



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

IMPLEMENTACIÓN DE UN INTERFAZ HUMANO MÁQUINA (HMI) PARA MONITOREAR EL NÚMERO DE GRADOS POR PULSOS, TORQUE, VELOCIDAD Y SENTIDO DE MOVIMIENTO DE UN MOTOR A PASOS.

IZA RIVERA DEYSI MARGOTH

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

MONOGRAFÍA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

ING. ALPÚSIG CUICHÁN, SILVIA EMPERATRIZ

22 de octubre del 2020



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “**Implementación de un interfaz humano máquina (HMI) para monitorear el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento de un motor a pasos**” fue realizado por la señorita **Iza Rivera, Deysi Margoth** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 22 de octubre del 2020

Firma:



Ing. Alpúsig Cuichàn, Silvia Emperatriz.

C.C.: 0502779697

URKUND



Document Information

Analyzed document ANTEPROYECTO IZA RIVERA revision.docx (D82110411)
Submitted 10/19/2020 5:13:00 PM
Submitted by
Submitter email dmiza1@espe.edu.ec
Similarity 10%
Analysis address sealpusig.espe@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Proyecto de Investigacion Carrillo Zurita.pdf Document Proyecto de Investigacion Carrillo Zurita.pdf (D54295652) Submitted by: epruna@espe.edu.ec Receiver: epruna.espe@analysis.urkund.com		21
W	URL: https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/sima ... Fetched: 10/19/2020 5:57:00 PM		2
W	URL: https://docplayer.es/71003720-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html Fetched: 1/6/2020 7:39:10 AM		1
W	URL: https://docplayer.es/143904860-Universidad-nacional-de-ingenieria-facultad-de-elec ... Fetched: 11/25/2019 8:04:32 PM		11
W	URL: https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-m ... Fetched: 10/19/2020 5:57:00 PM		1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS FINAL DAVID PINEDA.docx Document TESIS FINAL DAVID PINEDA.docx (D78850826) Submitted by: leguerrero6@espe.edu.ec Receiver: leguerrero6.espe@analysis.urkund.com		2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis_Naranja_L.docx Document Tesis_Naranja_L.docx (D29806447) Submitted by: biblioteca@espe.edu.ec Receiver: crcepeda.espe@analysis.urkund.com		1

Ing. Silvia Emperatriz Alpúsig Cuichán
 C.C. 0502779697
 Director de la monografía



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Iza Rivera, Deysi Margoth**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un interfaz humano máquina (HMI) para monitorear el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento de un motor a pasos**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 22 de octubre del 2020

Firma:

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal line. The signature is cursive and includes two small asterisks on either side of the main text.

Iza Rivera, Deysi Margoth

C.C.: 0503886012



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Iza Rivera, Deysi Margoth**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un interfaz humano máquina (HMI) para monitorear el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento de un motor a pasos”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 22 de octubre del 2020

Firma:

Iza Rivera, Deysi Margoth

C.C.: 0503886012

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo se lo dedico principalmente a Dios, por ser mi inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, esposo e hijo por estar siempre presentes, acompañándome con su apoyo moral y económico, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A todos los docentes y amigos que impartieron conocimientos en el transcurso de mi carrera y han hecho que la investigación se realice con éxito.

AGRADECIMIENTO

Primero agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis Padres que han sabido darme su ejemplo de trabajo y honradez y a mi esposo Edwin por su apoyo y paciencia en este proyecto de estudio.

También quiero agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, docentes y estudiantes de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica, por el conocimiento que me han compartido a lo largo de mi preparación, de manera especial a mi tutora de proyecto por la paciencia y dedicación pese a las adversidades que está pasando el mundo, de encontrar técnicas de simulación para el logro de mi meta académica.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA	1
CERTIFICACIÓN	2
URKUND.....	3
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	4
AUTORIZACIÓN	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.1. Antecedentes	19
1.2. Planteamiento del problema	20
1.3. Justificación	21
1.4. Objetivos.....	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos.....	22
1.5. Alcance.....	23
2. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Fundamentación teórica	24

2.1.1.	Control de movimiento.....	24
2.1.2.	Diseño de la etapa de control.....	25
2.2.	Controlador lógico programable (PLC).....	26
2.2.1.	PLC	26
2.2.2.	PLC SIEMENS S7-1200.....	27
2.3.	Entradas analógicas.....	29
2.3.1.	Capacidad de expansión de la CPU	29
2.3.2.	Módulos de señales analógicos y signal boards.....	30
2.3.3.	PLC S7-1500.....	31
2.4.	Motor a pasos.....	34
2.4.1.	Comportamiento propio de los motores paso a paso	35
2.4.2.	Características comunes de los motores paso a paso	37
2.5.	Tipos de motores de pasos.....	38
2.5.1.	Motores paso a paso de imán permanente.....	39
2.5.2.	Motores paso a paso unipolares	39
2.5.3.	Motores paso a paso bipolares	40
2.5.4.	Motores paso a paso de reluctancia variable.....	41
2.5.5.	Motor paso a paso con tren de pulso (PTO).....	42
2.5.6.	Motor paso a paso NEMA 17	43
2.5.7.	Motor paso a paso (42BYGHW609).....	44
2.6.	HMI	47
2.6.1.	Para qué sirve un HMI	47
2.7.	ISA 101.....	48
2.8.	Tratamiento de la señal	50
2.9.	Funciones de Tía portal V15.....	51
2.9.1.	Funcionamiento de la CPU y bloques	51
2.9.2.	Objetos tecnológicos	54
2.9.3.	Tabla de peticiones.....	54
2.10.	Instrucciones de Motion Control	55
2.11.	Simulación de una Pantalla táctil	62
2.11.1.	Panel KTP 700 Basic PN.....	63
2.11.2.	Datos técnicos panel KTP700 BASIC	63
2.12.	Solidworks y Tía portal	65
3.	DESARROLLO DEL TEMA.....	67

3.1.	Flujograma de proceso de un control de motor a pasos.....	67
3.2.	Pasos para la creación del proyecto.....	67
3.3.	Selección de la plantilla KTP 700 Basic	69
3.4.	Activación de objetos tecnológicos.....	73
3.5.	Configuración del eje del motor	74
3.6.	Activación de cinemática	83
3.7.	Desarrollo de bloques de programación.....	86
3.8.	Desarrollo del HMI	107
3.9.	Comprobación de funcionamiento.....	113
3.10.	Tabla de variables.....	115
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
4.1.	Conclusiones.....	116
4.2.	Recomendaciones	118
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
	ANEXOS	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.-	<i>Ejes máximos a controlar según el modelo del PLC</i>	28
Tabla 2.-	<i>Tablero de señales analógicas del PLC S7-1200.....</i>	30
Tabla 3.-	<i>Parámetros técnicos del motor a pasos 42BYGHW609.....</i>	45
Tabla 4.-	<i>Comparación de motores a pasos bipolares y unipolares</i>	46
Tabla 5.-	<i>Modo de toma de referencia de la instrucción MC_POWER.....</i>	57
Tabla 6.-	<i>Medios de almacenamiento y periféricos</i>	64
Tabla 7.-	<i>Convertidor, adaptador, conector</i>	64
Tabla 8.-	<i>Laminas protectora</i>	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- <i>Diagrama de control de movimiento del motor a pasos.....</i>	25
Figura 2.- <i>Diagrama de bloques para el control de movimiento de un motor a pasos .</i>	26
Figura 3.- <i>PLC S7-1200 1214C DC/DC/DC.....</i>	27
Figura 4.- <i>Módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU</i>	29
Figura 5.- <i>Módulos S7-1500 PLC de la familia SIMATIC</i>	32
Figura 6.- <i>Bastidor de un S7-1500</i>	33
Figura 7.- <i>Funcionamiento de un motor a pasos.....</i>	35
Figura 8.- <i>Diferentes tipos de cableados de las bobinas.....</i>	39
Figura 9.- <i>Motor paso a paso unipolar.....</i>	40
Figura 10.- <i>Motor paso a paso bipolar.....</i>	41
Figura 11.- <i>Motor paso a paso de reluctancia variable.....</i>	42
Figura 12.- <i>Motor paso a paso con tren de pulsos (PTO).....</i>	43
Figura 13.- <i>Motor paso a paso Nema 17 (KL17H248-15-4A).....</i>	43
Figura 14.- <i>Motor paso a paso (42BYGHW609).....</i>	44
Figura 15.- <i>Datos técnicos del motor a pasos 42BYGHW609</i>	46
Figura 16.- <i>Configuración de conexión del motor a pasos 42BYGHW609.....</i>	47
Figura 17.- <i>Diseño de pantallas HMI.....</i>	48
Figura 18.- <i>Tratamiento de señal.....</i>	50
Figura 19.- <i>Extrapolación de valores reales de la señal.....</i>	51
Figura 20.- <i>Bloque de organización e proyectos realizado en Tía portal</i>	52

Figura 21.- <i>Bloque de función en formatos de lectura en Tía portal</i>	53
Figura 22.- <i>Bloque de función para el control de diferentes motores</i>	53
Figura 23.- <i>Bloque de objetos tecnológicos</i>	54
Figura 24.- <i>Bloque de instrucciones de tecnología</i>	56
Figura 25.- <i>Bloque MC_Power”</i>	57
Figura 26.- <i>Bloque MC_RESET”</i>	58
Figura 27.- <i>Bloque MC_HOME”</i>	59
Figura 28.- <i>Bloque MC_HALT”</i>	59
Figura 29.- <i>Bloque MC_MOVEABSOLUTE”</i>	60
Figura 30.- <i>Bloque MC_MOVERELATIVE</i>	61
Figura 31.- <i>Bloque MC_MOVEVELOCITY</i>	61
Figura 32.- <i>Bloque MC_MOVEJOG</i>	62
Figura 33.- <i>Constitución del Panel KTP700 Basic utilizada en la simulación</i>	63
Figura 34.- <i>Creación del HMI con el Panel KTP700 Basic simulado y conexión de solidwork</i>	66
Figura 35.- <i>Bloques de programa basados en el control de movimiento de un motor paso a paso</i>	67
Figura 36.- <i>Creación de la ventana de proyecto de tesis</i>	68
Figura 37.- <i>Configuración del controlador a utilizar en el proyecto</i>	68
Figura 38.- <i>Configuración del panel a utilizar en el HMI</i>	69
Figura 39.- <i>Ventana de interfaz gráfica del KTP 700</i>	70
Figura 40.- <i>Ventana de configuraciones de la pantalla de simulación KTP 700</i>	72

Figura 41.- <i>Implementación de dispositivos y controladores para diseñar el HMI</i>	73
Figura 42.- <i>Ventana de selección para activar objetos tecnológicos</i>	74
Figura 43.- <i>Ventana de activación del eje virtual</i>	75
Figura 44.- <i>Ventana de acondicionamiento de forma simulada</i>	76
Figura 45.- <i>Configuraciones mecánicas del motor</i>	76
Figura 46.- <i>Configuraciones dinámicas del motor</i>	77
Figura 47.- <i>Configuraciones para de emergencias del motor</i>	77
Figura 48.- <i>Configuración de los finales de carrera</i>	78
Figura 49.- <i>Configuración del sentido de referenciado</i>	79
Figura 50.- <i>Ventana de creación de otro eje</i>	80
Figura 51.- <i>Cinemática en movimiento del motor</i>	81
Figura 52.- <i>Ventana de interconexiones y ajuste de simulación del motor</i>	82
Figura 53.- <i>Ventana de parámetros y transformación</i>	82
Figura 54.- <i>Activación de control maestro y cinemática</i>	83
Figura 55.- <i>Bloque de función</i>	84
Figura 56.- <i>Ventana de creación del bloque principal</i>	85
Figura 57.- <i>Bloque MC_POWER_INSTANCE</i>	86
Figura 58.- <i>Bloque MC_RESET_INSTANCE</i>	86
Figura 59.- <i>Bloque MC_RESET_INSTANCE</i>	87
Figura 60.- <i>Bloque de funciones principal</i>	87
Figura 61.- <i>Creación de tablas de variables</i>	88

Figura 62.- <i>Configuración de HMI</i>	89
Figura 63.- <i>Bloque MC_MOVEJOG_DB</i>	90
Figura 64.- <i>Función de modo Jog con comandos individuales</i>	91
Figura 65.- <i>Bit de estado y de error</i>	92
Figura 66.- <i>Diseño del HMI</i>	93
Figura 67.- <i>Bloque MC_HALT_DB</i>	93
Figura 68.- <i>Bloque MC_MOVE ABSOLUTE</i>	94
Figura 69.- <i>Bloque conversión</i>	95
Figura 70.- <i>Bloque MOVE</i>	95
Figura 71.- <i>Bloque MOVE para corriente</i>	96
Figura 72.- <i>Bloques de MOVE con variables corriente y voltaje</i>	97
Figura 73.- <i>Bloque MOVE con corriente nominal de trabajo</i>	98
Figura 74.- <i>Bloque de multiplicación</i>	99
Figura 75.- <i>Bloque de multiplicación para la potencia</i>	99
Figura 76.- <i>Bloque de multiplicación de la velocidad angular</i>	101
Figura 77.- <i>Bloque de multiplicación por el torque</i>	102
Figura 78.- <i>Bloques de multiplicación y división para obtener el torque</i>	103
Figura 79.- <i>Bloque de multiplicación final</i>	103
Figura 80.- <i>Segmento de direccionamiento positivo</i>	104
Figura 81.- <i>Segmento de direccionamiento negativo</i>	104
Figura 82.- <i>Bloque de rango de salida</i>	105

Figura 83.- <i>Bloque de división y multiplicación para la velocidad en porcentaje</i>	106
Figura 84.- <i>Bloque de MOVE para error de velocidad</i>	107
Figura 85.- <i>Ventana de presentación</i>	108
Figura 86.- <i>Ventana de inicio del proceso</i>	108
Figura 87.- <i>Ventana de datos técnicos del motor</i>	109
Figura 88.- <i>Ventana de posibles errores en el sistema</i>	110
Figura 89.- <i>Ventana de graficas</i>	111
Figura 90.- <i>Pantalla HMI con sus respectivas condiciones</i>	112
Figura 91.- <i>Ventana de salida del proceso</i>	112
Figura 92.- <i>Carga del programa en el PLC de forma de simulada</i>	113
Figura 93.- <i>Bloque del trace de cinemáticas</i>	114
Figura 94.- <i>Simulación proyecto del control de movimiento del motor a paso</i>	115
Figura 95.- <i>Variables del PLC S7-1500</i>	115

RESUMEN

En la actualidad las industrias utilizan sistemas automatizados para el control, supervisión, de sus procesos de producción, facilitando así la tecnología industrial, la implementación de un interfaz humano máquina (HMI) para monitorear el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento de un motor a pasos mediante una pantalla de simulación realizada WinCC en un display denominado KPT700 Basic, que permite el control de simulación del motor mediante dos modos de trabajo, modo Jog que permite ingresar valores de velocidad en porcentaje y la posición lineal en (mm) de forma manual y el modo referenciado es manipulado por medio de comandos individuales que permiten el avance o retroceso del motor de esta manera en el proceso se implementó los datos de corriente y voltaje que trabajan, con ayuda de una barra indicadora que permite observar la habilitación del proceso, errores mediante luces indicadores, finales de carrera activados, si existe fallas contiene una ventana de lista de errores para deshabilitar las fallas, los datos de todo el HMI se puede observar por medio de graficas de control, para mejor comprensión del proceso en una pantalla de trazo de cinemática que permite visualizar el funcionamiento de motor en un dimensión 3D aplicando la herramienta del solidworks, finalmente se desarrollaron diferentes pruebas de funcionamiento para verificar la variación de velocidad, posición que se encuentra el motor, así como los demás parámetros según el valor de posición lineal, permitiendo así exponer y aprender sobre el desarrollo de la tecnología en la industria y dar un aporte a la carrera de tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica demostrando que el sistema es una herramienta de enseñanza-aprendizaje eficiente.

Palabras clave:

- **CONTROL DE MOVIMIENTO**
- **MOTOR A PASOS**
- **DEZPLAZAMIENTO MODO JOG**

ABSTRACT

Currently, industries use automated systems for the control, supervision, of their production processes, thus facilitating industrial technology, the implementation of a human machine interface (HMI) to monitor the number of degrees per pulses, torque, speed and direction. movement of a stepper motor through a simulation screen performed by WinCC on a display called KPT700 Basic, which allows the simulation control of the motor through two working modes, Jog mode that allows entering speed values in percentage and the linear position in (mm) manually and the referenced mode is manipulated by means of individual commands that allow the motor to move forward or backward. In this way, the working current and voltage data was implemented in the process, with the help of an indicator bar that allows observe the process enablement, errors by means of indicator lights, limit switches activated, if there are faults it contains an Error list table to disable the faults, the data of the entire HMI can be observed by means of control graphs, for better compression of the process in a kinematics trace screen that allows visualizing the motor operation in a 3D dimension by applying the solidworks tool, finally different functional tests were developed to verify the speed variation, the position of the motor, as well as the other parameters according to the linear position value, thus allowing to expose and learn about the development of technology in the industry and give a report to the technology career in Electronics Mention Instrumentation and Avionics demonstrating that the system is an efficient teaching-learning tool.

Key words:

- **MOVEMENT CONTROL**
- **ENGINE BY STEPS**
- **MOVING JOB MODE**

1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

La teoría del control de movimiento en los últimos años, ha ganado mucha popularidad y se ha convertido en un requisito básico en máquinas de muchos sectores industriales. La historia de los motores a paso se puede rastrear desde el siglo XIX; en esos tiempos se les conocía como motores electromagnéticos, dos importantes invenciones que involucran a los motores paso a paso de VR (Reluctancia Variable), se hicieron en el siglo XX, (Jesus, 2012) .

Según (AVILA, 2002) quien publicó en su trabajo de titulación “DISEÑO DE CONTROLADORES PARA UNA CLASE DE SISTEMAS NO LINEALES. APLICACION AL MOTOR A PASOS DE MAGNETO PERMANENTE “, donde detalla que los motores a pasos fueron diseñados para operar en lazo abierto, de hecho, en numerosas aplicaciones, estos motores son usados en lazo abierto con muy buenos resultados, aplicando al motor secuencias de avance y retroceso para una cantidad predeterminada de pasos. Cuando se presenta alguna perturbación, como cambio de carga, se pueden perder pasos y no se alcanza de manera adecuada la tarea de control. Una manera más especializada de controlar estos motores es usando un sistema de retroalimentación por medio de encoders y sensores especiales que permite monitorear las variables del sistema. De hecho, en el sector industrial se ha incrementado el uso de los motores a pasos controlados en lazo cerrado, sobre todo para alcanzar tiempos de respuesta más rápidos y mayor capacidad de resolución.

Según (CARRICA, 1999) quien publicó en su proyecto titulado “ALGORITMO EFICIENTE PARA LA GENERACIÓN DE PERFILES DE VELOCIDAD EN EL ACCIONAMIENTO SIMULTÁNEO DE MÚLTIPLES MOTORES PASO A PASO“,

donde indica que el tiempo de procesamiento que requiere el procesador para ejecutar el algoritmo de generación de los pulsos de excitación cumpliendo perfiles de velocidad on-line de un motor pasos es muy importante ya que se produce un efecto de cuantización del tiempo entre paso y paso y, por ende, la velocidad también resulta cuantizada. El perfil de velocidad es alterado por esta “cuantización” de la velocidad ya que se producen discontinuidades en la velocidad con la consiguiente dificultad del motor frente a esta exigencia de aceleraciones infinitas.

En el desarrollo de la automatización son los sistemas de control de movimiento los cuales se dedican al control de dispositivos o aplicaciones mecánicas, actuando sobre variables específicas como posición, velocidad y frecuencia. Inicia con la llegada de los servomecanismos, los sistemas de posición y de seguimiento de trayectorias, buscando soluciones de precisión, sincronización y rapidez. Además, soluciona con relativa sencillez otros casos en los que la exigencia en cuanto de la velocidad de accionamiento en determinados movimientos ordinarios asociados a sistemas de frenado de gran seguridad y de muy problemática ejecución práctica, (BERTOMEU, 2010).

Actualmente los motores a pasos son utilizados en aplicaciones en el campo de la robótica, tecnología aeroespacial, control de discos duros y flexibles, unidades del cd-room o del DVD e impresoras sistemas informáticos, manipulación y posicionamiento de herramientas y piezas en general. Por lo cual es importante controlar sus mecanismos mediante autónomas programables.

1.2. Planteamiento del problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” sede en Latacunga, posee los laboratorios de instrumentación virtual,

máquinas eléctricas y control industrial donde los estudiantes desarrollan prácticas con equipos, relacionados con el control de motores con diferentes características como el de movimiento indexado controlados por medio de diferentes microcontroladores de forma eficiente, gracias a los conocimientos impartidos por de los docentes designados en diferentes asignaturas para el campo industrial con un nivel académico amplio.

Sin embargo, la constante innovación y automatización de la tecnología de diferentes empresas industriales exige nuevos conocimientos de mejora de procesos dentro de formación profesional para ello, es necesario el uso de equipos actualizados en los laboratorios, con el fin de que los futuros profesionales estén preparados frente a cada adversidad que se presente en el campo laboral y puede dar soluciones satisfactorias a cada caso.

Por lo tanto, la implementación de una interfaz humana máquina (HMI) para monitorear el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento de un motor a pasos utilizando el PLC S7-1200 será de gran ayuda para los estudiantes logrando así prácticas similares a las diversas actividades que realizan en el campo industrial y además permitirá el manejo de los Controladores Lógicos Programables (PLC) de alta gama a nivel profesional.

1.3. Justificación

La implementación de un interfaz humana máquina (HMI) para monitorear el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento de un motor a pasos utilizando el PLC S7-1200, consiste en ampliar un conocimiento técnico de forma teórico-práctico sobre los motores a pasos, además permite adquisición de más equipos que brinda ventajas en la en las prácticas.

Permitirá al estudiante tener una herramienta completa que los beneficia a la hora de realizar sus prácticas sobre control de movimiento y las aplicaciones, proporcionando un aporte significativo en el aprendizaje y a su vez aprovechar los autómatas programables, sensores y actuadores disponibles en el laboratorio de instrumentación virtual.

El proyecto tiene una facilidad de desarrollo porque se puede utilizar equipos y dispositivo del laboratorio, además obtener una información amplia de varias citas bibliográficas, artículos, manuales y guías preparatorias.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Implementación de un interfaz humano máquina (HMI) para monitorear el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento de un motor a pasos mediante el PLC S7-1200.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Investigar el funcionamiento del motor a pasos y sus aplicaciones industriales mediante fuentes de información técnicas.
- Desarrollar el algoritmo del PLC S7-1200 en el software TIA PORTAL para controlar el movimiento del motor a pasos.
- Implementar un interfaz humano máquina (HMI) para monitorear el movimiento de un motor a pasos usando las normas ISA 101.

1.5. Alcance

El presente proyecto se realizará en el laboratorio de Instrumentación Virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

El control y monitoreo del motor a pasos evaluará el número de grados por pulsos, torque, velocidad y sentido de movimiento mediante el PLC S7-1200, además se desarrollará HMI para la visualización y control de las practicas desarrolladas de acorde con la Carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica.

Finalmente se evaluará la práctica en base a una guía preparatoria la cual permitirá verificar el correcto funcionamiento del sistema desarrollando una interfaz gráfica que permita identificar y corregir los errores que arroge el proyecto.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación teórica

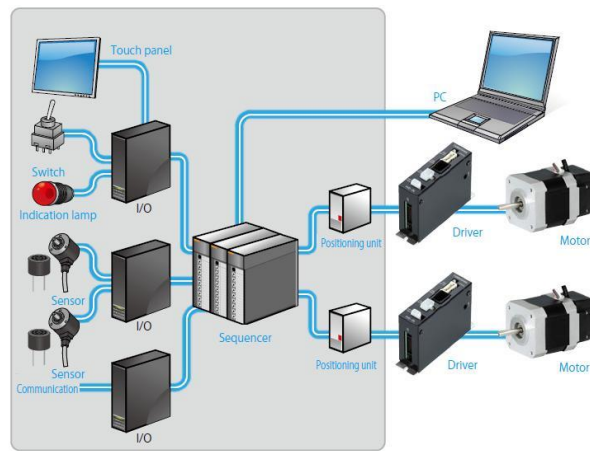
2.1.1. Control de movimiento

El control de movimiento se demuestra en un programa y genera comandos de posición, velocidad, torque para cada eje y su sincronización, a su vez los perfiles de movimiento se actualizan en tiempo real a la par con la conmutación de los motores y cierran los lazos de control. En un sentido general el control de movimiento permite manejar diferentes motores según la aplicación sin tener que interactuar con señales de bajo nivel. Actualmente es muy común encontrar controladores de movimiento que coordinen hasta 8 ejes a la vez, sin embargo, existen ya controladores que manejan hasta 60 ejes (Gürocak, 2018).

