24.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Diagnostic interrupt received
HW_INT_ERR	Bool	24.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Hardware interrupt received
STS_RUN	Bool	24.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	"Counter is running" status
STS_DIR	Bool	24.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	"Direction bit" status
STS_ZERO	Bool	24.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	"Zero-Crossing" status
STS_OFLW	Bool	24.6	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	"Counter Overflow" status
STS_UFLW	Bool	24.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	"Counter Underflow" status
STS_SW_G	Bool	25.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	"Software Gate" status
STS_GATE	Bool	25.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	"Internal Gate" status
OT_ERR_B	Byte	26.0	16#0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Operator error
LATCH_LOAD	Dint	28.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Current load value or latch value
ACT_CNTV	Dint	32.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Current count value
InOut				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Temp				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Constant				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 6. Variables Output en CNT_EXAM1 [FB100]. Fuente: Autor.

7. Las variables que se agregaron en *Input* se muestran en la figura 7.

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Visible en ..	Valor de a..	Comentario	
1	▶ Input			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	▶ Output			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	▼ InOut			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	▶ L_DIRECT	Bool	36.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new counter value
5	▶ L_PREPAR	Bool	36.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Prepare new counter value
6	▶ T_CMP_V1	Bool	36.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new compare value 1
7	▶ T_CMP_V2	Bool	36.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new compare value 2
8	▶ C_DOPARA	Bool	36.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Triggering parameter change
9	▶ RES_SYNC	Bool	36.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Reset status bit "synchronization"
10	▶ RES_ZERO	Bool	36.6	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Reset status bit "zero-crossing"
11	▶ DIAG_INF	Bool	36.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Read diagnostics (only for OB82)
12	▶ Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
13	▶ Temp			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
14	▶ Constant			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Figura 7. Variables IntOut en CNT_EXAM1 [FB100]. **Fuente:** Autor.

8. Las variables que se agregaron en *InOut* se muestra en la figura 8.

	Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Visible en ..	Valor de a..	Comentario
1	▶ Input				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	▶ Output				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	▼ InOut				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	▪ L_DIRECT	Bool	36.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new counter value
5	▪ L_PREPAR	Bool	36.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Prepare new counter value
6	▪ T_CMP_V1	Bool	36.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new compare value 1
7	▪ T_CMP_V2	Bool	36.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new compare value 2
8	▪ C_DOPARA	Bool	36.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Triggering parameter change
9	▪ RES_SYNC	Bool	36.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Reset status bit "synchronization"
10	▪ RES_ZERO	Bool	36.6	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Reset status bit "zero-crossing"
11	▪ DIAG_INF	Bool	36.7	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Read diagnostics (only for OB82)
12	▶ Static				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	▶ Temp				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	▶ Constant				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 8. Variables IntOut en CNT_EXAM1 [FB100]. **Fuente:** Autor.

9. Las variables que se agregaron en *Static* se muestra en la figura 9.

The screenshot shows the 'Programación PLC' window for 'CNT_EXAM' in a Siemens SIMATIC Manager. The 'Static' section is expanded, showing a table of variables. The table has columns for 'Nombre', 'Tipo de datos', 'Offset', 'Valor predet.', 'Visible en ...', 'Valor de a..', and 'Comentario'. The variables listed are:

Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor predet.	Visible en ...	Valor de a..	Comentario
FP_L_DIRECT	Bool	38.0	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
FP_L_PREPAR	Bool	38.1	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new counter value
FP_T_CMP_V1	Bool	38.2	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Prepare new counter value
FP_T_CMP_V2	Bool	38.3	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new compare value 1
FP_C_DOPARA	Bool	38.4	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Load new compare value 2
FP_RES_SYNC	Bool	38.5	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Triggering parameter change
FP_RES_ZERO	Bool	38.6	false	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Reset status bit "synchronization"
SFC_ERR	Int	40.0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1=Reset status bit "zero-crossing"

The interface also shows a 'Programa' window at the bottom and a status bar with 'Vista del portal', 'Vista general', 'CNT_EXAM', and 'Proyecto FM350_1 abierto'.

Figura 9. Variables Static en CNT_EXAM1 [FB100]. Fuente: Autor.

10. Las variables que se agregaron en *Temp* se muestran en la figura 10.

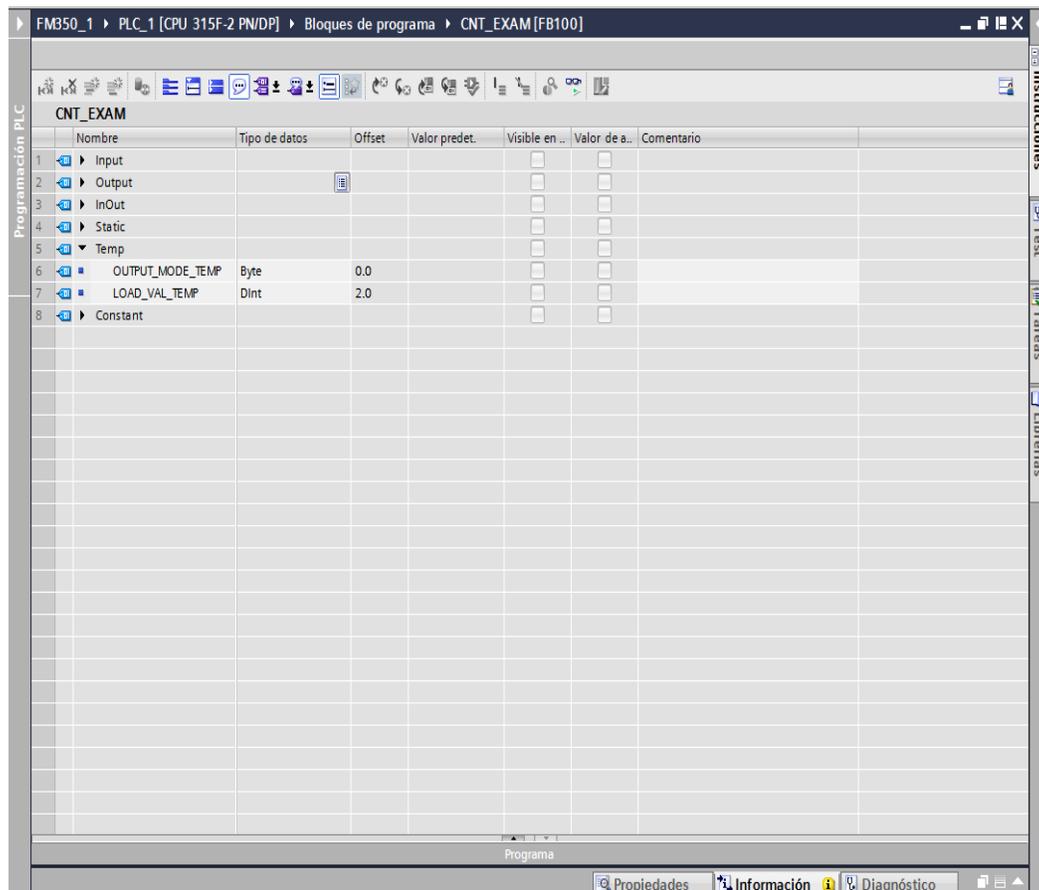


Figura 10. Variables Temp en CNT_EXAM1 [FB100]. Fuente: Autor.

