

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

TEMA:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI PLANTA INDUSTRIAL
PARA LLENADO DE SÓLIDOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE NÚMERO
DE VUELTAS A SER INSTALADO EN EL LABORATORIO DE
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.**

AUTORES:

Patricio Álvaro Andrade Jara

Julio Fernando Peralta Saca

DIRECTOR:

Ing. Ángel Leonardo Acosta Acosta

Guayaquil, Mayo del 2015

Declaratoria de responsabilidad y autorización de uso del trabajo de grado

Autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, Mayo del 2015

Julio Fernando Peralta Saca
C.I.: 0930274477

Patricio Álvaro Andrade Jara
C.I.: 0930326954

Dedicatoria

Con todo mi cariño a mi madre, hermano, tío y familiares que hicieron todo en la vida para apoyarme y que yo pudiera lograr mis metas, por motivarme y darme la mano cuando más lo necesitaba, a ustedes todo mi infinito agradecimiento.

Julio Fernando Peralta Saca

Agradecido encarecidamente a cada persona, que me ayudo a hacer este logro una realidad. A mi familia por el incondicional apoyo dado durante todo este proceso; y a cada persona que confió en mí. Gracias por permitirme lograr una de las metas de mi vida.

Patricio Álvaro Andrade Jara

Agradecimiento

Un especial agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana y docentes que contribuyeron en nuestra formación académica y humana.

A nuestro director de tesis, el Ing. Ángel Acosta; por darnos las guías necesarias para culminar este trabajo de titulación.

Al Ing. Gary Ampuño por su gran colaboración humana, profesional y su paciencia para brindarnos conocimientos invaluable en nuestra carrera.

A nuestros compañeros de carrera que nos dieron experiencias extraordinarias y ayudaron a nuestro crecimiento como personas de bien.

Al Sr. Edwin Echeverri y sus colaboradores que nos brindaron conocimientos y experiencias invaluable en este proyecto de tesis.

Índice General

Contenido	
Declaratoria de responsabilidad y autorización de uso del trabajo de grado	I
Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Índice General	IV
Índice de Tablas	VII
Índice de Figuras	VIII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. El Problema.....	2
1.1- Planteamiento del Problema	2
1.2- Delimitación del Problema.	2
1.2.1.- Temporal.....	2
1.2.2.- Espacial.....	2
1.2.3.- Académica	2
1.3.- Objetivos.....	3
1.3.1.- General.....	3
1.3.2.- Específicos.....	3
1.4.- Justificación	3
1.5.- Variables e Indicadores.....	4
1.5.1. Variables	4
1.5.2 Indicadores	4
1.6.- Metodología	5
1.7.- Población y Muestra	6
1.8.- Descripción de la propuesta.....	7
1.8.1 Beneficiarios	7
1.8.2 Impacto.....	7

CAPÍTULO II. Marco teórico.....	8
2.1.- Antecedentes.....	8
2.2.- Fundamentación Teórica.....	9
2.2.1.- Introducción a la Automatización.....	9
2.2.2.- Definición de Procesos Industriales.....	9
2.2.3.- La importancia de la automatización en los procesos industriales.	9
2.2.4.- Clasificación de Procesos Industriales.....	11
2.2.5.- Controladores Lógicos Programables.....	12
2.2.6.- Variador de Frecuencia.....	14
2.2.7.- Sensores	16
Detectores de posición	16
Detectores magnéticos	17
Detectores electrónicos	18
Detectores de posición inductivos.....	18
Detectores de posición capacitivos	19
Detectores de posición ópticos.....	20
Sensores de presión.....	21
2.2.8.- Actuadores	21
2.2.9.- Encoder Incremental	22
2.2.10.- Lazos de Control.....	23
Lazo de control cerrado.....	24
Lazo de control abierto.....	24
2.2.11.- Control PID.....	25
2.2.12.- Interfaz HDMI	26
2.2.13.- Scada.....	27
CAPÍTULO III. Diseño Estructural	28
3.1.- Materiales.....	28
3.2.- Características Generales.....	29
3.2.1.- Dimensionamiento de la mini planta industrial.	33
3.2.2.- Dimensionamiento del módulo de PLC.....	33
3.3.- Planos estructurales.....	34
3.3.1.- Planos de mini planta industrial para gránulos	34
3.3.2.- Planos de módulo de PLC.....	36

3.4.- Montaje	37
3.4.1.- Construcción de mini planta para gránulos.....	37
3.4.2.- Construcción de módulo de PLC	47
3.5.- Elementos integrales para el funcionamiento de las estructuras.....	50
3.5.1.- PLC Siemens S7-1200	50
3.5.2.- Tarjeta didáctica de entradas y salidas.....	51
3.5.3 Motores trifásicos.....	52
3.5.4.- Variador de frecuencia.....	53
3.5.5.- Encoder Incremental	56
3.5.6.- Sensores	57
CAPÍTULO IV. Diseño de Pruebas	58
4.1.- Programación textual para el control del proceso industrial.....	58
4.2.- Diseño de requerimiento del sistema	58
4.2.1.- Entorno de trabajo.....	58
4.3.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#1	60
4.4.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#2	63
4.5.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#3	68
4.6.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#4	72
4.7.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#5	80
4.8.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#6	85
4.9.- Análisis de resultados	92
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	96
CRONOGRAMA.....	957
PRESUPUESTO	98
REFERENCIAS	99
ANEXOS.....	101
ANEXO A: Sensor capacitivo	101
ANEXO B: Encoder incremental.....	103

Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de pines de entradas digitales.	31
Tabla 2. Descripción de pines de salidas digitales.	32
Tabla 3. Descripción de salida análoga.	32
Tabla 4. Dimensiones del módulo de mini planta industrial.	33
Tabla 5. Descripción de equipos del módulo para PLC.	33
Tabla 6. Dimensiones de módulo para PLC.	34
Tabla 7. Características de cpu de PLC.	51
Tabla 8. Datos para variadores de frecuencia.	53
Tabla 9. Descripción de parámetros para variador de frecuencia 1.	54
Tabla 10. Descripción de parámetros para variador de frecuencia 2.	55
Tabla 11. Valores obtenidos en gramos y onzas de prueba de dosificación.	92
Tabla 12. Porcentajes de error promedio para prueba de dosificación.	94

Índice de Figuras

Figura 1.- Proceso industrial automatizado.....	10
Figura 2.- PLC siemens.....	13
Figura 3.- Variador de frecuencia.	15
Figura 4.- Contacto Reed (normalmente abierto).	17
Figura 5.- Detector inductivo de posición.....	19
Figura 6.- Detector capacitivo de posición.	20
Figura 7.- Impulsos digitales de un encoder incremental.	22
Figura 8.- Gráfica de fuerza electromotriz y corriente.....	22
Figura 9.- Posición de pulso z de encoder incremental.....	23
Figura 10.- Lazo de control.....	24
Figura 11.- Lazo de control cerrado.....	24
Figura 12.- Lazo de control abierto.....	25
Figura 13.- Ecuación PID.....	25
Figura 14.- Sistema estructural de un Scada.	27
Figura 15.- Estructura tentativa de mini planta industrial para gránulos.	29
Figura 16.- Vista superior de mini planta industrial.	34
Figura 17.- Vista lateral de mini planta industrial.....	35
Figura 18.- Vista frontal de mini planta industrial.....	35
Figura 19.- Modelado de mini planta industrial.....	36
Figura 20.- Vista superior de módulo para PLC.	36
Figura 21.- Vista lateral de módulo para PLC.	37
Figura 22.- Vista posterior de módulo para PLC.	37
Figura 23.- Vista frontal del módulo de la mini planta industrial.....	38
Figura 24.- Vista lateral del módulo de la mini planta industrial.....	38
Figura 25.- Vista frontal de plancha para la mini planta industrial.....	39
Figura 26.- Vista de plancha con rieles Din.....	39
Figura 27.- Tornillo sin fin con acople del motor trifásico.....	40
Figura 28.- Acabado de la estructura de mini planta para gránulos.....	40
Figura 29.- Diagrama de fuerza de la mini planta.....	41
Figura 30.- Diagrama de paro general de la mini planta.....	42
Figura 31.-Elementos de fuerza para los motores trifásicos.	42
Figura 32.-Diagrama de conexiones del DB25 de la mini planta.	43

Figura 33.- Botonera verde Camsco.....	44
Figura 34.- Luz piloto verde.....	44
Figura 35.- Pulsador rojo Camsco.....	44
Figura 36.- Luz piloto rojo.....	45
Figura 37.- Pulsador tipo hongo.....	45
Figura 38.- Selector de manual- automático.	45
Figura 39.- Puerto DB25 y borne de presión de la mini planta.	46
Figura 40.- Módulo de mini planta industrial.	46
Figura 41.- Acabado final de módulo de mini planta industrial.	47
Figura 42.- Estructura del módulo de PLC.	47
Figura 43.- Elementos instalados del módulo de PLC.....	48
Figura 44.- Tarjeta electrónica de simulación.....	48
Figura 45.- Elementos cableados dentro de la estructura de PLC.....	49
Figura 46.- Vista lateral del módulo de PLC.	49
Figura 47.- Módulo de PLC.	50
Figura 48.- Tarjeta didáctica de simulación.....	52
Figura 49.- Motor trifásico principal.....	52
Figura 50.- Motor trifásico secundario.....	53
Figura 51.- B.O.P.	54
Figura 52.- Conexiones de bornes de variador de frecuencia.	55
Figura 53.- Bornes del variador de frecuencia.	56
Figura 54.- Encoder incremental.....	56
Figura 55.- Sensor capacitivo.....	57
Figura 56.- Sensores capacitivos.....	57
Figura 57.- Entorno de trabajo.	59
Figura 58.- Diagrama eléctrico de mini planta industrial.	60
Figura 59.- Diagrama de conexión de conector DB25 de mini planta industrial.....	61
Figura 60.- Segmento 1-Práctica#1.....	61
Figura 61.- Segmento 2-Práctica#1.....	62
Figura 62.- Segmento 3-Práctica#1.....	62
Figura 63.- Bloque de interrupción cíclica.....	63
Figura 64.- Configuración de contador rápido.....	64
Figura 65.- Habilidad de contador rápido.	64
Figura 66.- Segmento 1-Práctica#2.....	65

Figura 67.- Segmento 2-Práctica#2.....	65
Figura 68.- Segmento 3-Práctica#2.....	65
Figura 69.- Segmento 4-Práctica#2.....	66
Figura 70.- Segmento 5-Práctica#2.....	66
Figura 71.- Segmento 6 y 7-Práctica#2.....	67
Figura 72.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#2.....	67
Figura 73.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#3.....	68
Figura 74.- Segmento 1-Bloque de función-Práctica#3.....	69
Figura 75.- Segmento 2- Bloque de función-Práctica#3.....	69
Figura 76.- Segmento 3- Bloque de función-Práctica#3.....	69
Figura 77.- Segmento 1-Main-Práctica#3.....	70
Figura 78.- Segmento 2-Main-Práctica#3.....	70
Figura 79.- Segmento 3-Main-Práctica#3.....	70
Figura 80.- Segmento 4-Main-Práctica#3.....	71
Figura 81.- Segmento 5-Main-Práctica#3.....	71
Figura 82.- Segmento 6-Main-Práctica#3.....	71
Figura 83.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#4.....	72
Figura 84.- Segmento 1-Bloque de función-Práctica#4.....	73
Figura 85.- Segmento 2-Bloque de función-Práctica#4.....	73
Figura 86.- Segmento 3-Bloque de función-Práctica#4.....	73
Figura 87.- Segmento 1-Main-Práctica#4.....	74
Figura 88.- Segmento 2-Main-Práctica#4.....	74
Figura 89.- Segmento 3-Main-Práctica#4.....	74
Figura 90.- Configuración de canal en OPC SERVER.....	75
Figura 91.- Configuración de comunicación en OPC SERVER.....	75
Figura 92.- Configuración de dispositivo en OPC SERVER.....	76
Figura 93.- Configuración de dirección IP en OPC SERVER.....	76
Figura 94.- Creación de variables en OPC SERVER.	76
Figura 95.- Configuración de una librería en LABVIEW paso 1.	77
Figura 96.- Configuración de una librería en LABVIEW paso 2.	77
Figura 97.- Ícono de la librería en proyecto de LABVIEW.....	78
Figura 98.- Incorporación de variables en la librería de proyecto en LABVIEW.	78
Figura 99.- Interfaz de variación de velocidad en LABVIEW.	78
Figura 100.- Inclusión de variables en el VI de LABVIEW.....	79

Figura 101.- Conexión de variables en el VI de LABVIEW	79
Figura 102.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#5.....	80
Figura 103.- Segmento 1-Bloque de función-Práctica#5.....	81
Figura 104.- Segmento 2-Bloque de función-Práctica#5.....	81
Figura 105.- Segmento 3-Bloque de función-Práctica#5.....	81
Figura 106.- Segmento 1-Main-Práctica#5.....	82
Figura 107.- Segmento 2-Main-Práctica#5.....	82
Figura 108.- Segmento 3-Main-Práctica#5.....	82
Figura 109.- Segmento 4-Main-Práctica#5.....	83
Figura 110.- Segmento 5-Main-Práctica#5.....	83
Figura 111.- Segmento 6-Main-Práctica#5.....	83
Figura 112.- Variables en el VI de LABVIEW.....	84
Figura 113.- Interfaz de la práctica en LABVIEW.....	84
Figura 114.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#6.....	85
Figura 115.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#6.....	86
Figura 116.- Segmento 1-Bloque de función-Práctica#6.....	86
Figura 117.- Segmento 2-Bloque de función-Práctica#6.....	86
Figura 118.- Segmento 3-Bloque de función-Práctica#6.....	87
Figura 119.- Segmento 2-Main-Práctica#6.....	87
Figura 120.- Segmento 3-Main-Práctica#6.....	87
Figura 121.- Segmento 4-Main-Práctica#6.....	88
Figura 122.- Segmento 5-Main-Práctica#6.....	88
Figura 123.- Segmento 6-Main-Práctica#6.....	89
Figura 124.- Segmento 7-Main-Práctica#6.....	89
Figura 125.- Tabla de variables de PLC.....	89
Figura 126.- Variables creadas en el OPC SERVER.....	90
Figura 127.- Interfaz de control PID en LABVIEW.....	90
Figura 128.- Variables enlazadas en VI de LABVIEW.....	90
Figura 129.- Gráfica PID de optimización inicial.....	91
Figura 130.- Resultados de los parámetros luego de la optimización inicial.....	91
Figura 131.- Peso en gramos de muestra número 14.....	93
Figura 132.- Peso en gramos de muestra número 16.....	93

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	DIRECTOR DE TESIS	TEMA DE TESIS
2015	<ul style="list-style-type: none">• ANDRADE JARA PATRICIO ALVARO• PERALTA SACA JULIO FERNANDO	ING. ACOSTA ACOSTA ANGEL LEONARDO	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI PLANTA INDUSTRIAL PARA LLENADO DE SÓLIDOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE NÚMERO DE VUELTAS A SER INSTALADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL."

La presente tesis: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI PLANTA INDUSTRIAL PARA LLENADO DE SÓLIDOS MEDIANTE LA TÉCNICA DE NÚMERO DE VUELTAS A SER INSTALADO EN EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL."**, se basa en aplicaciones de procesos que se encuentran en la industria.

El trabajo de investigación tuvo como finalidad diseñar e implementar una mini planta de llenado de sólidos como son gránulos para realizar prácticas con las cuales los alumnos adquieran conocimientos técnicos para su carrera profesional. El estudiante podrá interactuar con los módulos de entrenamiento que están conformados por el módulo PLC que contendrá la programación a ejecutarse en el proceso industrial mediante un PLC S7-1200 CPU 1214C y una SIGNAL BOARD de señal análoga. Y el módulo de la mini planta industrial en el que se ejecutará el proceso antes programado mediante la comunicación de sensores y actuadores de dicho módulo.

Toda esta técnica se lo realizó en un control óptimo con un porcentaje de error bajo que se obtiene mediante el valor deseado y la cantidad de producto resultante después de realizada la técnica lineal de dosificación por un número de vueltas determinado.

PALABRAS CLAVES:

Automatismo, diseño, dosificación, mini planta industrial, módulos de entrenamiento, número de vueltas, PLC, proceso.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	DIRECTOR OF THESIS	THESIS TOPIC
2015	<ul style="list-style-type: none"> • ANDRADE JARA PATRICIO ALVARO • PERALTA SACA JULIO FERNANDO 	ING. ACOSTA ACOSTA ANGEL LEONARDO	“DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MINI INDUSTRIAL SOLID FOR FILLING TECHNIQUE BY NUMBER OF TURNS TO BE INSTALLED IN THE LABORATORY INDUSTRIAL AUTOMATION”

This thesis ". DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MINI INDUSTRIAL SOLID FOR FILLING TECHNIQUE BY NUMBER OF TURNS TO BE INSTALLED IN THE LABORATORY INDUSTRIAL AUTOMATION" is based on application processes found in industry.

The research aimed to design and implement a mini filling plant are solid as granules for internships with which students acquire skills for your career. The student will interact with the training modules that are made by the PLC module containing programming to be implemented in the industrial using a PLC S7-1200 CPU 1214C and SIGNAL BOARD analog signal. And the mini module manufacturing plant in which the procedure will run before scheduled through communication of sensors and actuators that module.

All this technique has been made in an optimal control with a low error rate obtained by the desired value and the amount of product resulting after completion of the linear dosing technique a certain number of laps.

KEYWORDS:

Automation, design, dosing, mini industrial plant, training modules, number of turns, PLC, process.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis presenta el diseño y la implementación de una mini planta industrial para llenado de sólidos mediante número de vueltas que dará prestaciones para el correcto aprendizaje teórico y de procedimientos prácticos.

El objetivo primordial de este módulo es contribuir con experiencia en procesos industriales que se encuentran en la industria, poniendo a prueba los conocimientos y la capacidad de resolver problemas que se encuentren al momento de interactuar con la línea de proceso en la mini planta industrial.

En el capítulo 1 se presentan los hechos preliminares de la tesis como el planteamiento del problema, objetivos, justificación, metodología, beneficiarios y el impacto que produciría este proyecto.

En el capítulo 2 se presentan los antecedentes y el marco teórico en el que se basó el proyecto para definir la construcción de la estructura y del sistema de control que tendrá el módulo de aprendizaje.

En el capítulo 3 se presenta paso a paso el proceso para el diseño y construcción del módulo, además de la elección de los diferentes equipos que son piezas primordiales para el correcto funcionamiento de los módulos de aprendizaje.

En el capítulo 4 se presentan las diferentes prácticas de funcionamiento para la puesta en marcha del módulo de mini planta industrial, con los resultados arrojados se determinan las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPÍTULO I. El Problema

1.1- Planteamiento del Problema

Es de gran beneficio el uso de herramientas didácticas para el aprendizaje y más aún si se toma en cuenta que en ciertas ramas de la tecnología como lo es la Automatización, se realiza un estudio a profundidad sobre diseño, construcción y operación de procesos industriales.

Actualmente no se cuenta con un prototipo de planta de granulados en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana que permita realizar prácticas y consolidar las bases teóricas que se imparten en la materia de Automatización Industrial.

Para esto se diseñará e implementará un prototipo de planta de granulados; con el cual se realicen prácticas didácticas, fortaleciendo las bases teóricas sobre automatización de procesos industriales con la tecnología Siemens que es el líder mundial en productos de procesos de automatización, ayudando con experiencia que será de mucha beneficio en el campo laboral.

1.2- Delimitación del Problema.

1.2.1.- Temporal

Se tiene como meta finalizar esta estación de trabajo en un lapso no mayor a seis meses del presente año (2015).

1.2.2.- Espacial

El proyecto se implementará en el laboratorio de Automatización que se encuentra ubicado en el bloque B de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.2.3.- Académica

Se utilizará los conocimientos adquiridos en la materia de Automatismo 1 – Automatismo 2 – Instrumentación – Sensores y Transductores de la carrera de Ingeniería Electrónica mención Sistemas Industriales y de la investigación científica que se realice sobre el proyecto.

1.3.- Objetivos.

1.3.1.- General.

Realizar el diseño e implementación de una mini planta industrial mediante la técnica de número de vueltas para llenado de sólidos a instalarse en el Laboratorio de Automatización Industrial.

1.3.2.- Específicos.

- Diseñar la estructura del prototipo de planta industrial de granulados.
- Diseñar la tarjeta de conexiones entre los sensores y actuadores con el PLC.
- Implementar un sistema de control para el uso de sensores en el prototipo de planta industrial.
- Elaborar un manual de prácticas académicas para la utilización del prototipo en materias como Automatización Industrial.

1.4.- Justificación

En la actualidad es muy importante el uso de procesos industriales para la fabricación o derivación de productos a través del uso de materias primas, en estos procesos es primordial y de mucha importancia la precisión y la eficiencia para que el producto final sea de calidad. Por tal motivo se ha implementado la automatización industrial a estos procesos, que con ayuda de sistemas computarizados y elementos electromecánicos nos garantice la precisión, rapidez y control que se necesitan en la producción a gran escala de muchos procesos industriales en el mundo.

El presente proyecto tiene por justificación fundamental la colaboración con bases prácticas y teóricas a los alumnos de la Universidad Politécnica Salesiana que estén cursando las materias de Automatización de la carrera de Ingeniería Electrónica énfasis en Sistemas Industriales, para así cimentar los conocimientos que se adquieren en clases.

Con este prototipo se aprenderá la importancia de las aplicaciones con controladores lógicos programables, para realizar un trabajo óptimo en las líneas de producción de una industria, ganando así experiencia sobre este tipo de procesos que se utiliza en la industria automatizada. Además de incentivar al desarrollo de nuevas aplicaciones en esta área.

1.5.- Variables e Indicadores

1.5.1. Variables

Nivel: Llenado del nivel exacto del gránulo en el recipiente a contener dichos gránulos.

Velocidad: La velocidad del proceso de llenado que debe de seguir la estructura del prototipo de planta industrial de granulados.

Precisión: Con la que el prototipo debe cumplir en su proceso industrial, tanto en el llenado como en el movimiento del recipiente para gránulos.

Proximidad: Sensor capacitivo que detectará la presencia del recipiente para el llenado de gránulos.

1.5.2 Indicadores

Interfaz: Sirve para el ingreso de bloques de programación para el control del proceso automatizado de la mini planta industrial.

PLC: Ejecuta los bloques de programa que el prototipo de planta industrial de granulados debe realizar en su entorno de trabajo.

Estructura: Permite la ejecución de los bloques de programación, mediante los actuadores.

1.6.- Metodología

Método es una palabra que proviene del término griego *methodos* (“camino” o “vías”) y que se refiere al medio utilizado para llegar a su fin. Su significado original señala el camino que conduce a un lugar. (Definicion.de, 2009)

1.6.1.- Métodos

La metodología que se utiliza es la investigación científica la misma que permite obtener conocimientos del gran material investigativo sobre los procesos industriales, incentivando la actividad creativa y experimental para el diseño, construcción y programación de dicho proceso, la que se dividió en tres etapas:

Diseño:

En ésta etapa se determina las características de los elementos necesarios, que permitan satisfacer los objetivos del equipo propuesto.

Tomando en cuenta las especificaciones técnicas se procede a buscar varias alternativas para el desarrollo óptimo del equipo.

Construcción:

Con los resultados del diseño y las respectivas simulaciones se seleccionará el material para la construcción de cada articulación del equipo.

Luego se realiza el ensamblaje del prototipo, procurando el correcto funcionamiento del mismo.

Programación:

Se selecciona la tecnología adecuada para ejercer un control con mayor exactitud hacia el prototipo.

Se realiza la programación de control en el software TIA PORTAL que luego se implantará en el PLC para ser ejecutada.

1.6.2.- Técnicas

Observación de Campo

En el uso de los módulos de PLC y de la mini planta industrial para gránulos se observa el proceso y se determina el óptimo funcionamiento de la línea de producción a través de sus sensores y actuadores, obteniendo así los resultados esperados en la dosificación del producto.

Observación Científica

Se observa y se recolectan datos de las diversas pruebas a los que se someterán los módulos para obtener una dosificación precisa y eficaz del producto. El resultado arrojado será comparado para acreditar la correcta dosificación.

1.6.3.- Instrumentos de investigación y recolección de datos

Uno de los instrumentos de investigación fue la investigación en el campo industrial, la que nos permitió definir tanto las estructuras definitivas de los módulos, como la línea de proceso a seguir específicamente en el módulo de mini planta para gránulos.

Con esto se realizó la recolección de datos que sirvieron para definir un sistema de control para el proceso de dosificación de gránulos.

1.7.- Población y Muestra

La población son todos los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, la muestra son los estudiantes que cursan las materias de Automatización correspondientes a los niveles 6 y 7 de la carrera de Ingeniería Electrónica énfasis en Sistemas Industriales.

1.8.- Descripción de la propuesta

1.8.1 Beneficiarios

Los beneficiarios de éste proyecto son los estudiantes que reciben clases de las materias de Automatización de la carrera de Ingeniería Electrónica con énfasis en Sistemas Industriales.

1.8.2 Impacto

Se generará un impacto a nivel educativo – profesional ya que éste proyecto está diseñado para elevar el nivel práctico de automatización en los estudiantes que cursan los niveles 6 y 7 de la carrera de ingeniería electrónica con énfasis en sistemas industriales. Con la continua utilización de este tipo de herramientas en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil se incrementa el nivel de habilidad con respecto a la automatización de procesos industriales.

CAPÍTULO II. Marco teórico

2.1.- Antecedentes

El ser humano siempre ha buscado la creación de herramientas para facilitar el trabajo en ambientes peligrosos o que a su vez sean trabajos repetitivos, para intensificar el nivel de producción y mantener un estándar de calidad. A lo largo de muchos años se han ido insertando maquinarias cada vez más sofisticadas que han dado lugar a un gran desarrollo en el campo de la automatización.

En la actualidad las grandes y pequeñas industrias cuentan con sistemas automatizados para la producción lo que significa que hay un avanzado nivel de automatización para el desenvolvimiento de profesionales dedicados a esta rama de la tecnología.

Entonces es importante el fortalecimiento de conocimientos y experiencia práctica en la automatización de diversos procesos industriales con módulos de aprendizaje de procesos puntuales que se encuentran en las diferentes industrias.