Actualmente el control de movimiento se emplea en diferentes industrias como son el área de la robótica, envasado, ensamblaje, textil, papel, procesamiento de alimentos, productos de madera, electrónica, fabricación de semiconductores, pruebas de laboratorio, entre otras. Así un ejemplo más claro es el de una máquina de conversión del papel (Gürocak, 2018).

Figura 1.-

Diagrama de control de movimiento del motor a pasos



NOTA. El gráfico representa, sistemas de control de movimiento de alta funcionalidad con ayuda de controladores equipados con unidades de I/Os junto con la combinación de una red de comandos funcional que permite aplicar en una gran variedad de drivers y motores.

2.1.2. Diseño de la etapa de control

Para el diseño de la etapa de control se debe considerar el propósito del programa, el cual es brindar al usuario la capacidad de manipular las herramientas de control de movimiento del motor a pasos y a su vez de visualizar de forma gráfica una aplicación completa y sincronizada de las mismas. En la Figura 2 se muestra el diagrama de bloques desarrollada para el control.

Figura 2.-

Diagrama de bloques para el control de movimiento de un motor a pasos



NOTA. El gráfico representa un diagrama de bloques del proceso de funcionamiento del motor paso a paso.

2.2. Controlador lógico programable (PLC)

2.2.1. PLC

El PLC es conocido por sus siglas en inglés como Controlador Lógico Programable, es un dispositivo electrónico capaz de realizar tareas de control de forma automática en tiempo real. Es el cerebro que activa diferentes maquinas en procesos que pueden ser peligrosos para el ser humano y que necesitan de gran precisión y rapidez de reacción. Cabe recalcar que su programación y manejo puede ser realizada por personal con conocimientos de electricidad o electrónica. (Vallejo, 2019)

2.2.2. PLC SIEMENS S7-1200

El autómata de la marca SIEMENS S7-1200 ofrece una amplia variedad de prestaciones para el desarrollo de soluciones rápidas y sencillas, entre sus principales características se destacan las siguientes:

- Capacidad de procesamiento de 64bits
- Integrada la comunicación Ethernet/Profinet
- Entradas analógicas incorporadas
- Se puede programar mediante el software STEP 7 Basic V13

Este autómata (Figura 3) cuenta con cinco tipos diferentes de CPU: 1211C, 1212C, 1214C, 1215C y 1217C, los cuales pueden expandirse en función de las necesidades o requerimientos del usuario. (SIEMENS, 2009)

Figura 3.-

PLC S7-1200 1214C DC/DC/DC



NOTA. El gráfico representa un Controlador Lógico Programable S7-1200 con sus respectivas funcionalidades de acuerdo a la marca SIEMENS.

Es importante destacar que los autómatas SIEMENS S7-1200 pueden controlar hasta cuatro ejes mediante salidas de pulsos, estas salidas deben ser transistorizadas en corriente continua, por lo general se usa los modelos DC/DC/DC y otra opción es mediante el uso de

una Signal Board. Hay que considerar que si se usan las salidas en modo de pulsos bifásicos (pulso más dirección) o monofásicos, pues en el primer caso se necesitaran dos salidas de pulsos por eje. A continuación, en la Tabla 1. se indican el número máximo de ejes a controlar en función del modelo del PLC. (Automatización Industrial, 2018).

Tabla 1.-

Ejes máximos a controlar según el modelo del PLC

TIPO DE CPU		E/S incorporadas		Con una SB (2 salidas DC)		Con una SB (4 salidas DC)	
		Con sentido	Sin sentido	Con sentido	Sin sentido	Con sentido	Sin sentido
CPU 1214C	DC/DC/DC	4	4	4	4	4	4
	AC/DC/RELE	0	0	1	2	2	4
	DC/DC/RELE	0	0	1	2	2	4
CPU 1214C	DC/DC/DC	4	4	4	4	4	4
	AC/DC/RELE	0	0	1	2	2	4
	DC/DC/RELE	0	0	1	2	2	4
CPU 1217C	DC/DC/DC	4	4	4	4	4	4

NOTA. Esta tabla muestra una amplia variedad de prestaciones para el desarrollo de soluciones rápidas y sencillas que contiene el PLC S7-1200.

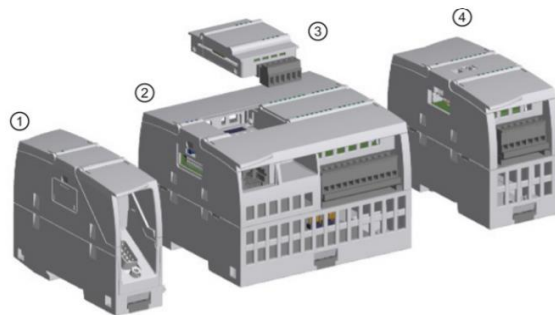
2.3. Entradas analógicas

2.3.1. Capacidad de expansión de la CPU

La familia S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación (SIEMENS, CONTROLADOR PROGRAMABLE S7-1200, 2009).

Figura 4.-

Módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU



NOTA. El gráfico representa al PLC S7-1200 con su amplia gama de módulos y placas de conexión para CPU.

1. Módulo de comunicación (CM) o procesador de comunicaciones (CP)
2. CPU
3. Signal Board (SB), Communication Board (CB) o battery board (BB)
4. Módulo de señales (SM)

2.3.2. Módulos de señales analógicas y signal boards

Tabla 2.-

Tablero de señales analógicas del PLC S7-1200

Tipo	Solo entradas	Solo salidas	Combinacion de entradas y salidas
SB analógica	<ul style="list-style-type: none"> • 1 entrada analógica de 12 bits • 1 RTD de 16 bits • 1 termopar 16 bits 	1 salida analógica	
SM analógico	<ul style="list-style-type: none"> • 4 entrada analógica • 4 entrada analógica de 16 bits • 8 entrada analógica • Termopar : <ul style="list-style-type: none"> - 4 TC de 16 bits - 8 TC de 16 bits • RTD: <ul style="list-style-type: none"> - 4 RTD de 16 bits - 8 RTD de 16 bits 	<ul style="list-style-type: none"> 2 salida analógica 4 salida analógica 	<ul style="list-style-type: none"> 4 entradas analógica/ 2 salida analógica

NOTA. Esta tabla muestra las entradas, salidas y sus combinaciones analógicas del PLC S7-1200

PLC.

El Ecuador sufrió un brote de la pandemia denominada COVID-19, razón por la cual se bloqueó varias actividades, entre ellas académicas y laborales lo mismo que provocó consecuencias irremediables. Dando conocer el motivo el proyecto desarrollado contiene algunos cambios que fueron necesarios para cumplir con la propuesta, basada en un HMI para el control de movimiento de un motor a pasos el mismo que se realizó de forma

simulada todo el proceso mediante software de simulación como el Solidworks y el Tía Portal V15, utilizadas en ámbito industrial.

En el proyecto de titulación se trabajaba con el controlador S7- 12000, que provoca errores al cargar el programa ya que es necesario que se conecte de forma física todos los dispositivos involucrados en el control de movimiento para cargar el programa, por lo cual se opta por utilizar el controlador avanzado SIMATIC S7-1500 por su máxima potencia que proporciona el máximo rendimiento para máquinas de tamaño mediano a alto con altas exigencias en cuanto a rendimiento, comunicación, flexibilidad y funciones tecnológicas

Existen diferentes unidades de procesamiento central (tipos de CPU) disponibles para varias clases de rendimiento. Una amplia gama de módulos de señal para entrada y salida, así como módulos de tecnología para funciones tecnológicas especiales, como conteo, y módulos de comunicación centralizados y descentralizados están disponibles para servir como interfaces para la máquina o planta, que ayudo al desarrollo del programa gracias a que el acordonamiento que tiene incluido el PLC.

2.3.3. PLC S7-1500

La productividad y la calidad del producto más altas en su proceso de producción utilizando SIMATIC S7-1500 con su rápido bus de fondo, el rendimiento PROFINET, los tiempos de reacción más cortos y un tiempo de procesamiento de comandos de hasta 1 ns en la CPU. Por lo tanto, la interfaz PROFINET con comportamiento de tiempo determinístico proporciona reproducibilidad y precisión en el marco temporal de μs (Siemens, 2020).

Figura 5.-

Módulos S7-1500 PLC de la familia SIMATIC

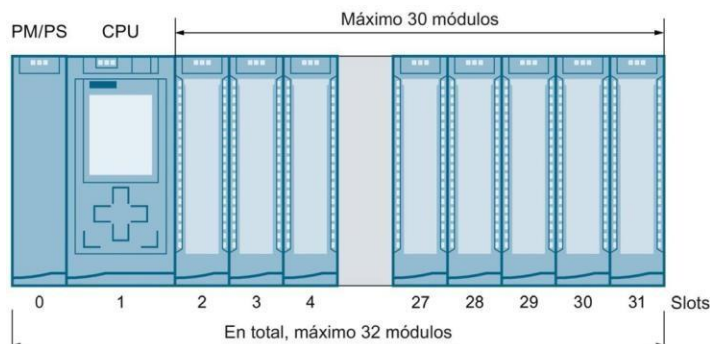


NOTA. El gráfico representa un Controlador Lógico Programable S7-1516-3PN/DP; PLC de la familia SIMATIC S7 (serie S7-1500).

Módulos de ampliación y configuración de un bastidor

Se conoce como bastidor al conjunto de módulos configurados en un sistema y que se encuentran físicamente conectados “tarjeta a tarjeta”, es decir, no a través de ningún interfaz de comunicaciones (DP o PN), ya que ese sería otro bastidor (Pomareta, Introcucción a TIA Portal con el S7-1500, 2017).

El bastidor de un S7-1500 puede tener hasta un máximo de 32 módulos, donde las tarjetas de alimentación (PM/PS) se configurarán en los lugares 0 y a partir del 2 (en el caso de necesitar más módulos de alimentación), dado que el segundo lugar es para la CPU. A estos lugares del bastidor, se les conoce como slots (Pomareta, Introcucción a TIA Portal con el S7-1500, 2017).

Figura 6.-*Bastidor de un S7-1500*

NOTA. El gráfico representa el bastidor S7-1500 con su máximo de 32 módulos.

Además de la tarjeta (o tarjetas) de alimentación y de la CPU, el resto de módulos de ampliación pueden ser de diferentes tipos:

- Módulos digitales (DI, DQ, DI/DQ)

Pueden ser sólo de entradas, sólo de salidas o de entradas/salidas. Existen diferentes tipos dependiendo del número de señales, de 16 o 32 en el caso de las entradas; 8, 16 o 32 si se trata de una tarjeta de sólo salidas, y de 16 entradas con otras tantas salidas en el caso de un módulo mixto. Además, se pueden alimentar en alterna o continua dependiendo del tipo de fuente de alimentación utilizado (Pomareta, Introducción al Tia portal S7-1500, 2017).

En el caso de las salidas, se cablearán actuadores que interactúen con la instalación, así como indicadores luminosos para poder comprobar visualmente si la instalación se encuentra funcionando correctamente o tiene algún fallo.

- **Módulos analógicos (AI, AQ, AI/AQ)**

En los módulos analógicos existen entradas, salidas o entradas/salidas y por lo general con 8 señales cada una. Tienen diferentes opciones de configuración dependiendo del tipo de tarjeta. Independientemente de ello, para lo que se van a utilizar es para controlar magnitudes analógicas como podrían ser, por ejemplo, la presión o la temperatura de una determinada zona.

- **Módulos tecnológicos (TM)**

Son tarjetas con entradas y salidas controladas por tiempo para funciones de conmutación precisas, con tiempos de respuesta muy pequeños (unos pocos microsegundos). Un ejemplo de aplicación sería la de controlar el número de pulsos que proporciona el captador de un motor, para con ello saber el punto en el que se encuentra este equipo.

- **Módulos de comunicación (CM/CP)**

Además del interfaz o interfaces de comunicación existentes en la CPU, también es posible agregar módulos para el intercambio de datos en otras subredes. Por ello se dispone de tarjetas para poder comunicar a través de puerto serie RS232, RS422, RS485, MODBUS RTU, además de PROFIBUS y PROFINET. También es posible agregar tarjetas para comunicación inalámbrica, estando disponibles módulos cliente y punto de acceso (Pomareta, Introducción al Tia portal S7-1500, 2017).

2.4. Motor a pasos

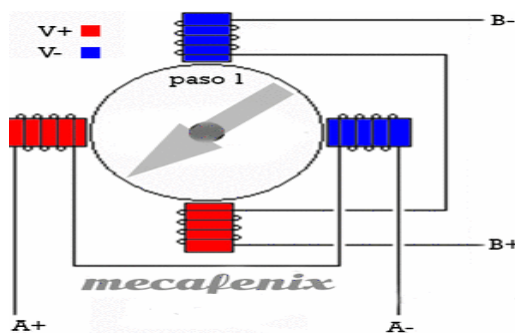
Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que significa que es capaz de girar una cantidad

de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control (Méndez, Ingeniería Mecafenix, 2020).

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de 1.8° , Es por eso que ese tipo de motores son muy utilizados, ya que pueden moverse a deseo del usuario según la secuencia que se les indique a través de un microcontrolador (Méndez, Ingeniería Mecafenix, 2020).

Figura 7.-

Funcionamiento de un motor a pasos



NOTA. El gráfico representa un es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares (Méndez, Ingeniería Mecafenix, 2020).

2.4.1. Comportamiento propio de los motores paso a paso

Los motores paso a paso tienen un comportamiento diferente al de los motores de corriente continua. En primer lugar, no giran libremente por sí mismos. Los motores paso a paso, como lo indica su nombre, avanzan girando por pequeños pasos. También difieren de los motores de CC en la relación entre velocidad y torque (un parámetro que también es llamado "par motor" y "par de giro"). Los motores de CC no son buenos para ofrecer un buen

torque a baja velocidad sin la ayuda de un mecanismo de reducción. Los motores paso a paso, en cambio, trabajan de manera opuesta: su mayor capacidad de torque se produce a baja velocidad (Carletti, 2019).

Los motores paso a paso tienen una característica adicional: el torque de detención (que se puede ver mencionado también como "par de detención", e incluso par/torque "de mantenimiento"), que no existe en los motores de CC. El torque de detención hace que un motor paso a paso se mantenga firmemente en su posición cuando no está girando. Esta característica es muy útil cuando el motor deja de moverse y, mientras está detenido, la fuerza de carga permanece aplicada a su eje. Se elimina así la necesidad de un mecanismo de freno (Carletti, 2019).

Si bien es cierto que los motores paso a paso funcionan controlados por un pulso de avance, el control de un motor paso a paso no se realiza aplicando en directo este pulso eléctrico que lo hace avanzar. Estos motores tienen varios bobinados que, para producir el avance de ese paso, deben ser alimentados en una adecuada secuencia. Si se invierte el orden de esta secuencia, se logra que el motor gire en sentido opuesto. Si los pulsos de alimentación no se proveen en el orden correcto, el motor no se moverá apropiadamente. Puede ser que zumbe y no se mueva, o puede ser que gire, pero de una manera tosca e irregular (Carletti, 2019).

Esto significa que hacer girar un motor paso a paso no es tan simple como hacerlo con un motor de corriente continua, al que se le entrega una corriente y listo. Se requiere un circuito de control, que será el responsable de convertir las señales de avance de un paso y sentido de giro en la necesaria secuencia de energización de los bobinados (Carletti, 2019).

2.4.2. Características comunes de los motores paso a paso

Un motor paso a paso se define por estos parámetros básicos:

Voltaje

Los motores paso a paso tienen una tensión eléctrica de trabajo. Este valor viene impreso en su carcasa o por lo menos se especifica en su hoja de datos. Algunas veces puede ser necesario aplicar un voltaje superior para lograr que un determinado motor cumpla con el torque deseado, pero esto producirá un calentamiento excesivo y/o acortará la vida útil del motor (Carletti, 2019).

Resistencia eléctrica

Otra característica de un motor paso a paso es la resistencia de los bobinados. Esta resistencia determinará la corriente que consumirá el motor, y su valor afecta la curva de torque del motor y su velocidad máxima de operación (Carletti, 2019).

Grados por paso

Generalmente, este es el factor más importante al elegir un motor paso a paso para un uso determinado. Este factor define la cantidad de grados que rotará el eje para cada paso completo. Una operación de medio-paso o semi-paso (half step) del motor duplicará la cantidad de pasos por revolución al reducir la cantidad de grados por paso. Cuando el valor de grados por paso no está indicado en el motor, es posible contar a mano la cantidad de pasos por vuelta, haciendo girar el motor y sintiendo por el tacto cada "diente" magnético. Los grados por paso se calculan dividiendo 360 (una vuelta completa) por la cantidad de pasos que se contaron. Las cantidades más comunes de grados por paso son: $0,72^\circ$, $1,8^\circ$, $3,6^\circ$, $7,5^\circ$, 15° y hasta 90° . A este valor de grados por paso usualmente se le llama la

resolución del motor. En el caso de que un motor no indique los grados por paso en su carcasa, pero sí la cantidad de pasos por revolución, al dividir 360 por ese valor se obtiene la cantidad de grados por paso. Un motor de 200 pasos por vuelta, por ejemplo, tendrá una resolución de $1,8^\circ$ por paso (Carletti, 2019).

2.5. Tipos de motores de pasos

Los motores paso a paso se dividen en dos categorías principales: de imán permanente y de reluctancia variable. También existe una combinación de ambos, a los que se les llama híbridos (Carletti, 2019).

Los de imán permanente son los que más conocemos, utilizados, por ejemplo, en el avance de papel y del cabezal de impresión de las impresoras, en el movimiento del cabezal de las disketteras, etc (Carletti, 2019).

Los motores del tipo de reluctancia variable, en cambio, poseen un rotor de hierro dulce que, en condiciones de excitación del estator, y bajo la acción de su campo magnético, ofrece menor resistencia a ser atravesado por su flujo en la posición de equilibrio. consiste en un rotor y un estator cada uno con un número diferente de dientes (Carletti, 2019).

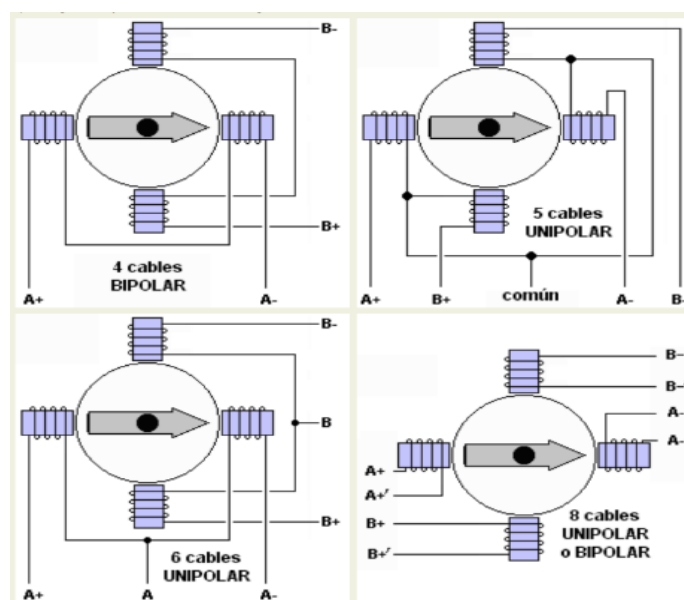
Los motores híbridos combinan las mejores características de los de reluctancia variable y de imán permanente. Se construyen con estatores multidentados y un rotor de imán permanente. Los motores híbridos estándar tienen 200 dientes en el rotor y giran en pasos de $1,8$ grados. Existen motores híbridos con configuraciones de $0,9^\circ$ y $3,6^\circ$. Dado que poseen alto torque estático y dinámico y se mueven a muy altas velocidades de pulso, se los utiliza en una amplia variedad de aplicaciones industriales (Carletti, 2019).

2.5.1. Motores paso a paso de imán permanente

Los motores paso a paso de imán permanente se dividen a su vez en distintos tipos, diferenciados por el tipo de bobinado. Existen entonces motores paso a paso de imán permanente unipolares (también llamados "unifilares"), bipolares (también llamados "bifilares") y multifase (Carletti, 2019).

Figura 8.-

Diferentes tipos de cableados de las bobinas



NOTA. El gráfico representa un motor paso a paso de imán permanente en distintos tipos, diferenciados por el tipo de bobinado (Carletti, 2019).

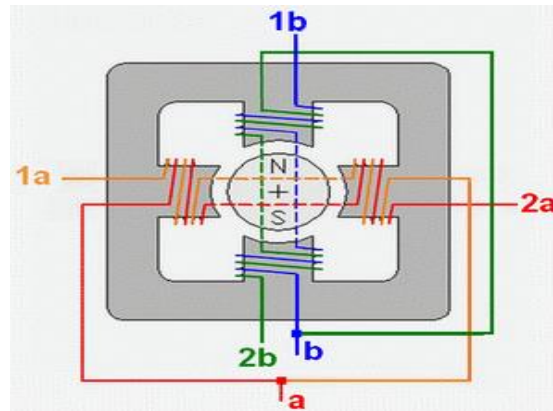
2.5.2. Motores paso a paso unipolares

Los motores unipolares son relativamente fáciles de controlar, gracias a que poseen devanados duplicados. Aunque para facilitar el esquema se dibuja este devanado como una bobina con punto medio, en realidad tienen dos bobinas en cada eje del estator, que están

unidas por extremos opuestos, de tal modo que al ser alimentada una u otra, generan cada una un campo magnético inverso al de la otra (Carletti, 2019).

Figura 9.-

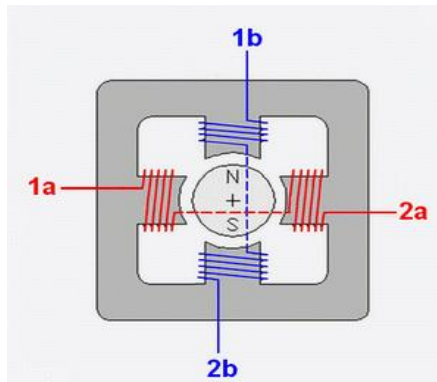
Motor paso a paso unipolar



NOTA. El gráfico representa un motor paso a paso unipolar que contiene devanados duplicados.

2.5.3. Motores paso a paso bipolares

Los motores bipolares requieren circuitos de control y de potencia más complejos. Pero en la actualidad esto no es problema, ya que estos circuitos se suelen implementar en un integrado, que soluciona esta complejidad en un solo componente. Como no tienen el doble bobinado de los unipolares (se recomienda que en éstos todo el tiempo se está utilizando sólo una de las bobinas duplicadas, mientras la otra queda desactivada y sin ninguna utilidad), los motores bipolares ofrecen una mejor relación entre torque y tamaño/peso (Carletti, 2019).

Figura 10.-*Motor paso a paso bipolar*

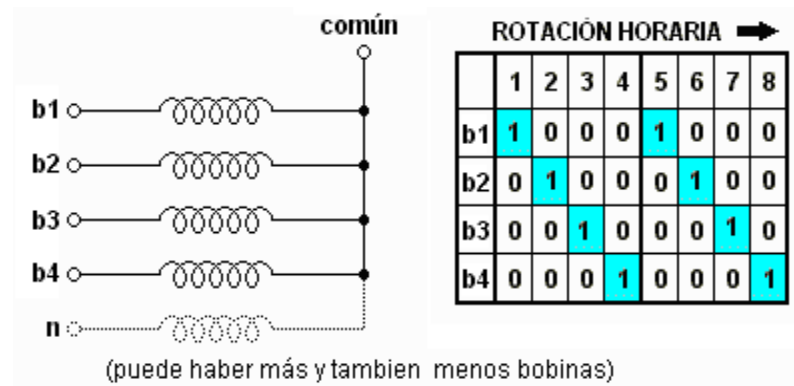
NOTA. El gráfico representa un motor paso a paso bipolar con circuitos que contiene mejor torque, potencia y tamaño/peso.