11. Una vez creada cada una de las variables en CNT_EXAM1 [FB100], se debe llamar la instrucción CNT_CNTL1 en PRINCIPAL [OB1], para ello se coloca un cuadro vacío y se llama en la función en la parte superior, como se muestra en la figura 11.

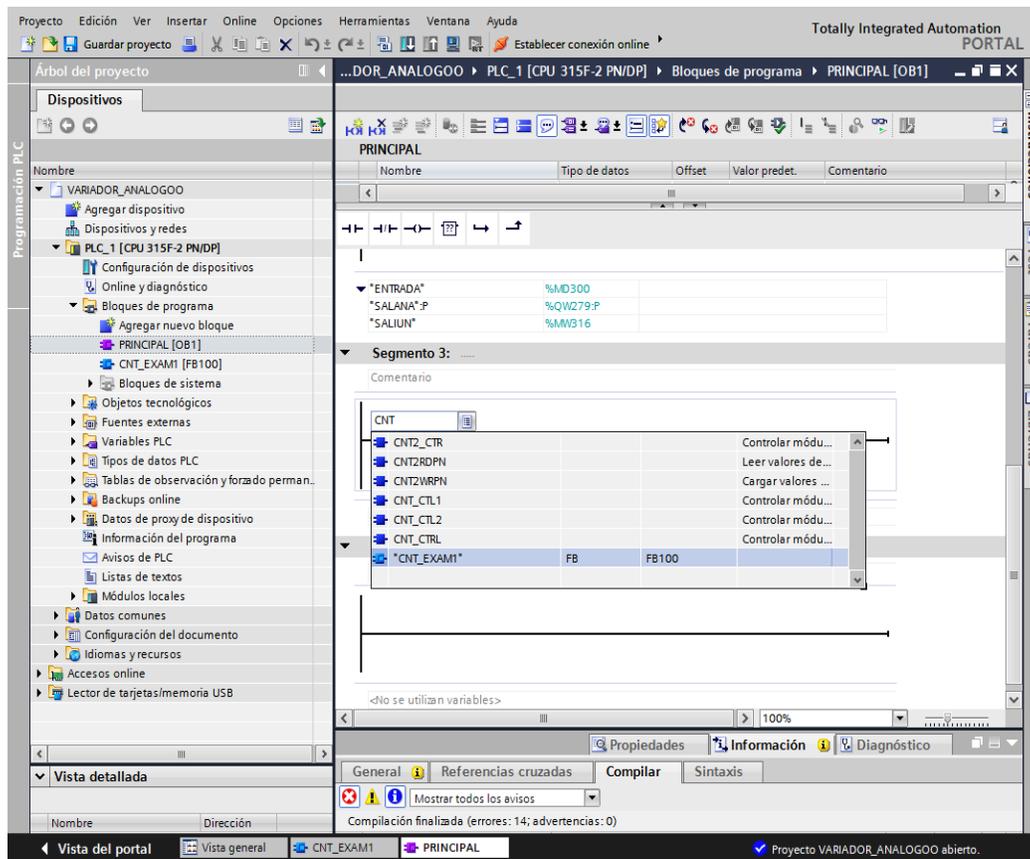


Figura 11. Llamar CNT_EXAM1 en PRINCIPAL [OB1]. Fuente: Autor.

12. Una vez creado, el automáticamente le crea un bloque de datos, donde almacena los datos del programa, como se muestra en la figura 12.

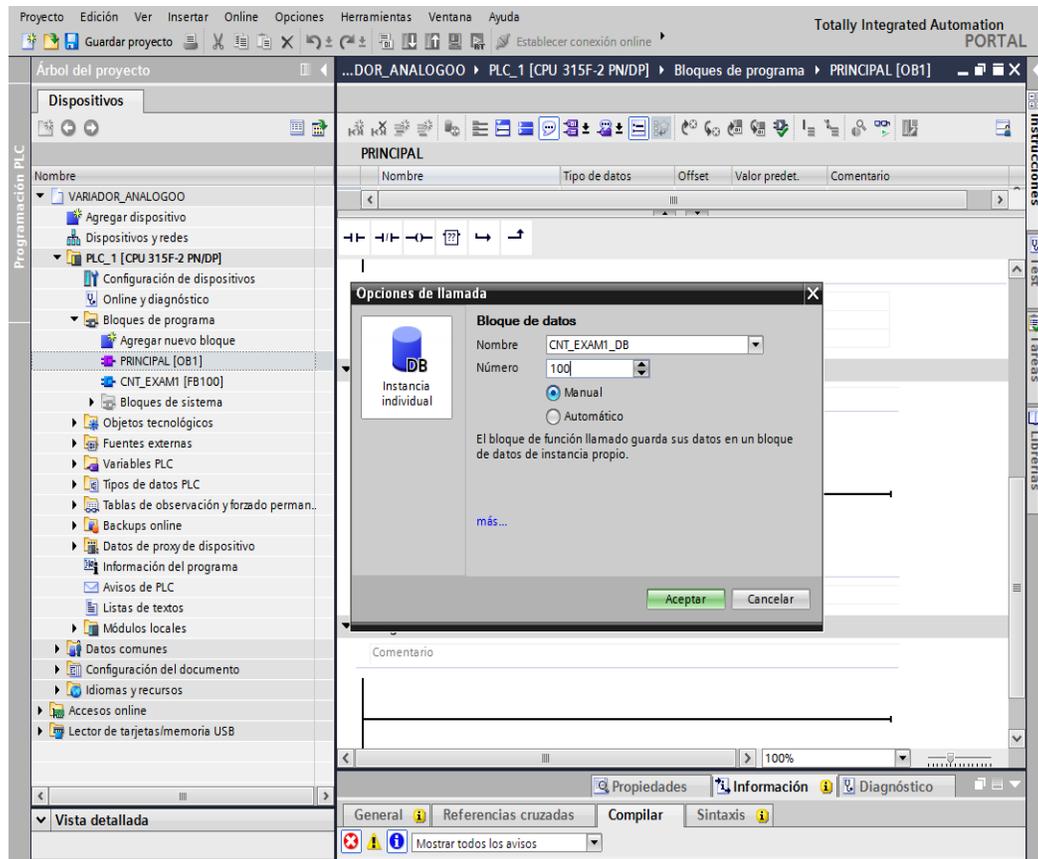


Figura 12. Crear CNT_EXAM_DB [DB100]. Fuente: Autor.

13. Al crear CNT_EXAM_DB [DB100], este guarda cada una de las variables de CNT_EXAM1 [FB 100], como se muestra en la figura 13.