En un ambiente de aprendizaje con dichos módulos los usuarios simularán fenómenos, diseñarán y construirán prototipos que tendrá similitud a la realidad industrial, proporcionando experiencia que favorece el desarrollo de la creatividad, el pensamiento y nuevas estrategias para la resolución de problemas. Los usuarios utilizarán el método científico para probar y crear nuevas hipótesis sobre la solución de problemas en los procesos industriales, de una manera experimental.

2.2.- Fundamentación Teórica

2.2.1.- Introducción a la Automatización.

La automatización aplica los sistemas automáticos en la realización de procesos, en el área de sistemas dinámicos y sus aplicaciones al control automático, teoría de señales, identificación, moldeamiento e Instrumentación. Una de las razones principales para el uso de sistemas automatizados fue y sigue siendo la necesidad de producir a costos cada vez menores para ser competitivos. La técnica de la automatización contribuye a ese fin de varias maneras. (FESTO, 2008)

2.2.2.- Definición de Procesos Industriales.

Un proceso es comprendido como todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados u organizados, que se efectúan o suceden de forma alternativa o simultánea, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso. Desde una perspectiva general se entiende que el devenir de un proceso implica una evolución en el estado del elemento sobre el que se está aplicando el mismo hasta que este desarrollo llega a su conclusión. De esta forma, un proceso industrial acoge el conjunto de operaciones diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos primarios. De manera que el propósito de un proceso industrial está basado en el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales de forma tal que éstos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer más fácilmente las necesidades de los seres humanos y por consecuencia mejorar su calidad de vida. (Lopez, 2012)

2.2.3.- La importancia de la automatización en los procesos industriales.

Para hablar de la automatización de los procesos de fabricación, debemos primero entender lo que es y lo que hace. La industria automotriz es un punto de referencia cuando se trata de la automatización de los procesos de fabricación.

Fordismo llevó la industria a serializar el concepto de procesos de fabricación y, por tanto, la estandarización de los productos. Con la evolución de la industria surgieron otros conceptos que implique la automatización y la industria del automóvil, como el sistema de Toyota, también conocido como Ohnoismo, que trajo consigo muchos otros cambios, tales como el sistema JIT (Just in Time), el control estadístico de procesos y se incorporan otros sistemas tales como taylorismo y el fordismo en sí. Estas nuevas necesidades han surgido principalmente para satisfacer cada vez más el exigente y competitivo mercado. Y esta evolución constante ha puesto en cada segmento, muchos en el sector manufacturero, las nuevas necesidades y requerimientos y, entre ellos, la constante necesidad de automatizar los procesos que se llevaron a cabo con anterioridad por las personas y los sistemas electromecánicos, y ahora incluso incorporan sistemas de inteligencia artificial.

La automatización del proceso aportará numerosas ventajas a su producción. Un proceso de fabricación automatizada en la industria hoy en día, incluyendo el negocio de la fabricación de helados, significa un producto final de mayor calidad y más competitivos debido a factores tales como la normalización de procesos y productos, la velocidad de producción, programación de la producción, la reducción continua de los residuos y menos probabilidades de equivocarse. Evita el contacto del producto con los recursos humanos, que para el campo de alimentos trae mucho más higiene en el proceso, la confiabilidad y la calidad del producto final. A pesar del alto costo, el pago es inmediato. (Henrique, 2011)



Figura 1.- Proceso industrial automatizado. Importancia de la automatización en un proceso industrial.

Fuente: (Capacitación y Desarrollo, 2004)

2.2.4.- Clasificación de Procesos Industriales.

De acuerdo a la manera de introducir una alimentación a un proceso y de extraer el producto, los mismos pueden clasificarse en continuos, batch o semi-continuos.

Proceso por lotes: la alimentación es cargada al comienzo de la operación en un recipiente y luego de un cierto tiempo el contenido del recipiente es removido o descargado. En este modo de operación, no hay transferencia de materia a través de las fronteras sistema (entendiendo por sistema cualquier porción arbitraria o completa de un proceso estableciendo por el ingeniero para el análisis). Esta operación también es llamada cerrada aunque no debe asociarse este término a que esté en contacto con la atmósfera, simplemente se los llama cerrados porque no hay ingreso de materia a ser procesada ni egreso de productos durante el tiempo en que ocurre la transformación.

Ejemplo: Agregado rápido de reactivos a un tanque y extracción de los productos de reacción y de los reactivos no consumidos luego de un cierto intervalo de tiempo o una vez que el sistema alcance el equilibrio. (Gutierrez, 2010)

Proceso continuo: hay un flujo permanente de entrada y de salida durante todo el tiempo que dura el proceso, esto es, siempre hay un flujo de materia que ingresa por las fronteras del sistema y otro que egresa por ellas mientras se lleva a cabo la transformación. Ej. bombeado de una mezcla líquida a un destilador y extracción permanente de los productos de cabeza y fondo de la columna.

Proceso semicontinuo o semibatch: cualquier forma de operar un proceso que no sea continua ni batch. Ejemplo: permitir el escape de un gas presurizado en un contenedor a la atmósfera o introducir líquido en un tanque sin extraer nada de él o sea, llenado de un tanque o vaciado del mismo.

De acuerdo a la variación del proceso con el tiempo, los mismos pueden ser clasificados en estacionarios o transitorios.

Si en un proceso dado, los valores de las variables no cambian en el tiempo, entonces el proceso está operando en un estado estacionario.

Por el contrario, si las variables del proceso cambian en el tiempo, el proceso es operado en estado transitorio o no estacionario.

Los procesos batch generalmente se usan cuando se procesan pequeñas cantidades de reactivos o cuando son operaciones ocasionales mientras que si se desean obtener grandes cantidades de producto, se opera de modo continuo. Normalmente los procesos continuos se llevan a cabo en estado estacionario (pueden existir fluctuaciones menores alrededor de un valor medio que es corregido por los sistemas de control) excepto en la puesta en marcha/parada de un proceso. (Gutierrez, 2010)

2.2.5.- Controladores Lógicos Programables.

Un autómata programable industrial o Programable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales. Campos de aplicación: El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como: Espacio reducido, procesos de producción periódicamente cambiantes, procesos secuenciales, maquinaria de procesos variables, instalaciones de procesos complejos y amplios, chequeo de programación centralizada de las partes del proceso. (Maser, 2010)



Figura 2.- PLC SIEMENS. Controlador lógico programable.

Ejemplos de aplicaciones generales:

Maniobra de máquinas

Maquinaria industrial de plástico

Máquinas transfer

Maquinaria de embalajes

Maniobra de instalaciones: Instalación de aire acondicionado, calefacción.

Instalaciones de seguridad Señalización y control: Chequeo de programas

Señalización del estado de procesos

Ventajas e inconvenientes: No todos los autómatas ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, ello es debido, principalmente, a la variedad de modelos existentes en el mercado y las innovaciones técnicas que surgen constantemente. Tales consideraciones me obligan a referirme a las ventajas que proporciona un autómata de tipo medio.

Ventajas

Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.

Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir aparatos.

Mínimo espacio de ocupación.

Menor coste de mano de obra de la instalación.

Economía de mantenimiento.

Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos autómatas pueden indicar y detectar averías.

Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómata.

Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el tiempo cableado.

Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción. (Maser, 2010)

Inconvenientes

Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

El coste inicial también puede ser un inconveniente. (Maser, 2010)

2.2.6.- Variador de Frecuencia

Un variador de frecuencia (VFD, Variable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

Entre las principales funciones de los variadores de frecuencia, cabe destacar:

- Variación de velocidad
- Regulación de velocidad
- Deceleración controlada
- Inversión del sentido de giro
- Frenado
- Protección integrada

Los variadores de frecuencia están compuestos por:

Etapa Rectificadora. Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.

Etapa de filtrado. Filtro para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.

Inversor o "Inverter". Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos. Actualmente se emplean IGBT's (Isolated Gate Bipolar Transistors) para generar los pulsos controlados de tensión. Los equipos más modernos utilizan IGBT's inteligentes que incorporan un microprocesador con todas las protecciones por sobrecorriente, sobretensión, baja tensión, cortocircuitos, puesta a masa del motor, sobretemperaturas, etc.

Etapa de control. Esta etapa controla los IGBT's para generar los pulsos variables de tensión y frecuencia. Y además controla los parámetros externos en general, etc. Los variadores más utilizados utilizan modulación PWM (Modulación de Ancho de Pulsos) y usan en la etapa rectificadora puente de diodos rectificadores. En la etapa intermedia se usan condensadores y bobinas para disminuir las armónicas y mejorar el factor de potencia. (Universidad de León, 2008)



Figura 3.- Variador de frecuencia. Variador de frecuencia para el control de velocidad de motores.

2.2.7.- Sensores

Los sensores o detectores tienen la función de captar informaciones y de transmitir señales procesables a las unidades de evaluación. En numerosas aplicaciones se utilizan detectores de diversas formas y modos de funcionamiento. Considerando su gran variedad, es importante clasificarlos sistemáticamente. (FESTO, 2008)

Los detectores pueden clasificarse de acuerdo con los siguientes criterios:

- Modo de funcionamiento (óptico, inductivo, mecánico, por fluidos, etc.)
- Magnitud de medición (recorrido, presión, distancia, temperatura, valor pH, intensidad de luz, presencia de piezas, etc.)
- Señal de salida (analógica, digital, binaria, etc.)

En la técnica de la automatización se utilizan principalmente detectores con salida digital, ya que son mucho menos sensibles a posibles interferencias que los detectores con salida analógica. Además, las unidades de control de tecnología digital pueden procesar directamente las señales digitales, mientras que las señales analógicas primero tienen que transformarse en señales digitales mediante un convertidor correspondiente.

Los detectores más difundidos en la automatización industrial son los así llamados detectores de posición, con los que se comprueba la presencia (o la aproximación) de una pieza. (FESTO, 2008)

Detectores de posición

Los detectores de posición conmutan sin establecer contacto y, por lo tanto, sin que sea necesaria la presencia de una fuerza mecánica externa. Por ello tienen una larga duración y son muy fiables. (FESTO, 2008)

Se puede distinguir entre los siguientes tipos:

Detectores con contacto de conmutación mecánico

- Contacto Reed

Detectores con salida electrónica

- Detectores de posición inductivos
- Detectores de posición capacitivos
- Detectores de posición ópticos

Detectores magnéticos

Los contactos Reed son detectores de posición de accionamiento magnético. Estos detectores tienen dos lengüetas de contacto que se encuentran en un tubo de vidrio lleno de gas inerte. Por efecto de un imán se cierra el contacto entre las dos lengüetas, de modo que puede fluir corriente eléctrica. Tratándose de contactos Reed normalmente cerrados, las lengüetas están pretensadas mediante un pequeño imán. Esta precarga se supera mediante un imán mucho más potente. Los contactos Reed tienen una gran duración y su tiempo de respuesta es muy corto (aprox. 0,2 ms). Además, no precisan mantenimiento, aunque no deben utilizarse en zonas expuestas a campos magnéticos fuertes (por ejemplo en las cercanías de máquinas de soldadura por resistencia o equipos de tomografía computarizada). (FESTO, 2008)

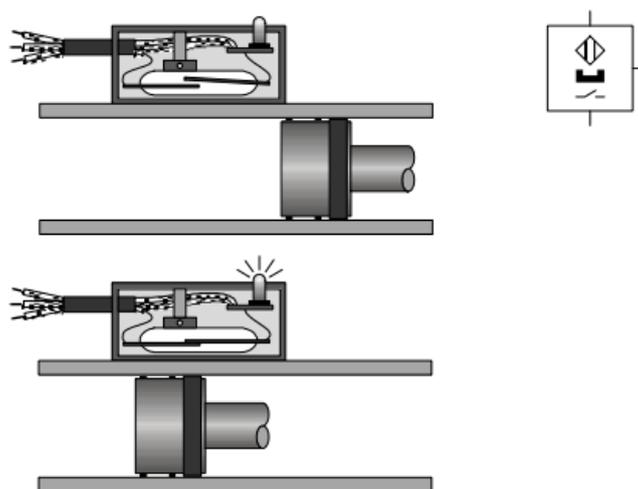


Figura 4.- Contacto Reed (normalmente abierto). Al momento de hacer contacto con el imán los contactos se cierran.

Fuente: (FESTO, 2008)

Detectores electrónicos

Los detectores electrónicos pueden ser inductivos, ópticos y capacitivos. Normalmente están provistos de tres conexiones eléctricas:

- Conexión para la alimentación de tensión.
- Conexión a masa.
- Conexión para la señal de salida.

En los detectores electrónicos, la conmutación no está a cargo de un contacto móvil. En vez de ello, la salida se conecta eléctricamente a la tensión de alimentación o a masa (= tensión de salida 0 V). En lo que respecta a la polaridad de la señal de salida, existen dos tipos de detectores electrónicos de posición:

En el caso de los detectores que conmutan a positivo, la salida tiene la tensión cero (OFF) si en la zona de reacción del detector no se encuentra una pieza. La aproximación de una pieza provoca la conmutación de la salida (ON), de modo que se aplica tensión de alimentación.

En el caso de detectores que conmutan a negativo, se aplica tensión de alimentación en la salida si en la zona de reacción del detector no se encuentra una pieza. La aproximación de una pieza provoca la conmutación de la salida, con lo que la tensión es de 0 V. (FESTO, 2008)

Detectores de posición inductivos

Un detector de posición inductivo está compuesto por un circuito oscilante, un flip-flop y un amplificador. Al aplicar una tensión en las conexiones, el circuito oscilante genera un campo magnético alterno (de alta frecuencia) en el frente del detector.

Un conductor eléctrico que se acerca a este campo magnético alterno provoca una «amortiguación» del circuito oscilante. La unidad electrónica conectada detrás, compuesta de flip-flop y amplificador, evalúa el comportamiento del circuito oscilante y activa la salida.

Los detectores de posición inductivos pueden utilizarse para detectar todos los materiales que son buenos conductores, es decir, metales y, también, grafito. (FESTO, 2008)

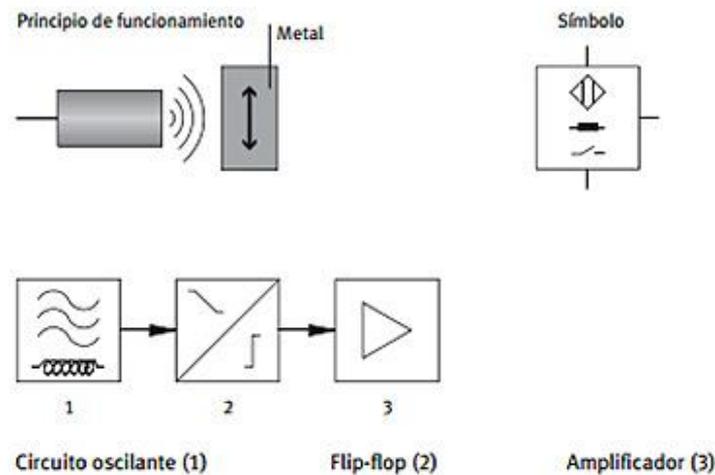


Figura 5.- Detector inductivo de posición. Principio de funcionamiento y simbología.

Fuente: (FESTO, 2008)

Detectores de posición capacitivos

Un detector de posición capacitivo consta de una resistencia eléctrica (R) y de un condensador (C) que juntos componen un circuito oscilante RC y, además, de una unidad electrónica para evaluar la oscilación. Entre el electrodo activo y el electrodo conectado a masa del condensador, se crea un campo electrostático. En la parte frontal del detector se forma un campo de dispersión. Si una pieza entra en ese campo de dispersión, cambia la capacidad del condensador. El circuito oscilante se atenúa y la unidad electrónica conectada detrás confirma la salida. Los detectores de posición capacitivos no solamente reaccionan en presencia de materiales muy conductores (por ejemplo, metales), sino, también, en presencia de un aislante con gran constante dieléctrica (por ejemplo, plásticos, vidrio, cerámica, líquidos y madera). (FESTO, 2008)

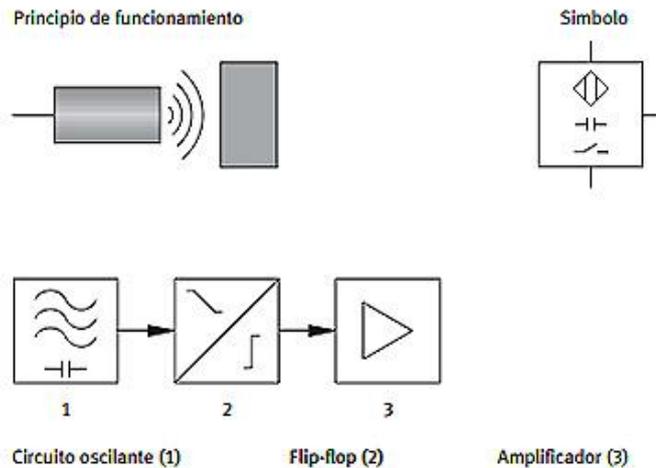


Figura 6.- Detector capacitivo de posición. Principio de funcionamiento y simbología.

Fuente: (FESTO, 2008)

Detectores de posición ópticos

Los detectores ópticos tienen un emisor y un receptor. Estos detectores utilizan componentes ópticos (luz roja e infrarroja) y electrónicos y módulos para la detección de piezas que se encuentran entre el emisor y el receptor. Los diodos luminosos semiconductores (LED) son emisores especialmente fiables de luz roja e infrarroja. Son pequeños, robustos, económicos, fiables y duraderos y además, pueden montarse de modo muy sencillo en sistemas técnicos. La luz roja tiene la ventaja que es visible sin necesidad de usar medios auxiliares, lo que simplifica la orientación (el ajuste) de los ejes ópticos de los detectores. Los receptores de los detectores ópticos suelen ser fotodiodos o fototransistores.

Puede diferenciarse entre tres tipos de detectores ópticos:

- Barrera de luz unidireccional
- Barrera de luz de reflexión
- Detector por reflexión

Sensores de presión

Existen diversos tipos de sensores de presión:

- Presostato mecánico con señal de salida binaria
- Presostato electrónico con señal de salida binaria
- Sensores de presión electrónicos con señal de salida analógica. (FESTO, 2008)

2.2.8.- Actuadores

Genéricamente se conoce con el nombre de actuadores a los elementos finales que permiten modificar las variables a controlar en una instalación automatizada. Se trata de elementos que ejercen de interfaces de potencia, convirtiendo magnitudes físicas, normalmente de carácter eléctrico en otro tipo de magnitud que permite actuar sobre el medio o proceso a controlar. Al mismo tiempo aíslan la parte de control del sistema de las cargas que gobiernan el proceso. Entre los accionamientos más habituales se encuentran los destinados a producir movimiento (motores y cilindros), los destinados al trasiego de fluidos (bombas) y los de tipo térmico (hornos, intercambiadores, etc.).

Accionador: Que se encarga de aportar la “energía” (lumínica, calorífica, etc.) necesaria al sistema, para modificar los valores de la magnitud física a controlar.

Una bomba, un radiador, un motor, etc. son ejemplos claros de accionadores.

Preaccionador: Que permite de manera intermedia, la amplificación y/o conversión de la señal de control proporcionada por el controlador para el gobierno de la instalación: relé de maniobra o contactor, electroválvula, etc. (Arguelles & Juliana, 2010)

2.2.9.- Encoder Incremental

Es un transductor que transforma la velocidad angular de un eje en impulsos digitales. Las señales del encoder incremental consisten en pulsos A y B para la información de resolución alto, y el pulso z para la señal de referencia que aparece sólo una vez para una revolución. La velocidad del rotor puede calcularse contando el número de impulsos A y B. La dirección de la rotación del rotor puede ser determinadas mediante la diferencia de fase entre los impulsos A y B. Cuando el rotor gira en sentido horario, el pulso A se desfasa del pulso de B por 90 grados como se muestra en la Fig. 7. (Young, Yuhl, Wone, & Moon, 2013)

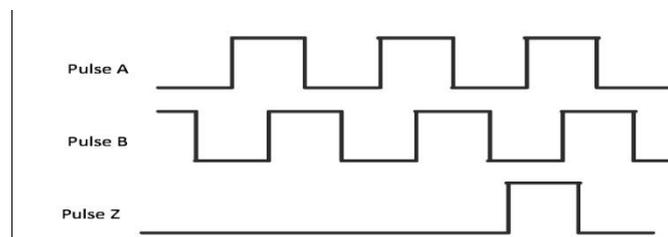


Figura 7.- Impulsos digitales de un encoder incremental.

Fuente: (Young, Yuhl, Wone, & Moon, 2013)

Por el contrario, cuando el pulso B se desfasa al pulso A por 90 grados, el rotor gira en la dirección inversa (en sentido antihorario).

La figura 8 muestra una fase de fuerza contra electromotriz y la corriente con la posición del rotor a-fase, y la figura 9 muestra la posición de pulso z del encoder incremental cuando el pulso z se alinea con el flujo imán del rotor. La fase inicial de desplazamiento entre la posición de pulso z y el imán flujo del rotor puede ser considerada como cero. (Young, Yuhl, Wone, & Moon, 2013)

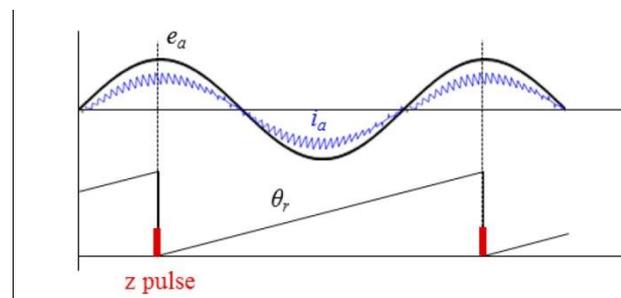


Figura 8.- Gráfica de fuerza electromotriz y corriente.

Fuente: (Young, Yuhl, Wone, & Moon, 2013)

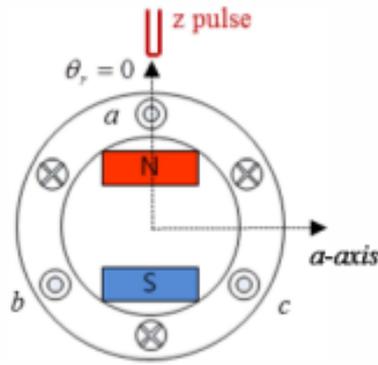


Figura 9.- Posición de pulso Z de encoder incremental.

Fuente: (Young, Yuhl, Wone, & Moon, 2013)

2.2.10.- Lazos de Control

En los últimos años los sistemas de control han asumido un papel cada vez más importante en el desarrollo y avance de la civilización, como en la tecnología. La mayoría de las actividades de nuestra vida diaria está afectada por algún tipo de sistema de control. Los sistemas de control se encuentran en gran cantidad en el hogar y en los diversos sectores de la industria, tales como control de calidad de los productos manufacturados, líneas de ensamble automático, control de máquinas-herramienta, robótica y muchos otros.

Los componentes básicos de un sistema de control son los siguientes:

- Objetivos de control.
- Componentes del sistema de control.
- Resultados o salidas.

La relación entre los componentes se observa en el gráfico. Los objetivos son las señales actuantes o señales de referencia y los resultados son las salidas o variables controladas. En general, el objetivo de un sistema de control es controlar las salidas en alguna forma señalada mediante las entradas a través de los elementos del sistema de control. (Sanchez, 2009)



Figura 10.- Lazo de control. Principio básico de un lazo de control.

Fuente: (Sanchez, 2009)

Lazo de control cerrado

Los sistemas de control en lazo cerrado son aquellos en que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control, es decir, los sistemas de control en lazo cerrado son sistemas de control realimentado. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de referencia y la de salida, entra al controlador con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado. El termino lazo cerrado implica el uso de la acción de realimentación para reducir el error del sistema. Hay numerosos sistemas de control en lazo cerrado en la industria y en el hogar. (Sanchez, 2009)

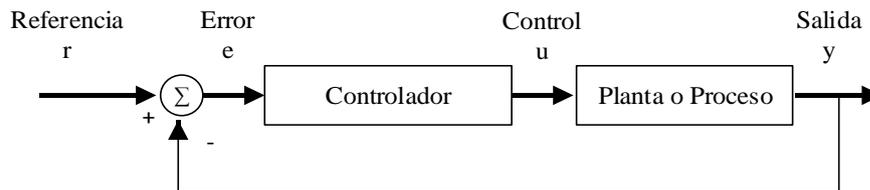


Figura 11.- Lazo de control cerrado. Principio básico de un lazo de control cerrado.

Fuente: (Sanchez, 2009)

Lazo de control abierto

Son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control, es decir; en un sistema de control en lazo abierto cualquiera, no se compara la salida con la entrada de referencia; por lo tanto, para cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. En presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no cumple su función asignada.

En la práctica, sólo se puede usar el control en lazo abierto si la relación entre la entrada y la salida es conocida y si no hay perturbaciones internas ni externas. (Sanchez, 2009)

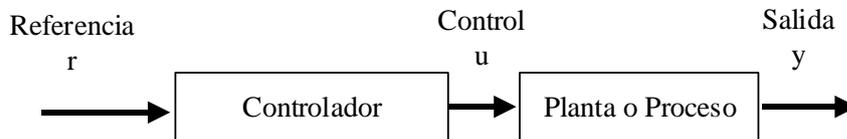


Figura 12.- Lazo de control abierto. Principio básico de un lazo de control abierto.

Fuente: (Sanchez, 2009)

2.2.11.- Control PID

Uno de los factores más importantes a la hora de implementar un sistema de control automático es la selección del tipo de controlador que se requiere. Actualmente, a pesar de la abundancia de sofisticadas herramientas y métodos avanzados de control, el controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) es aún el más utilizado en la industria moderna, controlando más del 95% de los procesos industriales.

Los controladores automáticos comparan el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determinan el error o desviación y producen una señal de control que reducirá el error a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador produce una señal de control se denomina acción de control.

Una de las representaciones para el controlador PID en función del tiempo está dada por la ecuación. (Sanchez, 2009)

$$u(t) = Kp \left(e(t) + \frac{1}{Ti} \int_0^t e(T)dT + Td \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Figura 13.- Ecuación PID. Representación PID en función del tiempo.

Fuente: (Sanchez, 2009)

Dónde $u(t)$ es la variable de control y e es el error de control. El controlador PID es la suma de tres términos: el término P (que es proporcional al error), el término I (que es proporcional a la integral del error) y el término D (que es proporcional a la derivada del error). Los parámetros del controlador son: ganancia proporcional K_p , tiempo integral T_i y tiempo derivativo T_d (Astrom and Hagglund, 1995). (Sanchez, 2009)

2.2.12.- Interfaz HMI

La siglas HMI es la abreviación en de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión. (Saco, 2008)

Tipos de HMI:

Se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.

Paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA. Ejemplos son FIX, WinCC, Wonderware, etc. (Saco, 2008)

Funciones de un Software HMI:

- Monitoreo. Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- Supervisión. Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.
- Alarmas. Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- Control. Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va mas allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la

aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

- Históricos. Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos. (Saco, 2008)

2.2.13.- Scada

SCADA viene de las siglas: “Supervisory Control And Data Acquisition”; es decir: hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor.

Tradicionalmente se define a un SCADA como un sistema que permite supervisar una planta o proceso por medio de una estación central que hace de Master (llamada también estación maestra o unidad terminal maestra, MTU) y una o varias unidades remotas (generalmente RTUs) por medio de las cuales se hace control, adquisición de datos. (Corrales, 2007)

Esquemáticamente, un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes:



Figura 14.- Sistema estructural de un SCADA. Bloques en los que se detalla un sistema SCADA de un proceso automatizado.

Fuente: (Corrales, 2007)

CAPÍTULO III. Diseño Estructural

3.1.- Materiales

Se consideraron los materiales apropiados para garantizar el óptimo funcionamiento de este proyecto, tanto en elementos como son sensores y actuadores, como en material para la construcción de las estructuras como son el módulo para PLC y la mini planta industrial para gránulos.

A continuación se detalla la lista de materiales a utilizar para la creación de este proyecto:

- Plancha metálica galvanizada de 1.4 mm de espesor
- Plancha de hierro negro de 2 mm de espesor
- Poleas de aluminio
- Chumaceras de ¾"
- Rodillos de Nylon
- Banda de lona
- Motores trifásicos
- PLC Siemens S7-1200 1214C
- Fuente Siemens 24VDC 5A
- Breakers Schneider de 6A 2 polos
- Breaker Siemens de 6A 1 polo
- Guardamotores Siemens
- Contactor Scheneider
- Relés para riel
- Variadores de frecuencia G110 Sinamics
- Botoneras
- Luces piloto
- Switch TP-LINK 5 puertos
- Tarjeta electrónica de automatización para E/S de PLC
- Cable multifilar # 16 - #18 - #22
- Cable concéntrico 3x12 y 4x16
- Terminales en punta

- Tubo termoencogible
- Amarras
- Puerto DB25 hembra y macho
- RJ45 hembra
- Cable de red
- Cable DB25 macho-macho

3.2.- Características Generales

Se había propuesto que el tornillo sin fin que distribuye los gránulos al recipiente estuviese instalado de manera vertical dentro de la tolva.

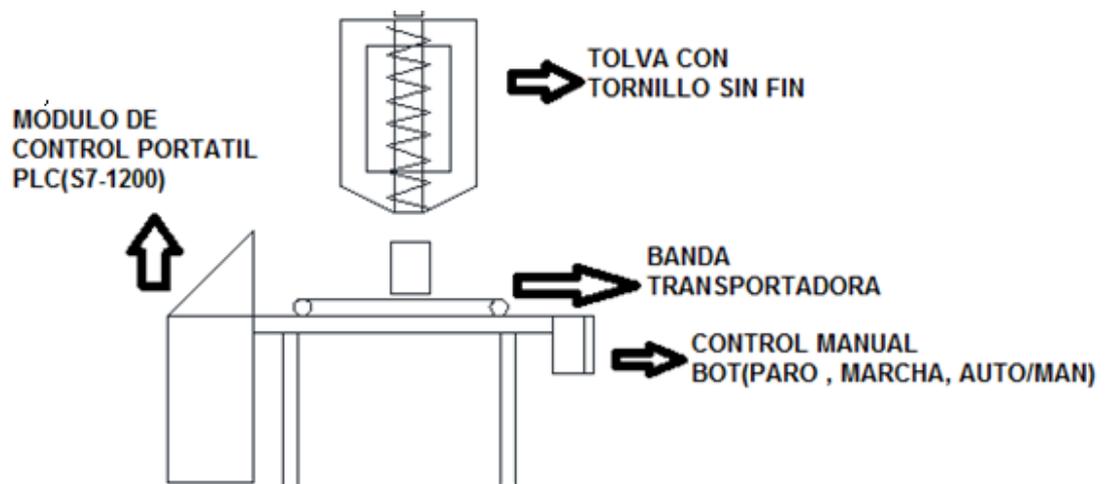


Figura 15.- Estructura tentativa de mini planta industrial para gránulos. Diseño tentativo de la mini planta industrial para gránulos.

Pero mediante el análisis e investigación que se realizó sobre este diseño se determinó que no era factible este tipo instalación del tornillo sin fin ya que el factor gravedad influía mucho en el correcto funcionamiento de la distribución de los gránulos por ende en el diseño final se instaló el tornillo sin fin de manera horizontal para realizar un óptimo control y distribución de producto.

La estructura fundamental de este proyecto se basa en una parte de un proceso del sector industrial el cual demanda precisión al realizar un llenado de un recipiente con gránulos, para esto se diseña una mini planta industrial de granulados con fines didácticos.

La mini planta industrial tiene una tolva en la que se depositará el producto, aquí se realizará una medición de nivel (nivel alto y nivel bajo) con dos sensores capacitivos que están instalados al inicio y final de la tolva para producto. Las salidas de los sensores capacitivos están conectadas hacia dos de las entradas del PLC.

Para realizar la distribución del producto en la parte inferior de la tolva tiene instalado el tornillo sin fin el cual gracias a un motor trifásico y una caja reductora con una relación de 5/1 hará el movimiento horario para que el producto avance por el tornillo sin fin hacia una salida en donde se encuentra el recipiente para su respectivo llenado.

El motor trifásico tiene acoplado un encoder en su eje para determinar las revoluciones por minuto del mismo, esas salidas están conectadas a las entradas del PLC las cuales estarán configuradas con un contador rápido con los que cuenta el PLC.

El movimiento del recipiente que contendrá el producto está encargado por una banda transportadora, mediante un motor trifásico y una banda de distribución se moverán los rodillos para que la banda de lona mueva el recipiente hasta la salida de dosificación del producto y con la ayuda de un sensor capacitivo que está instalado en la posición de dicha salida de dosificación, detendrá el movimiento de la banda transportadora para que se inicie con el llenado de producto en el recipiente una vez terminada la dosificación la banda transportadora vuelve a moverse para llevar el recipiente al punto final del proceso.

Ésta estructura tiene comunicación con el módulo del PLC mediante el conector DB25 el cual es el medio físico para alimentar los sensores, botoneras y luces piloto, además de sensor entradas digitales y enviar señales para las salidas digitales, la estructura también cuenta con una bornera de presión para enviar la señal de una salida análoga del PLC.

Las entradas digitales están distribuidas entre el encoder, los sensores (tres capacitivos y un inductivo) y las botoneras instaladas en la estructura.

Las salidas digitales están distribuidas entre las señales ON/OFF de los variadores de frecuencia y las luces piloto de la estructura. La salida análoga se conectará directamente a la entrada análoga del primer variador con una escala de 0 – 10 VDC que realizará el control de las revoluciones a las que el motor trifásico para la distribución de los gránulos se debe mover.

En las tablas 1, 2 y 3 se muestra la distribución de las entradas digitales, salidas digitales y entradas análogas del PLC hacia los diferentes sensores y actuadores:

Tabla 1. Descripción de pines de entradas digitales.

Nº PIN	E/S PLC	DESCRIPCIÓN
1	+ 24V	FUENTE DE PLC (+)
2	I0.0	ENCODER – PULSO A
3	I0.1	ENCODER – PULSO B
4	I0.2	NO CONECTADO
5	I0.3	SENSOR CAPACITIVO BANDA
6	I0.4	BOTONERA MARCHA
7	I0.5	BOTONERA PARO
8	I0.6	SELECTOR RESET
9	I0.7	SELECTOR MANUAL
10	I1.0	BOTONERA AUTOMÁTICO
11	I1.1	SENSOR CAPACITIVO TOLVA HL
12	I1.2	SENSOR CAPACITIVO TOLVA LL
13	I1.3	NO CONECTADO

Nota: Distribución de los pines de entradas digitales del conector DB25 de la mini planta industrial.

Tabla 2. Descripción de pines de salidas digitales.

Nº PIN	E/S PLC	DESCRIPCIÓN
14	Q0.0	LUZ PILOTO MARCHA
15	Q0.1	LUZ PILOTO PARO
16	Q0.2	LUZ PILOTO RESET
17	Q0.3	NO CONECTADO
18	Q0.4	NO CONECTADO
19	Q0.5	VARIADOR 1 ON/OFF – PIN 3
20	Q0.6	VARIADOR 2 ON/OFF – PIN 3
21	Q0.7	NO CONECTADO
22	AI1	NO CONECTADO
23	AI2	NO CONECTADO
24	TIERRA	TIERRA

Nota: Distribución de los pines de salidas digitales y entradas análogas del conector DB25 de la mini planta industrial.

También definimos la salida análoga del PLC ya que con ésta señal controlaremos la variación de velocidad en el variador de frecuencia para el motor que se encuentra conectado con el tornillo sin fin.

Tabla 3. Descripción de salida análoga.

SALIDA PLC	DESCRIPCIÓN
AQ0	ENTRADA ANÁLOGA VARIADOR 1 - PIN 9
0M	ENTRADA 0V VARIADOR 1 – PIN 10

Nota: Distribución de la salida análoga del PLC.

Como se aprecia en la tabla 1 y tabla 2 hay salidas digitales y entradas análogas que no se conectaron porque no se necesitaban en el control del proceso de la mini planta para gránulos.

3.2.1.- Dimensionamiento de la mini planta industrial.

Para realizar las dimensiones de este módulo se determinó que dicho módulo debía de ser compacto y manejable para el usuario permitiendo la interacción adecuada para el óptimo aprendizaje. Las dimensiones se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Dimensiones del módulo de mini planta industrial.

DIMENSIONES	
ALTO	94 cm
ANCHO	56 cm
PROFUNDIDAD	57.5 cm

Nota: Dimensiones para la construcción del módulo de mini planta industrial para gránulos.

3.2.2.- Dimensionamiento del módulo de PLC

Además se diseñó un nuevo modelo de módulo para PLC, el cual sea compacto y de fácil movilidad, aprovechando de mejor manera los espacios con los que cuentan los módulos que se encuentran en el laboratorio de Automatización Industrial.

Para realizar las dimensiones se tomó en cuenta las medidas de los equipos a instalarse en dicho módulo, los cuales se enlistan en la tabla 5.

Tabla 5. Descripción de equipos del módulo para PLC.

EQUIPOS DE MÓDULO PLC	
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
1	PLC S7-1200
1	FUENTE SIEMENS 24V 5 ^a
1	BREAKER SIEMENS 1 POLO 6 ^a
1	SWITCH TP-LINK 5 PUERTOS
1	GALVANÓMETRO CAMSCO 30VDC
1	TARJETA AUTOMATIZACIÓN

Nota: Descripción de equipos a instalarse en módulo PLC.

Luego de haber analizado las dimensiones y la forma de distribución de los equipos se determinó las medidas de éste módulo que se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Dimensiones de módulo para PLC.

DIMENSIONES	
ALTO	30 cm
ANCHO	32 cm
PROFUNDIDAD	32 cm

Nota: Dimensiones de módulo para PLC

3.3.- Planos estructurales

3.3.1.- Planos de mini planta industrial para gránulos

Con las dimensiones antes determinadas se procedió a realizar un modelado en el software Autocad para empezar el diseño estructural de la mini planta industrial.

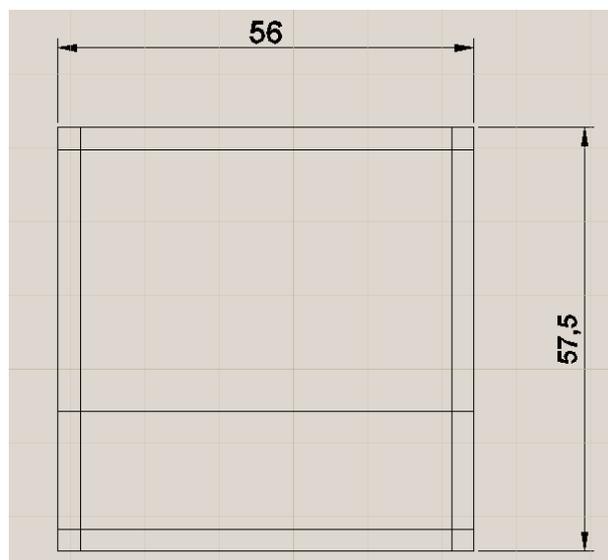


Figura 16.- Vista superior de mini planta industrial. Dimensiones de la estructura a implementar de la mini planta industrial.

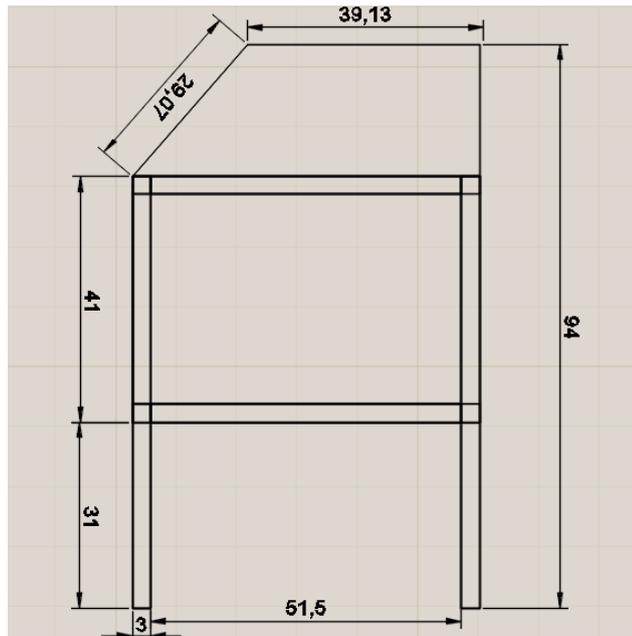


Figura 17.- Vista lateral de mini planta industrial. Dimensiones de la estructura a implementar de la mini planta industrial.

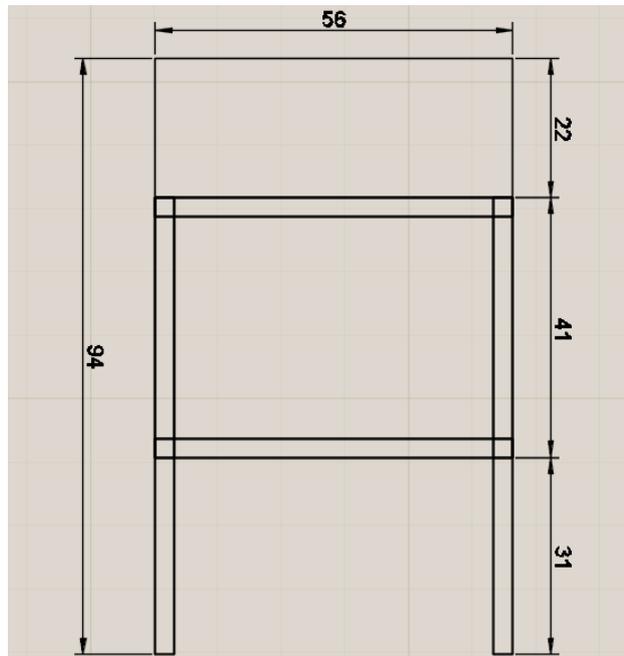


Figura 18.- Vista frontal de mini planta industrial. Dimensiones de la estructura a implementar de la mini planta industrial.

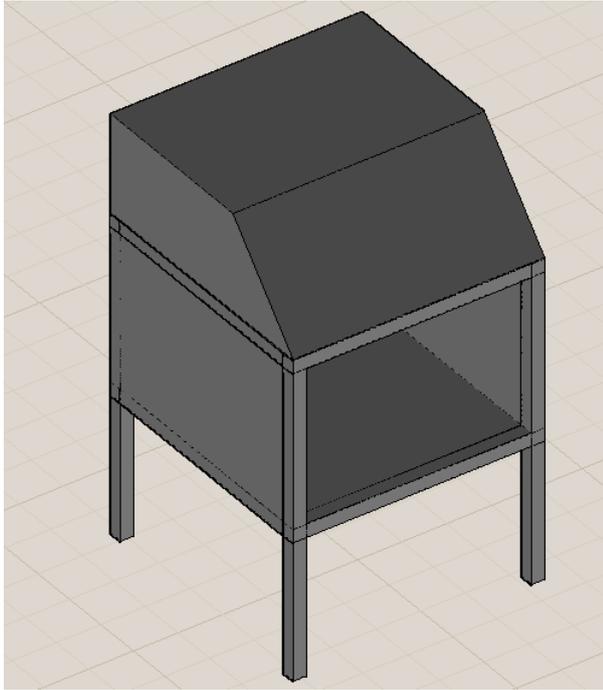


Figura 19.- Modelado de mini planta industrial. Modelado en 3D de la estructura a implementar de la mini planta industrial.

3.3.2.- Planos de módulo de PLC

Obtenidas las dimensiones del módulo de PLC se realizó el modelado en Autocad, tomando en cuenta cada detalle para la correcta instalación de los equipos y medios de comunicación con el PLC.

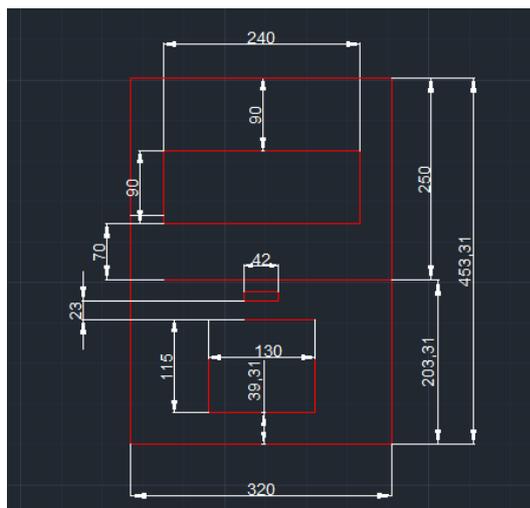


Figura 20.- Vista superior de módulo para PLC. Dimensiones de la estructura a implementar del módulo para PLC.

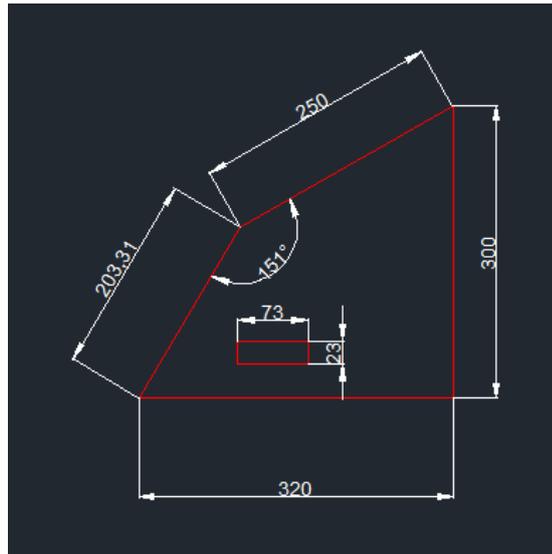


Figura 21.- Vista lateral de módulo para PLC. Dimensiones de la estructura a implementar del módulo para PLC.

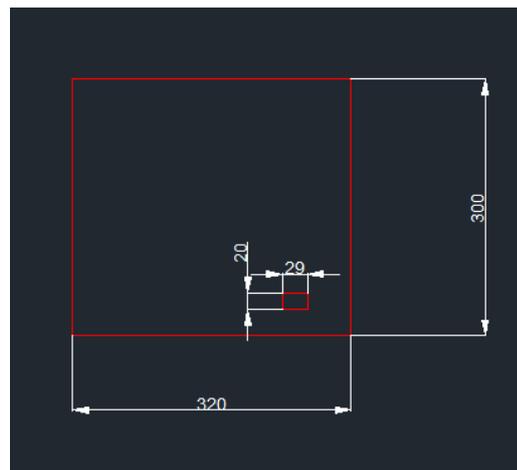


Figura 22.- Vista posterior de módulo para PLC. Dimensiones de la estructura a implementar del módulo para PLC.

3.4.- Montaje

3.4.1.- Construcción de mini planta para gránulos

En la construcción de los módulos se utilizaron distintos materiales que soporte el paso de los años y mantengan su buena condición.

Para la construcción de la mini planta industrial se utilizó hierro negro y tubos cuadrados de 3x3 cm para armar el esqueleto de la estructura.



Figura 23.- Vista frontal del módulo de la mini planta industrial. Armado del esqueleto de la mini planta industrial.



Figura 24.- Vista lateral del módulo de la mini planta industrial. Esqueleto armado con tubos cuadrados de 3x3 cm.

Luego se realizó el corte de las planchas tanto para las botoneras y luces piloto como para cubrir las partes laterales de la estructura.



Figura 25.- Vista frontal de plancha para la mini planta industrial. Plancha para la instalación de las botoneras y luces piloto.

En la parte interior del módulo se coloca una plancha para la instalación de los rieles en donde se instalarán los elementos de fuerza (breakers, contactores, guardamotores y variadores) que alimentarán los motores trifásicos tanto del tornillo sin fin como de la banda transportadora.



Figura 26.- Vista de plancha con rieles Din. Plancha con rieles para la instalación de elementos de fuerza de los motores trifásicos.

Luego de realizar estos detalles, se empezó con la instalación del tornillo sin fin junto con el acople del motor trifásico y la base para el encoder. Además de la instalación de los soportes para la banda transportadora.



Figura 27.- Tornillo sin fin con acople del motor trifásico. Se visualiza la forma de instalación de tornillo sin fin junto con el motor trifásico y motoreductor. El encoder sensorará el número de revoluciones gracias al acople con el eje del motor trifásico.

Una vez terminado los ajustes finales en la estructura se procedió a escoger el color para el acabado de la estructura. Se utilizó pintura sintética color azul.



Figura 28.- Acabado de la estructura de mini planta para gránulos. Diseño final de la mini planta, se utilizó pintura sintética azul.

Terminada la parte mecánica de la estructura, se realiza el diseño del diagrama de fuerza con el que éste módulo contará para la respectiva alimentación y control de los motores trifásicos.

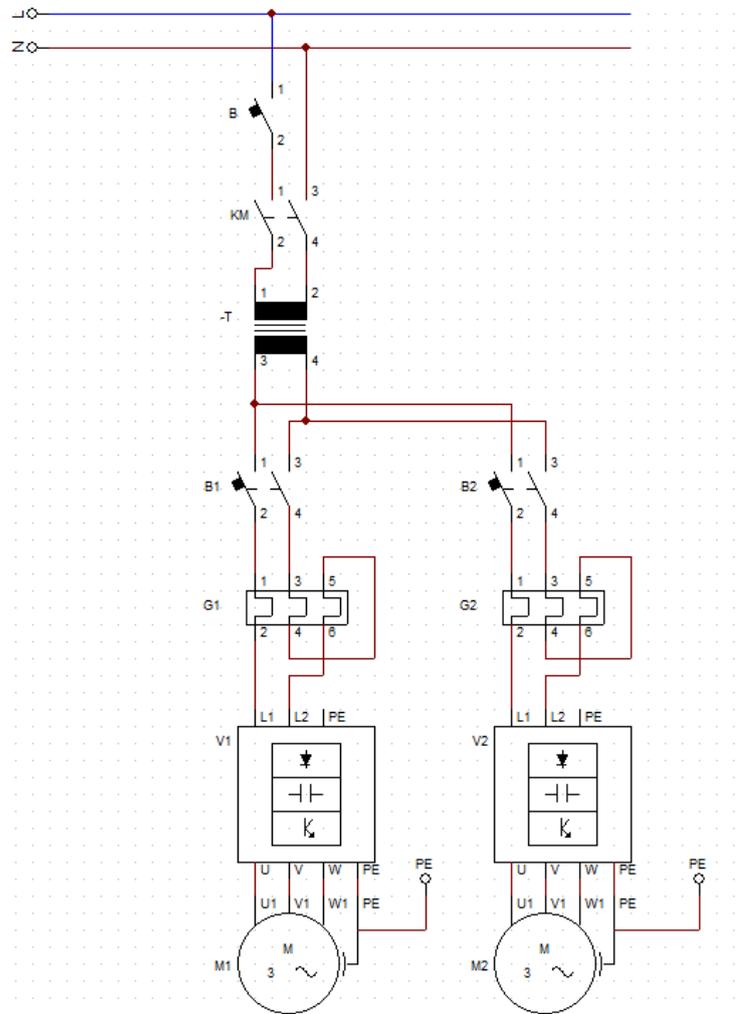


Figura 29.- Diagrama de fuerza de la mini planta. Diseño de conexiones para la alimentación de los motores trifásicos, nótese que el diagrama cuenta con un transformador 120V – 220V para los motores.

El módulo cuenta con un paro general el cual está definido por un pulsador tipo hongo que cortará el suministro de energía general de toda la mini planta gracias a un contactor en el cual pasarán las líneas de alimentación. Para esto se realiza un diagrama del paro general de la mini planta.

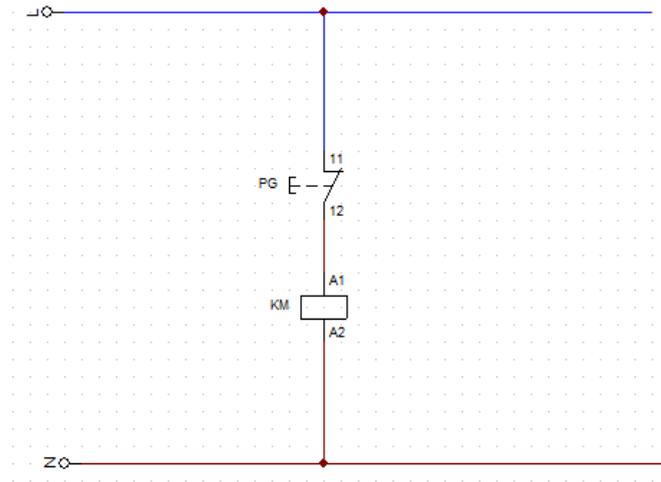


Figura 30.- Diagrama de paro general de la mini planta. Diseño de conexión para realizar el paro general en la mini planta, se puede observar que el paro general controla un contactor el cual al ser desactivado abrirá los contactores KM dejando sin alimentación a los motores del diagrama de la figura 25.