2.5.4. Motores paso a paso de reluctancia variable

Los motores de reluctancia variable son los motores paso a paso más simples de manejar. Su secuencia se limita a activar cada bobinado en orden, como lo indica la figura 9. Es común que estos motores tengan un cable común que une todas las bobinas. Estos motores, si se los mueven a mano, no tienen la sensación "dentada" de los otros motores paso a paso, sino que se mueven libres, como los motores de corriente continua (Carletti, 2019).

Figura 11.-

Motor paso a paso de reluctancia variable



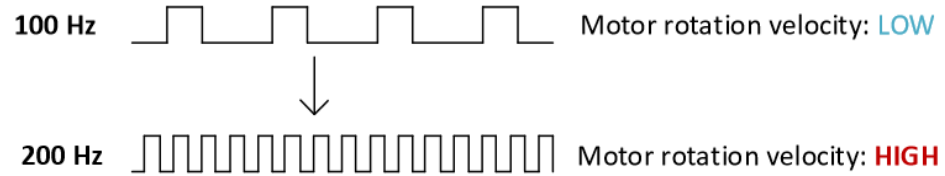
NOTA. El gráfico representa un motor paso a paso basada en la reluctancia variable mediante un rotor dentado en hierro dulce que tiende a alinearse con los polos bobinados del estator. Se pueden conseguir pasos muy pequeños.

2.5.5. Motor paso a paso con tren de pulso (PTO).

Un motor a pasos es un dispositivo electro-mecánico de corriente continua, que funciona incrementalmente convirtiendo los pulsos de señales digitales en movimiento mecánico rotacional, este es directamente proporcional al número de pulsos y su velocidad es proporcional a la cantidad de pulsos por unidad de tiempo, como se puede observar. Generalmente la resolución es un paso (un pulso) corresponde a 1.8° , 0.72° y 0.36° , según las características del motor (CARRILLO SÁNCHEZ, 2019).

Figura 12.-

Motor paso a paso con tren de pulsos (PTO)



NOTA. El gráfico representa la velocidad de un motor a pasos con tren de pulsos.

2.5.6. Motor paso a paso NEMA 17

El motor a pasos NEMA 17 (KL17H248-15-4A), es un motor bipolar con un voltaje nominal de 4.2V, el ángulo de pasos es de $1.8^\circ \pm 5\%$, a su vez tiene un eje de 5mm de diámetro, con una corriente de fase de 1.5A, el torque de sujeción es de 5.5Kg/cm. Cuenta con un cable 22AWG de 750mm de largo con conector para el driver del motor. Como se puede observar en la Figura 11 (CARRILLO SÁNCHEZ, 2019).

Figura 13.-

Motor paso a paso Nema 17 (KL17H248-15-4A)



NOTA. El gráfico representa un motor a pasos marca Nema17 utilizado en la industria.

2.5.7. Motor paso a paso (42BYGHW609)

Este motor paso a paso 42BYGHW609 es simple pero potente, confiable y es una excelente opción para una amplia gama de proyectos. Este motor realiza un movimiento de 1.8° por paso (200 pasos/revolución), cada fase del motor consume 1.7A. Conectado por cuatro hilos. Se puede utilizar para CNC, impresoras 3D y aplicaciones en general como robótica y control (CARRILLO SÁNCHEZ, 2019).

Figura 14.-

Motor paso a paso (42BYGHW609)



NOTA. El gráfico representa un motor a pasos (42BYGHW609) excelente opción para una amplia gama de proyectos.

Tabla 3.-*Parámetros técnicos del motor a pasos 42BYGHW609*

Especificaciones	
Precisión de paso	± 5%
Rango de temperatura ambiente	20 ° C ~ 50 ° C
Resistencia de aislamiento	100MΩ Min.50V DC
Rigidez dieléctrica	500 V CGA durante 1 minuto
Ángulo de paso	1.8 °
Tensión nominal	2,55 V
Grado actual	1.7 A
Resistencia	1.5 Ω por bobina
Inductancia	2.8Mh
Tolerancia de aumento de temperatura	80 ° C
Par de retención	40 N·cm
Par de retención	2.2 N.cm
Inercia del rotor	54 g·cm ²
Número de leads	4
Longitud de plomo	30 cm
Longitud del motor	4 cm
Peso	260 g

NOTA. Esta tabla muestra las especificaciones técnicas de trabajo del motor a pasos 42BYGHW609.

Figura 15.-

Datos técnicos del motor a pasos 42BYGHW609

Model	Step Angle (°)	Motor Length L(mm)	Rate Voltage (V)	Rate Current (A)	Phase Resistance (Ω)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (g.cm)	Lead Wire (NO.)	Rotor Inertia (g. cm ²)	Detent Torque (g.cm)	Motor Weight (kg)
42BYGHW609	1.8	40	3.4	1.7	2	3	4000	4	54	220	0.24

NOTA. Esta tabla muestra la hoja técnica de funciones del motor a pasos 42BYGHW609.

Conexiones de configuración**Tabla 4.-**

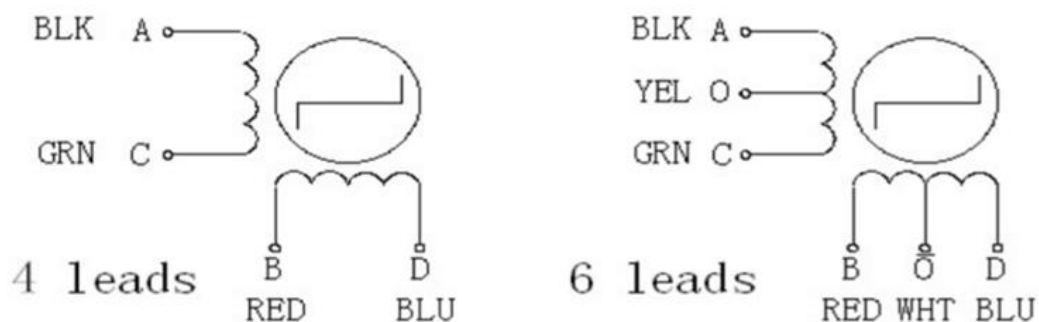
Comparación de motores a pasos bipolares y unipolares

Motores bipolares	Motores unipolares
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor torque • Mayor anclaje debido a los embobinados • Más pequeño • Más barato • Un control más complicado, el cual requiere de una tarjeta que incluya etapas de control de giro y potencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor torque • Menor anclaje • Tiene un mayor volumen • Más caro • Un control más sencillo al requerir solamente completar un circuito de alimentación

NOTA. Esta tabla contiene las comparaciones más significativas entre un motor a pasos unipolar y uno bipolar.

Figura 16.-

Configuración de conexión del motor a pasos 42BYGHW609



NOTA. El gráfico representa un motor a pasos (42BYGHW609) con su identificación de colores.

2.6. HMI

Un sistema HMI es una interfaz de usuario o panel de control que conecta a una persona con una máquina, sistema o dispositivo. Aunque el término puede aplicarse técnicamente a cualquier pantalla que permita al usuario interactuar con un dispositivo, la HMI se utiliza más comúnmente en el contexto de los procesos industriales que controlan y monitorean máquinas de producción (INDUSTRIAL C. D., 2010).

2.6.1. Para qué sirve un HMI

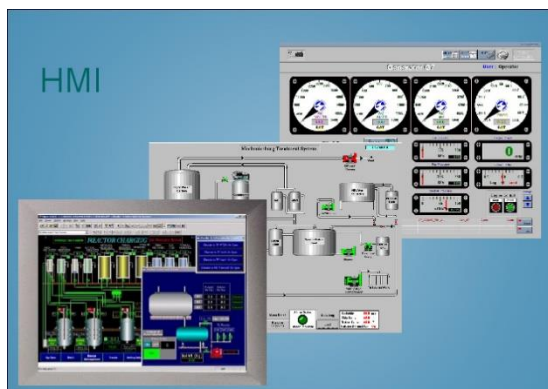
Las pantallas HMI se utilizan para optimizar un proceso industrial digitalizando y centralizando los datos. De esta manera, los operadores pueden ver información importante en gráficos, cuadros de mando digitales, ver y gestionar alarmas, y conectarse con sistemas SCADA y MES, a través de una consola (INDUSTRIAL C. D., 2010).

La interfaz hombre-máquina se comunica con los controladores lógicos programables (PLCs) y los sensores de entrada/salida para obtener y mostrar información para que los

usuarios la vean. Del mismo modo, pueden utilizarse para una sola función, como el monitoreo y el seguimiento, o para realizar operaciones más sofisticadas, como el apagado de máquinas o el aumento de la velocidad de producción, dependiendo de cómo se implementen (INDUSTRIAL S. T., 2010).

Figura 17.-

Diseño de pantallas HMI



NOTA. El gráfico representa modelos de HMI basados en la norma ISA 101.

2.7. ISA 101

En el año 2015 se publicó la actualización de la normativa para el desarrollo, aplicación y mantenimiento de los HMI de maquinaria y procesos, la ISA 101 HMI proporciona prácticas normas e informes técnicos para el desarrollo de interfaces dirigido especialmente para diseñadores, usuarios y administradores. Al unificar terminología y gráficas la norma establece mejorar la respuesta en control y diagnóstico de los operadores además de la orientación desde el mismo génesis en diseño, construcción y mantenimiento del HMI (VEGA, 2019).

Los aspectos que ISA101 incluye son: “jerarquías de menú, convenciones de navegación de pantalla, convenciones de gráficos y colores, elementos dinámicos,

convenciones alarmantes, métodos de seguridad y atributos de firma electrónica, interfaces con la programación en segundo plano y bases de datos históricas, convenciones de ventanas emergentes, pantallas de ayuda y métodos utilizados para trabajar con alarmas, interfaces de objeto de programa e interfaces de configuración para bases de datos, servidores y redes (VEGA, 2019).”

La norma ISA 101 se constituye de la siguiente forma:

- Cláusula 0: General.
- Cláusula 1: Ámbito de aplicación.
- Cláusula 2: Referencias de Normativas.
- Cláusula 3: Definición de términos y siglas.
- Cláusula 4: Administración del sistema HMI.
- Cláusula 5: Factores Humanos / Ergonomía.
- Cláusula 6: Tipos de pantalla.
- Cláusula 7: Interacción con el Usuario.
- Cláusula 8: Rendimiento.
- Cláusula 9: Documentación y Formación

El objetivo es aumentar la eficiencia productiva de las fábricas, entonces el HMI más simple de manipular por parte de los usuarios y que provee alternativas claras sin duda disminuirá el peligro de error además de la eficiencia en tiempos y productividad por ello la estandarización de estos (VEGA, 2019).

Como se ha podido observar en el desarrollo del contenido de este artículo, el estándar ANSI/ISA-101.01-2015 es extenso y cubre todas las partes importantes de la HMI, desde la

filosofía, la guía de estilo y el kit de herramientas necesarias para el diseño, la implementación y la operación del HMI, es decir el ciclo de vida de la HMI, pasando por los procesos de trabajos continuos que se hacen a lo largo del ciclo de vida y la mejora continua (Sánchez., 2019).

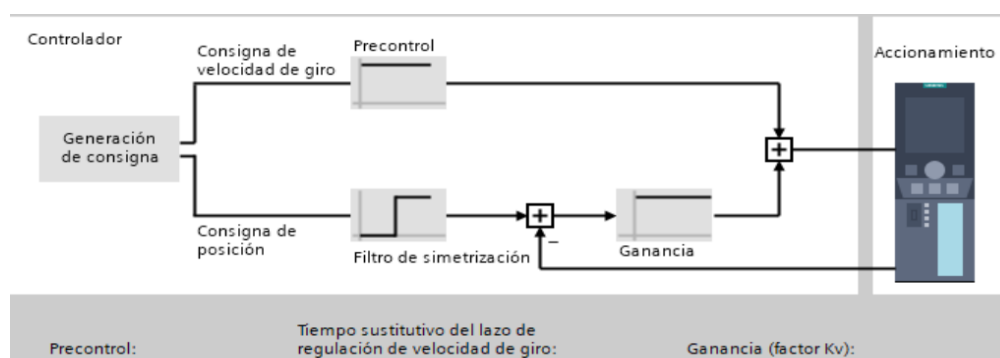
La idea general al revisar las características del estándar es mejorar los diseños de las pantallas cubriendo los modelos de pensamiento de los operadores y utilizando pantallas jerarquizadas que ayuden rápidamente al operador con el uso efectivo de colores en gráficos, esquemáticos, reportes y alarmas (Sánchez., 2019).

2.8. Tratamiento de la señal

Para la adquisición de la señal y datos es necesario configurar los parámetros del Motion Control del TIA PORTAL para controlar la señal de ingreso y de salida como se muestra en la figura 17 y 18.

Figura 18.-

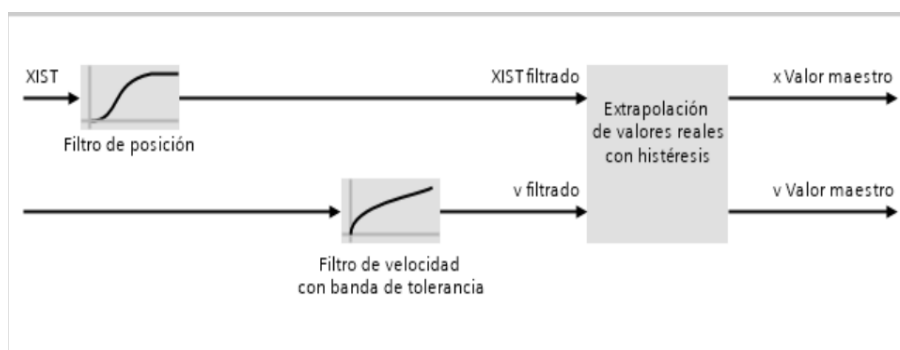
Tratamiento de señal



NOTA. El gráfico representa el tratamiento de la señal por medio de un lazo de regulación.

Figura 19.-

Extrapolación de valores reales de la señal



NOTA. El gráfico representa la extrapolación de valores reales para el tratamiento de señales.

2.9. Funciones de Tía portal V15

2.9.1. Funcionamiento de la CPU y bloques

El funcionamiento del S7-1500, no dista mucho del resto de controladores, ya que el cometido de todos ellos es el mismo y no es otro que realizar el control de una serie de señales eléctricas, mediante las acciones programadas en su interior. Este control de las señales, se realiza ininterrumpidamente, ejecutando cada cierto tiempo (del orden de milisegundos) la programación configurada en el controlador, a esto se le conoce comúnmente como ciclo SCAN (Pomareta, Introducción a TIA Portal con el S7-1500, 2017).

Cuando se habla de la programación, es referido a los bloques lógicos del PLC, estos pueden dividirse en tres tipos; OBs o bloques de organización, FCs o funciones y FBs o bloques de función (Pomareta, Introducción a TIA Portal con el S7-1500, 2017).

- **OBs**

Desde el punto de vista de la programación, los OBs serán los bloques a los que llama el sistema operativo dependiendo del evento detectado por la CPU, en el software aparecen representados en morado (Pomareta, Introcucion a TIA Portal con el S7-1500, 2017).

Figura 20.-

Bloque de organización e proyectos realizado en Tía portal



NOTA. El gráfico representa un sistema operativo para crear segmentos de programación.

- **FCs**

Se distinguen dos tipos de FCs, las que no tienen ningún parámetro y las que sí disponen de ellos, los cuales pueden ser, a su vez, de tres tipos: entrada, salida y entrada/salida. Los de entrada tienen la misión de transferir información desde el bloque llamante a la FC, por lo tanto, se utilizarán en formato lectura dentro del bloque; los de salida en cambio son los resultados que devuelve esta función; y los de entrada/salida serán aquellos que proporcionen un valor de entrada y este pueda ser actualizado en la ejecución del bloque y ser devuelto a la salida del mismo.

Figura 21.-

Bloque de función en formatos de lectura en Tía portal



NOTA. El gráfico representa el formato de lectura dentro del bloque; los de salida en cambio son los resultados que devuelve esta función.

- **FBs**

Los FBs o bloques de función son exactamente iguales a las funciones en lo que respecta a que deben ser llamadas en un bloque de programación para que sean ejecutadas y tras su finalización, el PLC volverá al mismo punto. La diferencia será que estas van a disponer de memoria, esto es algo muy interesante dado que, si se realiza una función para el control de diferentes motores, por ejemplo, será necesario parametrizar la función, crear las zonas de memoria, realizar las llamadas al bloque y parametrizar; en cambio con los bloques de función al parametrizar el bloque y realizar las llamadas, se crean las zonas de memoria y no hace falta parametrizar la llamada a la función.

Figura 22.-

Bloque de función para el control de diferentes motores



NOTA. El gráfico representa el bloque de función y realizar las llamadas, se crean las zonas de memoria y no hace falta parametrizar la llamada a la función.

2.9.2. Objetos tecnológicos

Esta zona está orientada de cara a implementar diferentes funciones tecnológicas en el PLC, como: control de ejes, controles PID o contadores rápidos; de esta manera se dispondrá de unas librerías que variarán dependiendo del controlador utilizado (Pomareta, Introducción al Tia portal S7-1500, 2017).

Las respectivas configuraciones, puesta en marcha, así como el diagnóstico de estos objetos tecnológicos se realizarán desde aquí. Además observamos que para cada una de ellos se crea una zona de memoria en el controlador (DB2, DB3, DB4) (Pomareta, Introducción al Tia portal S7-1500, 2017).

Figura 23.-

Bloque de objetos tecnológicos



NOTA. El gráfico representa el bloque para agregar objetos tecnológicos y configurar al objeto con parámetros necesario según las condiciones.

2.9.3. Tabla de peticiones

El objeto tecnológico tabla de peticiones (TO_CommandTable) permite la creación perfiles de movimiento mediante una tabla en un cuadro de dialogo para su configuración

con ayuda de las instrucciones de control de movimiento, los perfiles resultantes son utilizados con el objeto tecnológico eje de posicionamiento en un accionamiento físico (SIEMENS, Objetos tecnologicos, 2016).

En nuestro caso se utilizará el PLC 1500 de tipo tecnológico que permita habilitar estas configuraciones de forma simulada, el software TIA Portal posee la herramienta para el objeto tecnológico como muestra en la Figura se indica la interacción de dicha herramienta con el objeto tecnológico (SIEMENS, Objetos tecnologicos, 2016).

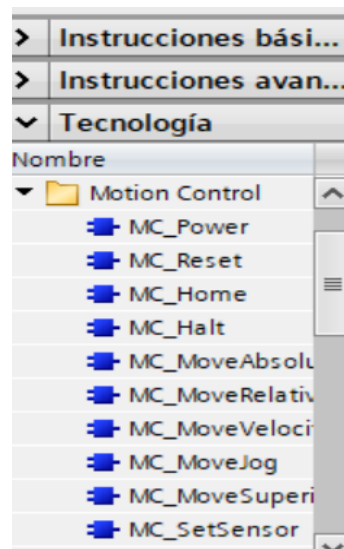
Las siguientes instrucciones de control de movimiento las cuales tienen una estructura muy similar entre ellas con varias salidas, entradas y parámetros para que cada instrucción actúe sobre el eje correspondiente, y a continuación se especifican cada una de ellas (SIEMENS, Objetos tecnologicos, 2016).

2.10. Instrucciones de Motion Control

Con las instrucciones de Motion Control se ejecutan las funciones deseadas en los objetos tecnológicos. Las instrucciones de Motion Control están disponibles en el TIA Portal en "Instrucciones > Tecnología > Motion Control". Las instrucciones de Motion Control son conformes a PLC open (versión 2.0) (SIEMENS, S7-1500, 2016).

Figura 24.-

Bloque de instrucciones de tecnología



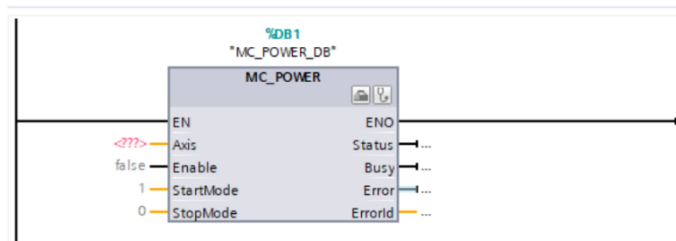
NOTA. El gráfico representa el bloque de Motion Control que permite trabajar con los diferentes bloques de programación.

- **Instrucción MC_Power**

La instrucción “MC_Power” habilita o deshabilita un eje, cuando se encuentra deshabilitado el eje cancela todas las instrucciones. Este bloque se muestra en la Figura 26 (SIEMENS, S7-1500, 2016).

Figura 25.-

Bloque MC_Power”



NOTA. El gráfico representa el bloque de MC_Power donde habilita o deshabilita un eje.

Tabla 5.-

Modo de toma de referencia de la instrucción MC_POWER

Modo de toma de referencia	Descripción
0	Toma de datos de parámetros "Position" como nuevo valor de referencia
1	Toma de datos de parámetros "Position" y suma con la posición actual del eje y el resultado es un nuevo valor de referencia.
2	Función a la configuración del eje y posterior al referenciado se utiliza el valor de parámetro "Position" como nueva posición del eje.
3	Se realiza la aproximación al punto de referencia en función de la configuración del eje y posterior al referenciado se utiliza el valor de parámetro "Position" como nueva posición del eje.

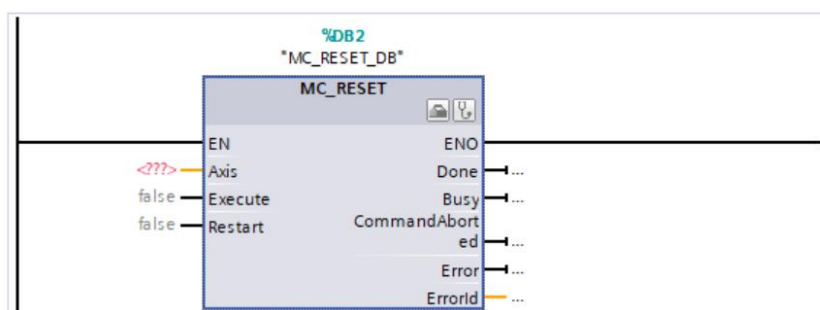
NOTA. Esta tabla contiene el modo de toma de referencia con su respectiva descripción de accionamiento.

- **Instrucción MC_Reset**

Bloque “MC_Reset, reporta diferentes errores de funcionamiento con paradas del eje, puede ser configurado para ejecutarse en diferentes condiciones del proceso, también reinicia un objeto tecnológico como se puede apreciar la instrucción en la Figura 25 (SIEMENS, S7-1500, 2016).

Figura 26.-

Bloque MC_RESET”



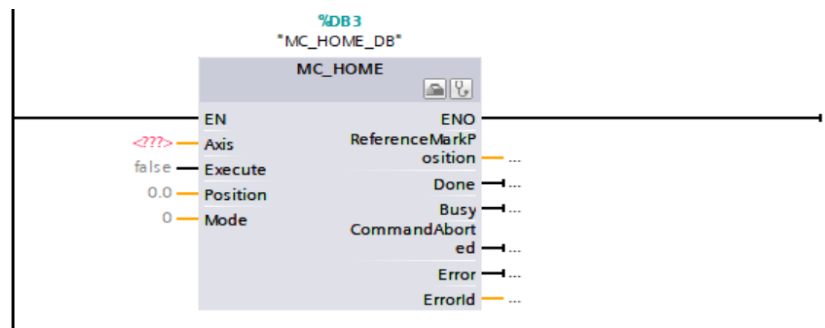
NOTA. El gráfico representa el bloque de MC_Reset que permite reportar diferentes errores de funcionamiento con paradas del eje.