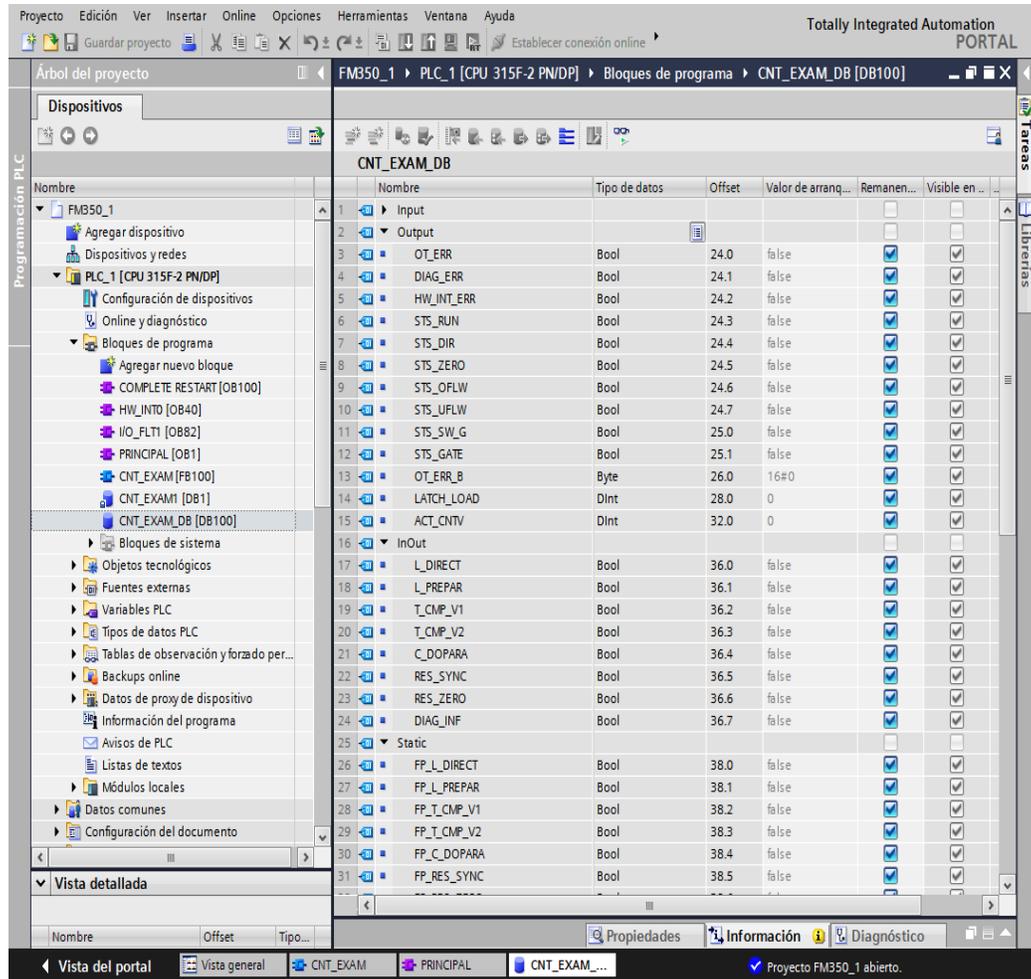


Figura 13. Variables de CNT_EXAM_DB [DB100]. Fuente: Autor.

14. Luego de crear el bloque de datos CNT_EXAM_DB [DB100] las variables en la instrucción son agregadas automáticamente, como se muestra en la figura 14.

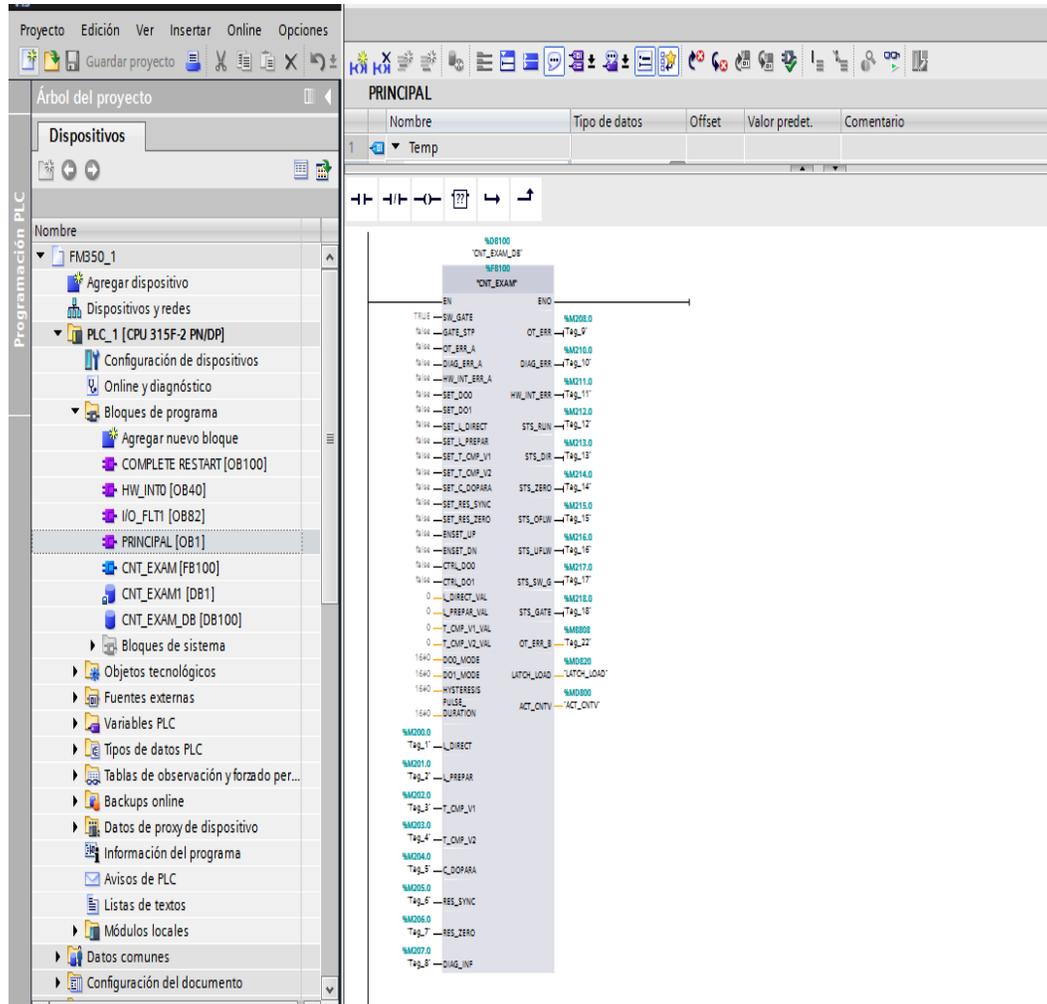


Figura 14. Llamar instrucción CNT_EXAM1 [FB100] y CNT_EXAM_DB [DB100].

Fuente: Autor.