Siguiendo el diagrama de conexiones se procede a instalar los elementos en los rieles DIN cableando de forma ordenada para la visualización de las conexiones realizadas.



Figura 31.-Elementos de fuerza para los motores trifásicos. Instalación y cableado de los elementos de fuerza de la mini planta industrial.

Terminada la parte de fuerza de la estructura, se definen las entradas y salidas de los diferentes elementos (sensores y actuadores) instalados en la estructura con el conector DB25 el cual comunicará todas estas señales digitales al PLC.

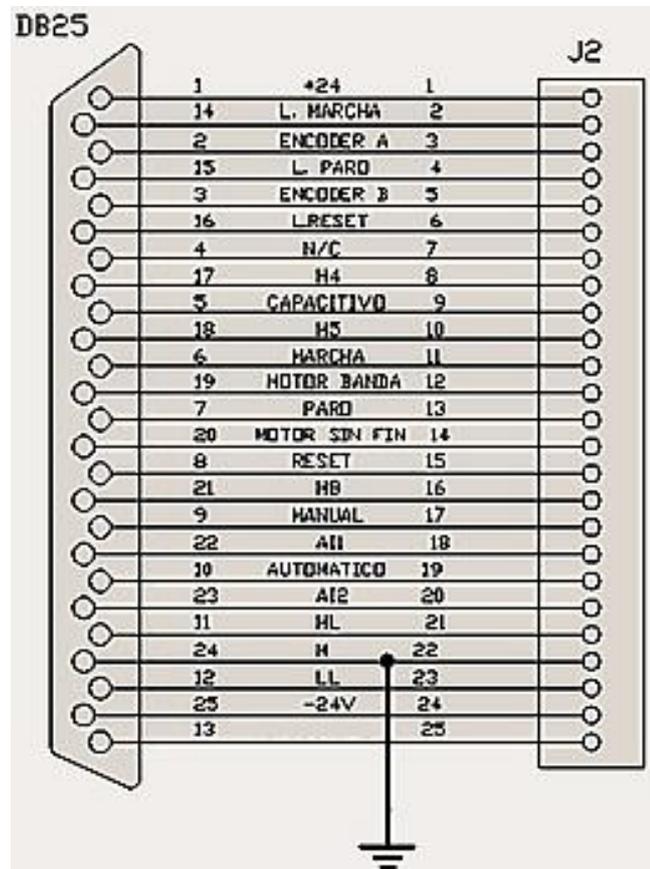


Figura 32.-Diagrama de conexiones del DB25 de la mini planta. Se definen uno a uno los pines a utilizar con los elementos instalados en la estructura de la mini planta industrial.

En el panel de control de la estructura se encuentran las botoneras de Marcha, Paro, Reset y Paro General con sus respectivas luces pilotos. Respetando el diagrama de conexiones del DB25 se procede a cablear.

Para las botoneras Marcha y Reset se escogió el color verde con sus luces pilotos respectivamente, tal como se muestran en las siguientes figuras:



Figura 33.- Botonera verde Camsco. Botonera normalmente abierta.



Figura 34.- Luz piloto verde. Luz piloto marca Siemens.

Para la botonera de Paro se escogió el color rojo con su luz piloto del mismo color y para el Paro General un pulsador tipo hongo con retención, como se muestran en las siguientes figuras:



Figura 35.- Pulsador rojo Camsco. Botonera normalmente cerrada.



Figura 36.- Luz piloto rojo. Luz piloto marca Camsco.



Figura 37.- Pulsador tipo hongo. Pulsador hongo marca Camsco.

En el mismo panel se encuentra instalado el selector de Manual-Automático para la ejecución del proceso en la mini planta para gránulos, de manera automática con la ejecución continua de los bloques de programación en el PLC o de manera manual con la intervención del usuario en el proceso.



Figura 38.- Selector de Manual- Automático. Selector de tres posiciones marca Camsco.

Para la señal análoga del PLC se instaló un borne de presión en cual será encargado de llevar ésta señal a los pines del variador de frecuencia del motor del tornillo sin fin.



Figura 39.- Puerto DB25 y borne de presión de la mini planta. Estos conectores llevarán las señales digitales y la señal análoga del PLC para el funcionamiento del proceso.

Luego de haber realizado todas las conexiones del módulo se hace el respectivo test para determinar si todo se encuentra en perfecto estado y si la alimentación para cada uno de los elementos es el adecuado.



Figura 40.- Módulo de mini planta industrial. Imagen de módulo una vez realizada las conexiones de todos sus elementos.

Luego de una revisión técnica del módulo se acuerda el cambio de color de la estructura, agregar una protección para la polea y realizar el cambio de la banda transportadora. En la figura 41 se muestra el acabado final del módulo de mini planta industrial.



Figura 41.- Acabado final de módulo de mini planta industrial. Se cambió de color para que el acabado sea el mismo que de módulos de prácticas del laboratorio de Automatismo.

3.4.2.- Construcción de módulo de PLC

Tomando como referencia las medidas obtenidas en el diseño de la estructura se envía a realizar este módulo en plancha galvanizada con pintura electrostática gris. Se realizaron varias perforaciones para instalar los elementos que funcionarán en el módulo.



Figura 42.- Estructura del módulo de PLC. Entrega de la estructura con las diferentes perforaciones.

Una vez receptada la estructura se procede a la instalación de los equipos como son la fuente, PLC, breaker y galvanómetro. Además de la tarjeta electrónica de automatización para las entradas y salidas con las que se realizarán prácticas en el laboratorio de Automatización.



Figura 43.- Elementos instalados del módulo de PLC. Se instala fuente, PLC y breakers en la estructura.



Figura 44.- Tarjeta electrónica de simulación. Tarjeta para la simulación de entradas y salidas con el PLC.

Con estos elementos instalados se procedió a realizar el respectivo cableado de las entradas digitales, salidas digitales y entradas análogas con el DB25 hembra que está instalado en la parte frontal de la estructura. Éste tipo información sobre cableado y conexiones fue facilitado por la Universidad Politécnica Salesiana.



Figura 45.- Elementos cableados dentro de la estructura de PLC. Cableado del PLC con el conector macho DB25 que a su vez se conectará con un conector hembra DB25.

Para la comunicación del software Simatic Step 7 con el PLC se coloca en la parte lateral de la estructura puertos de red los cuales están conectados a un switch de 5 puertos TP-LINK. Además se instala un borne de presión para la salida análoga del PLC



Figura 46.- Vista lateral del módulo de PLC. Puertos de red para la comunicación y borne de presión utilizados para la señal análoga del PLC.

Al final se realizan pruebas de funcionamiento del módulo para corregir algún inconveniente y garantizar que dicho módulo cumpla los requerimientos deseados.



Figura 47.- Módulo de PLC. Módulo de PLC con sus diferentes elementos ya instalados.

3.5.- Elementos integrales para el funcionamiento de las estructuras.

3.5.1.- PLC Siemens S7-1200

Se utiliza un controlador lógico programable para realizar el control del proceso en la mini planta industrial para gránulos en el que se programarán las prácticas gracias a sus entradas y salidas digitales, para esto se utiliza un PLC S7-1200 que nos ofrece grandes ventajas y características como se puede observar en la tabla 7 de los datos técnicos más importantes para este proyecto.

Tabla 7. Características de CPU de PLC.

CARACTERÍSTICAS DE CPU	DESCRIPCIÓN
Memoria de usuario	50KB m. de trabajo/2MB m. de carga/2KB m. remanente
E/S Digitales integradas	14 entradas/10 salidas
E/S Analógicas integradas	2 entradas
Tamaño mem. imagen de proceso	1024 bytes de entrada/1024 bytes de salidas
Área de marcas (M)	8192 bytes
Ampliación con Signal Board	1 SB máximo
Contadores rápidos	Fase simple: 3 a 100 KHz y 3 a 30 KHz Fase en cuadratura: 3 a 80 KHz y 3 a 20 KHz
Salidas de impulsos	2
Entradas de captura de impulsos	14
Alarmas de retardo	4 con resolución de 1 ms
Alarmas de flanco	12 ascendentes y 12 descendentes

Nota: Características de CPU de PLC S7-1200.

3.5.2.- Tarjeta didáctica de entradas y salidas

Con esta tarjeta electrónica instalada en el módulo de PLC se garantiza el desarrollo de prácticas gracias a los pulsadores, switches, potenciómetros y diodos leds que simularán a sensores y actuadores de un proceso. Se comunican al PLC mediante el conector DB25.



Figura 48.- Tarjeta didáctica de simulación. Tarjeta que simula sensores y actuadores en las prácticas de laboratorio.

3.5.3 Motores trifásicos

Los motores trifásicos que se utilizan tienen una relación baja en sus respectivos motor reductores para ganar precisión al momento de realizar tanto el movimiento para el tornillo sin fin como para el movimiento de la banda transportadora.

En el motor encargado de realizar los giros del tornillo sin fin tiene una relación con su motor reductor de 1600 rpm a 88 rpm.



Figura 49.- Motor trifásico principal. Motor para el movimiento del tornillo sin fin.

El motor que está encargado de mover la banda transportadora la cual llevará el recipiente al punto de dosificación tiene una relación de 1395 rpm a 80 rpm.



Figura 50.- Motor trifásico secundario. Motor para el movimiento de la banda transportadora.

3.5.4.- Variador de frecuencia

Siguiendo la misma línea Siemens se escogieron los variadores de frecuencia SINAMICS G110 para los motores trifásicos que están instalados en la estructura, estos variadores tienen diversas configuraciones que son aprovechadas en este proyecto para la ejecución óptima de la mini planta industrial.

Para la elección de los adecuados variadores de frecuencia, se toman en cuenta las características del motor a utilizar, es decir; que la elección de nuestro variador de frecuencia depende exclusivamente de las características (alimentación, corriente nominal, potencia nominal, etc.) del motor que se vaya a utilizar.

En la tabla 8 se muestran las características de los motores con los que se procedió a escoger los variadores de frecuencia adecuados.

Tabla 8. Datos para variadores de frecuencia.

DATOS DE VARIADORES DE FRECUENCIA		
PARÁMETROS	MOTOR 1	MOTOR 2
ALIMENTACIÓN	200-240V	200-240V
POTENCIA	0.55 KW	0.37 KW
CORRIENTE	7.7A	6.2 A

Nota: Datos técnicos para la adquisición de variadores de frecuencia.

Para la puesta en marcha de los variadores se deben de realizar configuraciones mediante el B.O.P. (Basic Operator Panel) que es un panel para la programación de los diferentes códigos con los que trabaja el variador de frecuencia.



Figura 51.- B.O.P. Panel para la programación del variador de frecuencia.

Con el B.O.P. se procederá a programar los siguientes parámetros que se muestran en la tabla 9 y 10 para la puesta en servicio rápida para el motor 1 del tornillo sin fin y para el motor 2 de la banda transportadora

Tabla 9. Descripción de parámetros para variador de frecuencia 1.

PARÁMETRO	VALOR	DESCRIPCIÓN
P0010	1	Puesta en servicio rápida
P0100	2	Entrada de frecuencia de red KW/60 Hz
P0304	240	Tensión nominal del motor
P0305	0.65	Corriente nominal del motor
P0307	0.35	Potencia nominal del motor
P0310	60	Frecuencia nominal del motor
P0311	1600	Velocidad nominal del motor
P0700	2	Fuente de órdenes – Bornes/Terminales
P1000	2	Selección de consigna analógica de frecuencia
P1080	10	Frecuencia mínima del motor
P1082	60	Frecuencia máxima del motor
P1120	0	Tiempo de aceleración
P1121	0	Tiempo de deceleración
P3900	0	Finalizar puesta en servicio rápida

Nota: Configuración de parámetros para la puesta en servicio rápida del motor 1.

Tabla 10. Descripción de parámetros para variador de frecuencia 2.

PARÁMETRO	VALOR	DESCRIPCIÓN
P0010	0	Puesta en servicio rápida
P0100	0	Entrada de frecuencia de red KW/60 Hz
P0304	240	Tensión nominal del motor
P0305	1.8	Corriente nominal del motor
P0307	0.37	Potencia nominal del motor
P0310	50	Frecuencia nominal del motor
P0311	1395	Velocidad nominal del motor
P0700	2	Fuente de órdenes – Bornes/Terminales
P1000	1	Selección de consigna analógica de frecuencia
P1080	10	Frecuencia mínima del motor
P1082	50	Frecuencia máxima del motor
P1120	0	Tiempo de aceleración
P1121	0	Tiempo de deceleración
P3900	0	Finalizar puesta en servicio rápida

Nota: Configuración de parámetros para la puesta en servicio rápida del motor 2.

Ya que en los parámetros P700 y P1000 en el variador del motor 1 se configuraron de manera que no acepte órdenes del B.O.P. sino de los terminales de entradas del variador, se realizan las conexiones de la siguiente manera:

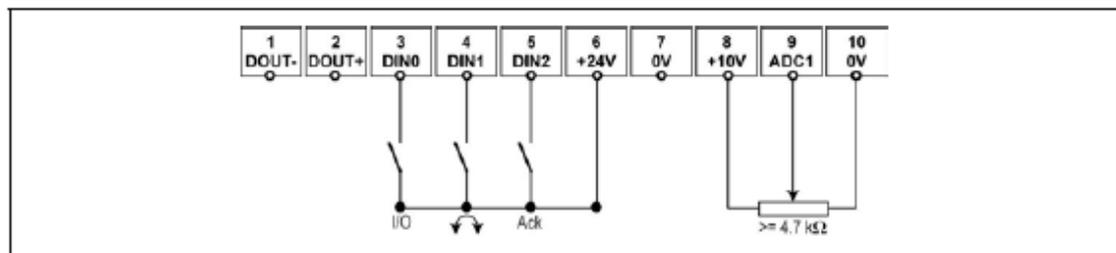


Figura 52.- Conexiones de bornes de variador de frecuencia. Conexiones de las entradas del variador de frecuencia.



Figura 53.- Bornes del variador de frecuencia. Bornes físicos enumerados del 1 al 10 del variador de frecuencia Sinamics G110.

Con estos parámetros ya configurados y las conexiones realizadas se ejecuta la puesta en marcha de los motores trifásicos.

3.5.5.- Encoder Incremental

El encoder incremental nos enviará la información de pulsos que se producen por el movimiento angular del motor trifásico una vez realizado el acople físico. Los terminales A y B del encoder nos envían los impulsos a las entradas del PLC que gracias a la función de contadores rápidos habilitados nos permite la lectura de dichos impulsos digitales.



Figura 54.- Encoder Incremental. Encoder incremental marca Hanyoung Mux.

3.5.6.- Sensores

Los sensores de proximidad instalados nos permiten conocer la presencia de un objeto (metal o cualquier otro material) a cierta distancia, dependiendo de las características del sensor.

El sensor capacitivo instalado perpendicular a la salida de dosificación nos permite conocer la presencia del recipiente para que se produzca la dosificación.



Figura 55.- Sensor capacitivo. Sensor capacitivo que detecta la presencia del recipiente para los gránulos.

Los sensores capacitivos instalados en la tolva donde se depositarán los gránulos serán los encargados de sensar el nivel alto y bajo de dichos gránulos.



Figura 56.- Sensores capacitivos. Sensores capacitivos que detectan el nivel (alto y bajo) de los gránulos.

Cada vez que estos sensores se activen enviarán un nivel alto de voltaje en su terminal de carga (cable negro) por ser sensores con configuración PNP, los cuales son ideales para que las entradas del PLC las detecten.

CAPÍTULO IV. Diseño de Pruebas

4.1.- Programación textual para el control del proceso industrial

La puesta en marcha del proceso industrial se realiza de la siguiente forma:

Al momento de presionar la botonera de marcha, el sistema detectará si hay gránulos en la tolva por los sensores de nivel, si hay un nivel alto del producto automáticamente arrancará el motor que controla la banda transportadora junto con el recipiente antes colocado en dicha banda. Un sensor capacitivo estará sensando la presencia del recipiente, cuando éste sense el recipiente la banda transportadora automáticamente parará justo en la salida de dosificación y empezará a entregar el producto por el número de vueltas que la relación en peso necesite en un tiempo determinado.

Una vez realizada la dosificación del producto, la banda transportadora se activará para llevar el recipiente al punto final del proceso.

4.2.- Diseño de requerimiento del sistema

4.2.1.- Entorno de trabajo.

El software TIA PORTAL nos ayuda a realizar la programación adecuada para que la mini planta industrial para gránulos realice el proceso esperado. Habrá comunicación TCP/IP para enviar a cargar el programa al PLC y que éste ejecute la programación de los bloques en la mini planta industrial mediante el cable paralelo DB25 y el cable flexible polarizado para la conexión análoga.



Figura 57.- Entorno de Trabajo. Entorno para trabajar con la mini planta industrial para gránulos.

4.3.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#1

“RECONOCIMIENTO DE ESTACIONES DE TRABAJO”

Objetivos:

- Reconocer los módulos de entrenamiento PLC-Planta industrial
- Identificar formas de conexión de cada uno de los módulos de entrenamiento.
- Puesta en marcha de los módulos de entrenamiento.

Descripción:

Reconocer los dos diferentes módulos de entrenamiento, elementos que lo conforman, conexiones, forma de trabajo. Para realizar una puesta en marcha del módulo de Planta industrial.

Procedimiento:

Revisar los módulos de entrenamiento y visualizar los componentes que conforman cada uno de dichos módulos.

Una vez que se ha realizado el reconocimiento se observarán los diagramas de conexión de cada módulo que se presentan a continuación.

- Diagrama eléctrico del módulo de Planta Industrial.

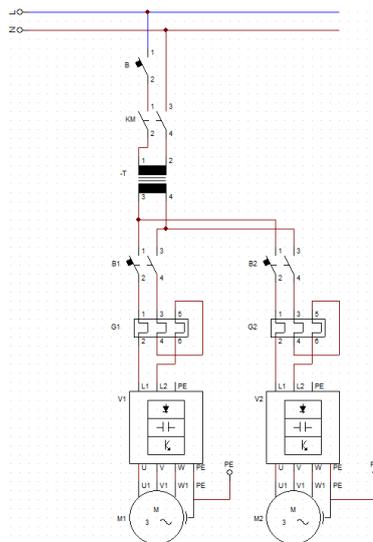


Figura 58.- Diagrama eléctrico de mini planta industrial. Diagrama eléctrico de los elementos instalados en el módulo de mini planta industrial.

- Diagrama de conexión del DB25 del módulo de PLC

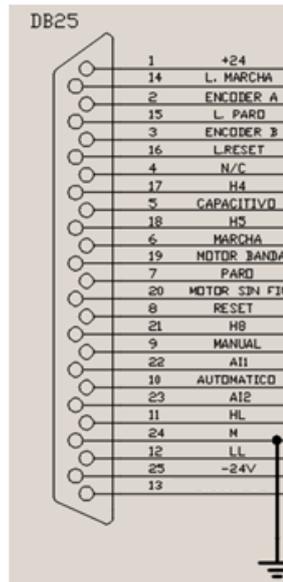


Figura 59.- Diagrama de conexión de conector DB25 de mini planta industrial. Pines asignados a los diferentes sensores, botoneras y actuadores.

Con estos diagramas se puede manejar un criterio de la forma como los módulos se comunican entre sí mediante el cable paralelo DB25 y el cable polarizado de señal analógica.

Luego de estos pasos procedemos a realizar una puesta en marcha del módulo de planta industrial, para esto trabajaremos con el software de programación TIA PORTAL en el cual abriremos un nuevo proyecto y realizaremos los siguientes bloques de programación:

En el primer segmento ubicaremos un contacto abierto que se direccionará a la entrada I0.4 que es la botonera de Marcha, con el cual activaremos una marca para autoenclavamiento y la salida Q0.0 que corresponde a nuestra luz piloto de Marcha.

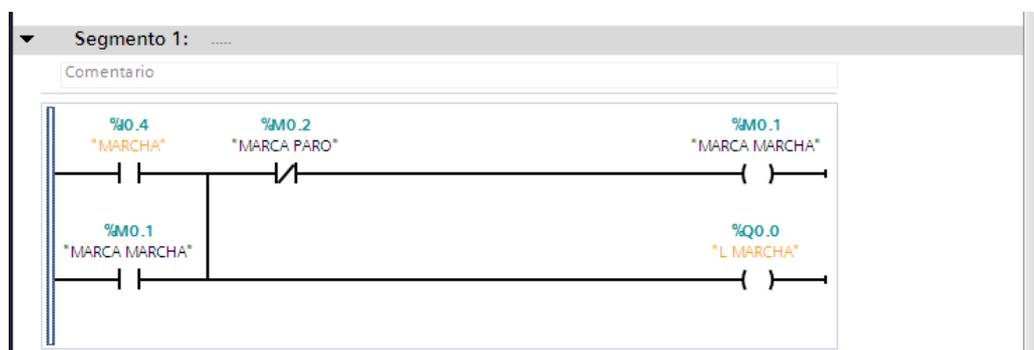


Figura 60.- Segmento 1-Práctica#1. Programación de botón Marcha.

En el segmento dos ubicaremos un contacto cerrado que se direccionará a la entrada I0.5 correspondiente a la botonera de Paro que activará una marca de Paro y una salida Q0.1 que corresponde a la luz piloto de Paro.

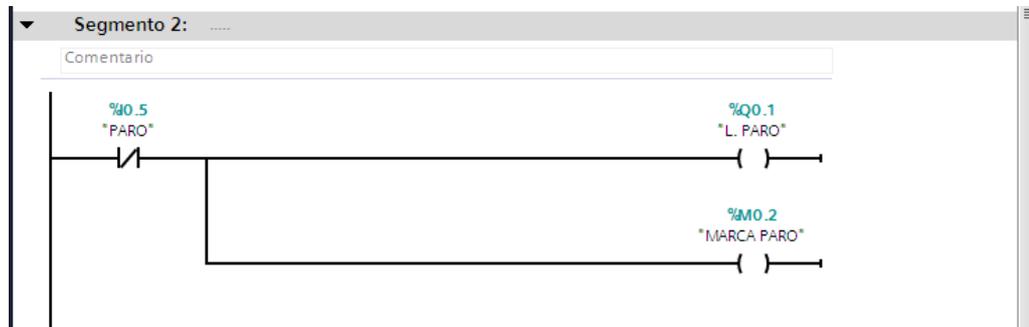


Figura 61.- Segmento 2-Práctica#1. Programación de botón Paro.

En el tercer segmento ubicaremos un contacto abierto de la marca de Marcha y condicionaremos mediante el selector de tres posiciones Manual/Automático para encender de manera individual los motores tanto de la tolva como el de la banda. Se condicionará el funcionamiento de los motores para cuando esté en funcionamiento un motor no pueda estar en funcionamiento el otro motor del módulo.

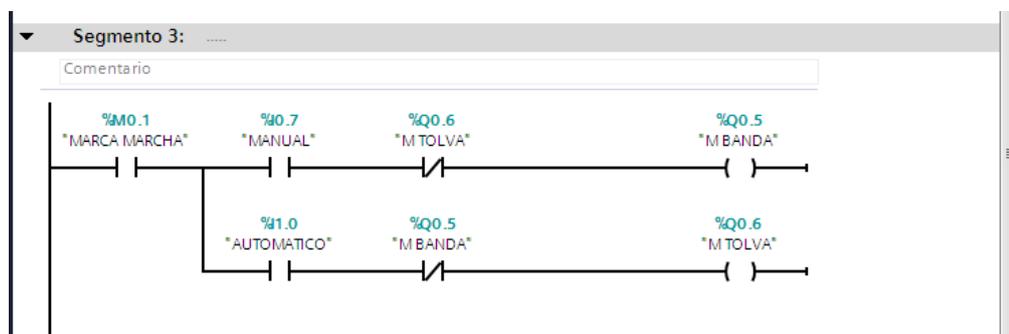


Figura 62.- Segmento 3-Práctica#1. Programación del encendido de las bobinas para los motores.

Con esto terminaremos la puesta en marcha de la mini planta industrial.

4.4.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#2

“ADQUISICIÓN DE DATOS”

Objetivos:

- Conocer el funcionamiento de los contadores rápidos en las entradas de PLC.
- Adquirir los datos de las pulsaciones generadas por el encoder.
- Realizar la linealización correspondiente de las pulsaciones del encoder.

Descripción:

Aprender el funcionamiento y la configuración de los contadores rápidos en el PLC para obtener datos de las pulsaciones que el encoder entrega. Con este tipo de dato podemos realizar una linealización con respecto a una vuelta completa del tornillo sin fin.

Procedimiento:

Creamos nuestro programa en el TIA PORTAL y agregamos un bloque de programa de interrupción cíclica

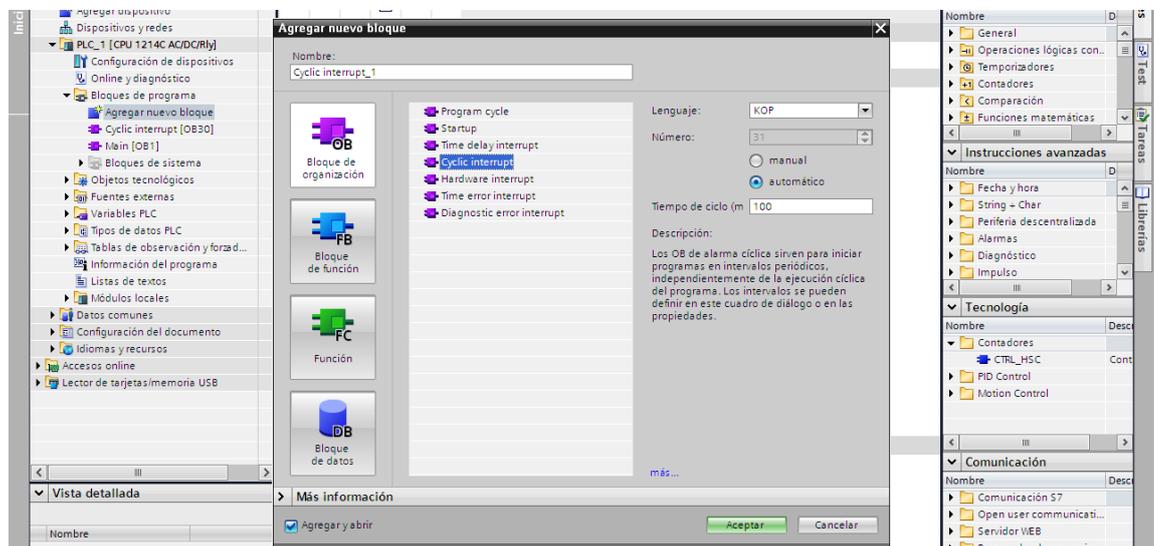


Figura 63.- Bloque de interrupción cíclica. Se agrega un bloque de interrupción cíclica.