- **Instrucción MC_Home**

Esta instrucción de la Figura 26, permite configurar el punto de referencia del eje, este bloque es necesario para el posicionamiento absoluto del eje.

Figura 27.-

Bloque MC_HOME”



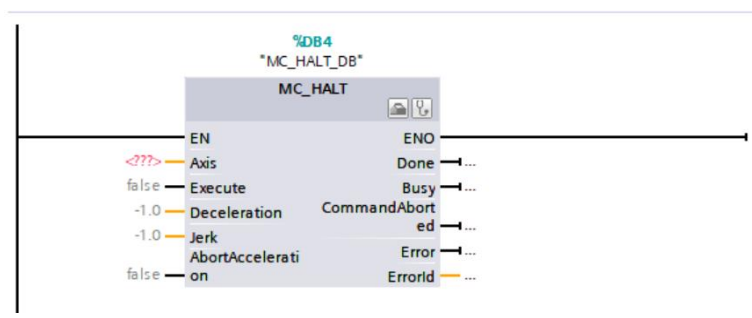
NOTA. El gráfico representa la configuración el punto de referencia del eje

- **Instrucción MC_Halt**

La instrucción “MC_Halt” que se aprecia en la Figura 27, cancela las operaciones de movimiento y frena el eje con la deceleración configurada hasta parar completamente el motor en el caso el proyecto.

Figura 28.-

Bloque MC_HALT”



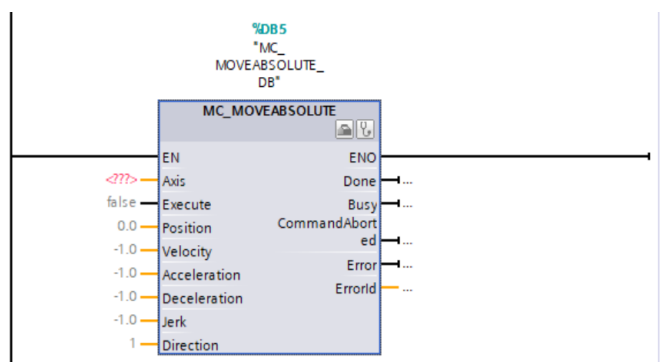
NOTA. El gráfico representa la configuración del movimiento y frenado del eje

- **Instrucción MC_MoveAbsolute**

La instrucción “MC_MoveAbsolute” (Figura 28) inicia el movimiento del eje con respecto a una posición absoluta.

Figura 29.-

Bloque MC_MOVEABSOLUTE”



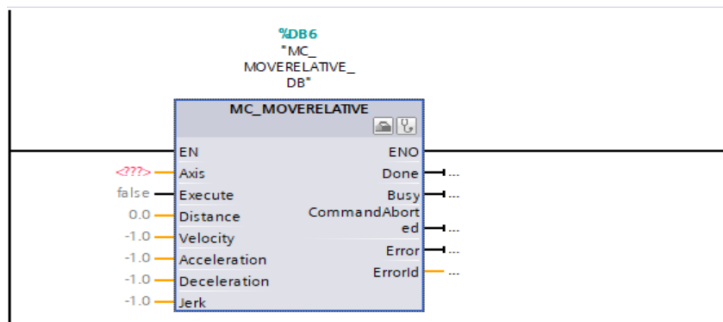
NOTA. El gráfico representa la posición absoluta al iniciar el movimiento del eje.

- **Instrucción MC_MoveRelative**

El bloque “MC_MoveRelative” de la Figura 29, inicia el movimiento para el posicionamiento relativo del eje con respecto a una posición inicial.

Figura 30.-

Bloque MC_MOVERELATIVE



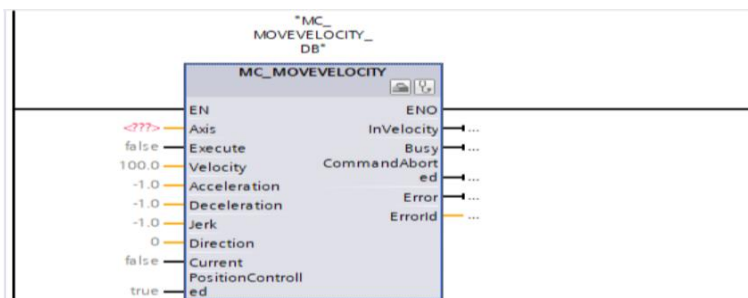
NOTA. El gráfico representa al posicionamiento relativo

- Instrucción MC_MoveVelocity

La instrucción “MC_MoveVelocity” que se puede apreciar en la Figura 30 cumple con la función de mover al eje de una forma constante de acuerdo a una velocidad especificada.

Figura 31.-

Bloque MC_MOVEVELOCITY



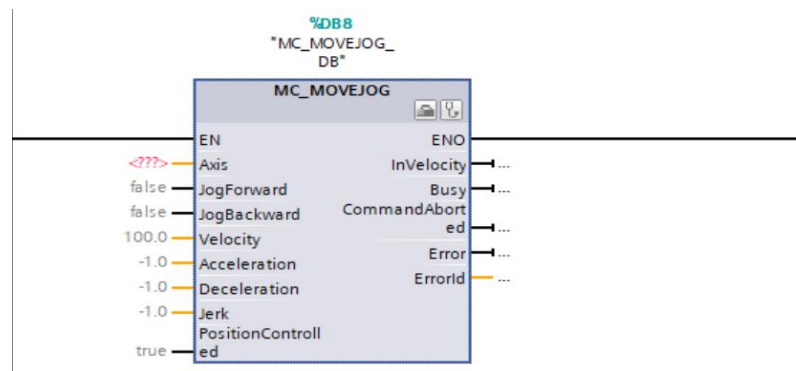
NOTA. El gráfico representa al movimiento del eje en una velocidad constante.

- **Instrucción MC_Move Jog**

El bloque "MC_MoveJog" de la Figura 31, mueve el eje de forma constante a una velocidad establecida por el usuario en modo Jog, esta instrucción se utiliza con fines de realizar pruebas o puesta en marcha del eje.

Figura 32.-

Bloque MC_MOVEJOG



NOTA. El gráfico representa ayuda puesta en marcha del eje.

2.11. Simulación de una Pantalla táctil

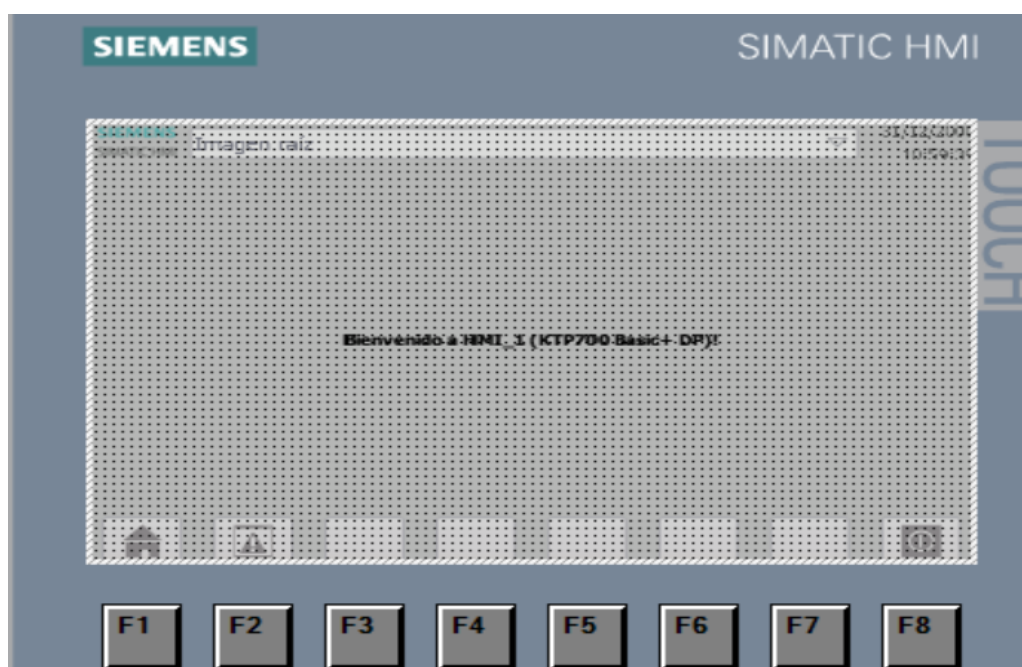
Con el fin de conseguir un entorno más entendible sobre la simulación del proyecto, ya explicado con anterioridad, se integra una pantalla SIMATIC Basic panel de 7 pulgadas, configurable de acuerdo con los parámetros necesarios en el desarrollo de la interfaz humano-maquina (HMI) utilizada para el control y supervisión de las variables del control de movimiento (CARRILLO SÁNCHEZ, 2019).

2.11.1. Panel KTP 700 Basic PN

La pantalla de simulación KTP700 Basic PN es un panel táctil de 7" con 8 teclas de función táctiles adicionales que pueden programarse y pertenece a la nueva serie de iniciación HMI de Siemens para aplicaciones sencillas (KTP700, 2020).

Figura 33.-

Constitución del Panel KTP700 Basic utilizada en la simulación



NOTA. El gráfico representa la interfaz gráfica de un Panel KTP700 Basic 6AV2 123-2GA03-0AX0 con su respectiva numeración de elementos de trabajo.

2.11.2. Datos técnicos panel KTP700 BASIC

Los datos mencionados, pertenecen al panel KTP700 que posee las siguientes características de forma física como digital para poder realizar la simulación.

Tabla 6.-*Medios de almacenamiento y periféricos*

Nombre	Referencia
SIMATIC PC USB-FlashDrive	6ES7648-0DC50-0AA0
Hub USB industrial de 4	6AV6671-3AH00-0AX0

NOTA. La tabla contiene los dos tipos de serie que puede trabajar PANEL KTP700 BASIC.

Tabla 7.-*Convertidor, adaptador, conector*

Nombre	Finalidad	Referencia
Convertidor de RS 422 a RS 232	Conexiones de controladores de otros fabricantes a Basic Panels DP	6AV6671-8XE00-0AX0
Adaptador acodado de 90 grados	Para la interfaz RS422/RS 485, salida de cable hacia atrás	6AV6671-8XD00-0AX0
Conector PROFIBUS	Conector PROFIBUS recomendado con salida de cable recta	6GK1500-0FC10
Conector RJ45 PROFINET "IE FC RJ45 Plug 2x2"	Necesario para la conexión de PROFINET de los Basic Panels con interfaz PROFINET	6GK1901-1BB10-2AA0

NOTA. La figura contiene los convertidores, adaptadores, conector con su finalidad y referencia de elección.

Tabla 8.-*Laminas protectora*

Nombre	Finalidad	Referencia
Lámina de protección de 4"	Juego de láminas de protección para KTP400	6AV2124/3DJ20-0AX0
Lámina de protección de 7"	Juego de láminas de protección para KTP700 Basic y KTP 700 Basic DP	6AV2124/3GJ20-0AX0
Lámina de protección de 9"	Juego de láminas de protección para KTP900	6AV2181/3JJ20-0AX0
Lámina de protección de 12"	Juego de láminas de protección para KTP1200 Basic y KTP1200 Basic DP	6AV2181/3MJ20-0AX0

NOTA. La tabla contiene información sobre las láminas de protección a usar con sus respectivas referencias.

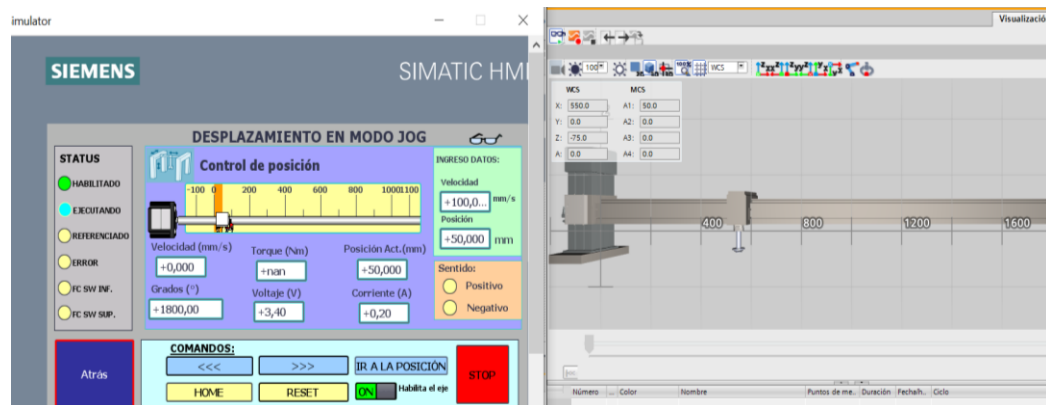
2.12. Solidworks y Tía portal

SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño (Manage, 2018).

SOLIDWORKS Motion es un complemento que permite realizar el movimiento de los elementos del diseño además de hacer un estudio de fuerza de los materiales. Permite visualizar su producto en movimiento como lo haría en la vida real, y mida las fuerzas y cargas de su diseño. Además, puede utilizar los datos para calibrar correctamente los motores y crear el mecanismo adecuado para garantizar el rendimiento, calidad y seguridad del producto" (ALEX VILLALTA, 2017).

Figura 34.-

Creación del HMI con el Panel KTP700 Basic simulado y conexión de solidwork



NOTA. El gráfico representa un ejemplo de trabajo del software solidworks y el TIA Portal.

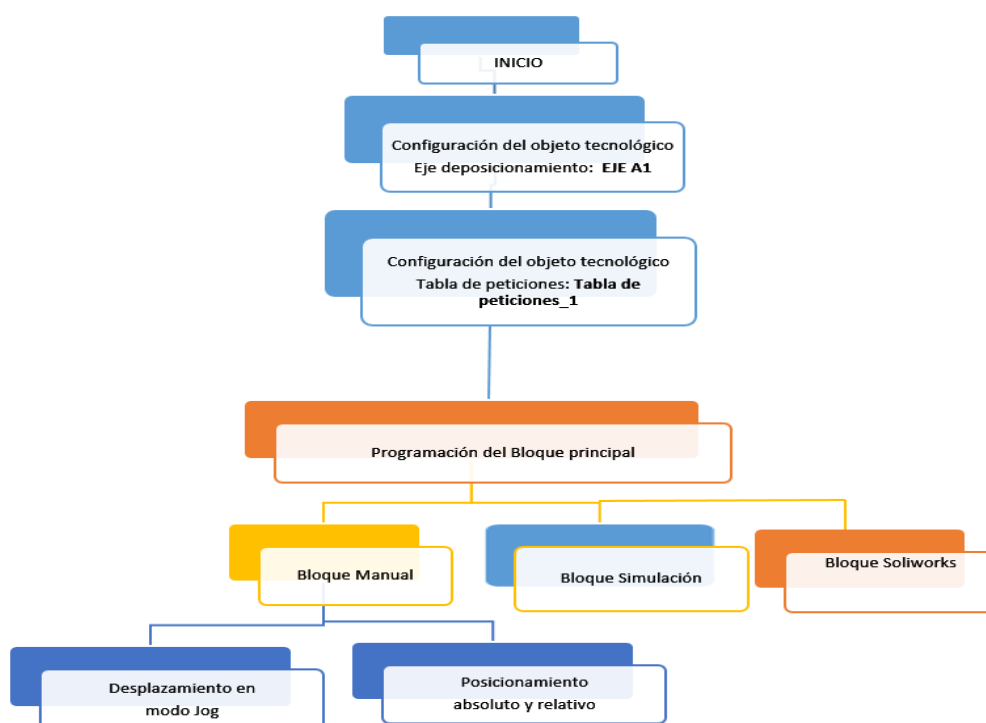
3. DESARROLLO DEL TEMA

3.1. Flujograma de proceso de un control de motor a pasos

A continuación, se describe un flujograma de forma detallada del proceso de programación. En la Figura 34 se puede apreciar el procedimiento que se realizó para la ejecución del proyecto

Figura 35.-

Bloques de programa basados en el control de movimiento de un motor paso a paso



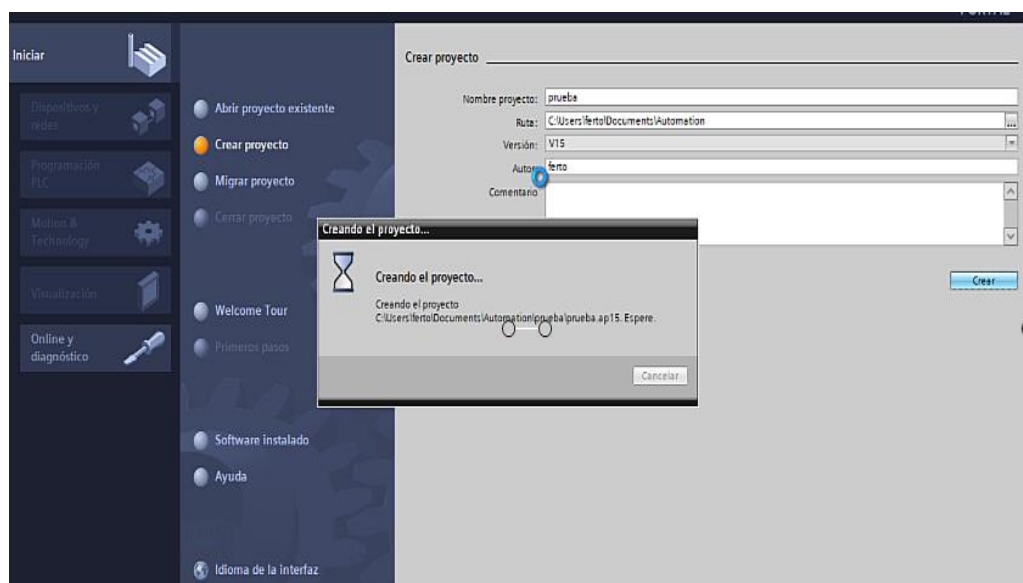
NOTA. El gráfico representa un diagrama de jerarquía, donde indica el proceso a seguir para cumplir con las condiciones del control de movimiento.

3.2. Pasos para la creación del proyecto

1. Se creó un nuevo proyecto y se le asigna un nombre a preferencia.

Figura 36.-

Creación de la ventana de proyecto de tesis

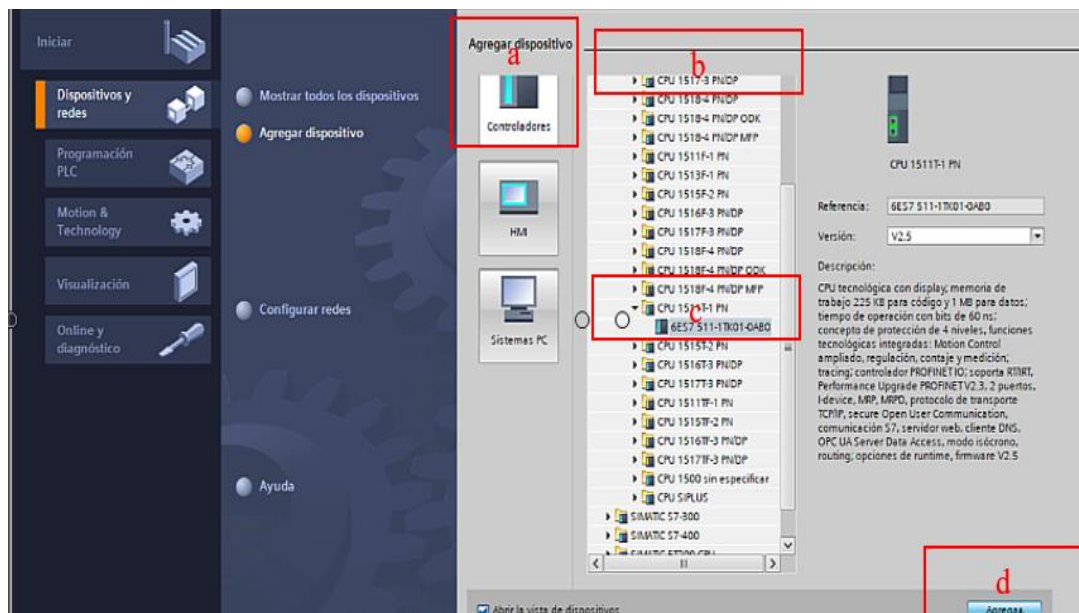


NOTA. El gráfico representa la creación de un nuevo proyecto con el nombre de preferencia del usuario.

2. Se seleccionó la opción configurar dispositivo mediante el cual se desplaza una ventana donde muestra la opción de agregar dispositivo y se elige las siguientes opciones:
 - a. Pulsar el icono de controladores.
 - b. Seleccionar la CPU S7-1500.
 - c. Escoger la referencia específica de la CPU requerida, como es CPU 1511T-1PN
 - d. Agregar, lo que genera de forma automática la vista del proyecto.

Figura 37.-

Configuración del controlador a utilizar en el proyecto



NOTA. El gráfico representa la elección del controlador S7-1500, modelo CPU 1511T-1PN

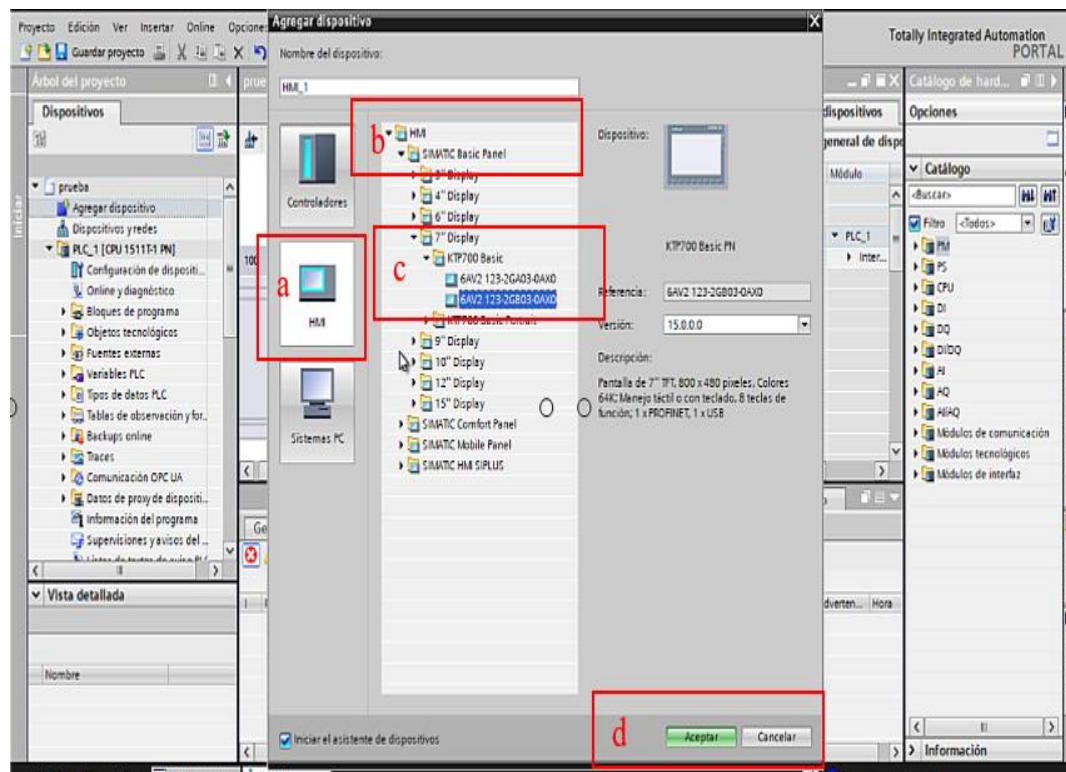
3.3. Selección de la plantilla KTP 700 Basic

3. Una vez abierta la vista del proyecto se realizó la configuración del HMI tomando los siguientes pasos:

- a) Pulsar el icono de HMI.
- b) Seleccionar la opción SIMATIC Basic panel.
- c) Escoger la referencia del display (7 pulgadas) y el KTP700 Basic
- d) Agregado el modelo requerido, damos clic en aceptar.