15. Es necesario crear el bloque de datos CNT_EXAM1 [DB1], este bloque no se puede modificar viene protegido, para ello se debe elegir el tipo que es CNT_CHANTYPE1, como se muestra en la figura 15.

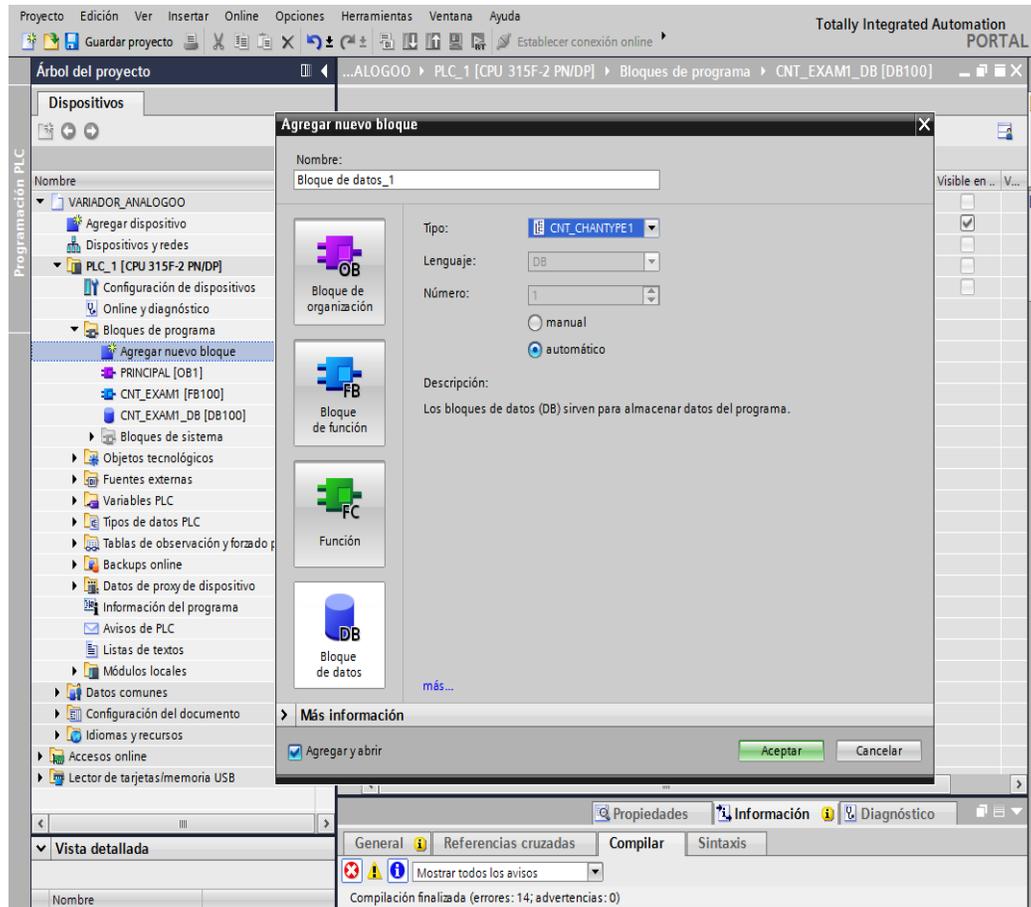


Figura 15. Crear CNT_EXAM1 [DB1]. Fuente: Autor.

16. Para un adecuado funcionamiento del módulo de conteo es necesario crear un bloque de organización, con los siguientes datos validos:

- Dirección del módulo (dirección 6.0)
- Dirección inicial del canal (dirección 8.0)
- Longitud de la interfaz de datos de usuario (dirección 12.0) ⁵³.

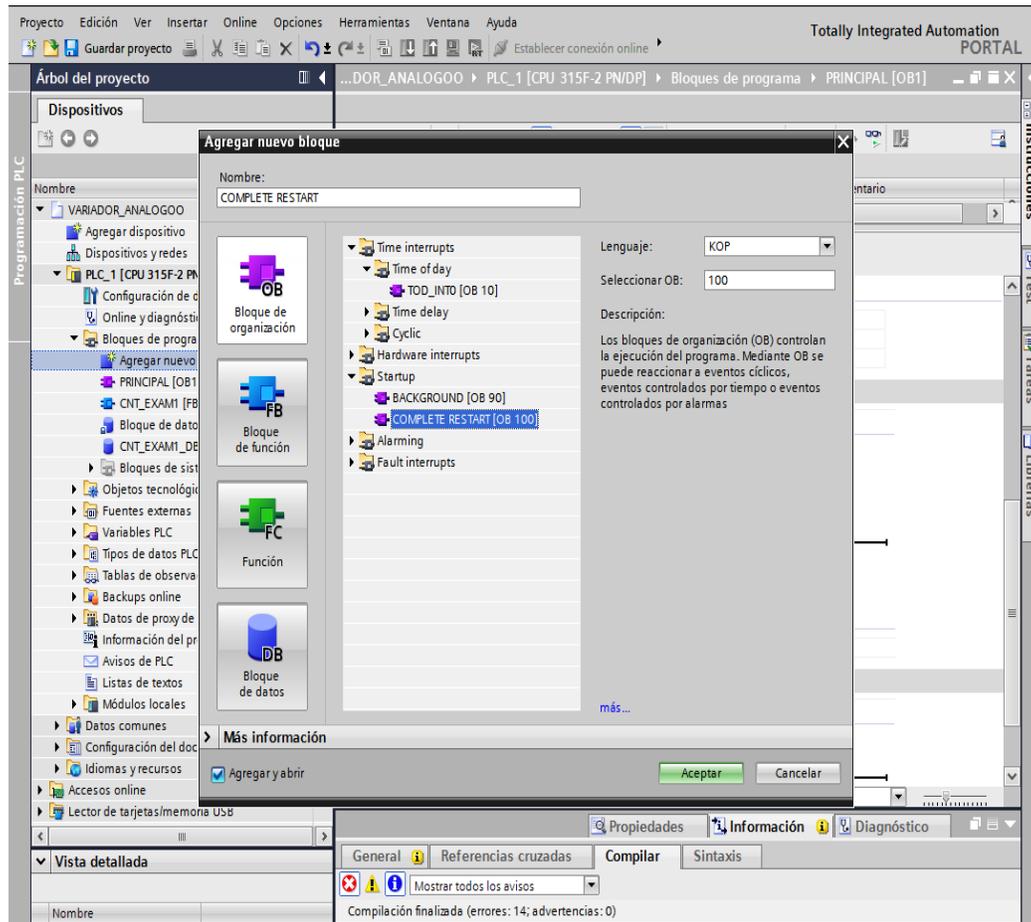


Figura 16. Crear COMPLETE RESTART [OB100]. Fuente: Autor.

⁵³ Sistema de información TIA PORTAL V13, Bloque de datos de conteo.

17. Una vez creado este bloque de organización, se debe insertar las direcciones y la longitud de la interfaz en COMPLETE RESTART [OB100], como se muestra en la figura.