Una vez creado el bloque de interrupción cíclica agregamos nuestro bloque de contador rápido ubicado en los bloques de tecnología con el nombre de CTRL_HSC. Una vez creado configuramos el contador rápido de manera automática.

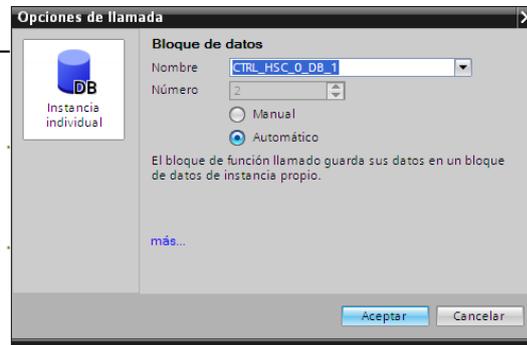


Figura 64.- Configuración de contador rápido. Cuadro de configuración del contador rápido.

Luego vamos a propiedades de PLC y habilitamos el contador rápido. En la opción de modo de contaje lo dejamos en contaje y en fase de servicio escogemos Contador A/B 4x.

En sentido de contaje inicial, escogemos incrementar contador.

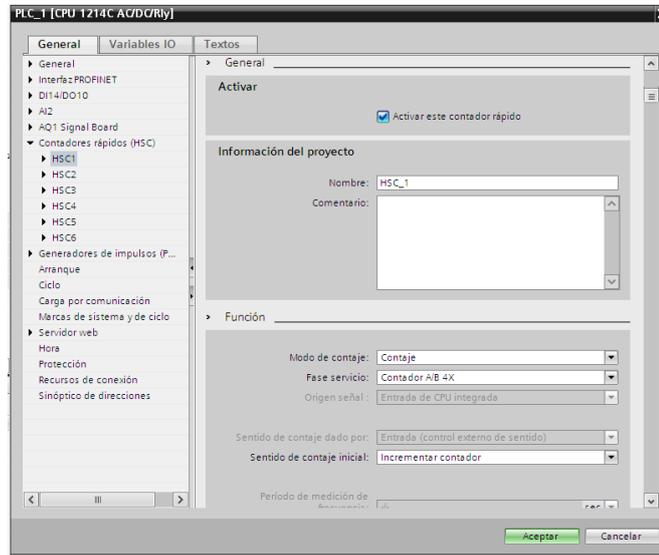


Figura 65.- Habilitación de contador rápido. Cuadro para habilitar el contador rápido y configuración de otras características.

Ahora procedemos a realizar la programación de los segmentos en el main para obtener los datos del encoder y poder linealizarlo.

En el primer segmento ubicamos un contacto abierto que será nuestra marcha, activando una marca y una salida que es la luz piloto.

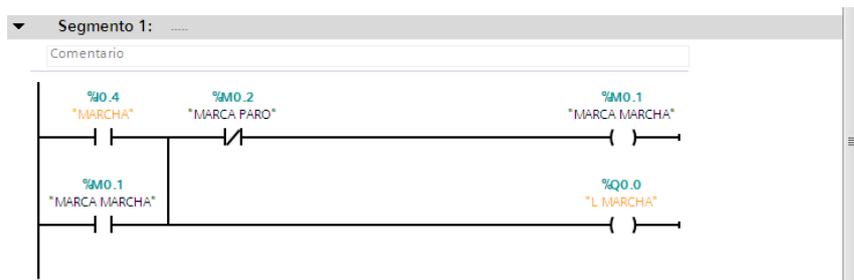


Figura 66.- Segmento 1-Práctica#2. Programación de botón Marcha.

En el segmento dos ubicamos nuestro contacto de Paro para activar una marca y la luz piloto respectivamente.

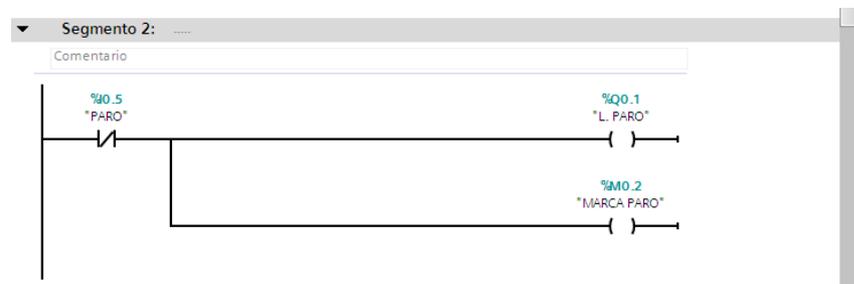


Figura 67.- Segmento 2-Práctica#2. Programación de botón Paro.

En el siguiente segmento ubicaremos un MOVE para transferir los valores de la dirección ID1000 que contiene los valores de las pulsaciones del encoder a otra dirección para luego realizar una conversión a datos reales.

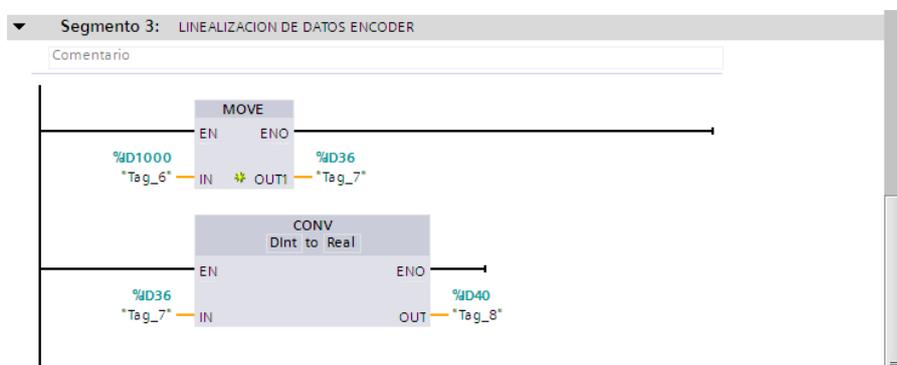


Figura 68.- Segmento 3-Práctica#2. Programación de bloques Move.

Luego empezamos a linealizar, en este caso primero multiplicamos por -1 para obtener un valor positivo

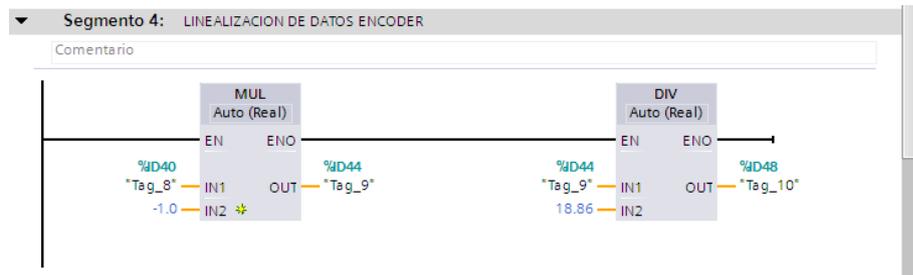


Figura 69.- Segmento 4-Práctica#2. Programación bloques de linealización.

Luego dividimos para 3024.22 que es la cantidad real de los pulsos que el encoder nos da al realizar una vuelta del tornillo sin fin para tener el número de vueltas.

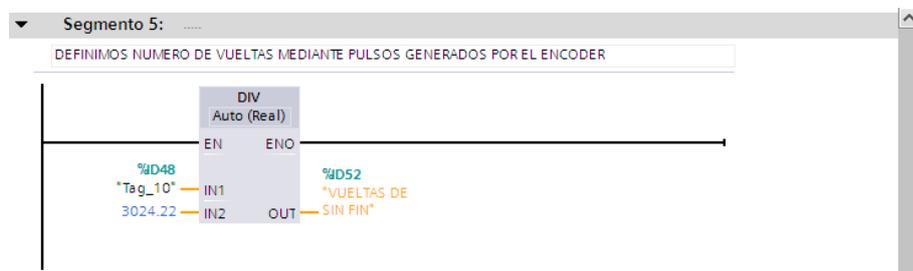


Figura 70.- Segmento 5-Práctica#2. Programación de bloque de linealización.

En el segmento seis activamos la salida Q0.6 que es el motor de la tolva con la marca de Marcha.

En el siguiente segmento colocamos un contacto abierto para el reset del contador en cual se ingresará un valor de 0 a través de una marca.

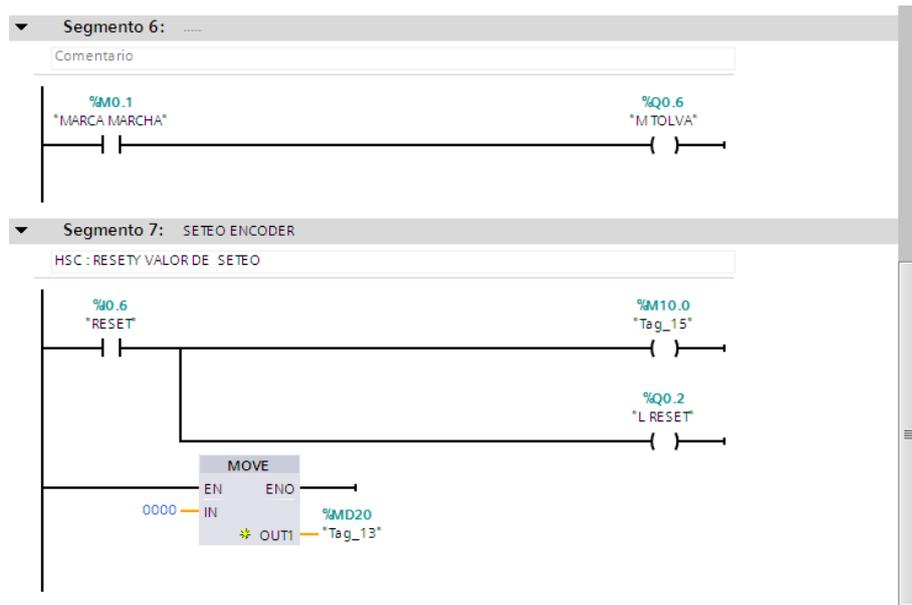


Figura 71.- Segmento 6 y 7-Práctica#2. Programación de motor y reset de contador.

Una vez realizado lo anterior, se procede a configurar las entradas del contador definiendo el contador 1 en la entrada definida HSC y en CV la marca para habilitar el valor de 0 en el ítem de NEW_CV.

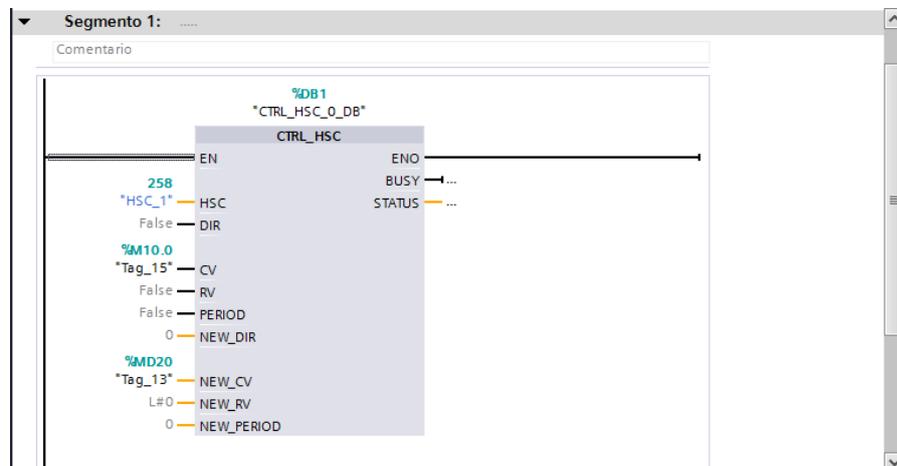


Figura 72.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#2. Bloque de contador rápido en la interrupción cíclica.

Para realizar una mejor visualización de los datos adquiridos del encoder activaremos el modo ONLINE.

4.5.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#3

“MANUAL/AUTOMÁTICO DE MINI PLANTA INDUSTRIAL”

Objetivos:

- Programar de manera automática la puesta en marcha total de la mini planta industrial.
- Programar de manera manual la puesta en marcha total de la mini planta industrial.
- Aprender a trabajar con la lectura de los sensores capacitivos de la mini planta industrial.
- Realizar la correcta secuencia de producción de la mini planta industrial.

Descripción:

Realizar la correcta programación del proceso a seguir de la mini planta industrial, utilizando los elementos instalados en el módulo de entrenamiento, condicionando el proceso según las entradas de los sensores capacitivos.

Procedimiento:

Abrimos el software TIA PORTAL en el cual agregaremos un bloque de interrupción cíclica para ubicar nuestro contador rápido.

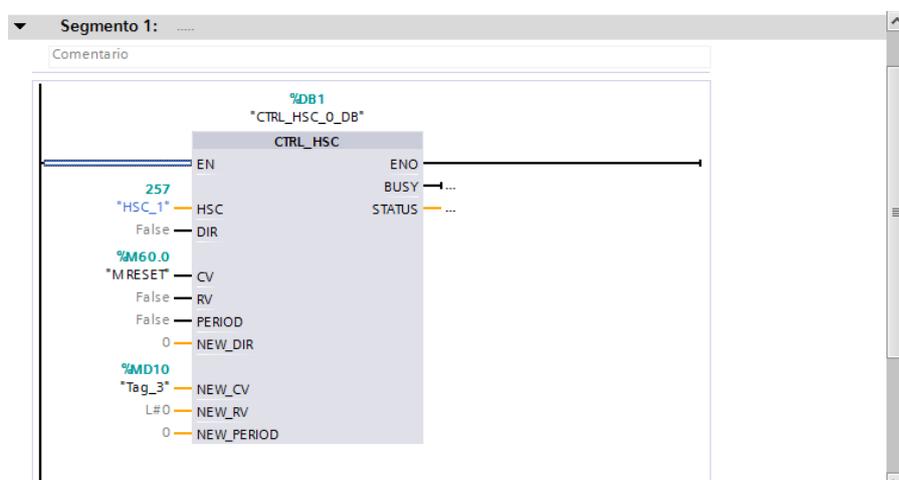


Figura 73.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#3. Bloque de contador rápido en la interrupción cíclica.

La linealización de nuestro encoder incremental se la realizó en un bloque de función para poder ordenar nuestro bloque de programa sin tener que combinar todos los bloques de conversión.

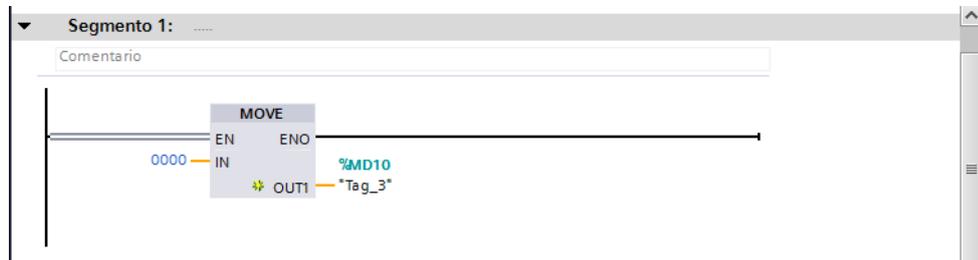


Figura 74.- Segmento 1-Bloque de Función-Práctica#3. Programación de bloque Move.

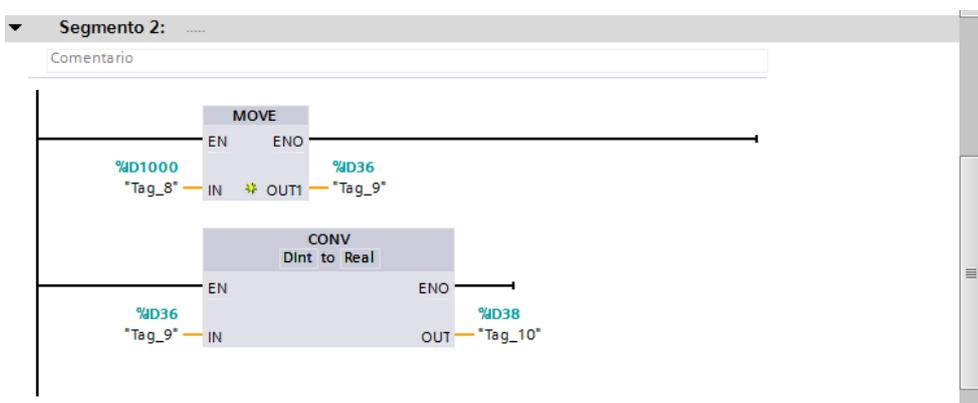


Figura 75.- Segmento 2- Bloque de Función-Práctica#3. Programación de bloques Move.

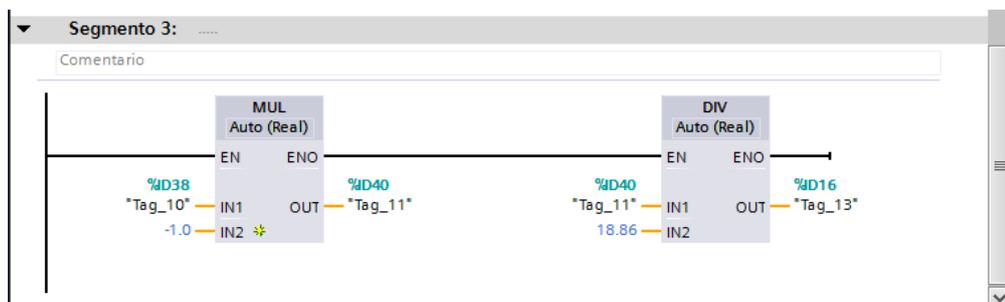


Figura 76.- Segmento 3- Bloque de Función-Práctica#3. Programación de linealización de encoder.

Luego procedemos a insertar los contactos para nuestra Marcha y nuestro Paro condicionados por el contacto de Automático del selector de la mini planta industrial.

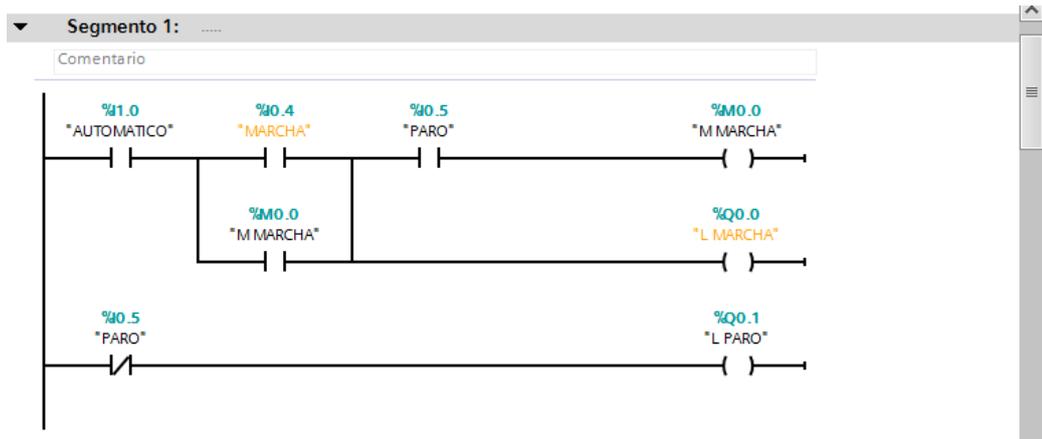


Figura 77.- Segmento 1-Main-Práctica#3.Programación de bloques Move.

En este segmento ubicaremos nuestro contacto abierto de la marca Marcha para encender la salida Q0.5 que corresponde al on/off del motor de la banda transportadora.

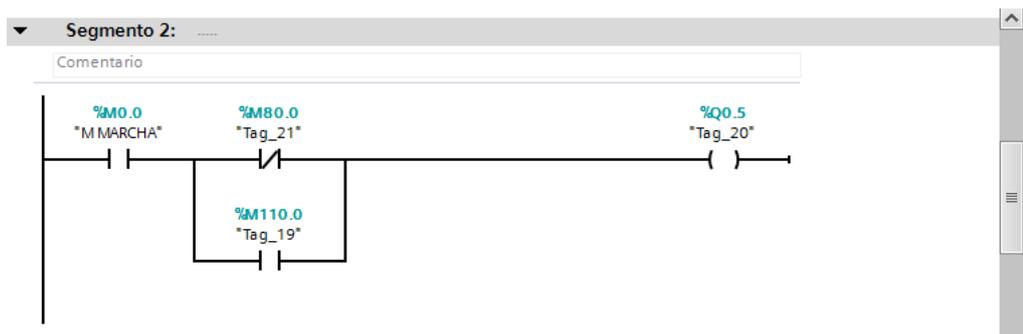


Figura 78.- Segmento 2-Main-Práctica#3.Programación de botón Marcha.

Aquí ubicaremos un timer a la conexión para que después de que se cierre un contacto abierto I0.3 que será nuestro sensor capacitivo que al sensar el recipiente empiece a trabajar el timer. También ubicaremos una marca que nos servirá para condicionar el siguiente segmento.

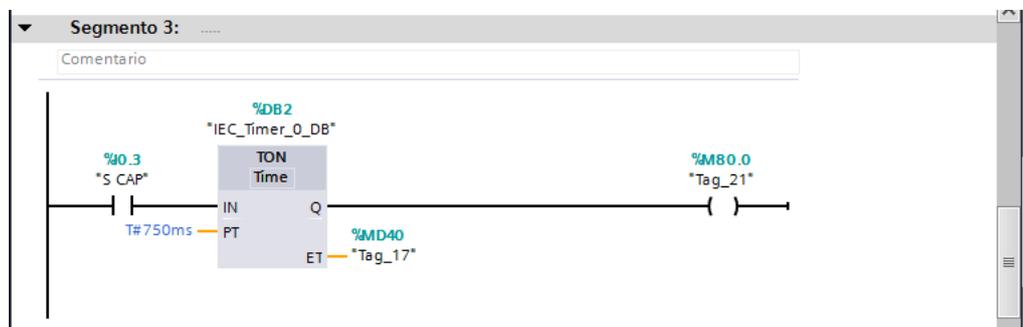


Figura 79.- Segmento 3-Main-Práctica#3.Programación de timer.

Con la marca anterior condicionaremos el encendido e la bobina que corresponde al motor de la tolva para que por unos segundos quede encendido hasta realizar una comparación de 2,5 sg y se vuelva a apagar la bobina. Luego de esto habrá otro timer que volverá accionar la bobina del motor de la banda transportadora.

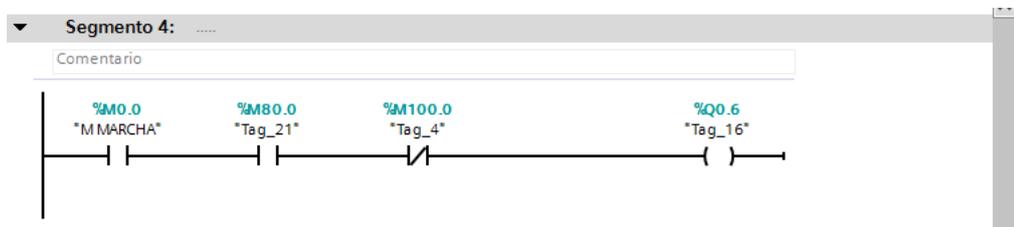


Figura 80.- Segmento 4-Main-Práctica#3.Programación de motor de banda transportadora.

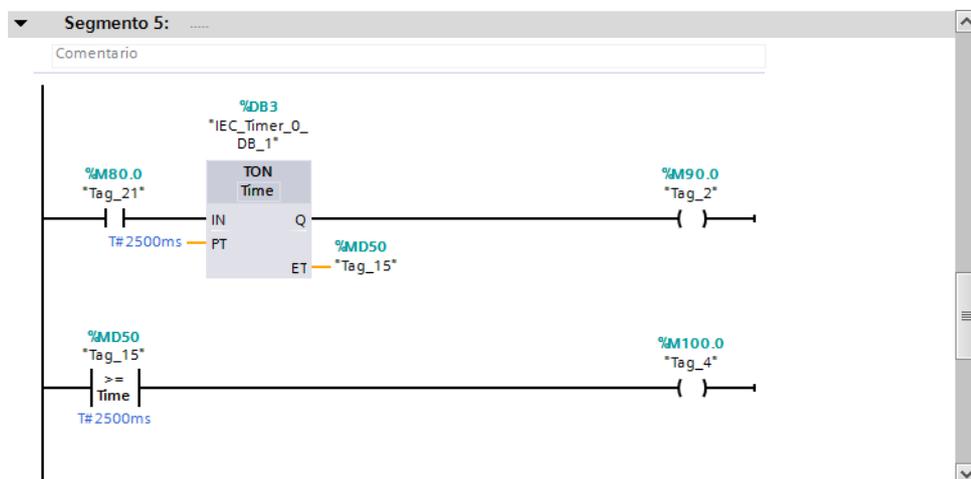


Figura 81.- Segmento 5-Main-Práctica#3.Programación de timer y comparación de tiempo.

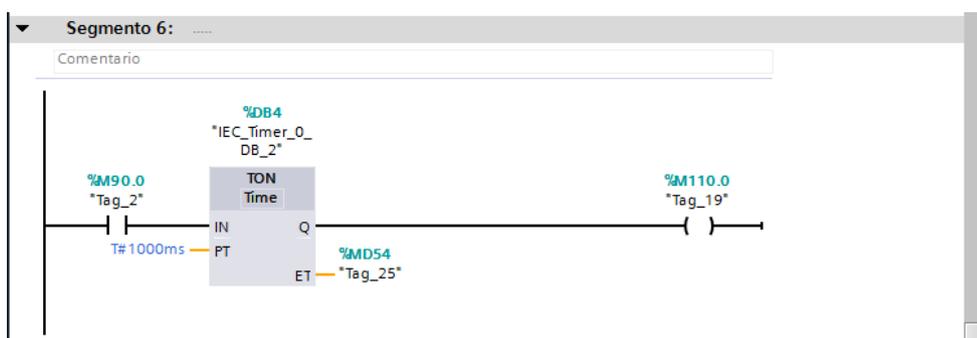


Figura 82.- Segmento 6-Main-Práctica#3.Programación de timer

Y así se volverá a repetir el proceso de la mini planta industrial.