Figura 38.-

Configuración del panel a utilizar en el HMI

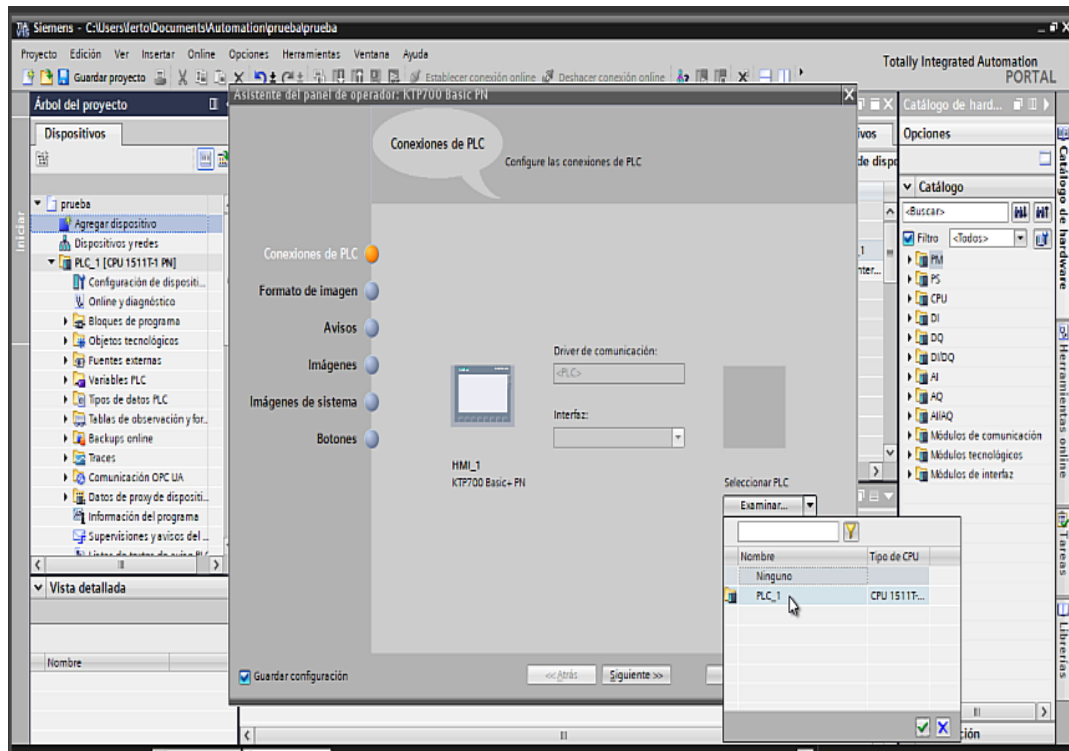


NOTA. El gráfico representa la configuración del HMI y el tipo panel a trabajar en este caso es del KTP700.

4. Se despliega el HMI en el cual se carga PLC S7-1500, seleccionado al crear el proyecto.

Figura 39.-

Ventana de interfaz gráfica del KTP 700

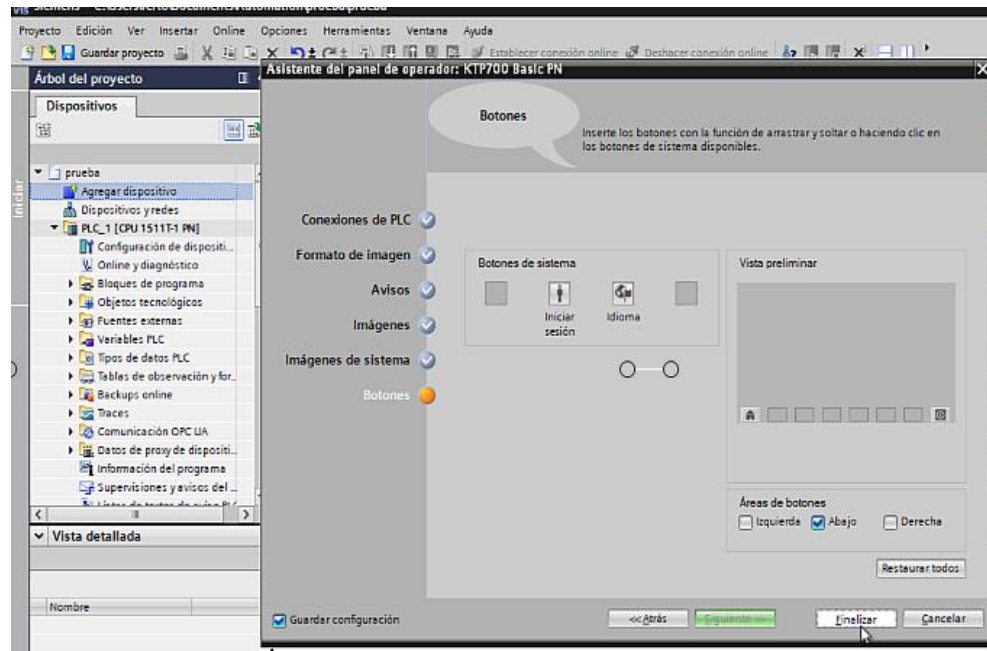


NOTA. El gráfico representa la plantilla KTP700 con sus respectivas herramientas de trabajo, el mismo que permite cargar el módulo del PLC S7-1500.

5. Al configurar el HMI con la especificación y características necesarias se finalizó con los parámetros para empezar a trabajar.

Figura 40.-

Ventana de configuraciones de la pantalla de simulación KTP 700

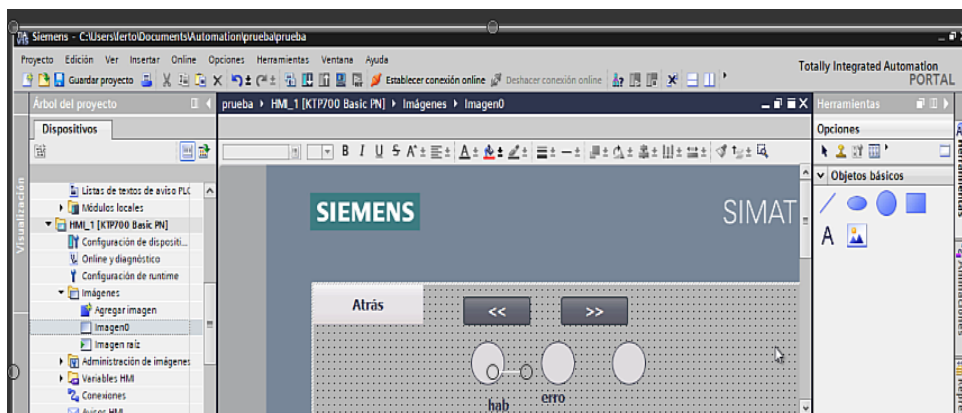


NOTA. El gráfico representa la configuración completa y terminada de la pantalla KTP700 con los parámetros requeridos

6. En la viñeta del HMI se seleccionó el icono de imágenes para crear las ventanas en donde se controlará el funcionamiento del motor con sus respectivos parámetros.

Figura 41.-

Implementación de dispositivos y controladores para diseñar el HMI



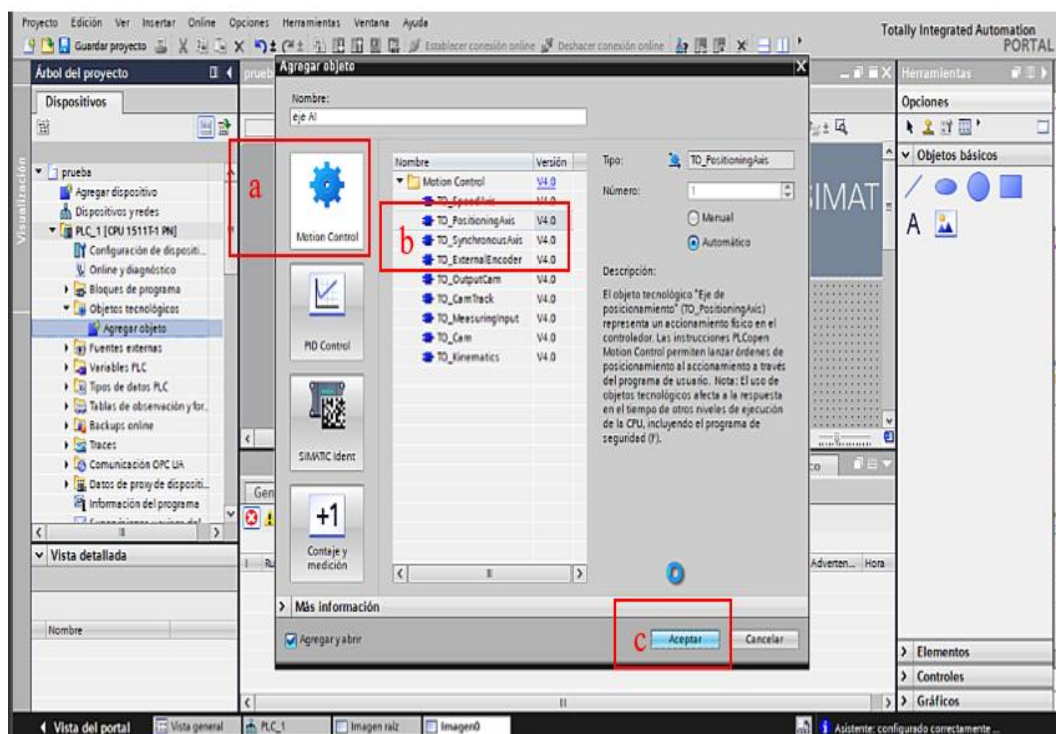
NOTA. El gráfico representa las ventanas de trabajo las cuales permite el ingreso de datos y controladores, utilizando herramientas del software Tía Portal.

3.4. Activación de objetos tecnológicos

7. Se seleccionó la carpeta de objetos tecnológicos para poder configurar los ejes que permita el control y monitoreo del motor agregando el objeto en donde se desplaza varias opciones, aplicando los siguientes pasos:
 - a) Elegir la opción MOTION CONTROL que cuenta con una variedad de posicionamientos para activar el accionamiento del motor a simular.
 - b) Se cargó el eje principal dando clic en TO_POTISING AXIS, donde se asignó el nombre de eje A1
 - c) Se termina con la respectiva configuración, para dar clic en aceptar.

Figura 42.-

Ventana de selección para activar objetos tecnológicos



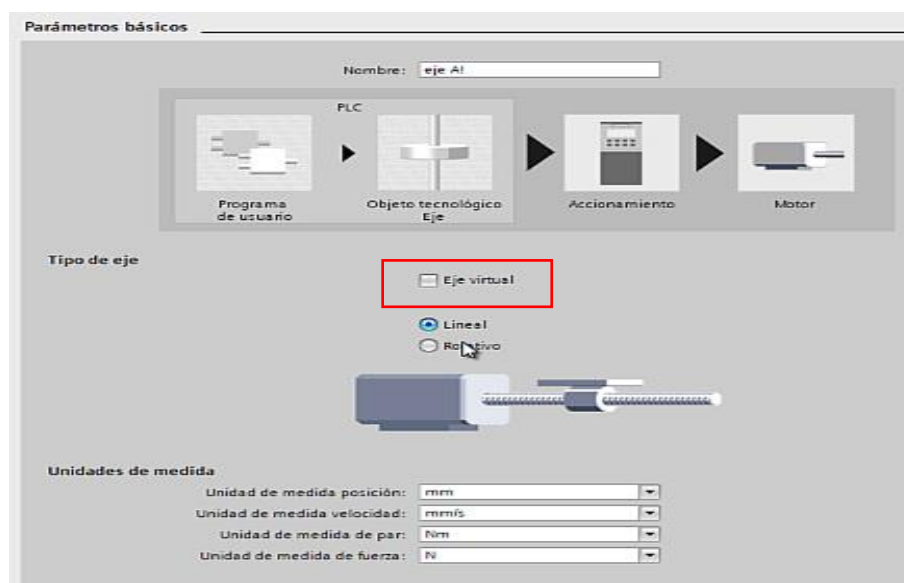
NOTA. El gráfico representa los pasos a seguir para agregar los objetos tecnológicos que permite realizar el emparejamiento con PLC y HMI.

3.5. Configuración del eje del motor

- d) Se abre otra ventana que permite la configuración del eje A1 creado anteriormente, para esto es necesario dar clic en la pestaña de parámetros básicos y seleccionar la opción de eje virtual aplicable en la simulación.

Figura 43.-

Ventana de activación del eje virtual

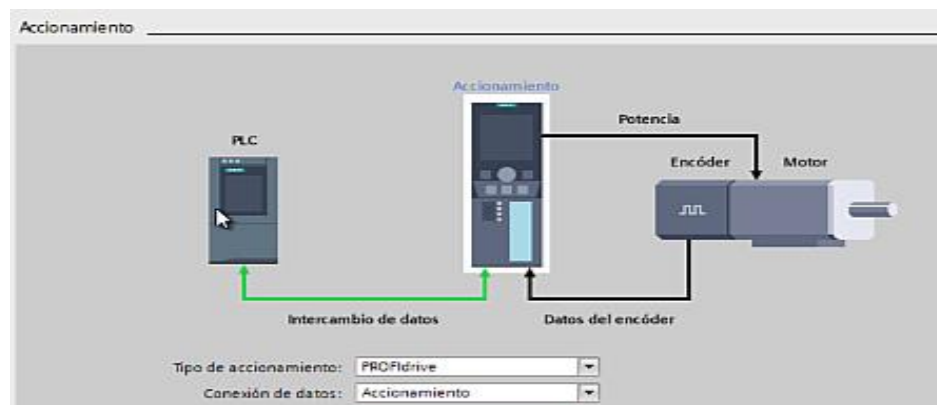


NOTA. El gráfico representa la activación del eje virtual para que permita realizar el acondicionamiento sin ningún error.

- e) En la opción de interfaz de hardware, permite la configuración exacta de los datos si deseamos aplicarlo para la implementación de forma física.

Figura 44.-

Ventana de acondicionamiento de forma simulada



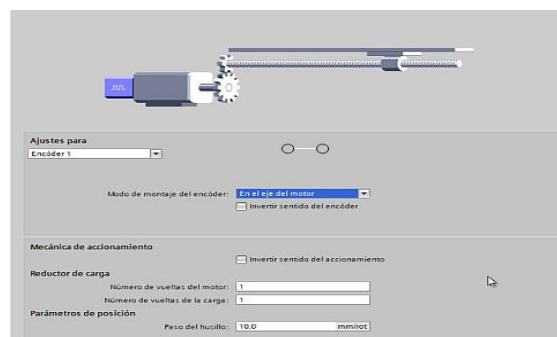
NOTA. El gráfico representa un diagrama de conexión de todos los dispositivos a utilizar en la simulación.

- f) En el mismo interfaz se seleccionó la opción de parámetros avanzados y se debe configurar los siguientes parámetros:

Figura 45.-

Configuraciones mecánicas del motor

➤ Mecánicos



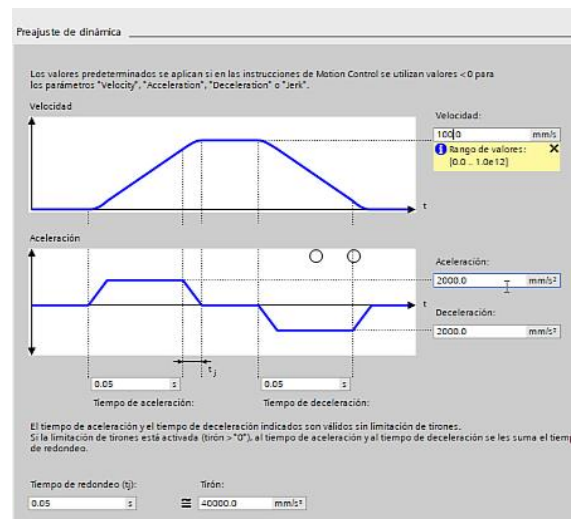
NOTA. El gráfico representa la activación la ventana para configurar el motor en su parte mecánica

Figura 46.-

Configuraciones dinámicas del motor

➤ Pre ajustes dinámicos

Se hace la rampa para que el frenado no sea tan brusco.

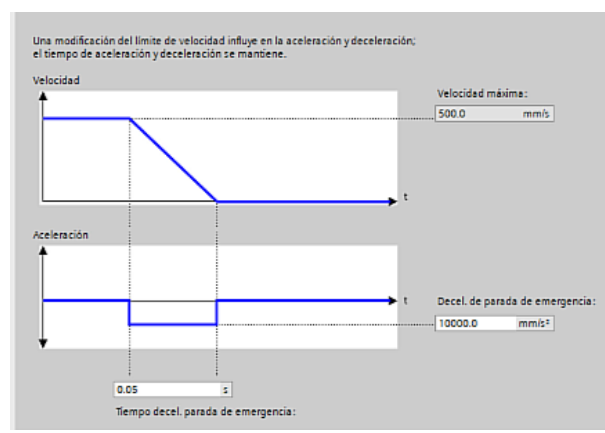


NOTA. El gráfico representa los pre ajustes dinámicos que permite controlar los frenados del motor.

Figura 47.-

Configuraciones paro de emergencias del motor

➤ Parada de emergencia

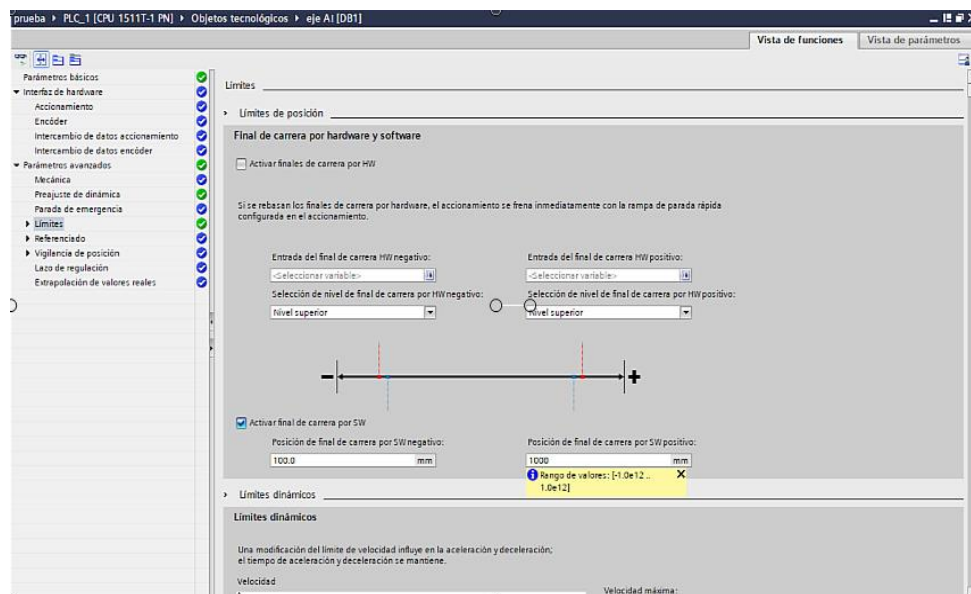


NOTA. El gráfico representa modificación de límites de velocidad que influyen en la aceleración y deceleración.

- g) Avanzando con la simulación en la opción de límites se debe activar los fines de carrera simulado en el mismo que se designan valores en mi caso es de -100 a 1100 como se muestra en la Figura 47.

Figura 48.-

Configuración de los finales de carrera



NOTA. El gráfico representa la ventana de configuración y activación de los sensores es decir los finales de carrera con sus respectivos rangos de limitación.

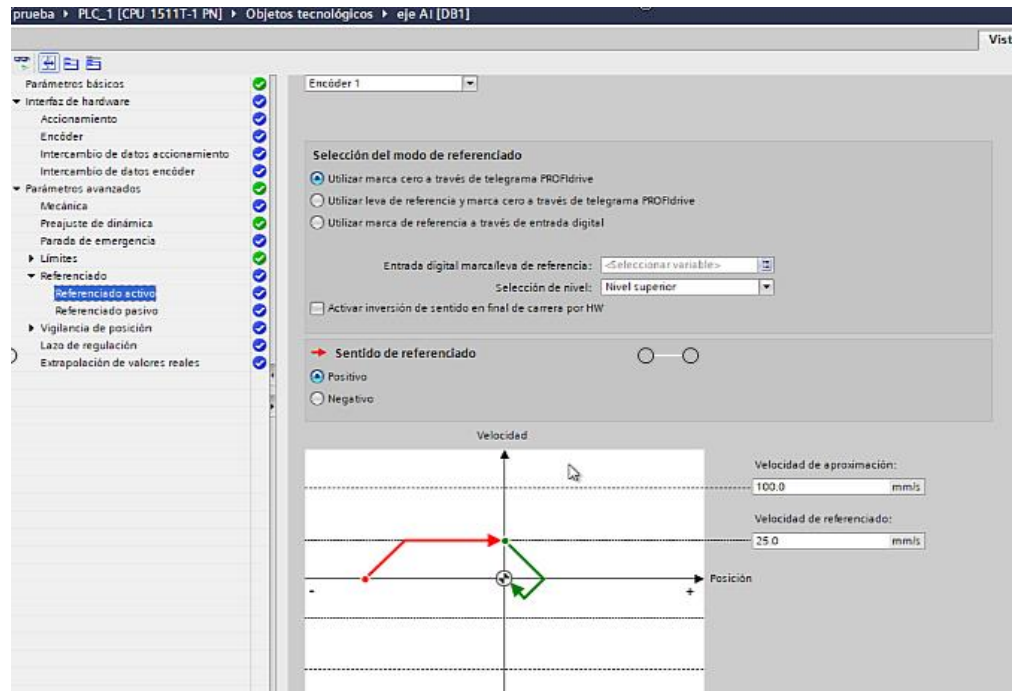
- h) Clic en referenciado para activar el sentido del mismo en el cual se encuentra con dos tipos de referenciado como posibles soluciones.

Pasivo. - utilizado para regresar a home al momento de terminar con su función.

Activo. -utilizado para regresar a home busca su punto de referencia específico de acuerdo con los fines de carrera aplicado en el proyecto.

Figura 49.-

Configuración del sentido de referenciado

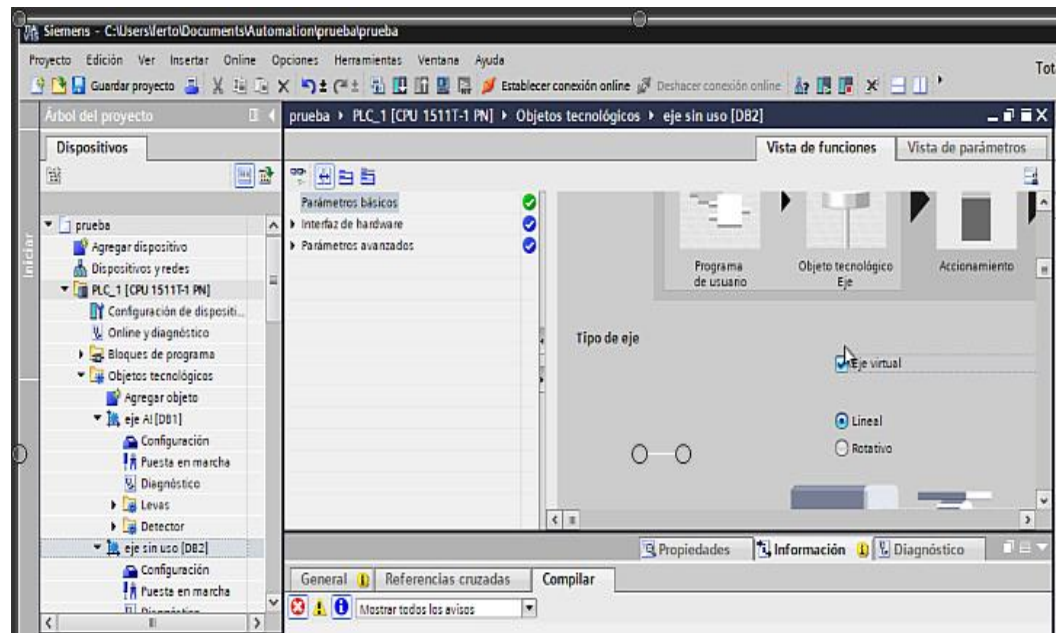


NOTA. El gráfico representa un referenciado activo para las direcciones tanto positivo como negativo.