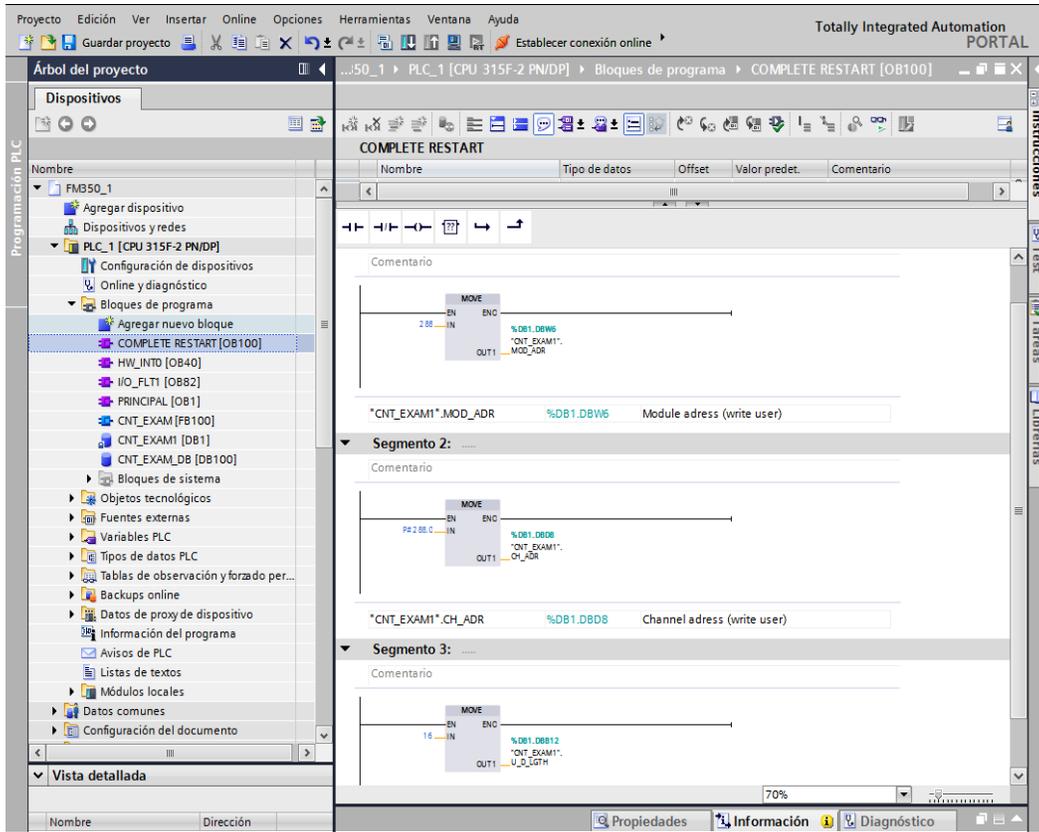


Figura 17. Llamar direcciones y longitud de la interfaz en COMPLETE RESTART [OB100]. **Fuente:** Autor.

18. Finalmente, se puede observar los valores de la lectura que hace el módulo de conteo al realizar una medición de velocidad en LATCH_LOAD, como se muestra en la figura 18.

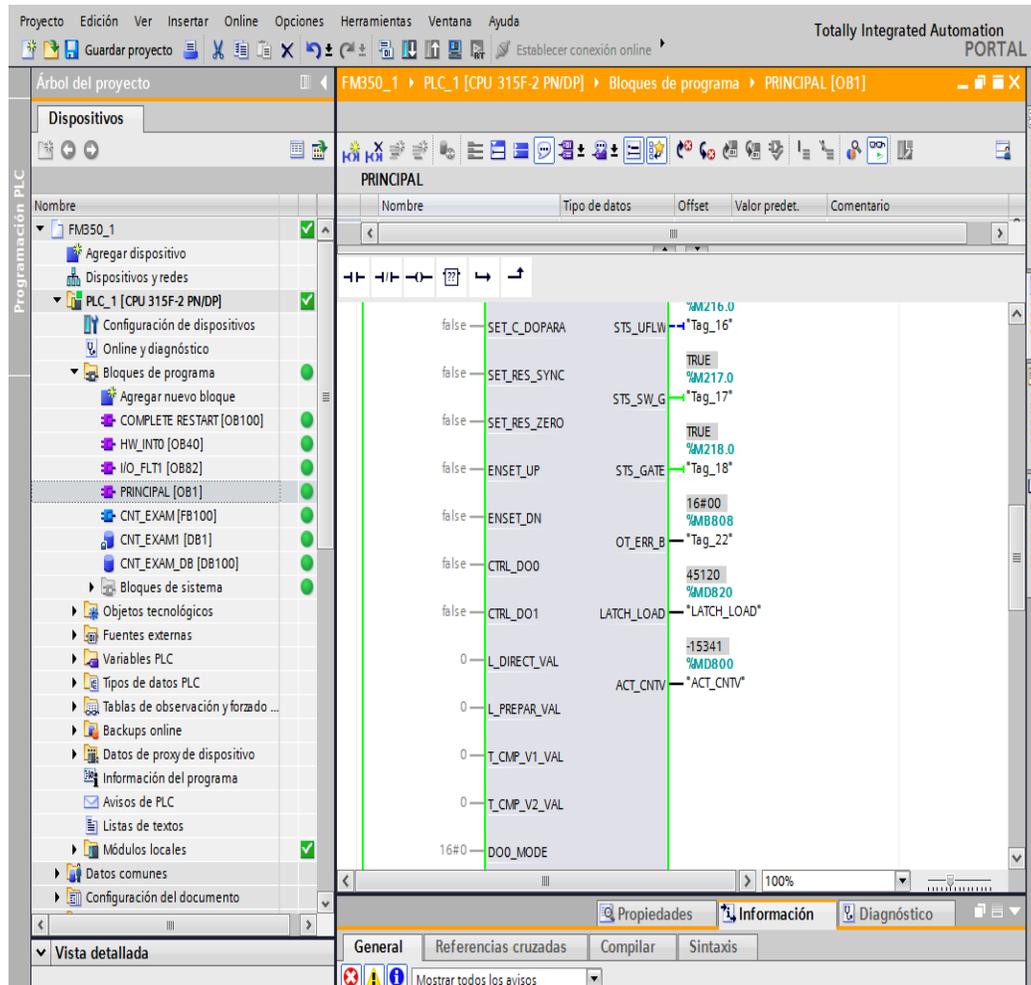


Figura 18. Valor de medición de velocidad. Fuente: Autor.