4.6.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#4

“VARIACIÓN DE VELOCIDAD DE UN MOTOR TRIFÁSICO”

Objetivos:

- Realizar la programación del control de velocidad del motor trifásico que dosifica gránulos en la mini planta industrial.
- Realizar la configuración del OPC SEVER para la conexión de variables del PLC.
- Realizar una interfaz en LABVIEW para la variación de velocidad del motor trifásico.
- Realizar el VI en LABVIEW para el control de las variables del PLC

Descripción:

Realizar la correcta programación para la variación de velocidad del motor trifásico encargado de la dosificación de gránulos, con una interfaz en el software LABVIEW que ayudará al ingreso de valores a las variables enlazadas al PLC mediante el OPC SERVER.

Procedimiento:

Abrimos el software TIA PORTAL en el cual agregaremos un bloque de interrupción cíclica para ubicar nuestro contador rápido.

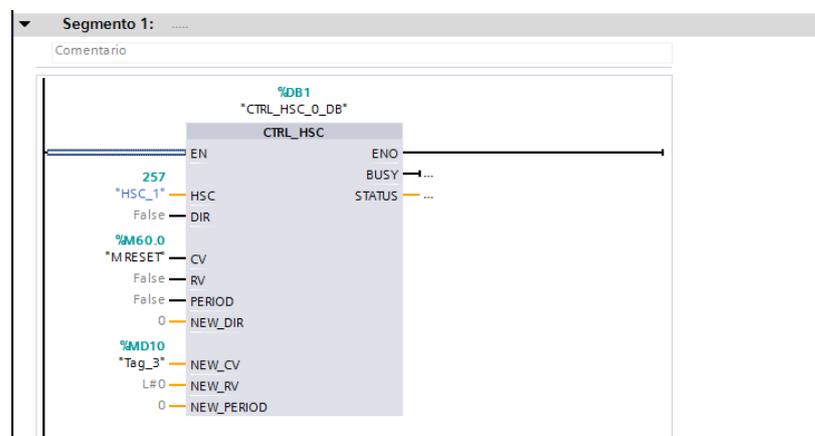


Figura 83.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#4. Bloque de contador rápido en la interrupción cíclica.

Ahora se agrega un bloque de función en el cual realizaremos la linealización correspondiente a los datos del encoder.

En el segmento 1 agregamos un bloque MOVE para enviar un valor de cero a una marca que nos servirá para poner en cero el contador.

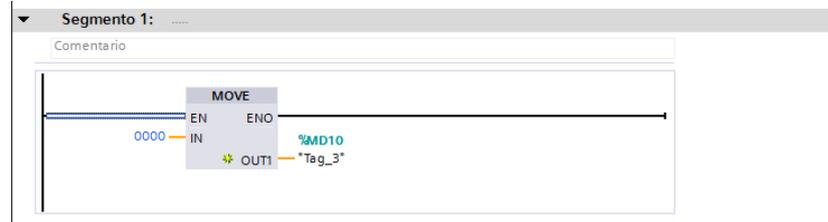


Figura 84.- Segmento 1-Bloque de Función-Práctica#4. Programación de bloque Move.

En el segmento 2 y segmento 3 se realizan la linealización de los datos que nos proporciona el encoder.

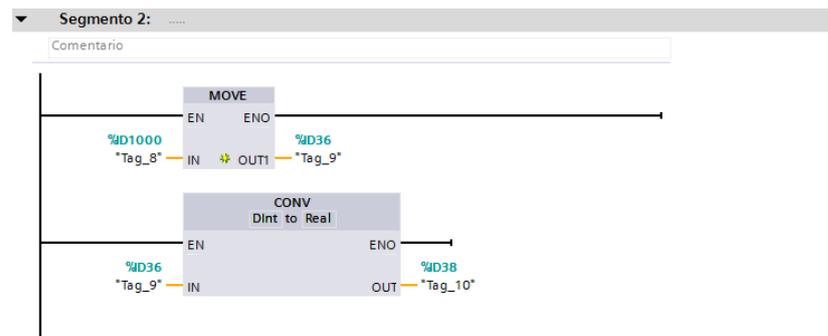


Figura 85.- Segmento 2-Bloque de Función-Práctica#4. Programación de linealización.



Figura 86.- Segmento 3-Bloque de Función-Práctica#4. Programación de linealización.

Una vez realizado esto, se procede a programar el MAIN. En el segmento 1 se agregan contactos como Marcha y Paro para el arranque del programa.

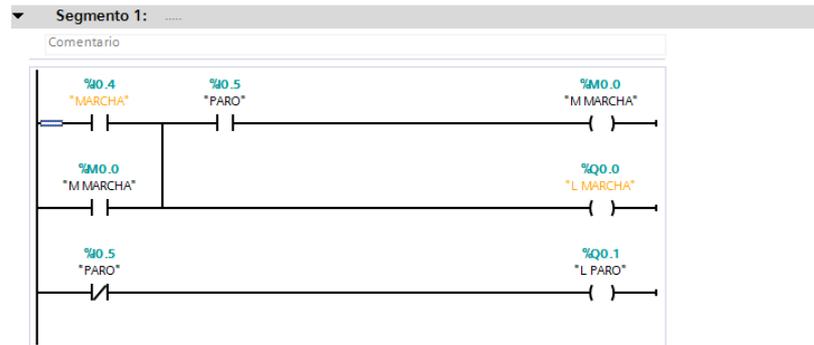


Figura 87.- Segmento 1-Main-Práctica#4.Programación de contactos y bobinas Marcha y Paro

En el segmento 2 agregamos un contacto abierto de la Marca M0.0 que activará la bobina Q0.6 del motor de la tolva.



Figura 88.- Segmento 2-Main-Práctica#4.Programación de contacto de la marca M0.0 para activar la bobina Q0.6.

En el segmento 3 agregamos un bloque MOVE para ingresar el valor de voltaje que tendrá la salida analógica QW80.



Figura 89.- Segmento 3-Main-Práctica#4.Programación de bloque MOVE para setear valores a la salida análoga QW80.

Una vez realizado la programación en el PLC procedemos a configurar el OPC SERVER con las variables que utilizamos del PLC en la interfaz labview.

Abrimos el OPC SERVER para crear un canal en el cual enlazaremos el PLC que tenemos.

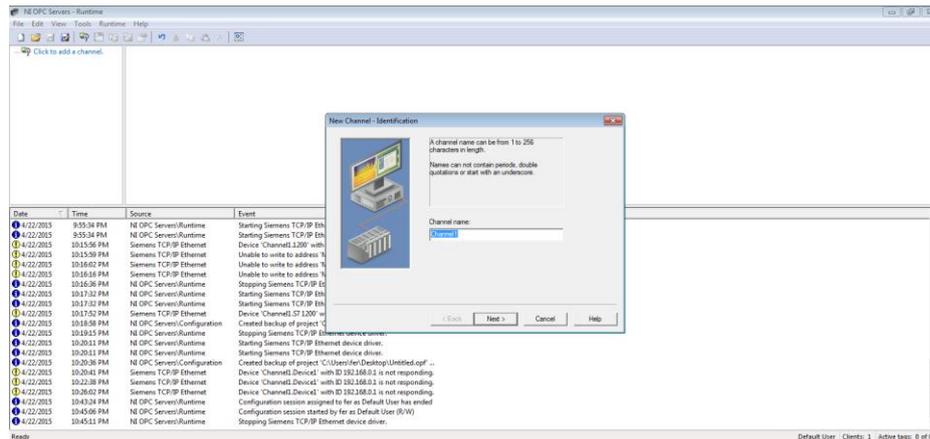


Figura 90.- Configuración de canal en OPC SERVER. Configuración de un canal para enlazar con el PLC S7-1200.

Ahora configuramos la forma de comunicación con el PLC S7-1200, para el resto de la configuración lo dejaremos por defecto dándole siguiente hasta finalizar.

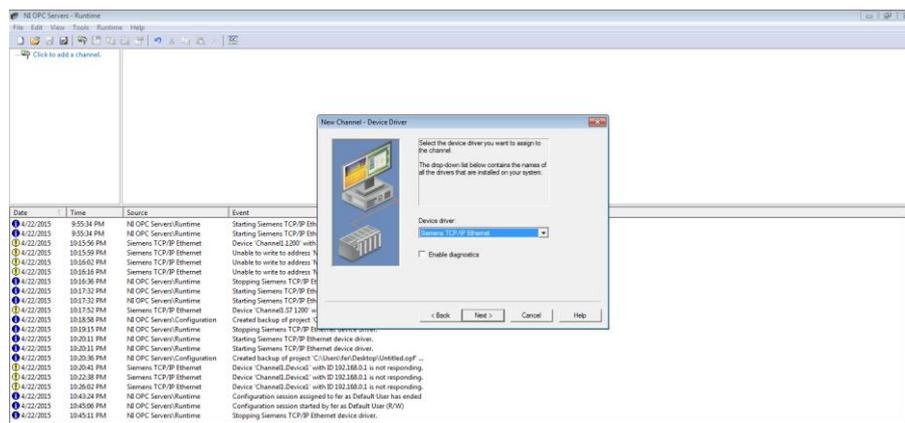


Figura 91.- Configuración de comunicación en OPC SERVER. Configuración de la comunicación con el PLC S7-1200.

En el canal creado agregaremos el PLC S7-1200 con el que tendrá comunicación. Damos clic en agregar dispositivo y nos aparecerá un asistente para la configuración en el que escribiremos un nombre, escogeremos el modelo de nuestro PLC y escribiremos la ip que tiene asignada el PLC. Para el resto de la configuración le daremos siguiente hasta que termine el asistente.

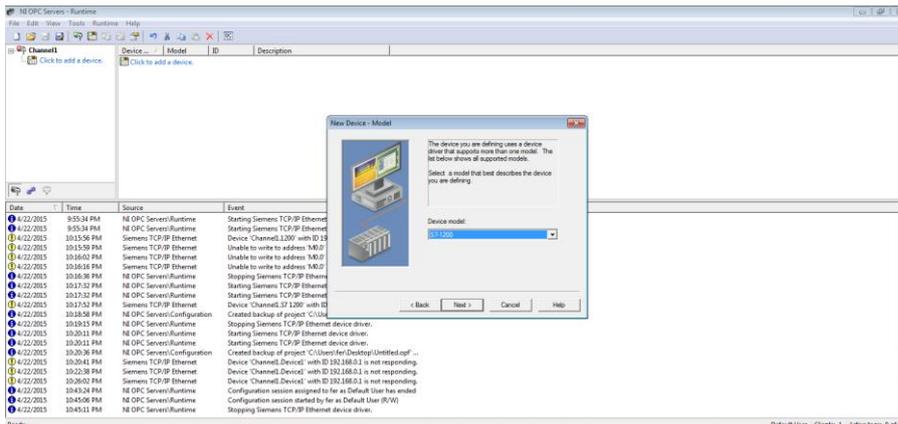


Figura 92.- Configuración de dispositivo en OPC SERVER. Configuración de dispositivo PLC S7-1200.

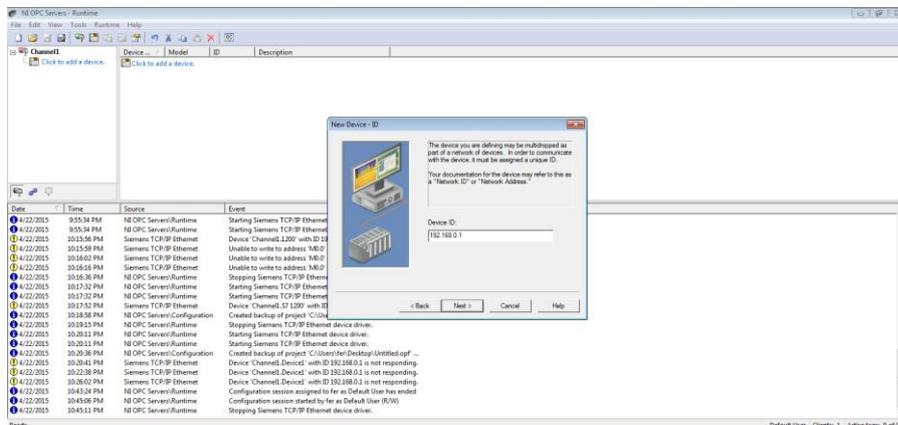


Figura 93.- Configuración de dirección ip en OPC SERVER. Configuración de la dirección ip del dispositivo PLC S7-1200.

Una vez configurado el dispositivo en su totalidad agregamos las variables que utilizaremos en esta práctica. Para esto damos clic en agregar etiqueta y nos abrirá una ventana para escribir un nombre y la dirección de la variable a crear.

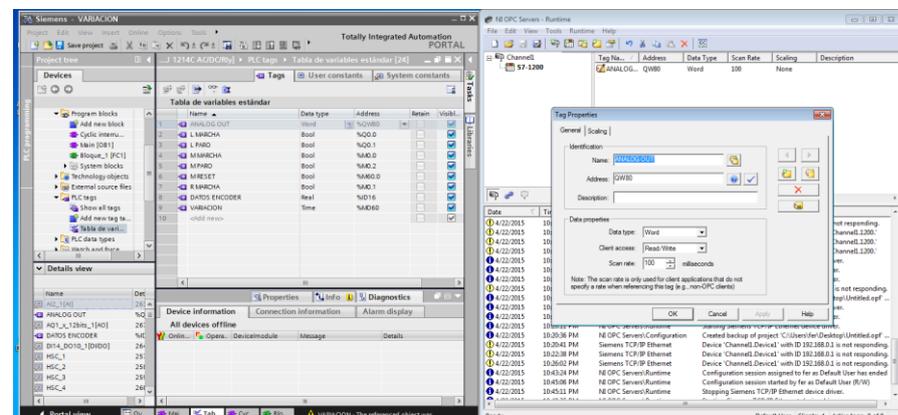


Figura 94.- Creación de variables en OPC SERVER. Creación de variables del PLC en el OPC SERVER.

Con las variables ya configuradas abrimos el software LABVIEW y escogemos un proyecto vacío para agregar las variables creadas en el OPC SERVER. Para esto damos clic derecho en My computer y elegimos I/O SERVER – OPC Client – National Instruments NIOPC SERVER.

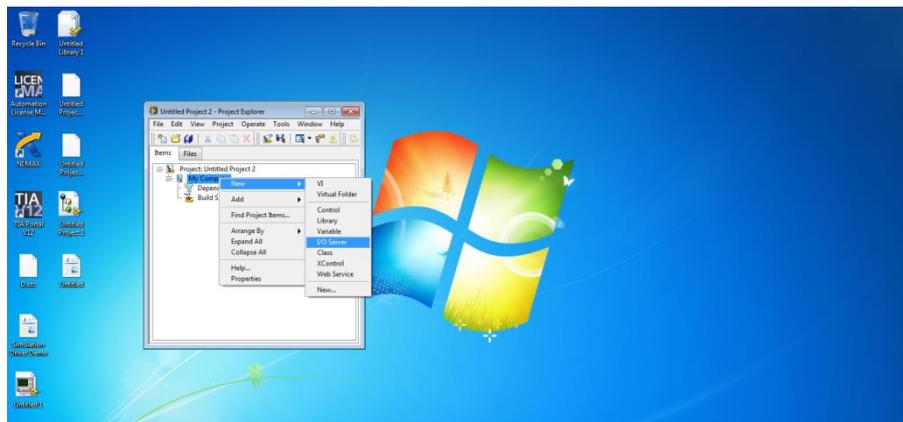


Figura 95.- Configuración de una librería en LABVIEW Paso 1. Configuración de la librería para las variables del OPC SERVER.

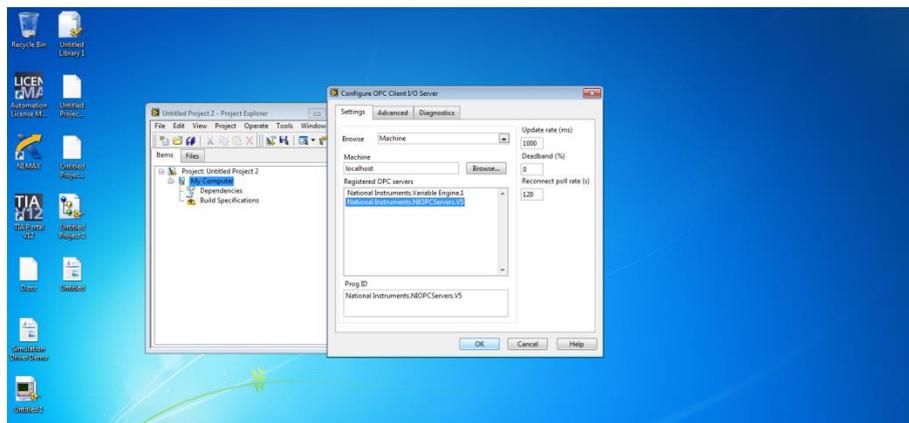


Figura 96.- Configuración de una librería en LABVIEW Paso 2. Configuración de la librería para las variables del OPC SERVER.

Al finalizar estos pasos nos aparecerá un ícono Untitled Library. Aquí agregaremos las variables dando clic derecho y escogiendo: New – Variable. Ahora nos aparece una ventana en el que permitiremos la opción Alasing y agregaremos todas las variables que antes hemos configurado.

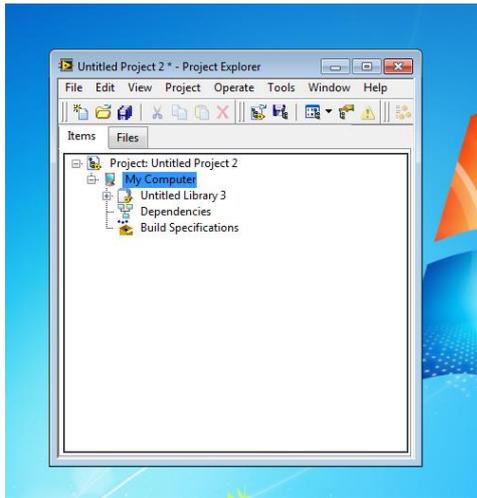


Figura 97.- Ícono de la librería en proyecto de LABVIEW. Ícono de la librería creada en nuestro proyecto en Labview.

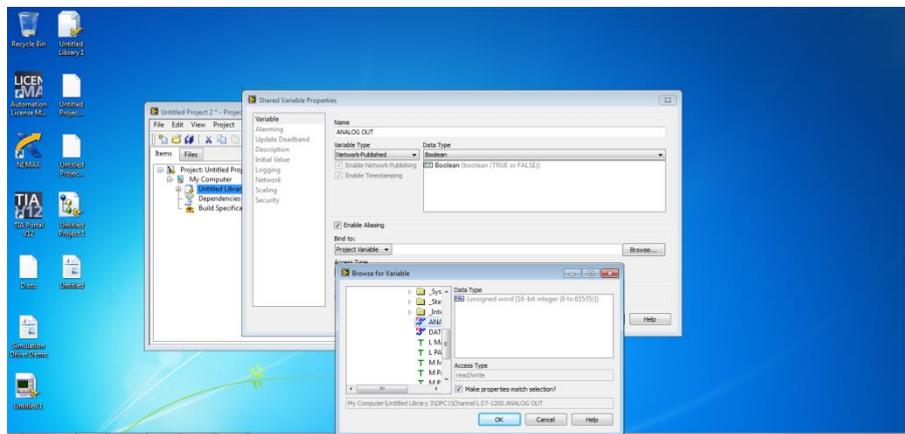


Figura 98.- Incorporación de variables en la librería de proyecto en LABVIEW. Incorporación de las variables creadas en el OPC SERVER a nuestra librería en LABVIEW.

Luego de esto crearemos la interfaz y el VI para ésta práctica.

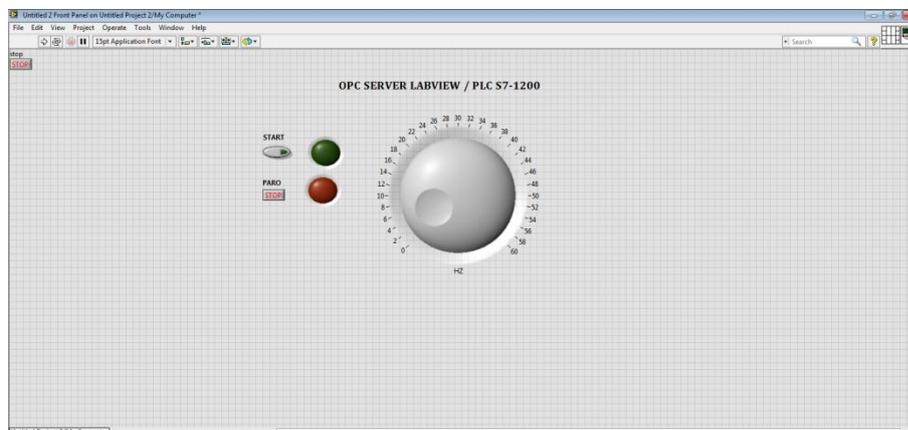


Figura 99.- Interfaz de variación de velocidad en LABVIEW. Interfaz en la que se podrá variar la velocidad del motor de la tolva.

En el VI agregamos las variables dando un clic derecho y escogiendo: Create – Shared Variable Node – My Computer – Untitled Library.

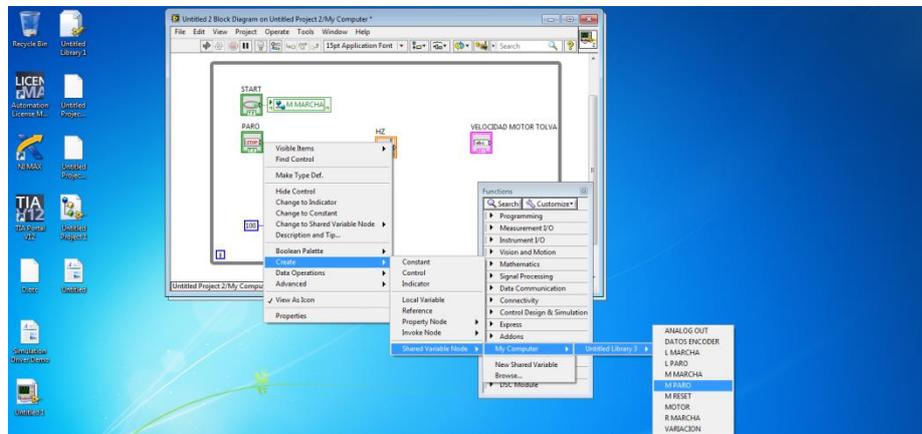


Figura 100.- Inclusión de variables en el VI de LABVIEW. Inclusión de las variables del PLC con elementos creados en la interfaz de LABVIEW.

Enlazamos las variables con los respectivos botones, entradas y salidas de datos.

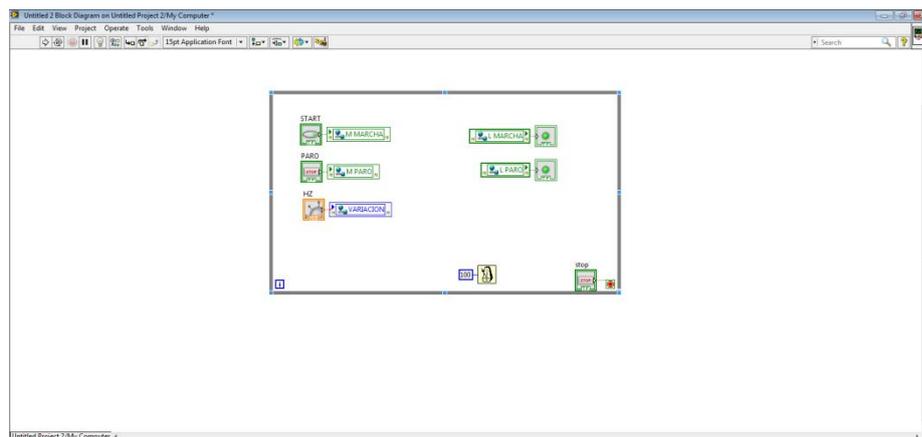


Figura 101.- Conexión de variables en el VI de LABVIEW. Conexión de las variables del PLC con elementos creados en la interfaz de LABVIEW.

Damos un Run continuo para que empiece la comunicación de las variables con el módulo. Empezamos a variar el control numérico para variar la velocidad el motor de la tolva.

4.7.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#5

“CONTEO DE CICLOS PARA DOSIFICACIÓN DE GRÁNULOS”

Objetivos:

- Realizar la programación correspondiente para el conteo de ciclos de dosificación de gránulos.
- Utilizar el bloque de conteo para los ciclos en el que trabajará la dosificación de la mini planta industrial.
- Realizar la configuración del OPC SEVER para la conexión de variables del PLC.
- Realizar una interfaz en LABVIEW para el conteo de ciclos para la dosificación de gránulos.
- Realizar un VI de control en LABVIEW para el conteo de ciclos.

Descripción:

Realizar la correcta programación del proceso a seguir de la mini planta industrial mediante un proyecto en el software LABVIEW para el ingreso de ciclos en el que la mini planta industrial dosificará gránulos.

Procedimiento:

Abrimos el software TIA PORTAL en el cual agregaremos un bloque de interrupción cíclica para ubicar nuestro contador rápido.

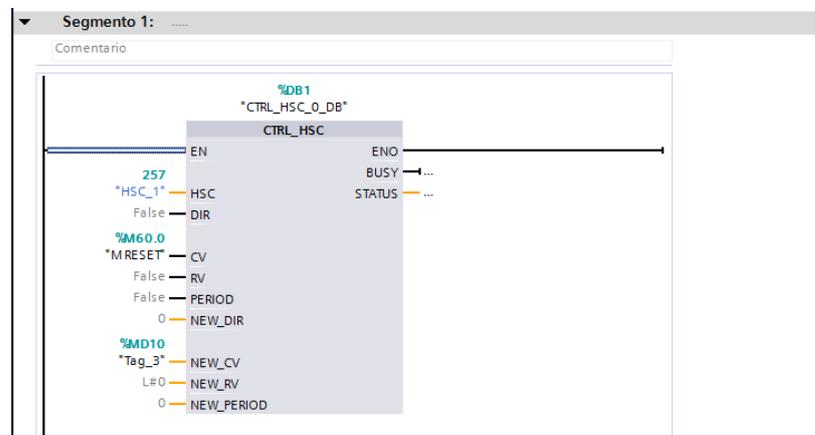


Figura 102.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#5. Bloque de contador rápido en la interrupción cíclica.

Ahora se agrega un bloque de función en el cual realizaremos la linealización correspondiente a los datos del encoder.