8. Se toma en cuenta el paso siete de debe aplicar los siguientes literales, para ser agregar otro objeto tecnológico debe el literal a designado con el nombre **EJE SIN USO** y el d para su habilitación del eje.

Figura 50.-

Ventana e creación de otro eje

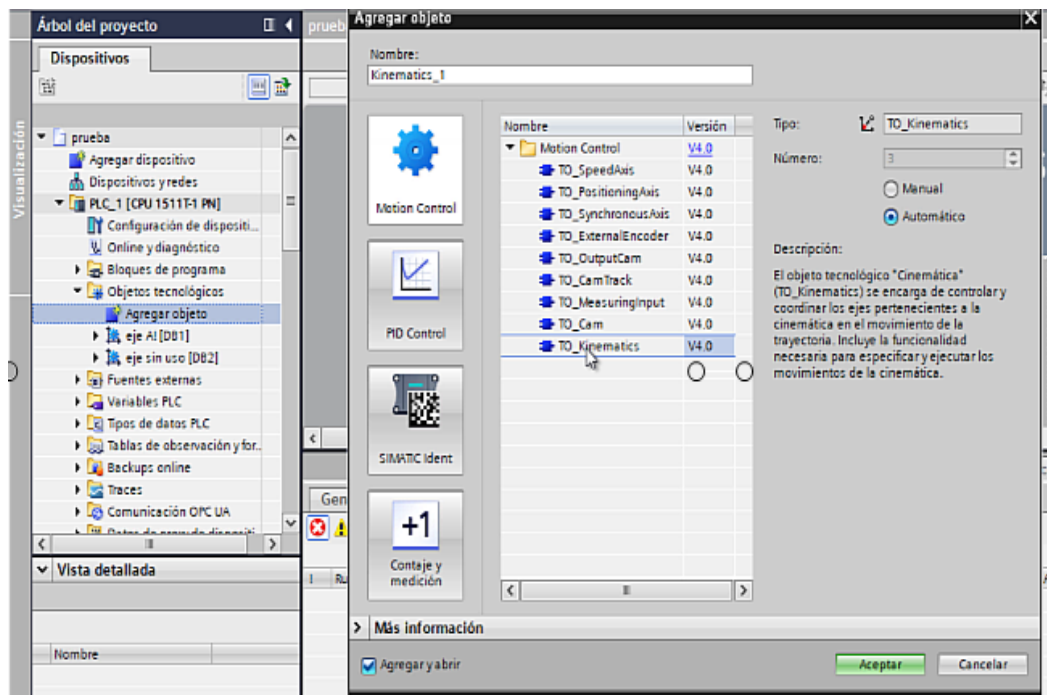


NOTA. El gráfico representa la activación de otro eje denominado eje sin uso permitiendo realizar la simulación en el programa solidworks.

9. Se repite el literal a y se seleccionó la cinemática en movimiento para la trayectoria TO_KINEMATICS y se eligió aceptar.

Figura 51.-

Cinemática en movimiento del motor

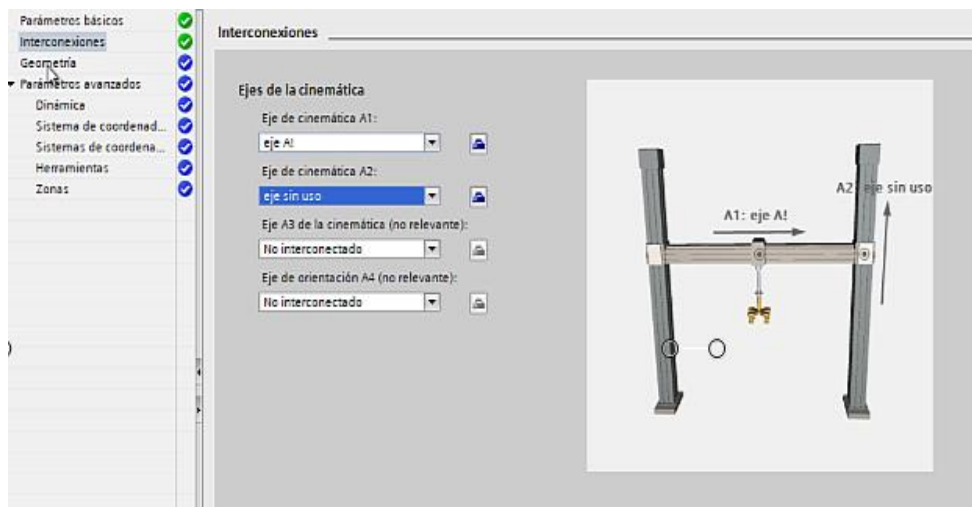


NOTA. El gráfico representa la configuración cinemática en el movimiento del motor

- Se desplazó una ventana donde muestra de una plataforma la simulación del motor en los ejes que se aplicó, pero en la vida real la misma que se puede aplicar en cualquier dimensión ya sea 2D o 3D. En la opción de interconexiones especificadas en los ejes aplicar ya creados anteriormente.

Figura 52.-

Ventana de interconexiones y ajuste de simulación del motor

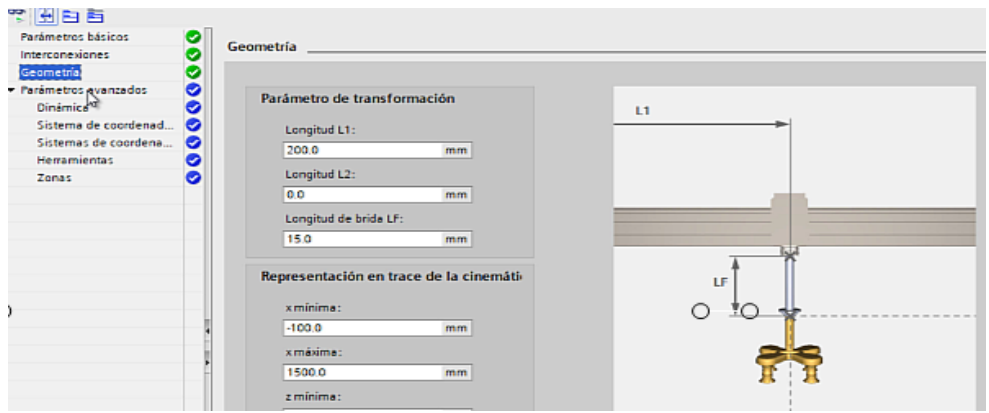


NOTA. El gráfico representa los ejes cinemáticos que pueden ser configurados

También requiere una configuración de datos en la parte de geometría para observar de forma más explícita la demostración de funcionamiento.

Figura 53.-

Ventana de parámetros y transformación



NOTA. El gráfico representa el tipo de ajuste geométricos que se puede realizar en la simulación

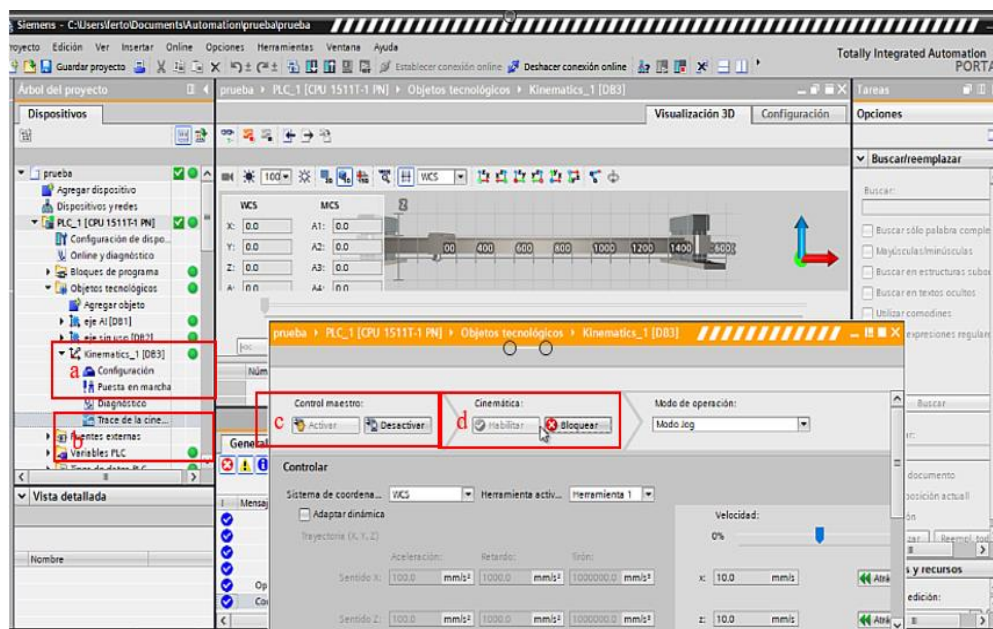
11. Se carga el PLC simulado, a través PLCSIM que permite el Tía portal V.15 aplicando los siguientes pasos:

- Selección del icono de puesta en marcha.
- Clic en trace de la cinemática donde indica una ventana con la simulación en 3D.
- Para manipular el programa se debe activar el control maestro.
- Se debe activar también la cinemática y comprobar el funcionamiento.

3.6. Activación de cinemática

Figura 54.-

Activación de control maestro y cinemática



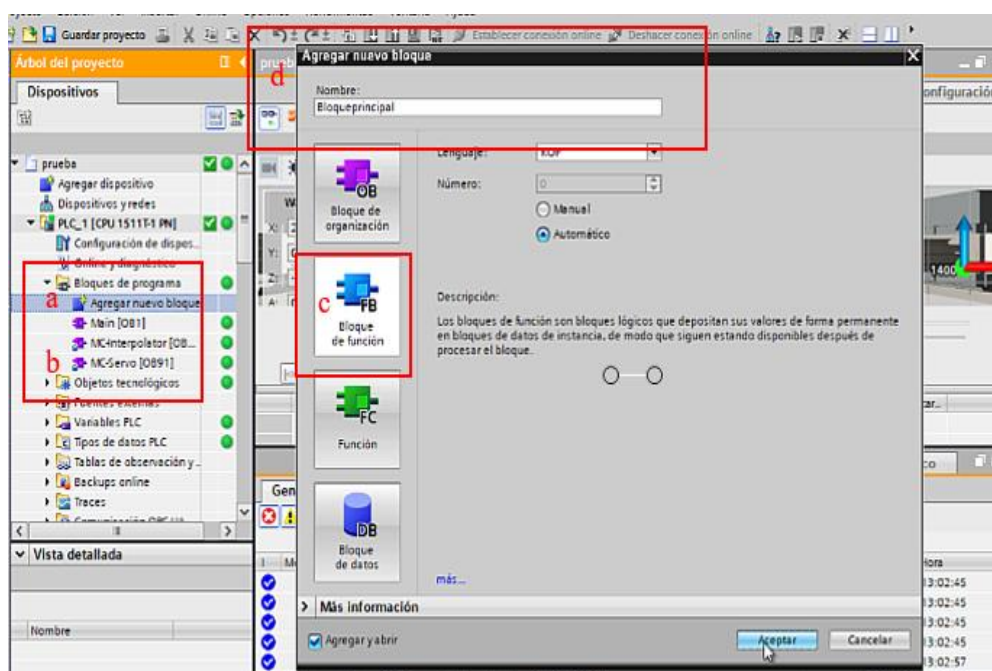
NOTA. El gráfico representa los pasos para el emparejamiento los objetos tecnológicos y bloque de kinematics de la simulación lineal del motor a pasos

12. Para crear los bloques de programación se debe tener en cuenta los siguientes pasos, pero esto debe tener una secuencia exacta.

- a) Clic en bloques de programa.
- b) Clic en agregar nuevo bloque.
- c) Seleccionar el icono de bloque de función.
- d) Se designa el nombre de bloque como bloque principal y damos clic en aceptar.

Figura 55.-

Bloque de función



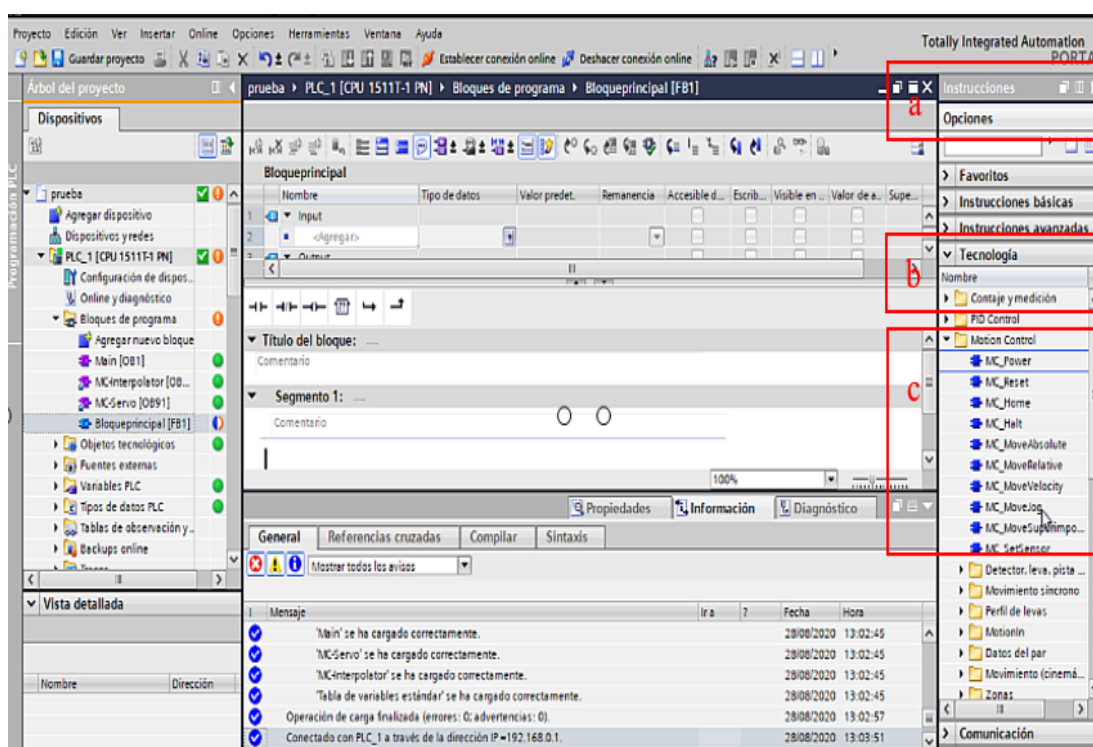
NOTA. El gráfico representa la creación de un bloque de función

13. Se empezó a trabajar en el bloque principal donde se despliega la pantalla del bloque y los de segmentos respectivos aplicando los siguientes pasos.

- a) Clic en el icono de instrucciones
- b) Seleccionamos la opción de tecnologías
- c) Clic en la carpeta Motion Control, con las cuales empezaremos a trabajar.

Figura 56.-

Ventana de creación del bloque principal



NOTA. El gráfico representa los pasos a seguir para crear un bloque principal que controle todo el proceso.

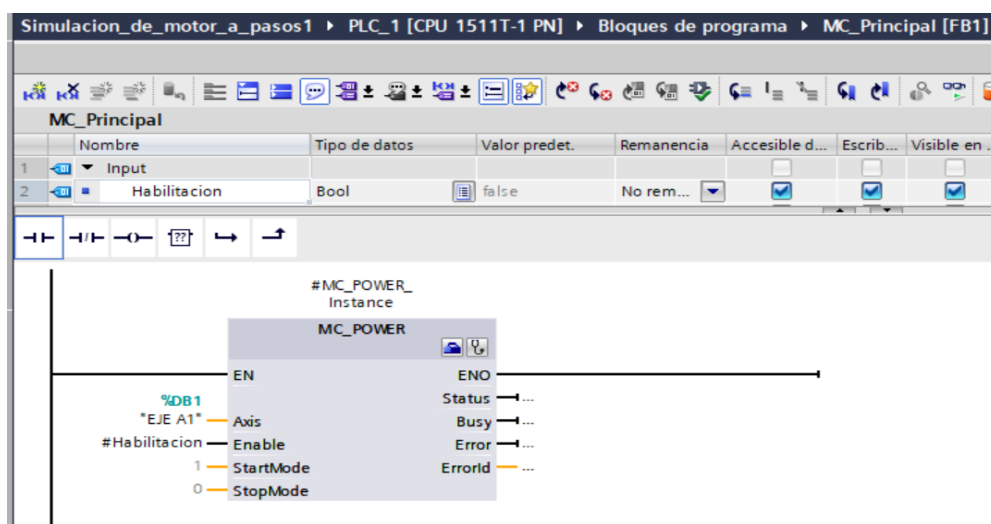
14. Se seleccionó el bloque de **MC-POWER**, pero con la opción de funcionamiento de multi instancia que permite operar desde del HMI.

3.7. Desarrollo de bloques de programación

15. Dar clic en aceptar y se arrastrará al segmento1, para luego dirigirnos a objetos tecnológicos escoger al eje A y se asignarlo al AXIS del bloque, se debe hacer también un punto de habilitación en la línea de ENABLE mediante una variable creada en la tabla de variable con el nombre de HABILITACIÓN y los agregamos al bloque de la siguiente manera.

Figura 57.-

Bloque MC_POWER_INSTANCE

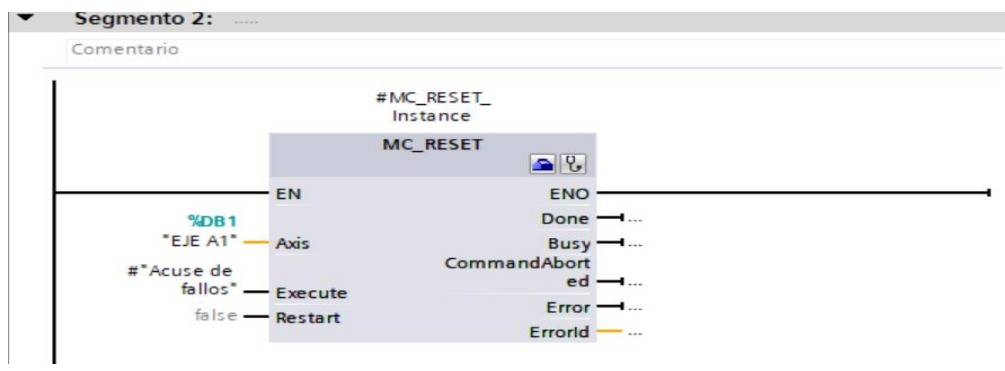


NOTA. El gráfico representa el bloque de programación para habilitar y deshabilitar el proceso.

16. En el segmento 2 se configuro nuestro **MC_RESET** de igual manera con la opción de funcionamiento de multi instancia donde se aplica el mismo eje y se crea otro variable con un nombre de **ACUSE DE FALLO**.

Figura 58.-

Bloque MC_RESET_INTANCE

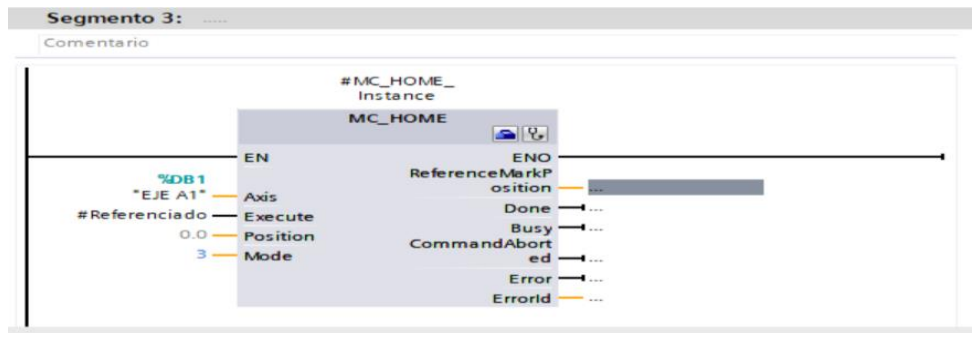


NOTA. El gráfico representa un bloque de programación resetear y reiniciar el proceso

17. En el segmento 3 se configura el bloque **MC_HOME** de igual manera con la opción de funcionamiento de multi instancia donde se aplica el mismo eje y se crea otro variable de **REFERENCIADO**.

Figura 59.-

Bloque MC_RESET_INSTANCE

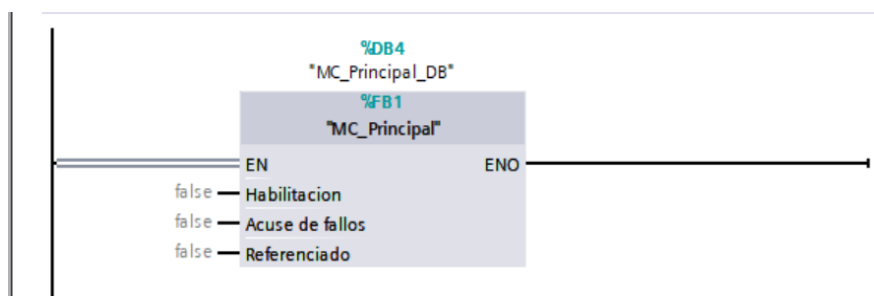


NOTA. El gráfico representa un bloque de programación de permite dar inicio al programa.

18. Se ingresa al bloque del Main [OB1] y se arrastra el bloque principal al segmento 1, luego debemos cargar la configuración.

Figura 60.-

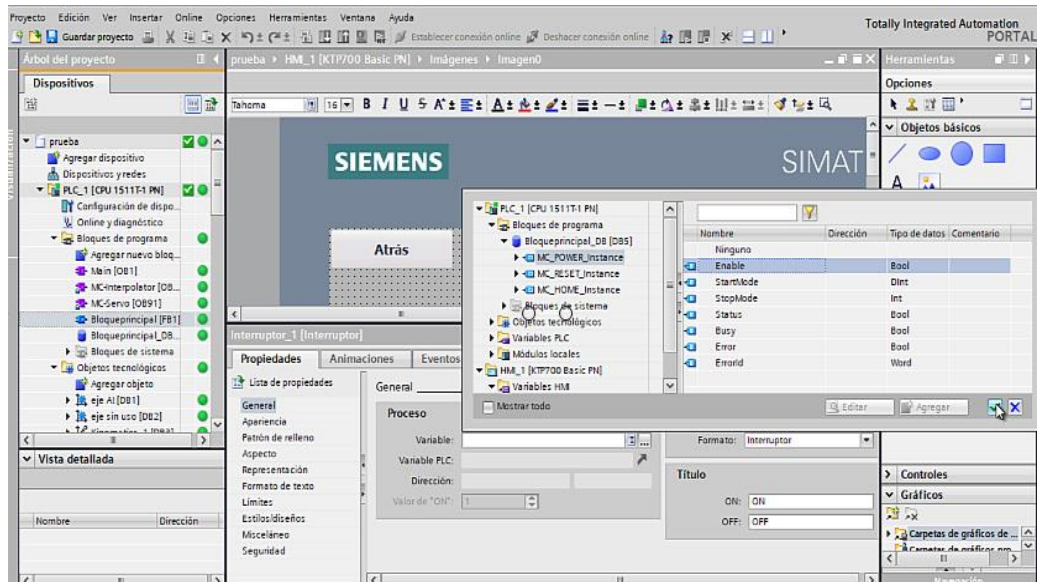
Bloque de funciones principal



NOTA. El gráfico representa el bloque de funciones principal el cual es transferido al nuevo bloque de programa.