19. Para poder entender un poco más el valor de medición de *LATCH_LOAD*, se debe tener en cuenta el motor tiene una velocidad máxima de 1800 RPM en la cual se puede visualizar en el variador G120, el sensor inductivo IF5329 IFA3004-BPKG (ifm 45128 essen) muestra un valor de medición de 45 RPM ya que se cuenta con una caja reductora de 40:1, como se muestra en la ecuación 1.

$$\text{Valor del sensor inductivo} = \frac{1800 \text{ RPM}}{40}$$

$$\text{Valor del sensor inductivo} = 45 \text{ RPM Ecuación 1.}$$

El encoder incremental (E30S4-1024-3-T-24 – autonics) cuenta con 1024 pulsos/1 revolución es decir 46080 pulsos, como se muestra en la ecuación 2.

$$\text{Valor del encoder incremental} = 1024 \frac{\text{pulsos}}{1} \text{revolución} * 45 \text{ RPM}$$

$$\text{Valor del encoder incremental} = 46080 \text{ Pulsos Ecuación 2.}$$

El valor de medición que se observa en *LATCH_LOAD* en *TIA portal*, es de 45120 pulsos.

Anexo11. Algoritmo COMPLETO

Anexo 12. Algoritmo PRINCIPAL [OB1]

Anexo 13. Algoritmo COMPLETE RESTART [OB100]

Anexo 14. Algoritmo CNT_EXAM [FB100]

Anexo 15. Algoritmo CNT_EXAM1 [DB1]

Anexo 16. Algoritmo CNT_EXAM_DB [DB100]

Anexo 17. Planos eléctricos

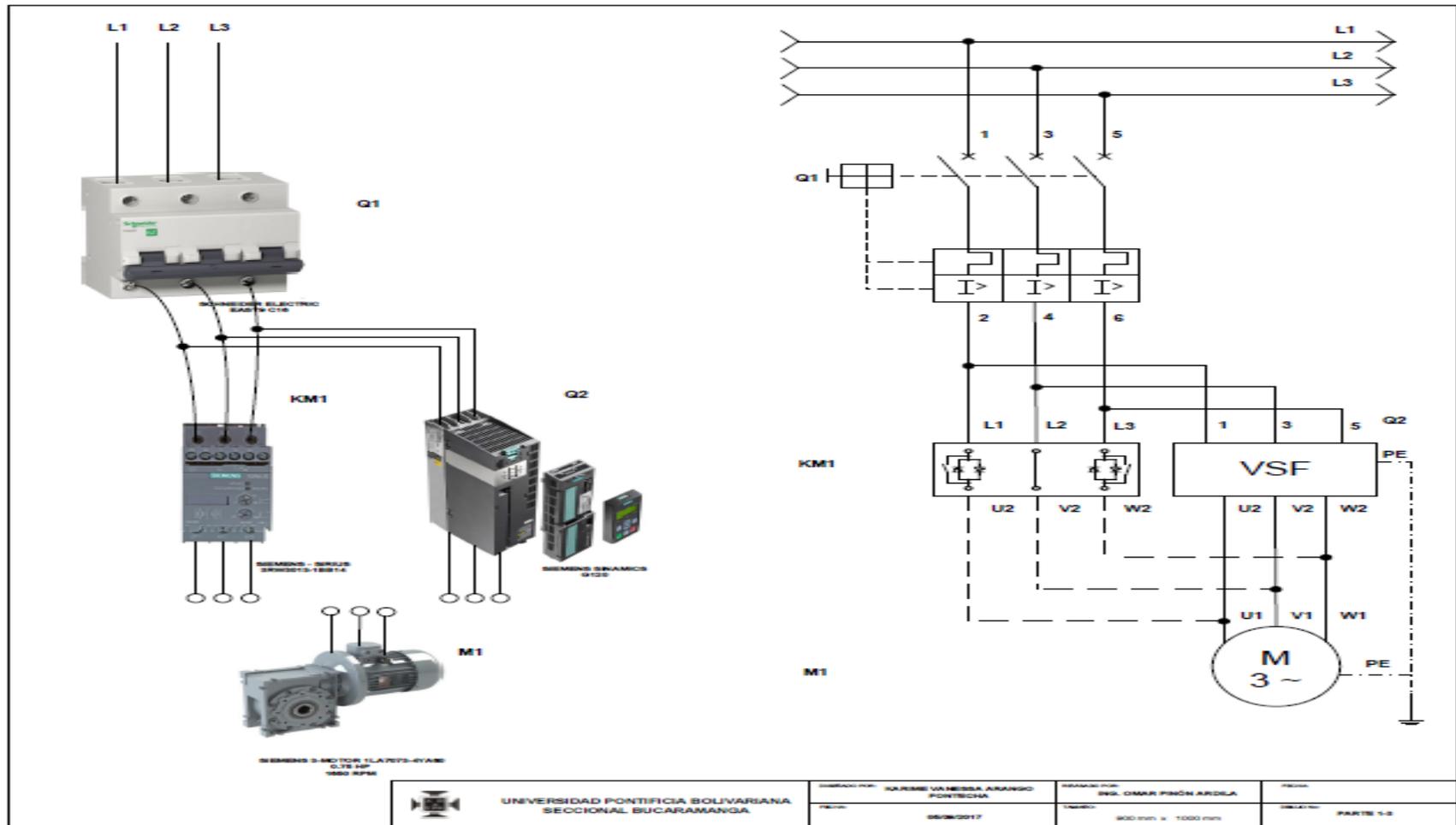


Figura 1. Diagrama de fuerzas del sistema. Fuente: Autor.