En el segmento 1 agregamos un bloque MOVE para enviar un valor de cero a una marca que nos servirá para poner en cero el contador.

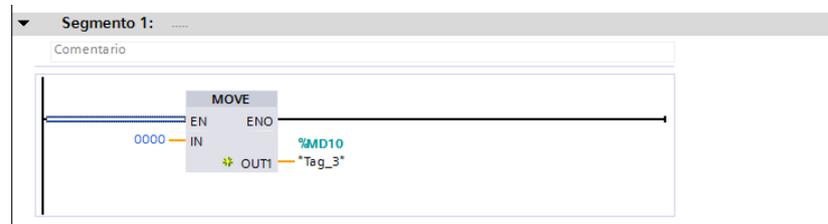


Figura 103.- Segmento 1-Bloque de Función-Práctica#5. Programación de bloque Move.

En el segmento 2 y segmento 3 se realizan la linealización de los datos que nos proporciona el encoder.

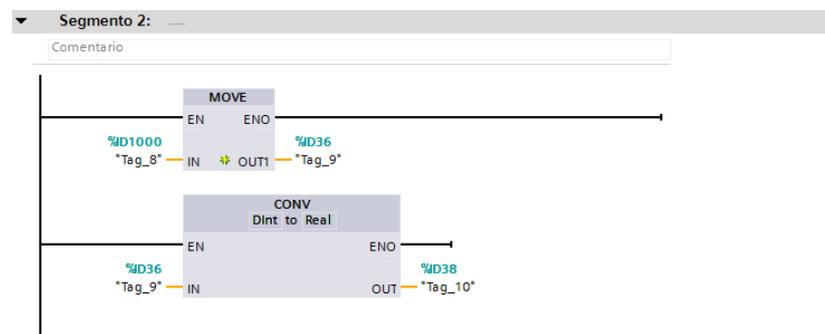


Figura 104.- Segmento 2-Bloque de Función-Práctica#5. Programación de linealización.



Figura 105.- Segmento 3-Bloque de Función-Práctica#5. Programación de linealización.

Una vez realizado esto, se procede a programar el MAIN. En el segmento 1 se agregan contactos como Marcha y Paro para el arranque del programa.

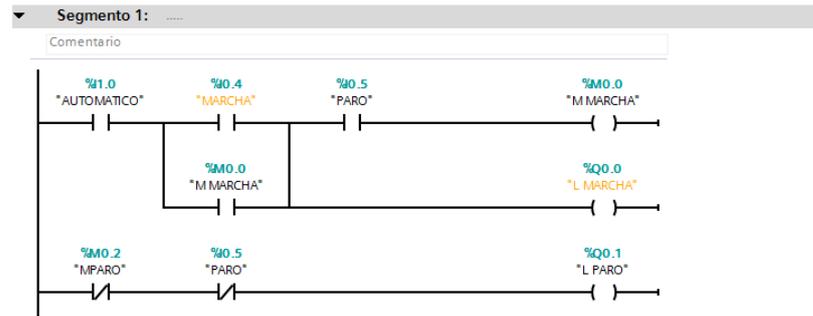


Figura 106.- Segmento 1-Main-Práctica#5. Programación de contactos y bobinas para el arranque del módulo.

En el segmento 2 procedemos a activar la bobina Q0.5 que corresponde al motor de la banda

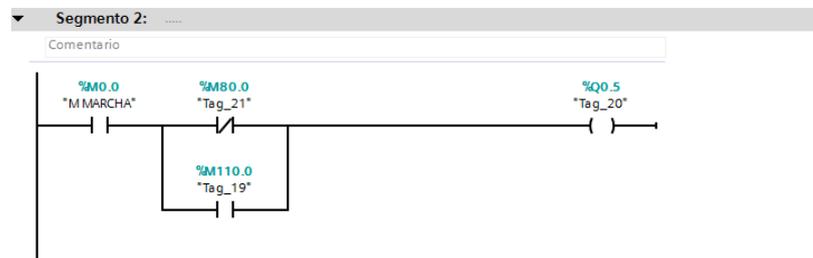


Figura 107.- Segmento 2-Main-Práctica#5. Activación de la bobina Q0.5 del motor de la banda transportadora.

En el segmento 3 agregamos un contacto abierto enlazado al sensor capacitivo para activar un temporizador y un contador que llevara la cuenta de cuantos ciclos se han cumplido de la dosificación.

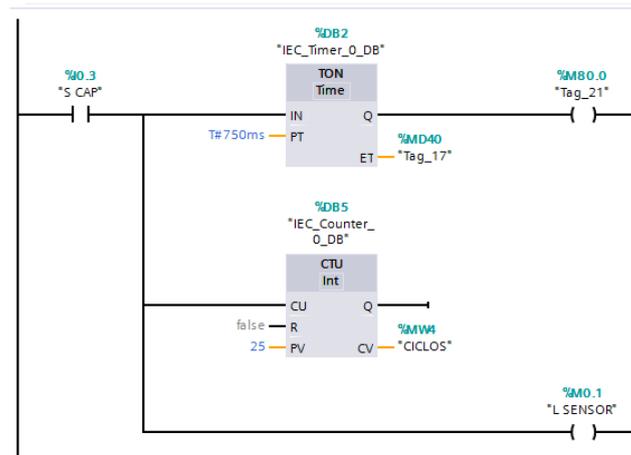


Figura 108.- Segmento 3-Main-Práctica#5. Activación de un temporizador y un contador mediante el contacto del sensor capacitivo.

En el segmento 4 condicionamos la bobina Q0.6 del motor de la tolva

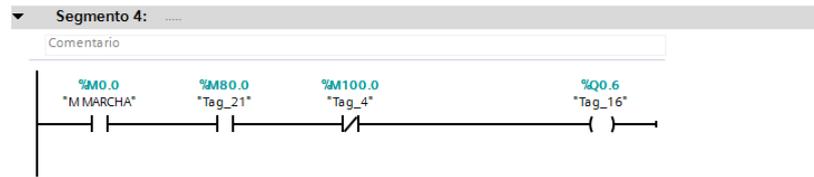


Figura 109.- Segmento 4-Main-Práctica#5. Condicionamiento de la bobina Q0.6 mediante contactos abiertos y cerrados.

En el segmento 5 agregamos un contador que dará un tiempo para la dosificación de granúlos con ayuda de un comparador para desactivar la bobina del motor de la tolva.

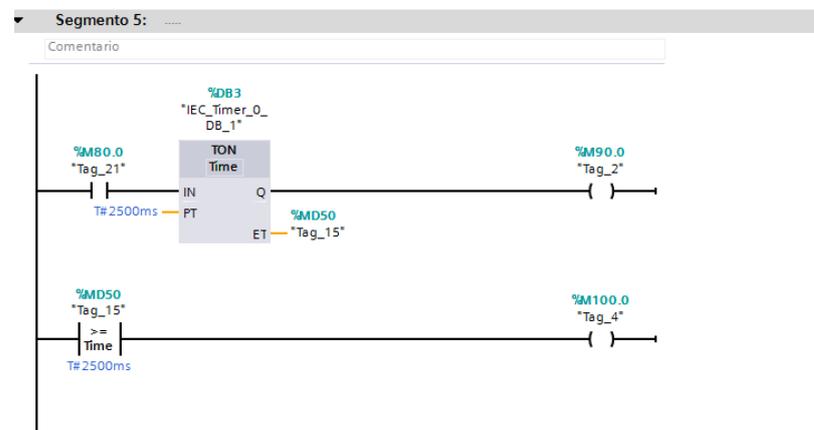


Figura 110.- Segmento 5-Main-Práctica#5. Comparación del tiempo para la dosificación de granúlos.

En el segmento 6 se agrega un contador para volver a activar la bobina del motor de la banda transportadora para que mueva el recipiente con producto de la salida de dosificación.

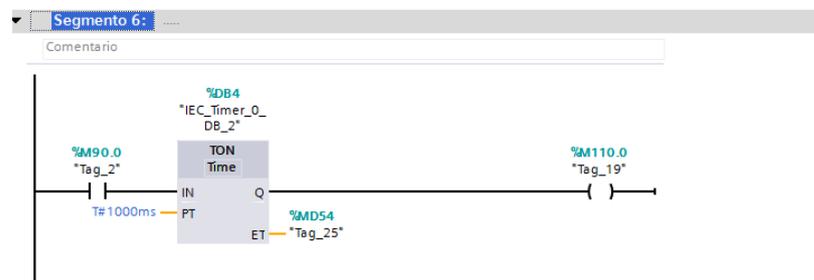


Figura 111.- Segmento 6-Main-Práctica#5. Temporizador para la activación de la bobina correspondiente al motor de la banda transportadora.

Luego de esto creamos las variables en el OPC y las agregamos en un proyecto vacío en LABVIEW.

Ahora creamos la interfaz, enlazamos las variables en el VI del proyecto y damos un Run continuo para la comunicación con el módulo.

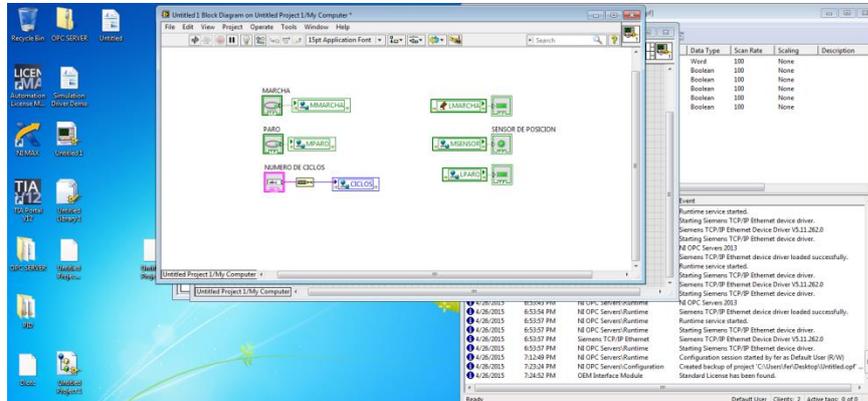


Figura 112.- Variables en el VI de LABVIEW. Se enlazan las variables en el VI con sus respectivos elementos para la práctica de conteo de ciclos del proceso de la mini planta industrial.

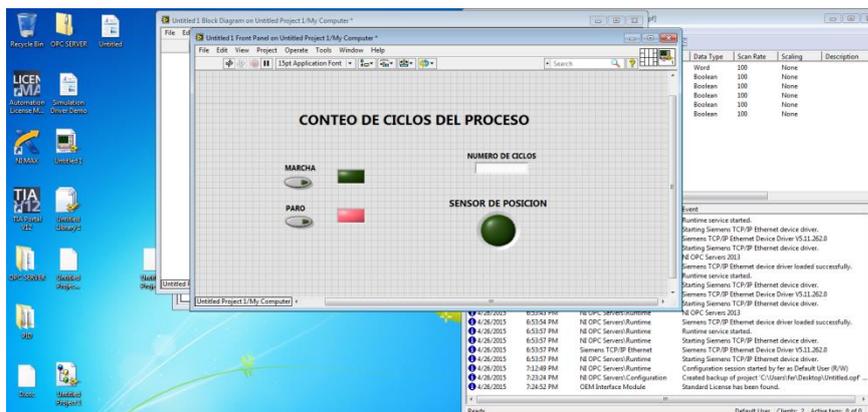


Figura 113.- Interfaz de la práctica en LABVIEW. Interfaz de la práctica de conteo de ciclos del proceso de la mini planta industrial.

4.8.- Pruebas de funcionamiento. Práctica#6

“CONTROL PID DE MINI PLANTA INDUSTRIAL”

Objetivos:

- Realizar la programación correspondiente para el control PID de la dosificación de la mini planta industrial.
- Utilizar el bloque de PID para la optimización del proceso.
- Realizar la configuración del OPC SEVER para la conexión de variables del PLC.
- Realizar una interfaz en LABVIEW para la visualización de la gráfica PID.
- Realizar un VI de control en LABVIEW para el control PID.

Descripción:

Realizar la correcta programación para la optimización del proceso de la mini planta industrial mediante el bloque PID de Siemens, además de una interfaz en el software LABVIEW que ayudará para la visualización de la gráfica PID.

Procedimiento:

Creamos un nuevo proyecto en el TIA PORTAL, en el realizamos la programación de un bloque de interrupción cíclica.

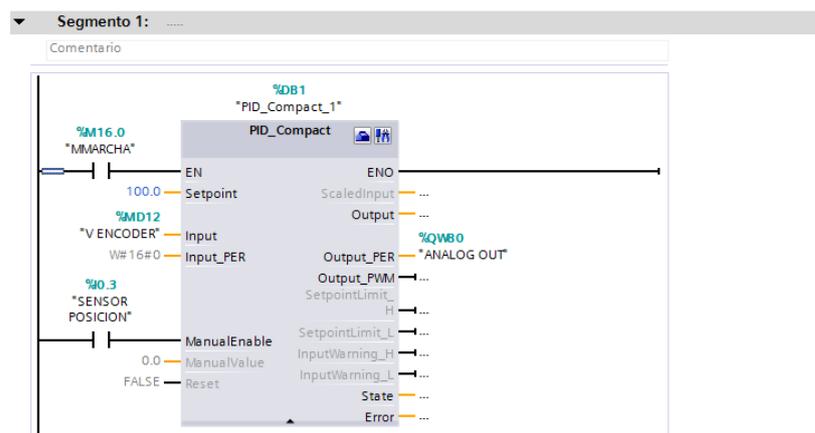


Figura 114.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#6. Bloque PID.

En el segmento 1 agregamos un bloque de contador rápido para la lectura del encoder incremental.

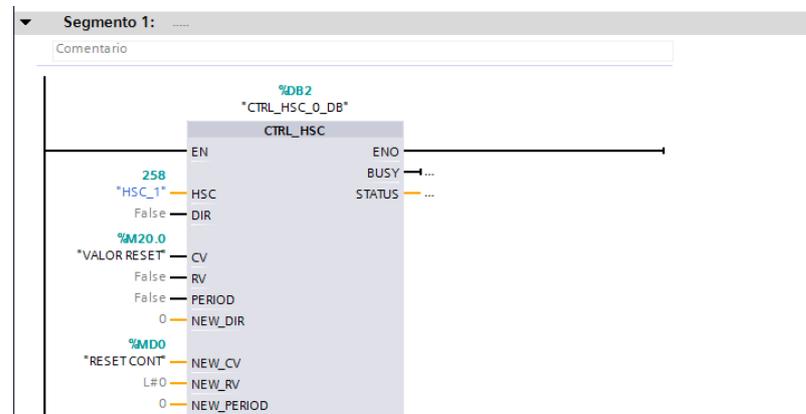


Figura 115.- Segmento 1-Bloque interrupción cíclica-Práctica#6. Bloque de contador rápido en la interrupción cíclica.

Agregamos un bloque de función para realizar la linealización de los impulsos digitales del encoder. En el segmento 1 agregamos un bloque MOVE para enviar un valor de cero al momento de realizar un reset del contador.



Figura 116.- Segmento 1-Bloque de Función-Práctica#6. Programación de bloque Move.

En el segmento 2 obtenemos los datos del contador rápido convertimos a un dato real.

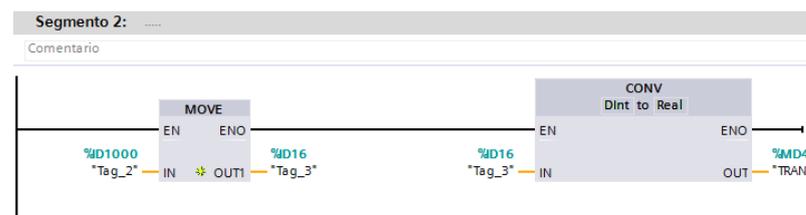


Figura 117.- Segmento 2-Bloque de Función-Práctica#6. Programación de linealización.

En el segmento 3 realizamos la linealización de datos del encoder.

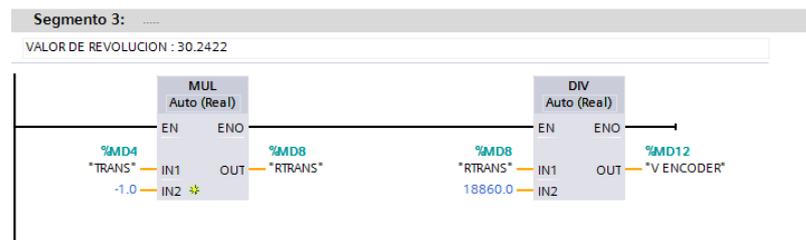


Figura 118.- Segmento 3-Bloque de Función-Práctica#6. Programación de linealización.

Volvemos al main y en el segmento 2 llamamos al bloque de función.



Figura 119.- Segmento 2-Main-Práctica#6. Bloque para llamar a la programación del bloque de función.

En el segmento 3 colocamos un contacto abierto que será el MARCHA de nuestro proceso el cual activará una bobina para un autoenclavamiento.

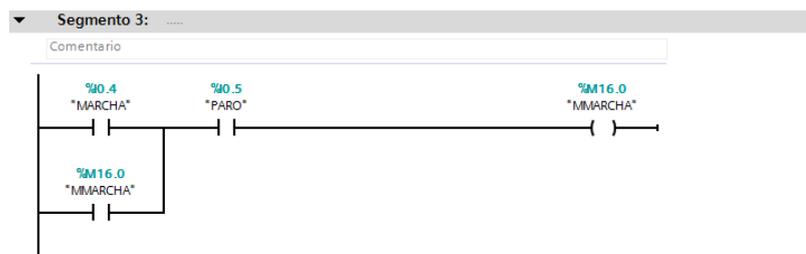


Figura 120.- Segmento 3-Main-Práctica#6. Programación de los contactos para la marcha del proceso.

En el segmento 4 agregamos bloques MOVE para dar valores de cero a variables de las marcas para resetear, además de agregar un valor de 1 para habilitar de nuevo el servicio del bloque PID. Todos estos bloques MOVE están controlados por un contacto abierto que será el botón Reset del módulo de mini planta industrial.

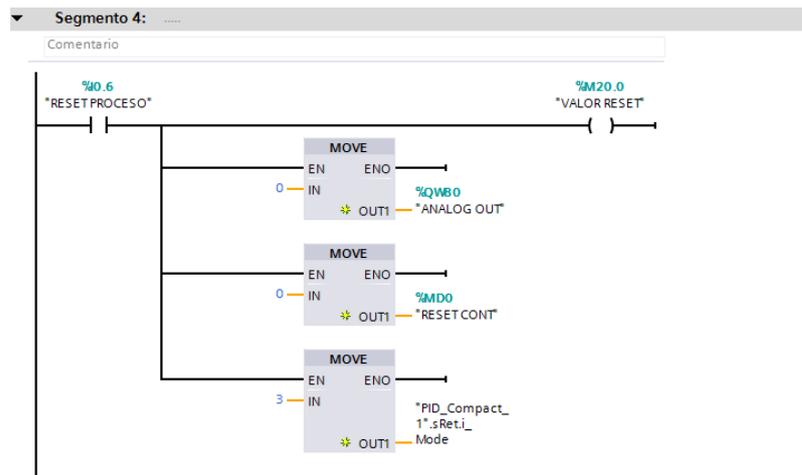


Figura 121.- Segmento 4-Main-Práctica#6. Programación de bloques MOVE.

En el segmento 5 agregamos la marca M16.0 de Marcha creada en el segmento 3 para encender la bobina correspondiente al motor de la banda transportadora. Condicionamos esta bobina con un contacto cerrado para cuando el sensor capacitivo instalado de forma perpendicular a la banda sense un recipiente, éste desactive el encendido del motor de la banda y el recipiente quede bajo la abertura para la dosificación.

Además se colocará un contacto abierto que estará condicionado a una comparación de número de vueltas.

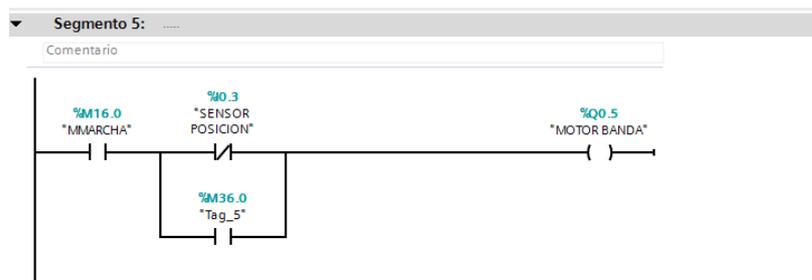


Figura 122.- Segmento 5-Main-Práctica#6. Condicionamiento del motor de la banda mediante el sensor capacitivo.

En el segmento 6 se agrega un contacto abierto enlazado al sensor capacitivo que sensea el recipiente para poder activar el motor de la tolva encargado de dosificar el producto en el recipiente.



Figura 123.- Segmento 6-Main-Práctica#6. Activación del motor de la tolva por medio del sensor capacitivo.

En el segmento 7 se realiza una comparación de valores como el número de vueltas y realizar la activación del motor de la banda transportadora para seguir con el proceso.



Figura 124.- Segmento 7-Main-Práctica#6. Comparación del setpoint y el valor de linealización del encoder.

Ahora procedemos a ver la tabla de variables para enlazarlas mediante el OPC SERVER a un VI de LABVIEW y poder visualizarlas en una interfaz.

Name	Data type	Address	Retain	Visibl.	Acces.	Comment
1	RESET COUNT	DWord	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	Tag_2	DWord	%D1000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	Tag_3	DWord	%D16	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	Tag_4	DWord	%D20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	TRMS	Real	%M4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	IRMS	Real	%M8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	V ENCODER	Real	%MD12	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	ANALOG OUT	Word	%Q160	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	BANCHA	Bool	%Q4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	BANCHA	Bool	%M16.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	MOTOR TOLVA	Bool	%Q6.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	PARO	Bool	%Q5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	RESET PROCESO	Bool	%Q6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	VALOR RESET	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	SENSOR POSICION	Bool	%Q3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	Tag_10	Real	%M20	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	Tag_11	Bool	%Q.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	MOTOR BANDA	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	SETPOINT	Real	%M24	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	ACTVA PID	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	Tag_1	Bool	%M8.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	BANCHA VIRTUAL	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	PARO VIRTUAL	Bool	%M6.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	<M01 reset>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 125.- Tabla de variables de PLC. Variables del PLC que se crearon en ésta práctica.

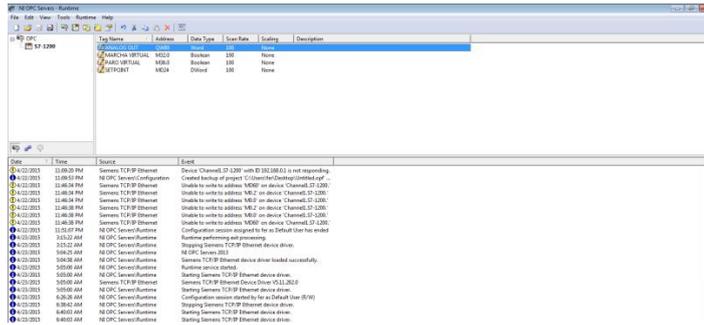


Figura 126.- Variables creadas en el OPC SERVER. Variables que se crearon en el OPC SERVER para enlazarlo a una interfaz en LABVIEW.

Una vez creadas las variables en el OPC SERVER, creamos una interfaz en LABVIEW y a su vez el VI de control de las variables.

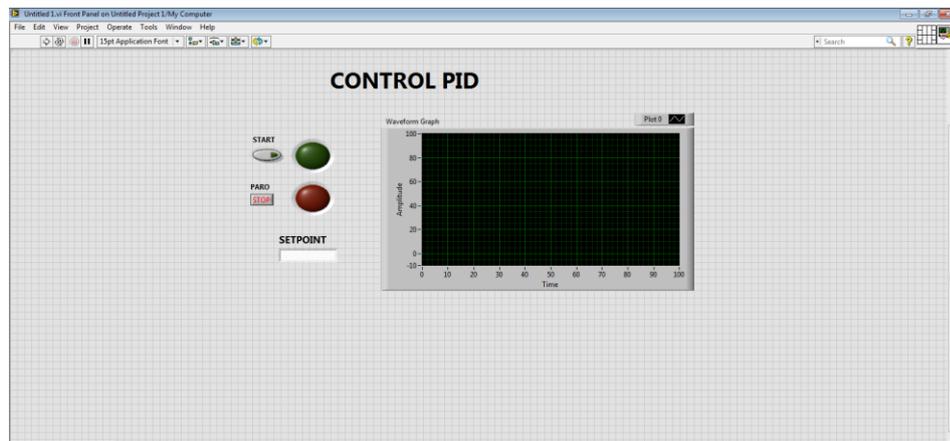


Figura 127.- Interfaz de control PID en LABVIEW. Interfaz para visualizar la gráfica PID.

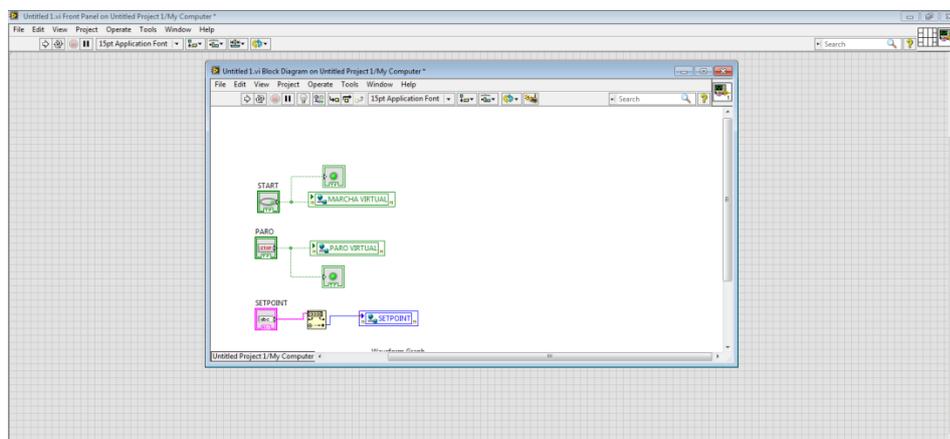


Figura 128.- Variables enlazadas en VI de LABVIEW. Variables enlazadas con los elementos de la interfaz en LABVIEW.

Ahora se realiza la optimización fina para obtener los valores PID que nos ayudará que el proceso tenga un nivel óptimo de funcionamiento.