- 19. Se abre la pantalla de imágenes y se agrega variables, donde se desplaza una ventana con propiedades para aplicar en las variables que ya se ha creado en el bloque principal, empezado con el MC_POWER INSTANCE, para activar la variable HABILITACIÓN

Figura 61.-
Creación de tablas de variables

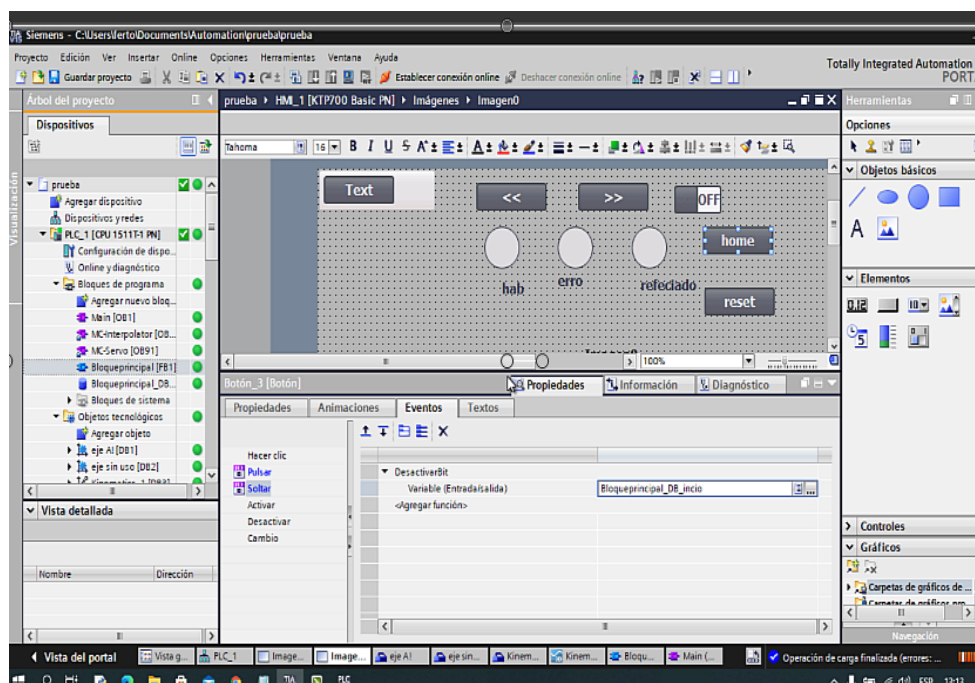


NOTA. El gráfico representa la creación de variables necesarias para manipular los bloques de programación.

20. Para la habilitación del RESET y HOME es necesario habilitarlos mediante la activación de bit en la pestaña de eventos, pero se repite los pasos anteriores ítem con la diferencia que hay que elegir en pulsar y soltar con el nombre de las variables necesarias.

Figura 62.-

Configuración de HMI

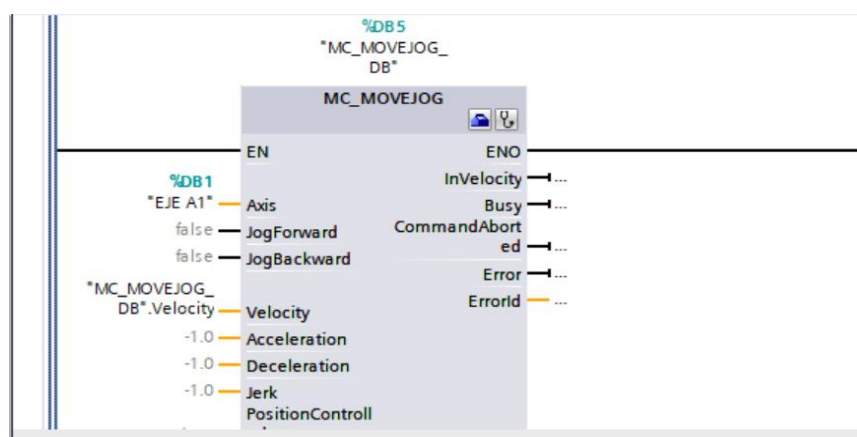


NOTA. El gráfico representa los elementos a utilizar en el HMI con sus respectivos parámetros, habilitaciones, animaciones y eventos necesarios.

21. Se ingresa al Main [OB1] y en el segmento 2 se agregó en el bloque **MC_MOVE_JOB** y el eje A1, donde **SE MUESTRA SE HABILITA MC_MOVE JOB_DB**. Velocity para poder reflejar los valores que proporciona el proceso.

Figura 63.-

Bloque MC_MOVEJOG_DB

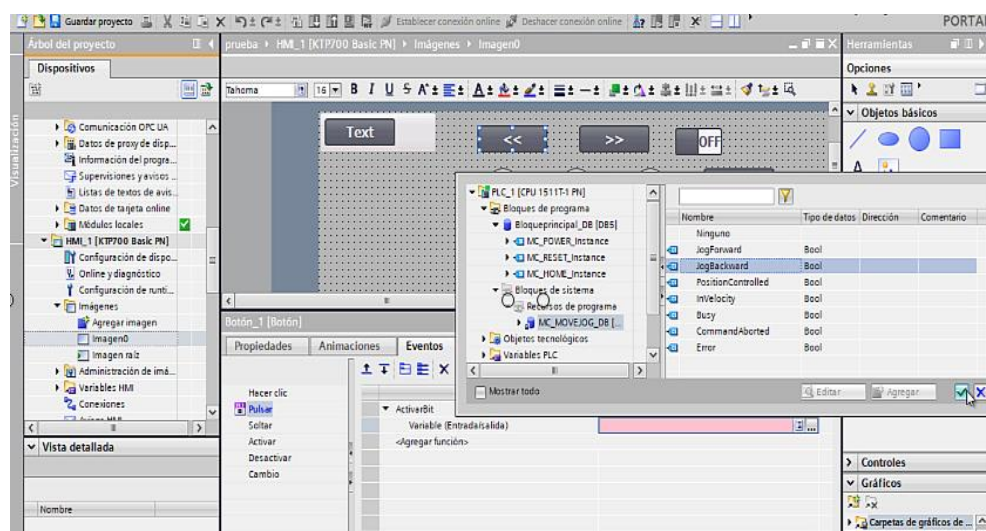


NOTA. El gráfico representa el bloque MOVEJOB que permite el ingreso de datos al operador en forma manual.

22. Luego se abre a la ventana del HMI y se configura las variables seleccionando el objeto, se elige los bloques de sistemas, se seleccionó el bloque **MC_MOVE_JOG** y se aplica las opciones hacia delante o hacia atrás con los dos comandos deseados para el control del motor.

Figura 64.-

Función de modo Jog con comandos individuales

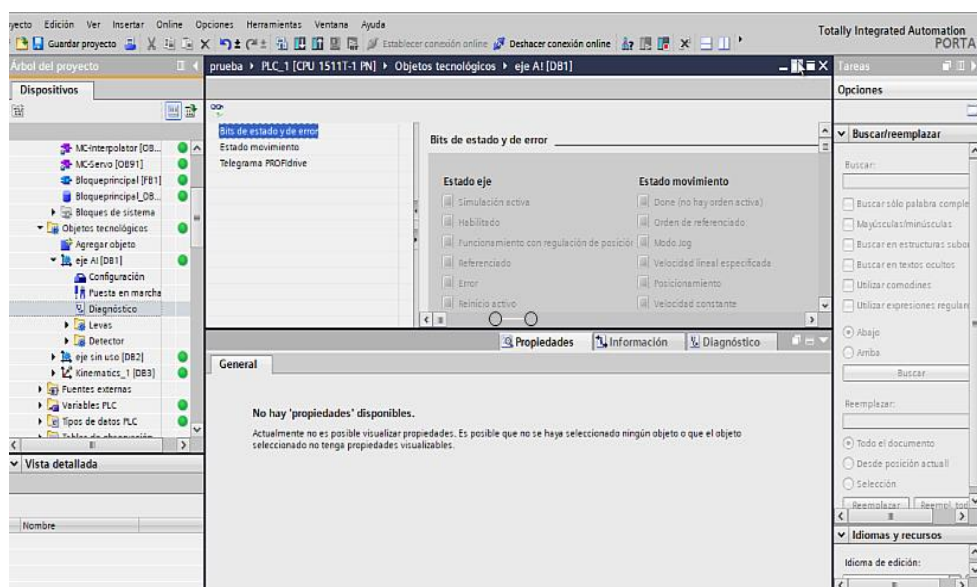


NOTA. El gráfico representa los pasos para asignar eventos a los comandos individuales del control del motor a paso de forma lineal.

23. Para activar los leds indicadores del proceso de funcionamiento se dirige a objetos tecnológicos y se selecciona el icono de diagnóstico el que indica nuestro bit de estado y error, donde permite información de ayuda donde despliega un manual donde indica los números de bits están almacenados en un status work dependiendo de la acción de aviso deseada.

Figura 65.-

Bit de estado y de error

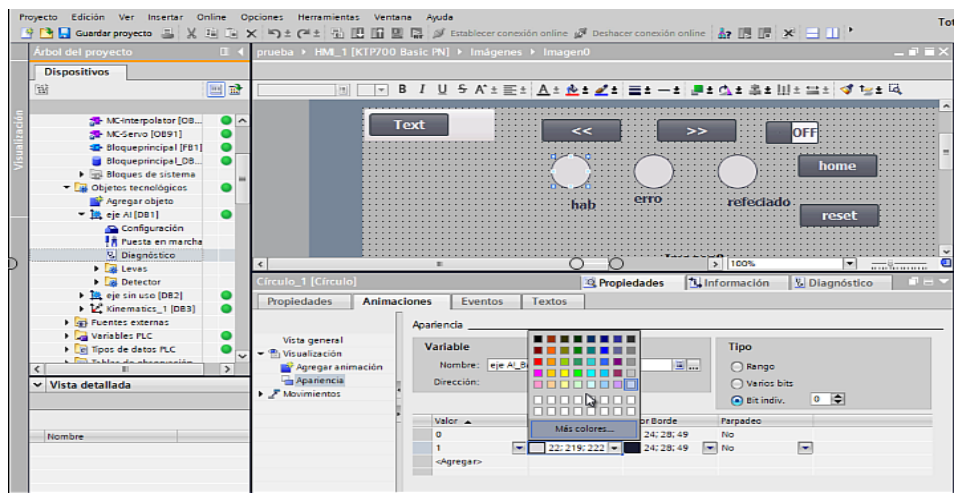


NOTA. El gráfico representa las posibles activaciones de luces indicadoras que se puede aplicar en el proceso de acuerdo con las condiciones.

24. Dar clic en el objeto en la pantalla del HMI, se selecciona agregar animación visual, clic en animaciones y se almacena el bit en un status work y el número de bit para designar función y se combinó colores para el enciendo o apagado del led de indicación.

Y así se siguió la implementación los indicadores necesarios en el proyecto.

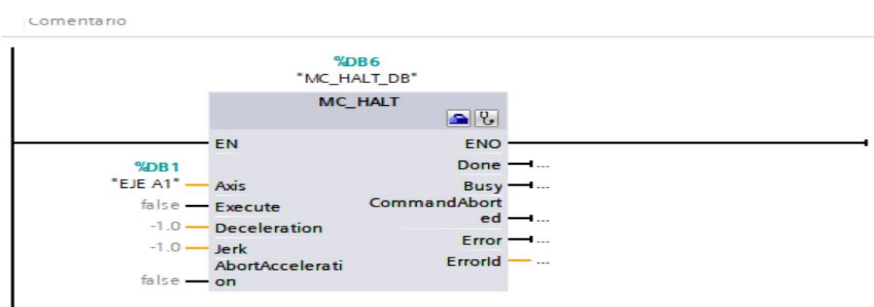
Figura 66.-
Diseño del HMI



NOTA. El gráfico representa el modelo del HMI a crear con colores basados en las normas ISA101.

25. Siguiendo con la programación volvemos al bloque de Main se desplaza al segmento 3 donde se agrega un bloque de frenado **MC_HALT_DB** en el cual igual se debe agregar el eje.

Figura 67.-
Bloque MC_HALT_DB



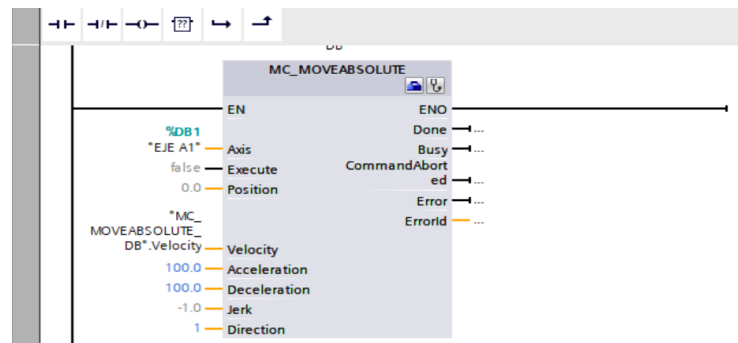
NOTA. El gráfico representa un bloque de programación que permite el frenado del motor.

26. En el segmento 4 se asignan el eje y las variables específicas como velocidad, aceleración y velocidad en el bloque **MC_MOVE ABSOLUTE**.

En el mismo bloque de debe habilitar una variable MC_MOVE ABSOLUTE_DB. Velocity que permite reflejar valores que proporciona el proceso.

Figura 68.-

Bloque MC_MOVE ABSOLUTE

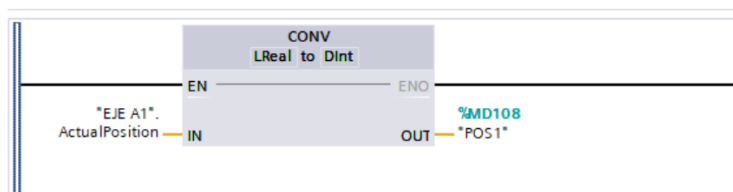


NOTA. El gráfico representa el bloque MOVEABSOLUTE donde permite controlar la velocidad con comandos individuales.

27. En segmento se realizó una conversión la que permite el movimiento del objeto a simular en el HMI en nuestro caso es un carrito, en el cual solo permite trabajar con una relación de 16 bits pero nuestra estructura tiene 32 bit y oscilan a ese valor por lo tanto se debe realizar la transformación de LBA (**Lreal to Dint**) a data de enteros.

Figura 69.-

Bloque conversión

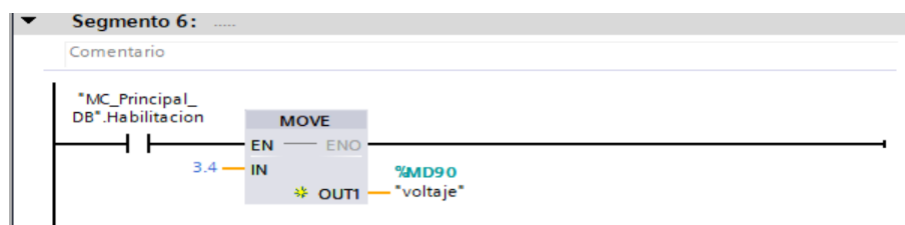


NOTA. El gráfico representa una conversión (Lreal to Dint).

28. Para la variable de voltaje en el segmento 6 en la línea de programación se ubica un contacto abierto con la variable de "MC_Principal_DB" de habilitación, se ingresó el voltaje de 3,4 V donde se dirige a un bloque **MOVE** que permite la visualizará, al encender la simulación del motor a pasos, gracias a una marca de salida con el nombre de voltaje.

Figura 70.-

Bloque MOVE



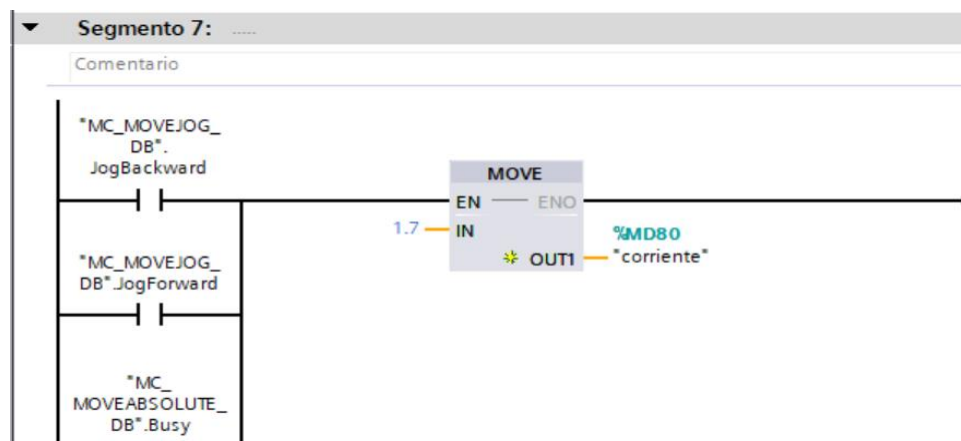
NOTA. El gráfico representa el bloque de move con el valor del voltaje.

29. De igual manera se realiza para apreciar la corriente de forma que en la línea de programación con los contactos abierto están ubicados en paralelo con las tres condiciones de "MC_MOVEJOG_DB en sus dos

aplicaciones y el de "MC_MOVEABSOLUTE que ingresa al **MOVE**, así como el valor de corriente de 1,7A en la entrada y por ende a su salida una marca llamada corriente.

Figura 71.-

Bloque MOVE para corriente

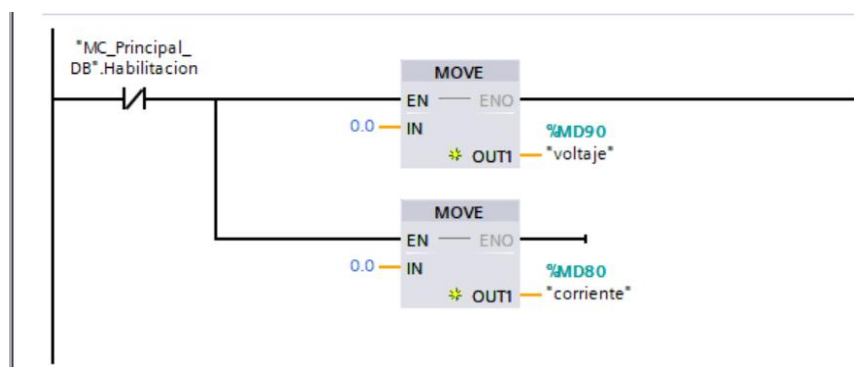


NOTA. El gráfico representa el valor de la corriente de trabajo del motor que influye en los tres bloques para el funcionamiento.

30. Para que la simulación quede en cero al momento de apagar el equipo se trabajó con un contacto cerrado de "MC_Principal_DB" de habilitación que ingresan a dos MOVE que se apliquen tanto para voltaje y corriente con una entrada de valor cero.

Figura 72.-

Bloques de MOVE con variables corriente y voltaje



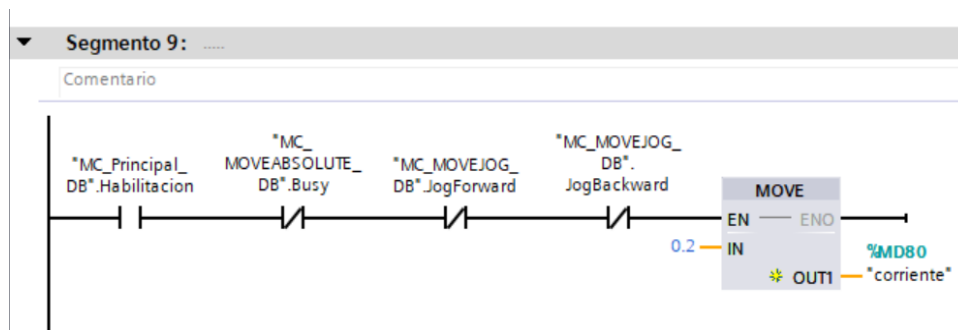
NOTA. El gráfico representa una debilitación del bloque principal al tener el voltaje y la corriente en 0

31. La corriente de inicio no es exactamente cero por ende se necesita que empiece con un valor sea de iniciación de 0,2 A por lo cual se ubica en serie un contacto abierto y los demás cerrados de las variables de los bloques:

- "MC_Principal_DB".Habilitacion
- "MC_MOVEABSOLUTE_DB".Busy
- "MC_MOVEJOG_DB".JogForward
- "MC_MOVEJOG_DB".JogBackward

Figura 73.-

Bloque MOVE con corriente nominal de trabajo



NOTA. El gráfico representa. Que las tres condiciones con contactos cerrados e decir cuando se habilita el bloque principal va empezar con un valor de 0.2 A.

32. Se agregó un bloque de multiplicación que permite transformar los milímetros en grados, se realizó una relación de conversión aplicando la siguiente formula con los parámetros de configuración aplicados en los primeros pasos. Una vuelta de revolución = 360° equivalentes a 10 milímetros en el movimiento lineal entonces de manera que aplica la siguiente formula:

$$X = 10\text{mm}$$

$$x = \frac{\text{Numero de vueltas por revolución en grados}}{\text{Valor en movimiento lineal en milímetros}}$$

$$x = \frac{360^\circ}{10\text{mm}}$$

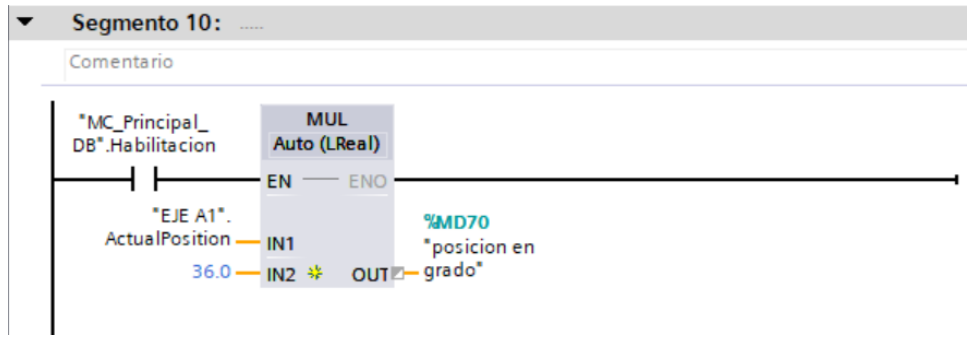
$$x = 36$$

Donde muestra que el 36 está ubicado en la entrada 2 como contante, la variable a multiplicar por cualquier de valores del movimiento lineal y

transformar al número de grados que realiza el motor a paso por vueltas, al bloque también se debe habilitar un contacto abierto del bloque MC_Principal_DB. Habilitación y en la entrada 1 ubicamos el eje a como se muestra en la Figura 73.

Figura 74.-

Bloque de multiplicación

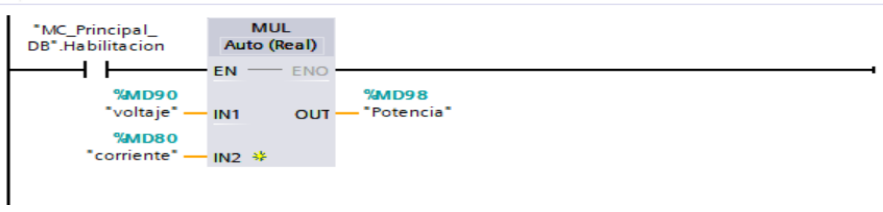


NOTA. El gráfico representa la multiplicación del valor de conversión por el valor de posicionamiento lineal el cual permite encontrar su posición en grados.

33. Para sacar la potencia se utilizará otro bloque similar al paso 31, que permitirá la multiplicación de las variables de voltaje y corriente en su entrada para obtener a la salida la potencia.

Figura 75.-

Bloque de multiplicación para la potencia



NOTA. El gráfico representa un bloque de multiplicación entre el voltaje y la corriente para encontrar la potencia

34. En este segmento se aplica otro bloque de multiplicación el cual permite realizar una transformación de velocidad lineal a angular el mismo que necesita de un factor de conversión que se va evaluar de la siguiente manera:

Velocidad lineal = valor variable

Velocidad de paso = $10\text{mm}\cdot r$

Formula de velocidad angular

$$N = 60 \times \frac{f}{n}$$

$$N = \frac{60}{10m} \times f$$

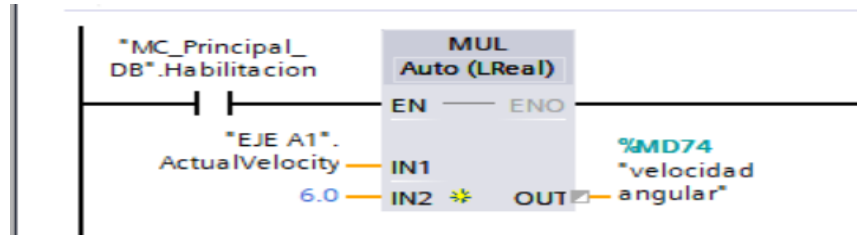
$N = 6$ revoluciones por minuto

FACTOR DE CONVERSIÓN

Con el factor de conversión permite encontrar la velocidad angular como se observa en la figura.