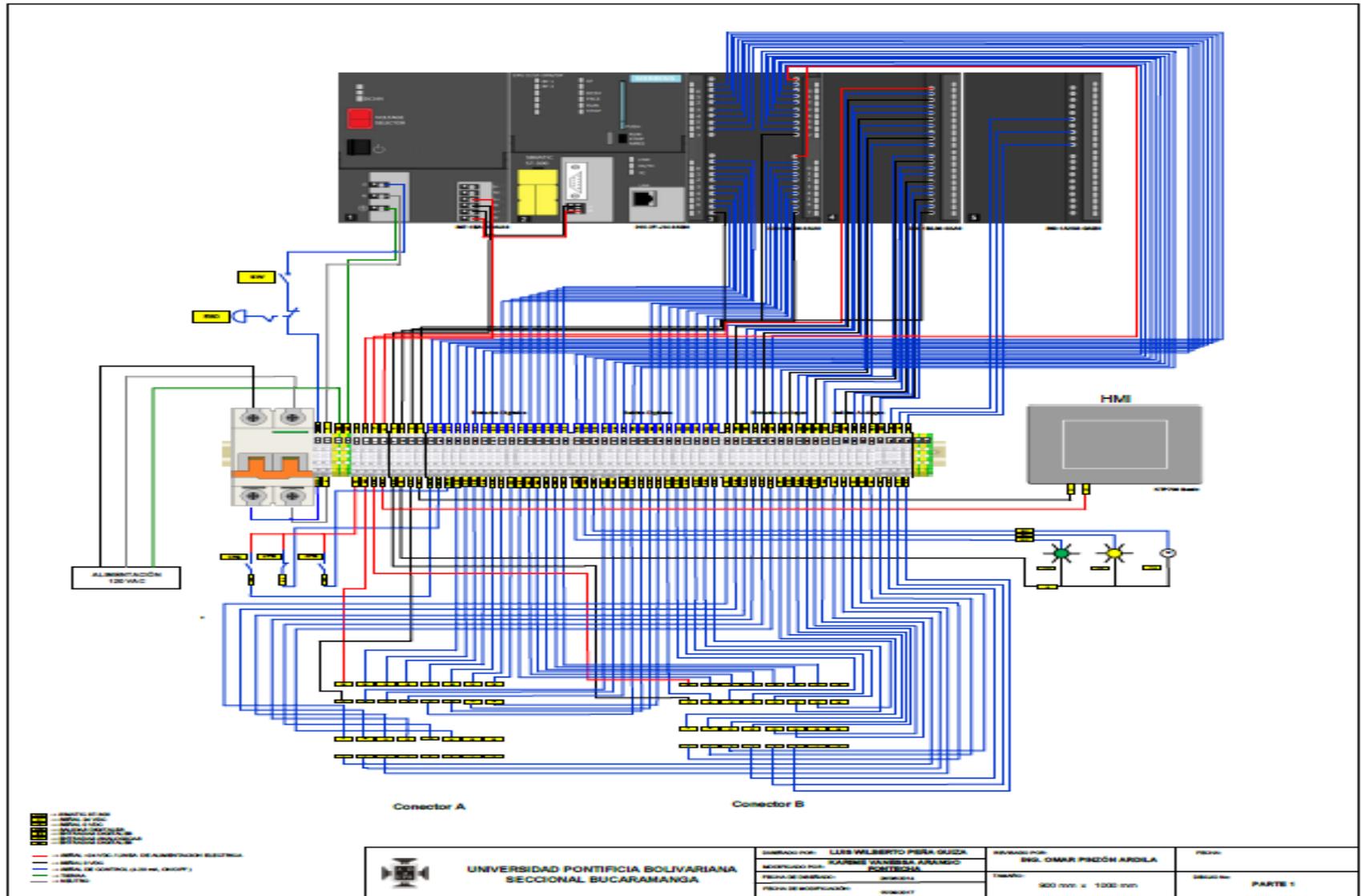


Figura 2. Plano eléctrico PLC S7-300. Fuente: Autor.

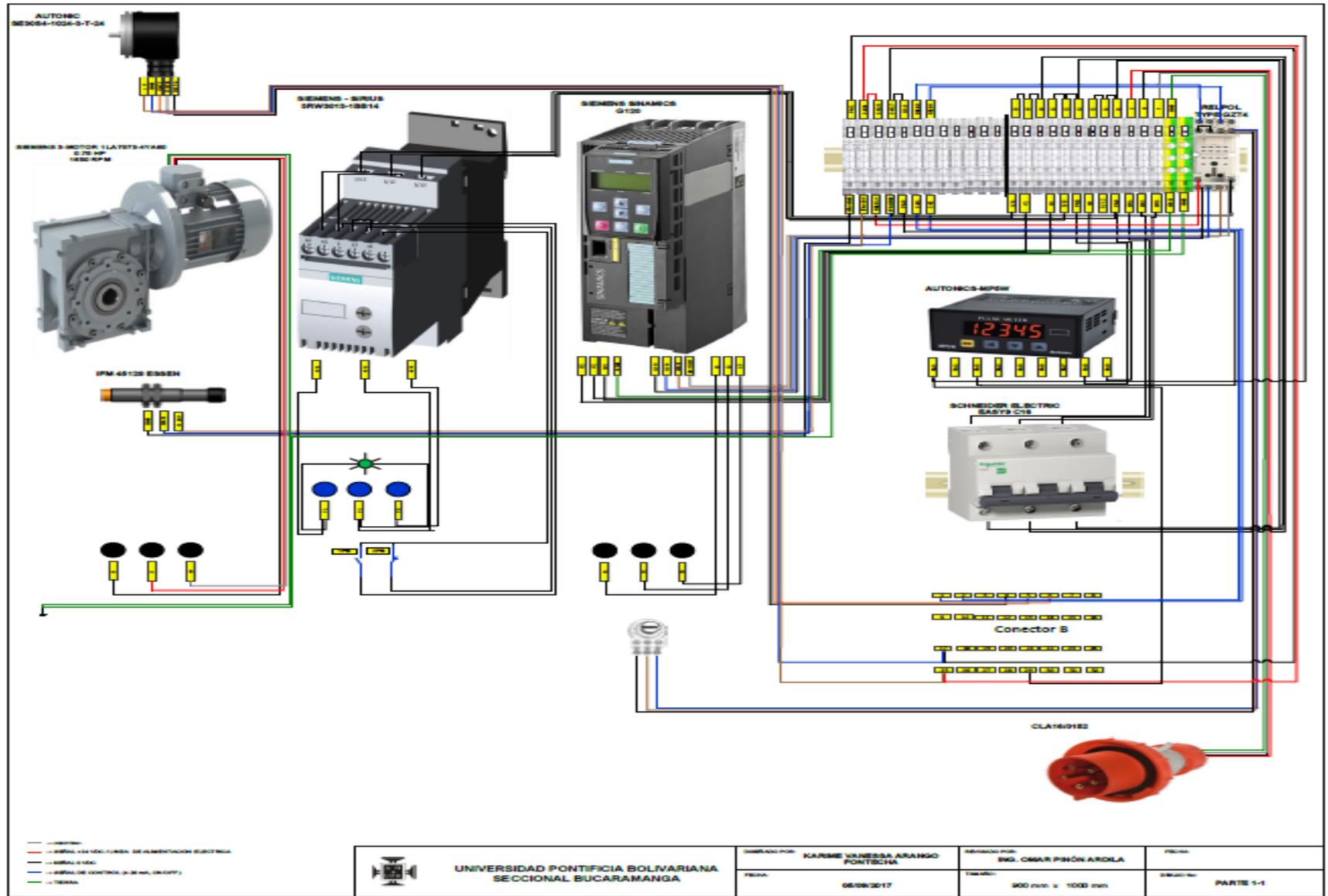


Figura 3. Plano eléctrico motor trifásico 1LA7073-4YA60. **Fuente:** Autor.