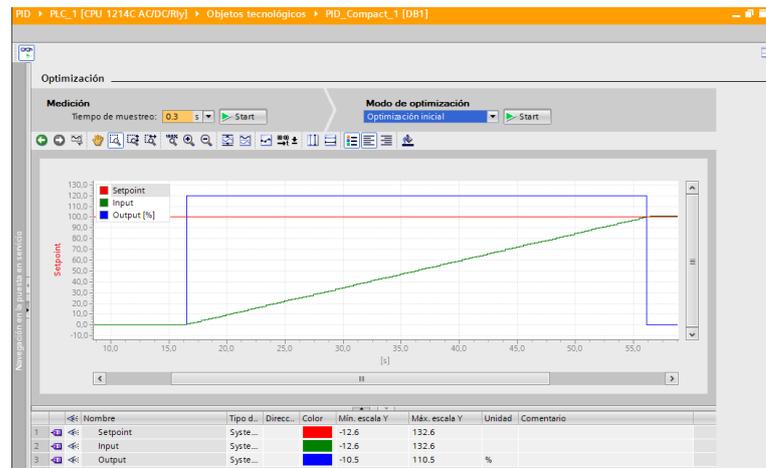


Figura 129.- Gráfica PID de optimización inicial. Gráfica que muestra la optimización del sistema.

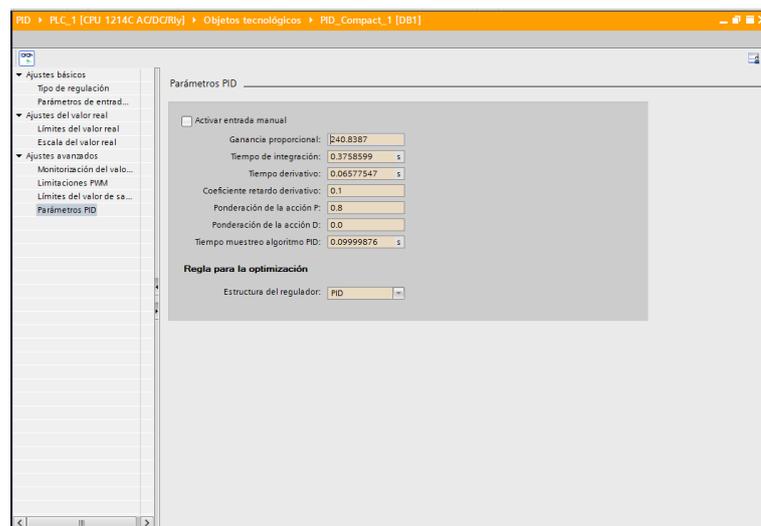


Figura 130.- Resultados de los parámetros luego de la optimización inicial. Valores de los parámetros PID para la optimización del proceso.

Con estos valores seteados realizamos el óptimo funcionamiento del proceso para la dosificación de gránulos mediante el número de vueltas.

4.9.- Análisis de resultados

Una vez comprobada las prácticas en la mini planta industrial, se determina el correcto funcionamiento de los sensores, actuadores y de la comunicación con el módulo del PLC.

Para un análisis del resultado de dosificación mediante un número de vueltas determinado, se toman 25 muestras de una revolución la cual equivale a 2925 impulsos digitales del encoder incremental. En la tabla 11 se muestran los valores obtenidos de la prueba, cabe recalcar que el gránulo utilizado para la prueba es el fréjol canario ya que posee un volumen más uniforme a diferencia de otros gránulos.

Tabla 11. Valores obtenidos en gramos y onzas de prueba de dosificación.

N°	REVOLUCIONES	PESO OBTENIDO	
		GR	OZ
1	1	64	2,3
2	1	62	2,2
3	1	73	2,6
4	1	66	2,3
5	1	66	2,3
6	1	70	2,5
7	1	63	2,2
8	1	69	2,4
9	1	63	2,2
10	1	69	2,4
11	1	64	2,3
12	1	66	2,3
13	1	65	2,3
14	1	66	2,3
15	1	67	2,3
16	1	68	2,4
17	1	64	2,2
18	1	69	2,4
19	1	66	2,3
20	1	62	2,2
21	1	64	2,3
22	1	65	2,3
23	1	66	2,3
24	1	66	2,3
25	1	66	2,4

Nota: Valores de peso en gramos y onzas obtenidos por un número de vuelta.



Figura 131.- Peso en gramos de muestra número 14. Toma de medida en gramos de una de las 25 muestras de la prueba del número de vueltas.



Figura 132.- Peso en gramos de muestra número 16. Toma de medida en gramos de una de las 25 muestras de la prueba del número de vueltas.

Con estos valores obtenidos aplicamos un promedio al peso en gramos para obtener un valor de referencia con el que se concluye que para un número de vuelta tenemos un promedio de 65.96 gramos que equivale a 2925 impulsos digitales del encoder incremental.

A partir de este valor de referencia en gramos podemos calcular el porcentaje de error de cada uno de los valores obtenidos para así tener un solo valor de error promedio en la prueba de dosificación usando la técnica de número de vueltas.

Tabla 12. Porcentajes de error promedio para prueba de dosificación.

N°	REVOLUCIONES	PESO OBTENIDO		% ERROR
		GR	OZ	
1	1	64	2,3	2,97
2	1	62	2,2	6,00
3	1	73	2,6	10,67
4	1	66	2,3	0,06
5	1	66	2,3	0,06
6	1	70	2,5	6,12
7	1	63	2,2	4,49
8	1	69	2,4	4,61
9	1	63	2,2	4,49
10	1	69	2,4	4,61
11	1	64	2,3	2,97
12	1	66	2,3	0,06
13	1	65	2,3	1,46
14	1	66	2,3	0,06
15	1	67	2,3	1,58
16	1	68	2,4	3,09
17	1	64	2,2	2,97
18	1	69	2,4	4,61
19	1	66	2,3	0,06
20	1	62	2,2	6,00
21	1	64	2,3	2,97
22	1	65	2,3	1,46
23	1	66	2,3	0,06
24	1	66	2,3	0,06
25	1	66	2,4	0,06
% ERROR PROMEDIO				2,86

Nota: Valores de porcentaje de error y porcentaje de error promedio para la prueba de dosificación utilizando la técnica de número de vueltas.

En la tabla 12 observamos el resultado del error promedio del 2.86% para la dosificación mediante la técnica del número de vueltas en la mini planta industrial para gránulos. Lo que equivale a un aproximado de 4 gránulos de frejol canario en ésta prueba.

CONCLUSIONES

El diseño de los módulos fue pensado para la comodidad del usuario por su portabilidad y su fácil programación, detallando todas las entradas y salidas que se utilizan en cada uno de los elementos que conforman la mini planta industrial.

Se determinó el mejor diseño estructural de la mini planta industrial para realizar el proceso de dosificación esperado, junto con la optimización del sistema gracias a la técnica de número de vueltas ayudó a disminuir el porcentaje de error en la dosificación.

Se implementó un sistema de control para la utilización de las señales de los sensores capacitivos en el proceso de dosificación que ayuda a que el producto y la línea de producción se mantengan constantes.

Con las seis prácticas realizadas en el módulo de mini planta industrial para gránulos se comprueba el correcto funcionamiento de los sensores y actuadores que intervienen en el proceso de dosificación del producto. Gracias a estas prácticas se colabora de manera efectiva con el aprendizaje de las bases teóricas en cuanto a programación del proceso industrial e incentivando a la investigación de nuevas herramientas que ayuden a solucionar necesidades en el proceso de la mini planta industrial.

RECOMENDACIONES

Verificar la versión tanto del PLC como del software TIA PORTAL para que las pruebas realizadas en este proyecto sean óptimas.

Tomar las precauciones del caso al momento de empezar la manipulación y puesta en marcha del módulo de entrenamiento de la mini planta industrial tanto en la parte eléctrica como en la parte de programación respetando las entradas y salidas establecidas de los sensores y actuadores.

Al momento de realizar la puesta en marcha de la mini planta industrial, no debemos entrar en contacto con los disipadores de los variadores de frecuencia ya que éstos disipan una considerable temperatura que podría causar quemaduras al usuario.

CRONOGRAMA

NOMBRE DE TAREA	INICIO	FIN	DURACIÓN	oct-14	nov-14	dic-14	ene-14	feb-15	mar-15
INVESTIGACIÓN	01-oct	30-oct	30 DÍAS	■					
DISEÑO MECÁNICO	01-nov	05-nov	5 DÍAS		■				
EVALUACIÓN Y/O CORRECIÓN DE ERRORES DE DISEÑO	06-nov	15-nov	11 DÍAS		■				
SELECCIÓN DE COMPONENTES COMERCIALMENTE	15-nov	15-dic	30 DÍAS		■	■			
DISEÑO DE PROCESOS DE MANUFACTURA NO COMERCIALES	15-dic	30-dic	15 DÍAS			■			
ADQUISIÓN Y FABRICACIÓN DE COMPONENTES	01-ene	10-ene	10 DÍAS				■		
EMSAMBLAJE Y PUESTA A PUNTO	10-ene	20-ene	10 DÍAS				■		
DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL	20-ene	30-ene	10 DÍAS				■		
SELECCIÓN Y AQUISICIÓN DE DISPOSITIVOS	01-feb	05-feb	5 DÍAS					■	
CONEXIONES ELÉCTRICAS	05-feb	15-feb	10 DÍAS					■	
PROGRAMACIÓN	15-feb	30-feb	15 DÍAS					■	
EVALUACIÓN Y/O CORRECIÓN DE ERRORES DE DISEÑO	01-mar	10-mar	10 DÍAS						■
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	10-mar	15-mar	5 DÍAS						■
DOCUMENTACIÓN TÉCNICA	15-mar	20-mar	5 DÍAS						■
EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	20-mar	25-mar	5 DÍAS						■
REALIZACIÓN Y ENTREGA DE TESIS	25-mar	30-mar	5 DÍAS						■

PRESUPUESTO

DESCRIPCIÓN	CANT.	MATERIALES	V. UNITARIO	V. TOTAL	
Elementos mecánicos y de construcción	1	Estructura	\$ 300.00	\$ 300.00	
	2	Hierro	\$ 100.00	\$ 200.00	
	-	Otros	\$ 200.00	\$ 200.00	
Elementos eléctricos y electrónicos	1	PLC S7-1200	\$ 700.00	\$ 700.00	
	1	Signal Board	\$ 140.00	\$ 140.00	
	1	Fuente PLC	\$ 250.00	\$ 250.00	
	1	Breaker Siemens	\$ 8.40	\$ 8.40	
	1	Voltímetro Camsco	\$ 14.40	\$ 14.40	
	1	Tarjeta Didáctica	\$ 120.00	\$ 120.00	
	2	Sensores capacitivos	\$ 50.00	\$ 100.00	
	3	Pulsantes	\$ 5.00	\$ 15.00	
	4	Luces piloto	\$ 6.00	\$ 24.00	
	1	Pulsador Hongo	\$ 7.50	\$ 7.50	
	1	Selector 2 pos.	\$ 4.28	\$ 4.28	
	2	Motores trifásicos	\$ 250.00	\$ 500.00	
	1	Breaker 1 Polo	\$ 9.60	\$ 9.60	
	2	Breaker 2 Polos	\$ 15.60	\$ 31.20	
	1	Contactador 18 Amp	\$ 36.20	\$ 36.20	
	2	Guardamotores Siemens	\$ 40.77	\$ 81.54	
	2	Variador Sinamics	\$ 158.20	\$ 316.40	
	1	Transformador 120-220	\$ 90.00	\$ 90.00	
	2	Conector Pasa/Cable	\$ 0.65	\$ 1.30	
	1	Panel progr. SINAMICS	\$ 40.00	\$ 40.00	
	Cables de Conexión y Utensilios	1	Cable Paralelo	\$ 10.00	\$ 10.00
		2	Cables de red	\$ 2.04	\$ 4.08
		5	Metro cable polarizado	\$ 0.25	\$ 1.25
20		Metro cable multifilar # 14	\$ 0.38	\$ 7.60	
20		Metro cable multifilar # 18	\$ 0.35	\$ 7.00	
1		Funda Marquilla	\$ 5.35	\$ 5.35	
1		Funda Conectores en U	\$ 5.35	\$ 5.35	
1		Funda terminales punta 14-16	\$ 2.20	\$ 2.20	
1		Funda terminales punta 12-14	\$ 3.20	\$ 3.20	
1		Funda adhesivos	\$ 6.30	\$ 6.30	
1		Funda amarras	\$ 4.70	\$ 4.70	
5		Metro Termoencogible	\$ 1.10	\$ 5.50	
Gastos varios		-	Gastos varios	\$ 200.00	\$ 200.00
			Total	\$ 3447.95	

REFERENCIAS

- Arguelles, R., & Juliana, J. (2010). *Sensores y Actuadores*. Obtenido de <http://isa.uniovi.es/docencia/autom3m/Temas/Tema7.pdf>
- Capacitación y Desarrollo. (2004). *Curso de Procesos Industriales*. Obtenido de <http://www.cydcapacitacion.cl/cd/index.php/advanced-stuff/procesosindus>
- Corrales, L. (2007). *Sistemas SCADA*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- Definicion.de. (2009). *Definición de método*. Obtenido de <http://definicion.de/metodo/>
- FESTO. (2008). *Fundamentos de la técnica de automatización*. Obtenido de http://lehrerfortbildung-bw.de/faecher/nwt/fb/atechnik/grundlagen/es/kapitel/563062_Fundamentos_de_la_tecnica_de_automatizacion.pdf
- Gutierrez, O. (2010). *Clasificación de Procesos Industriales*. Obtenido de http://www.academia.edu/8569594/CLASIFICACION_DE_PROCESOS_INDUSTRIALES_1
- Henrique, I. (2011). *La importancia de la automatización en los procesos industriales*. Obtenido de <http://www.finamac.com.br/es/noticias/2011/12/105/la-importancia-de-la-automatizacion-en-los-procesos-industriales>.
- Lopez, B. (2012). *Procesos Industriales*. Obtenido de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/>

Maser. (2010). *PLC*. Obtenido de http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm

Saco, R. (2008). *Introducción a HMI*. Obtenido de <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

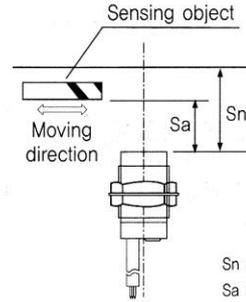
Sanchez, J. (2009). *Diseño y construcción de un controlador PID analógico*. Obtenido de http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_arquivos/8/TDE-2012-09-11T22:57:57Z-1592/Publico/sanchezjdsdely_parte1.pdf Sanchez,

Universidad de León. (2008). *Control de Variadores*. Obtenido de <http://lra.unileon.es/es/book/export/html/315>

Young, K., Yuhl, K., Wone, H., & Moon, B. (2013). *Initial Rotor Position Detecting Algorithm of Pm Synchronous Motor using Incremental Encoder*. Chungju.

Connection diagram

Type	Connection method	Output state		
D.C open	NPN	Sensing object	NO	NC
		LOAD [Brown - Black]	Run Return	ON OFF
	PNP	Sensing object	NO	NC
		LOAD [Brown - Black]	Run Return	ON OFF
D.C and A.C open/close	NPN	Sensing object	NO	NC
		LOAD	Run Return	ON OFF
	PNP	Sensing object	NO	NC
		LOAD	Run Return	ON OFF



- Turn the sensitivity adjusting volume (V/R) to the left side (1~2rotation) to set the distance when abnormal return occurs.
- If abnormal return still occurs even with 2 rotations, please check for the distance between sensor and surrounding objects.

Sn : Sensing distance
Sa : Setting distance (80 % of Sn)

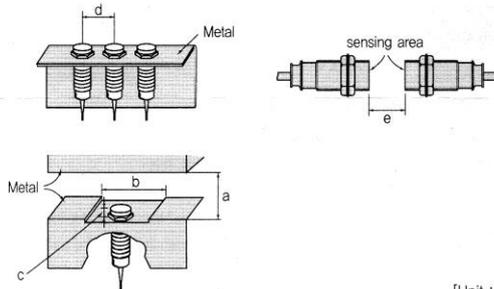
- Setting distance (Sa) calculation :
Setting distance (Sa) = Sensing distance (Sn) × 80 %
Example) Setting distance (Sa) = 10 mm × 0.8 = 8 mm

※ How to set the proximity distance

- "15 rotational" sensitivity adjusting V/R (volume) is installed on the back side of capacitive proximity sensor.
- Install the proximity sensor and check for the most suitable proximity state by turning the sensitivity adjusting V/R (volume) to left and right.
- Turning to right side will make sensing distance as maximum and turning to left will make it minimum. Also, continuously turning to one side will not break the V/R (volume).

Mutual interference and effects of surrounding metals

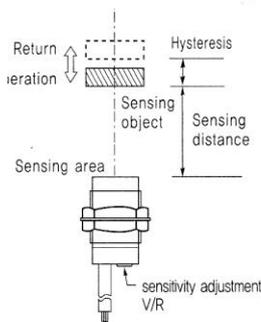
- When attaching more than 1 proximity sensors in parallel direction or facing each other, it can cause the malfunction. When there are metals around the proximity sensor, it can cause malfunctions such as abnormal return due to the existence of metals around the proximity sensor. In order to avoid the malfunction which caused by surrounding metals, please install it with sufficient gap from each other. (Wider than the values written in below chart)



[Unit : mm]

Model	a	b	c	d	e
CUP-18	24	54	20	54	48
CUP-30	45	90	10	90	90

How to set the distance

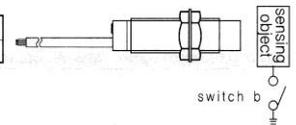


- The operation distance of proximity sensor is referring to the distance between the sensing surface and sensing object when proximity sensor is being operated.
- When setting the distance, please measure the maximum sensing distance of sensing object in vertical direction and make the installation within 80% of distance.
- Setting distance of each proximity sensor is based on the standard sensing object (iron 50 mm x 50 mm x 1 mm grounded (earthed)) so the sensing

Regarding the ground (earth)

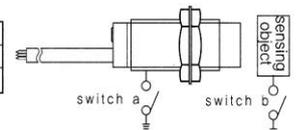
• CUP-18R Series

Ground condition	switch b	ON	OFF
Operation distance(mm)		8	4



• CUP-30R Series

Ground condition	switch a	ON	OFF	switch b	ON	OFF
Operation distance(mm)		15	18		6	6



- ※ Sensing distance varies depending on the model type of capacitive proximity sensor and ground state of sensing object so please be cautious

Regarding the dielectric coefficient

• Non-permittivity

It is referring to the ratio of permittivity of object (ϵ) and permittivity of whole (ϵ_0) and the larger the value of non-permittivity (ϵ_s), longer the sensing distance become.

$$\epsilon_s = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$$

Also, every material has its own distinct non-permittivity value and liquid substances have larger non-permittivity value than solid substances. Followings are the example of non-permittivity values for typical substances

Air	1	Styrofoam	1.2
Paper	2.3	Back light	3.6
Tree	6-8	Glass	5
Alcohol	25.8	Water	80

ANEXO B: Encoder incremental

MUJICE140000

Rotary encoder

HE40B/50B

INSTRUCTION MANUAL

Thank you for purchasing HANYOUNG product.
Please check whether the product is the exactly same as you ordered.
Before using the product, please read this instruction manual carefully.
Please keep this manual where you can view at any time

HEAD OFFICE

HANYOUNGNUX CO.,LTD

28, Gilpa-ro 7ibeon-gil, Nam-gu, Incheon, Korea
TEL: (82-32)876-4697 FAX: (82-32)876-4696
http://www.hynux.com

INDONESIA FACTORY

PT. HANYOUNG ELECTRONIC INDONESIA
JL. CEMPAKA BLOK F 16 NO.02 DELTA SILICON II INDUSTRIAL PARK
LIPPO CIKARANG CICALI, CIKARANG PUSAT, BEKASI INDONESIA 17550
TEL : 62-21-8911-8120~4 FAX : 62-21-8911-8126

HANYOUNG NUX



Safety information

DANGER	DANGER indicates an imminently hazardous situation which, if not avoided, will result in death or serious injury
WARNING	WARNING indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, could result in death or serious injury
CAUTION	CAUTION indicates a potentially hazardous situation which, if not avoided, may result in minor or moderate injury

Warning

- Since this product is not designed as a safely used device the user must install double safety equipment when this product is used for equipment with possible fatal accident or large property damage.

Caution

- Please check for correct model type and specification.
- Please check for any damage or abnormality that may occurred during shipment.
- Rotary encoder is composed of very precision parts so impacting strong shock to the product may damage the function therefore, please handle with care.
- The shield wire of rotary encoder is not connected to the CASE
- If the device is touched or contacted by water then short-circuit and fire may occur so please inspect the device with care
- We recommend the continuous inspection and repair in order to use it safely for a long period of time.
- Not following this instruction manual may result in personal injury and property damage.

About Installation

- When installing, do not apply strong force or twist the rotational axis of encoder.
- The life expectancy of rotary encoder varies depending on the using condition or environment so please be cautious
- Do not disassemble, manufacture, upgrade and repair the product by yourself.
- Please turn OFF the product and disassemble the product. Not doing so will break down the product and cause malfunction to occur.
- Rotary encoder is composed of very precision parts so impacting strong shock to the product may damage the function therefore, please handle with care.
- When installing the rotational axis of rotary to the device, please use the Coupling and when installing the Coupling to axis, do not apply strong force.
- When mounting the product, as the eccentricity and angle deviation become larger, the force applied to the shaft will become large too and result may damage the product or shorten the life expectancy.

About Environment.

- Please avoid using this product at following environment. Doing so may break down the product or cause malfunction to occur.
- Place where the internal parts or structure become damaged by the strong vibration and shock
- Place near to the machine which generates the strong electromagnetism or electrical noise
- Place that does not fall into the given specification especially for ambient temperature and humidity.

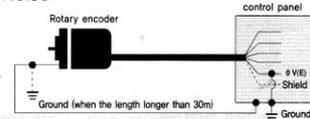
About wiring

- Please separate the input signal wire and output signal wire from each other but when separating them from each other is impossible, please use the shield wire for input wire.
- When there are too much noises generating from the power, we recommend using the insulation Trans and noise filter.
- Please check the polarity of terminal before wiring.
- Please make the wiring length as short as possible
- Wiring the rotary encoder wire and power wire to each other may cause malfunction to occur so please be cautious.
- False wiring of rotary encoder may break down the internal circuit so please be cautious
- If type for applying power is SMPS, surge may occur so please connect noise filter (surge observer) to the power terminal and doing so will solve the problem that corresponds to the surge. Also, in order to minimize the effect causing by noise and etc, please make the wiring as short as possible.
- When extending or drawing out the cable, please use the Twist Pair wire. Shield wire must be connected to the F,G terminal!

About the vibration

- If strong vibration or shock is carried out through the rotary encoder, incorrect pulse may be generated and this may end up as malfunction of system so please be cautious about the installation place, mounting place and etc.
- As there are much of pulse generation per 1 rotation, the slit gap of rotational slit gets narrower so it may be influenced by vibration easily and the vibration applied during spinning or when it is stopped, it will be carried through out this device so may generate the wrong pulse so please be cautious.
- When inserting the coupling to Shaft, do not apply shock by using the hammer and etc

About the Noise



Distance from the control panel	Connection method of rotary encoder
More than 30m	For the case of rotary encoder, please connect it to the controlling case with wire type 3 - 5.5 mt. For the 0 V (E) terminal, please connect it to the controlling case with the same type of wire and ground it one more time.
Less than 30m	Refer to the information on the above and ground the rotary encoder.

* Not following the information on the above when handling the product may damage the product so please follow it at all times.

Suffix code

Model	Code	Information	
HE	<input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	rotary encoder, Incremental	
Dimension	40B 6	Outer diameter : Ø 40 mm Axis : Ø 6 mm	
	8	Shaft Outer diameter : Ø 40 mm Axis : Ø 8 mm (Option)	
	50B 8	Outer diameter : Ø 50 mm Axis : Ø 8 mm	
Number of pulse	*	Refer to the pulse code chart(resolving power)	
	2	A, B phase output	
	3	A, B, Z phase output	
	3C	A, B, Z̄ phase output	
	4	A, Ā, B, B̄ phase output	
Output signal	6	A, Ā, B, B̄, Z, Z̄ phase output	
	N	12	NPN voltage output (5 - 12 V DC)
		24	NPN voltage output (12 - 24 V DC)
	O	12	NPN open collector output (5 - 12 V DC)
		24	NPN open collector output (12 - 24 V DC)
	T	12	Totem pole output (5 - 12 V DC)
		24	Totem pole output (12 - 24 V DC)
	L	5	Line Driver output (5 V DC)
		24	Line Driver output (24 V DC)

Model	Number of pulse per 1 revolution
HE40B	*1, *2, *5, *10, *12, 15, 20, 25, 30, 40, 45, 50, 60, 75, 100, 120, 125, 150, 180, 200, 240, 250, 256,
HE50B	300, 360, 400, 500, 512, 600, 800, 1000, 1024, 1200, 1500, 1800, 2000, 2048, 2500

* A and B phase only can be generated with * ,mark (Line drive output : A, Ā, B, B̄ phase)
* Pulses other than pulses in the chart are order made product

Specification

Mode	HE40B	HE40B	HE40B	HE40B
Output type	NPN Voltage output	NPN Open collector output	Totem Pole output	Line Drive output
Output signal	A, B, Z phase			A, B, Z̄ phase
Phase difference on Output	Phase difference between A, B phase : T/4 ± T/8 (Cycle of A phase = T)			
Max Response Frequency	300 kHz			
Power voltage	5 - 12 V DC / 12 - 24 V DC ± 5 %			5/12/24 V DC ± 5 %
Current Consumption	60 mA max. (No-load)			
Connection method	Cable extended type			
Control output	Load voltage : 30 V max. Load Current : 30 mA max. Residual Voltage : 0.4 V max.	For Low Load Current : 30 mA max. Remaining Voltage : 0.4 V max.	For High Load Current : 10 mA max. Remaining Voltage : 2.5 V min.	For Low Load Current : 20 mA max. Remaining Voltage : 0.4 V max. For High Load Current : 20 mA max. Remaining Voltage : 2.5 V min.
Response Time	1µs max. (Cable length 1.5 m / sink= 30 mA)	1µs max. (Cable length 1.5 m / sink=10 mA)	1µs max. (Cable length 1.5 m / sink= 30 mA)	1µs max. (Cable length 1.5 m / sink= 30 mA)