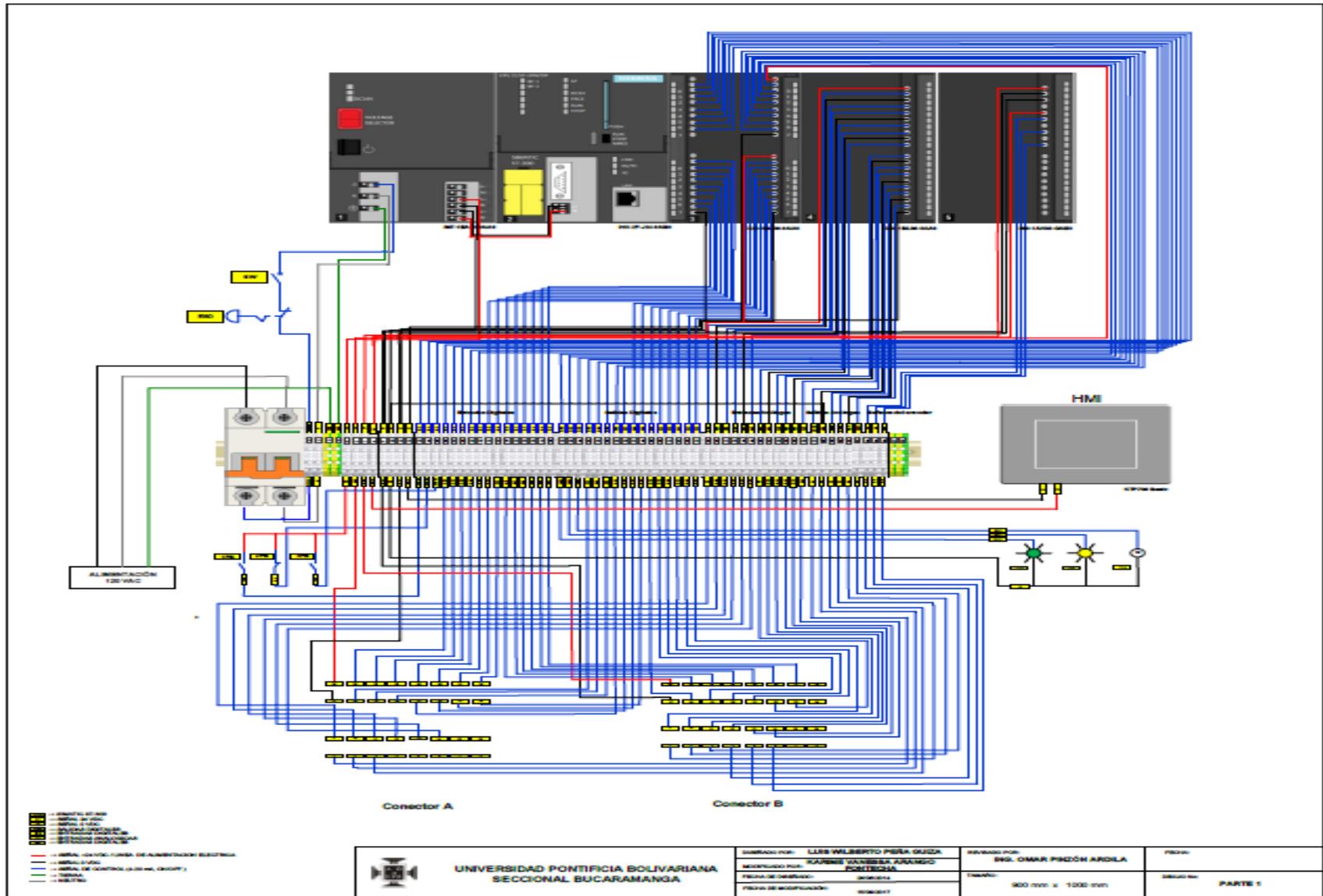


Figura 4. Plano eléctrico PLC S7-300 modificado. **Fuente:** Autor.

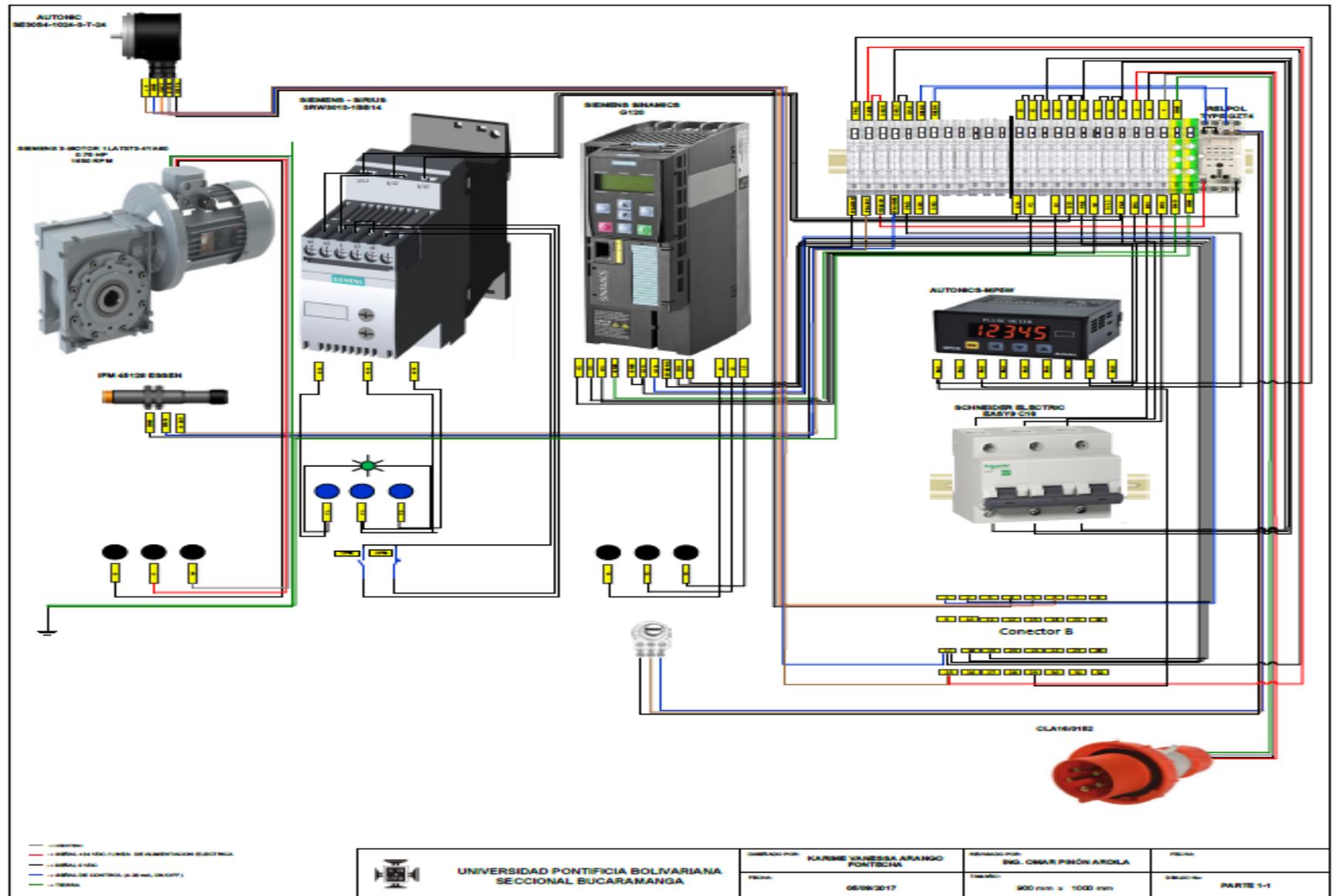


Figura 5. Plano eléctrico motor trifásico 1LA7073-4YA60 modificado. Fuente: Autor.