Figura 76.-

Bloque de multiplicación de la velocidad angular



NOTA. El gráfico representa al bloque de multiplicación entre la velocidad actual del eje a1 por el factor de conversión para encontrar la velocidad angular.

35. Mediante la fórmula de la potencia del motor se encontrará el torque mediante el despegue de la variable como se indica a continuación.

P = POTENCIA

T = TORQUE

W = VELOCIDAD ANGULAR

$$P = T \times W$$

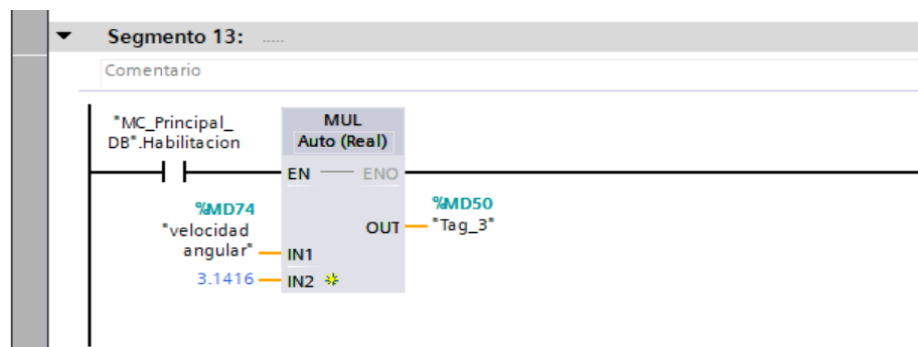
$$P = \frac{T \times N}{\frac{60}{2\pi}}$$

$$T = \frac{30 \times P}{N \times \pi}$$

Entonces la velocidad angular se multiplicará la velocidad angular por el valor de π que permitirá obtener una memoria de torque para luego ser dividida de acuerdo con la ecuación planteada.

Figura 77.-

Bloque de multiplicación por el torque

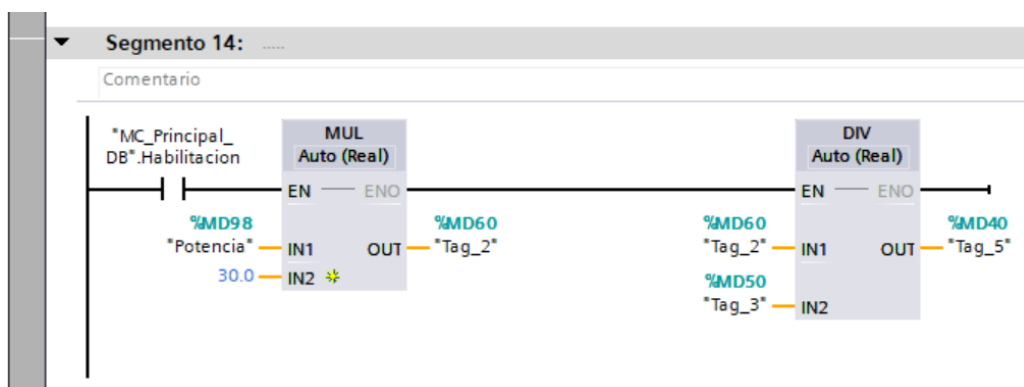


NOTA. El gráfico representa el bloque de multiplicación entre la velocidad angular por el π para que finalmente encontrar la potencia

36. En el siguiente bloque se multiplicará la potencia por el valor constante de 30, y la salida del segmento 13 y 14 ingresaran a un bloque de división proporcionando así un valor de newton por milímetros, el valor de salida será otra vez enviado a un bloque de multiplicación para obtener el torque final transformado a newton por metros.

Figura 78.-

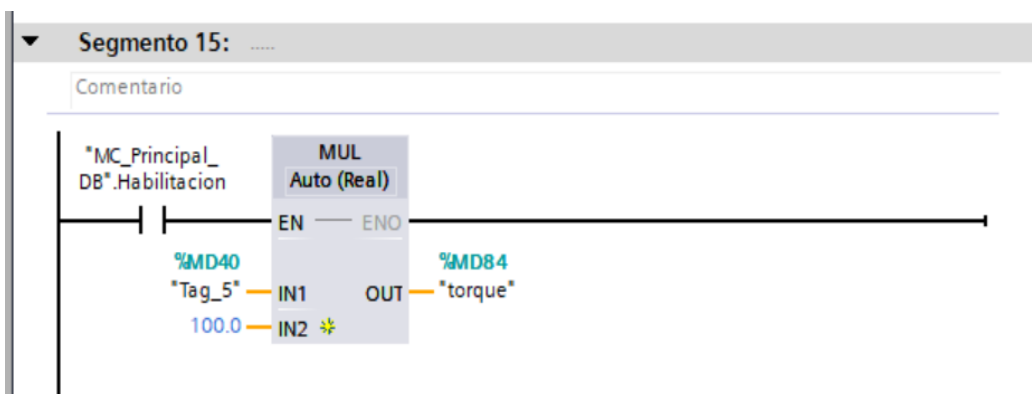
Bloques de multiplicación y división para obtener el torque



NOTA. El gráfico representa el bloque de multiplicación entre la variable de la potencia por 30 valor constante y el resultado se divide con el valor de la velocidad angular para obtener finalmente el torque.

Figura 79.-

Bloque de multiplicación final



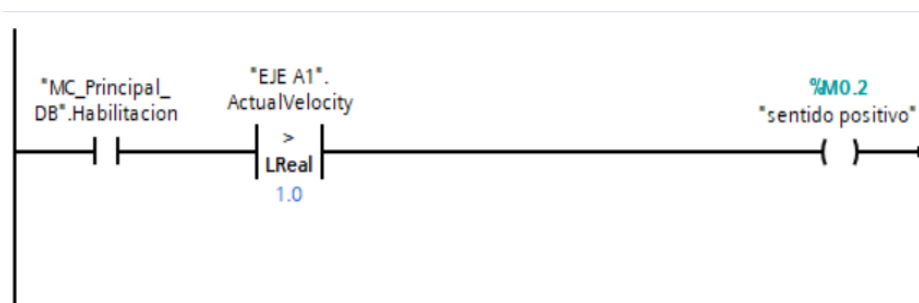
NOTA. El gráfico representa un bloque de multiplicación donde interfiere el valor final de la figura 79 por 100 valor que como resultado dará el torque verdadero del motor.

37. Se realizó un control para el sentido del motor considerando la variable Mc_Principal_DB_Habilitación para las dos opciones con la diferencia que

la posición positiva consta de una comparación mayor a 1 y la negativa con menor a 1, por el frenado que la provoca una deceleración mínima en el motor en forma negativa o positiva según el caso que no sería muy exacta si trabajamos con el valor 0.

Figura 80.-

Segmento de direccionamiento positivo



NOTA. El gráfico representa el direccionamiento activo positivo del motor a pasos.

Figura 81.-

Segmento de direccionamiento negativo



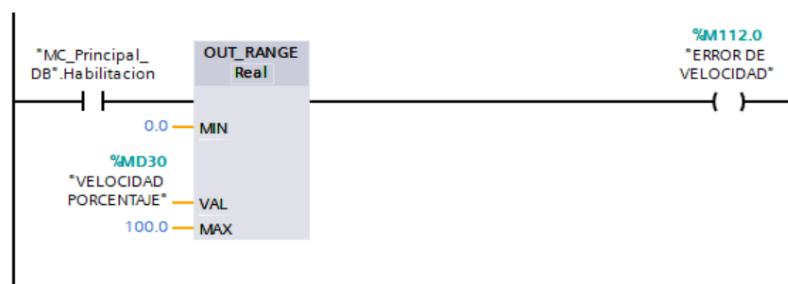
NOTA. El gráfico representa el direccionamiento activo negativo del motor a pasos.

38. En el segmento 18 se habilita el eje y se realiza una comparación de 0 a 100 %, permite evaluar si está dentro del rango del porcentaje ya

mencionado como resultado será booleano prenda el led indicador de velocidad para el error de velocidad.

Figura 82.-

Bloque de rango de salida



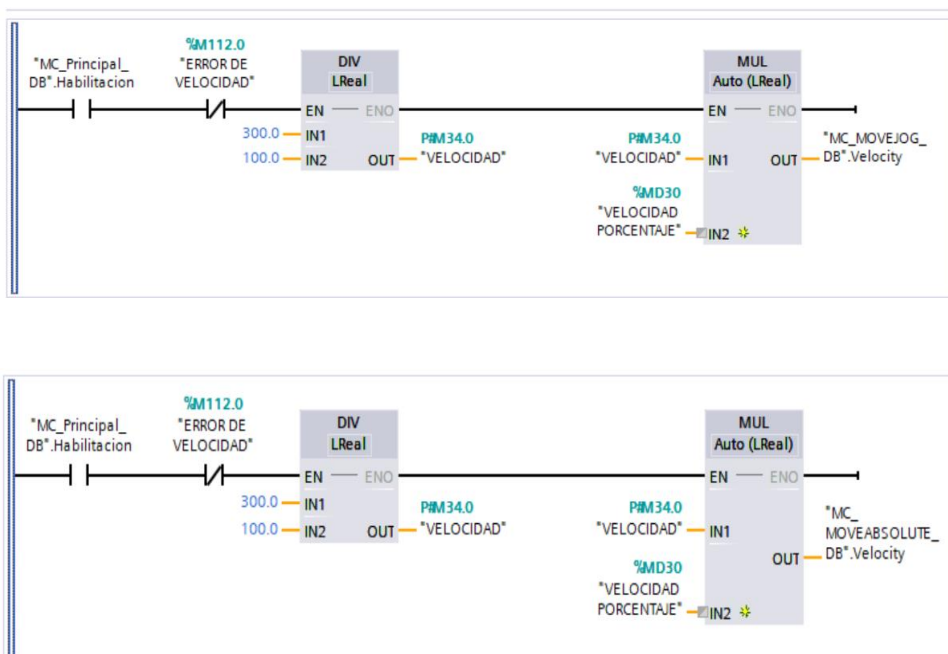
NOTA. El gráfico representa el bloque de rango donde muestra el led de error si no se encuentra valores de acuerdo al rango establecido.

39. Segmento 19 y 20 se activa el bloque principal de habitación, contacto cerrado del error de velocidad ingresa a un bloque de división donde permite obtener el valor de conversión es decir 300 se divide para los 100 es decir el factor de conversión es 3 este valor está adaptado para insertar las gráficas y observar el comportamiento de la misma.

La salida de esta velocidad se multiplica por la velocidad en porcentaje, este proceso se realiza tanto para modo MC_MOVE JOG_DB.Velocity y MC_MOVE ABSOLUTE_DB.Velocity.

Figura 83.-

Bloque de división y multiplicación para la velocidad en porcentaje

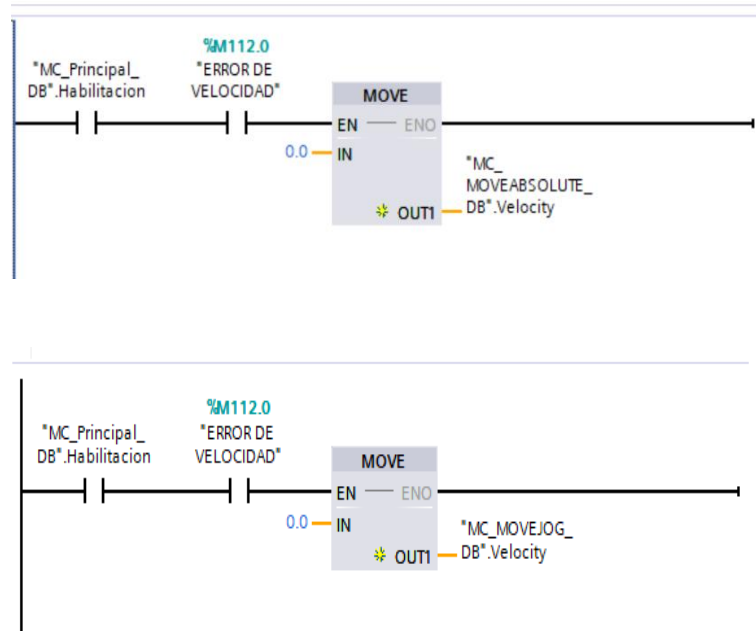


NOTA. El gráfico representa que el valor de la velocidad en porcentaje que está habilitado tanto como en modo Jog como en absoluto.

40. Finalmente, en el segmentó 21 y 22 para que el programa no reconozca valores negativos se realiza el bloque move que permite que se habilite solo valore positivos y si están en el rango de porcentaje, es decir el valor de entra va empezar desde 0-100% tanto en el bloque de movimiento tanto del modo absoluto como modo de trabajo.

Figura 84.-

Bloque de MOVE para error de velocidad



NOTA. El gráfico representa los segmentos bloques move que como dato de entra es 0 para bloquear a valore negativos y fuera de rango en los dos modos de trabajo.

3.8. Desarrollo del HMI

41. Desarrollo HMI por medio de ventanas de intervención del en proceso de control de movimiento de un motor a pasos.

Figura 85.-

Ventana de presentación



NOTA. El gráfico representa la ventana de bienvenida al inicio del proceso

Figura 86.-

Ventana de inicio del proceso



NOTA. El gráfico representa la ventana de al inicio para ingresar a la hoja técnica del motor


Figura 87.-

Ventana de datos técnicos del motor

HOJA DE DATOS DEL MOTOR A PASOS

MODELO: 42BYGHW609

Resolución del motor	Longitud del motor	Voltaje nominal	Consumo de corriente	Par de sujeción	Par de retención	Inercia del rotor	Diámetro del eje	Angulo de paso	Distancia de posición lineal
Grados [°]	[mm]	V	A	Nm	mNm	gcm ²	[mm]	Grados [°]	[mm]
1.8	40	3,4	1.7	0.4	21.6	54	5	360	10

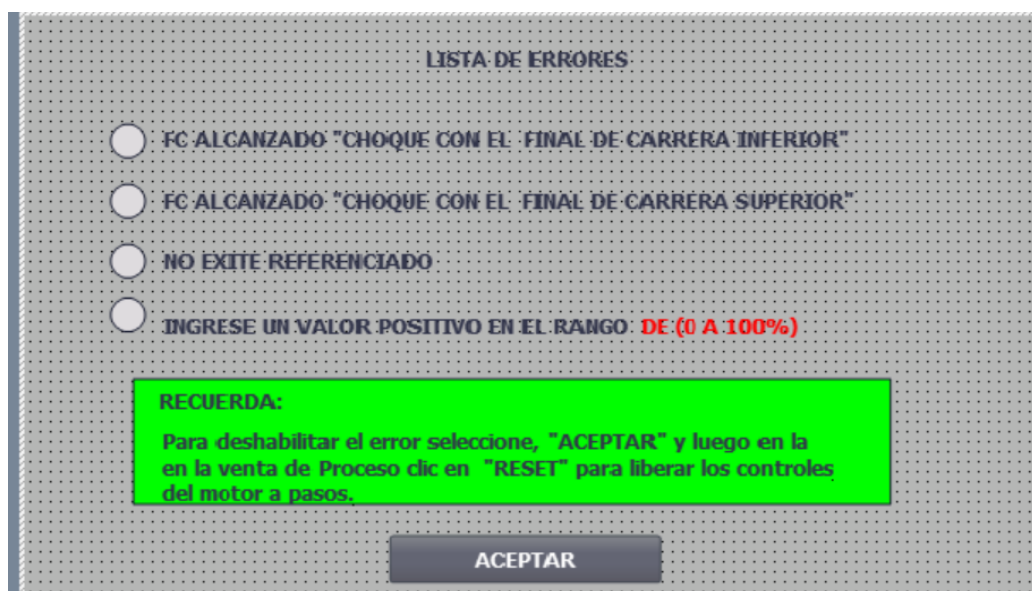


NOTA. El gráfico representa la ventana de datos técnicos del motor a pasos 42BYGHW609 aplicable a la simulación

42. Se insertó una nueva ventana donde muestra la lista de errores la misma que muestra leds indicadores al activarse el error, está basado en pasos anteriormente mencionados.

Figura 88.-

Ventana de posibles errores en el sistema

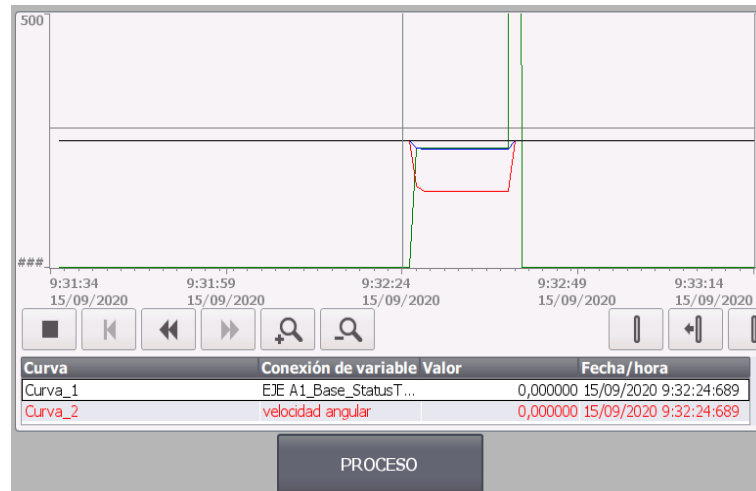


NOTA. El gráfico representa una lista de errores que se produce en el programa

43. Para tener mayor conocimiento de la forma de trabajo del motor fue necesario la implementación de graficas las mismas que se encuentra ubica en otra ventana. Para habilitar este panel de herramientas del Tía portal en la opción de controladores esto nos permite identificar variables mediante el color que se les proporcione con sus respectivos nombres.

Figura 89.-

Ventana de graficas

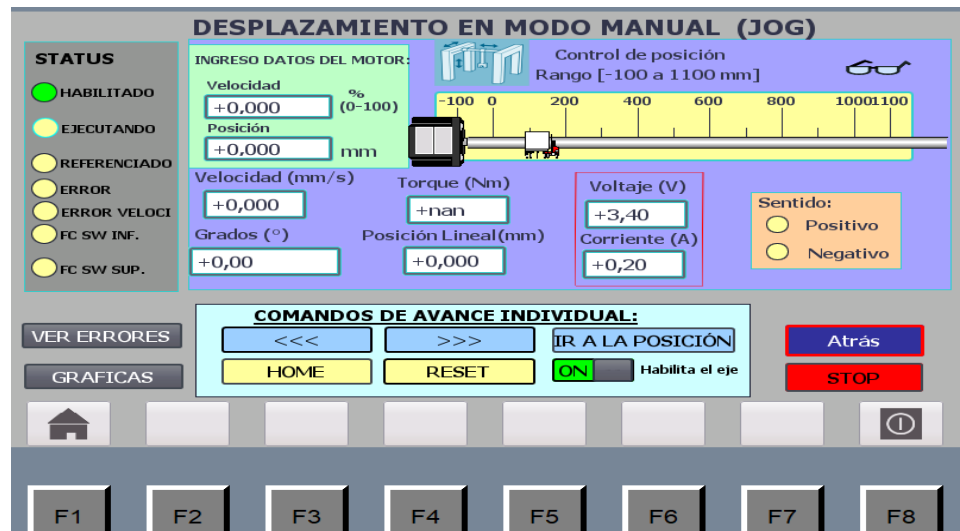


NOTA. El gráfico representa el registro del modelo de trabajo de cada variable incluida es decir de eje, velocidad angular, velocidad eje y torque

44. El desarrollo de la pantalla de control de HMI está constituido por el modo manual jog donde permite el ingreso de datos de velocidad en porcentaje y de pasión lineal del motor en unidades de mm, también consta de comandos individuales para la manipulación del motor en la misma pantalla se observa la variación de torque, velocidad, números de grados y el sentido del motor de acuerdo a los datos ingresados.

Figura 90.-

Pantalla HMI con sus respectivas condiciones



NOTA. El gráfico representa modo manual y referenciado para manipular datos de trabajo del motor a pasos dependiendo del proceso que ordene el operador.

Figura 91.-

Ventana de salida del proceso



NOTA. El gráfico representa una ventana con la opción de volver a empezar el proceso.

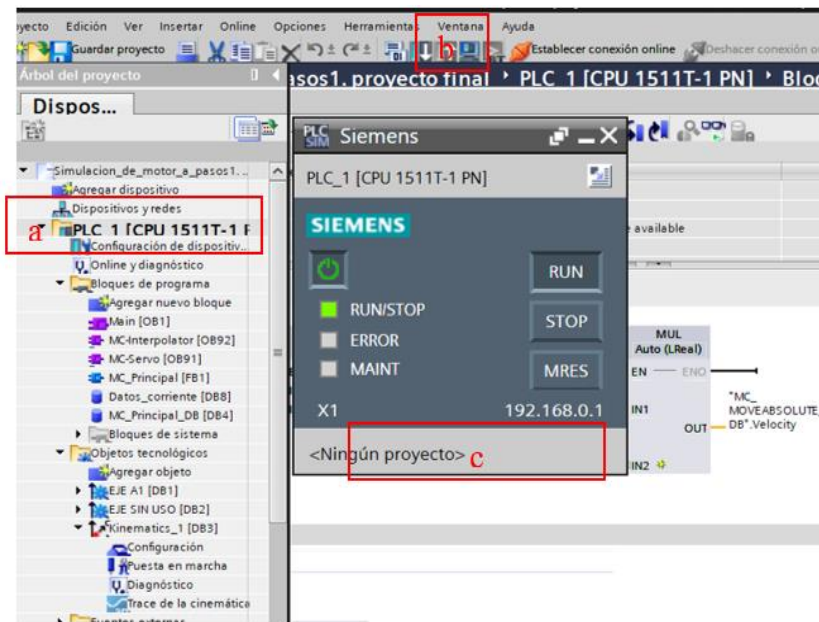
3.9. Comprobación de funcionamiento

45. Para verificar el funcionamiento del HMI para el control de movimiento de motor a pasos de forma simulada, se manda a correr el programa aplicando los siguientes pasos:

- a) Dar clic en PLC ya seleccionado al inicio de la creación del programa.
- b) Seleccionar en el icono de iniciar simulación
- c) Cargar el PLC simulado y escoger la opción finalizar

Figura 92.-

Carga del programa en el PLC de forma de simulada

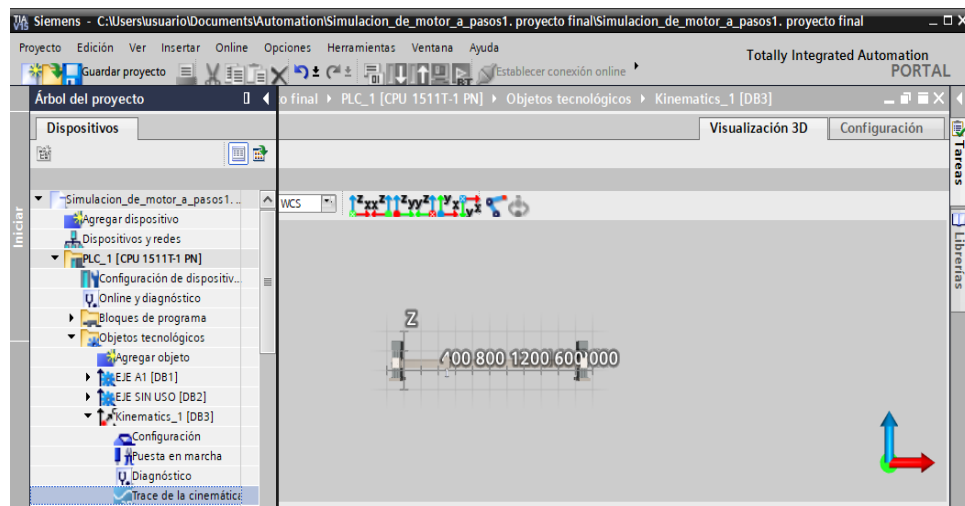


NOTA. El gráfico representa los pasos a seguir para cargar el programa en el PLC

- d) Dar clic en objetos tecnológicos en la pestaña de las cinemáticas, donde se desplaza el trace de la cinemática el cual permite observar la pantalla de funcionamiento del motor a paso en forma lineal.

Figura 93.-

Bloque del trace de cinemáticas

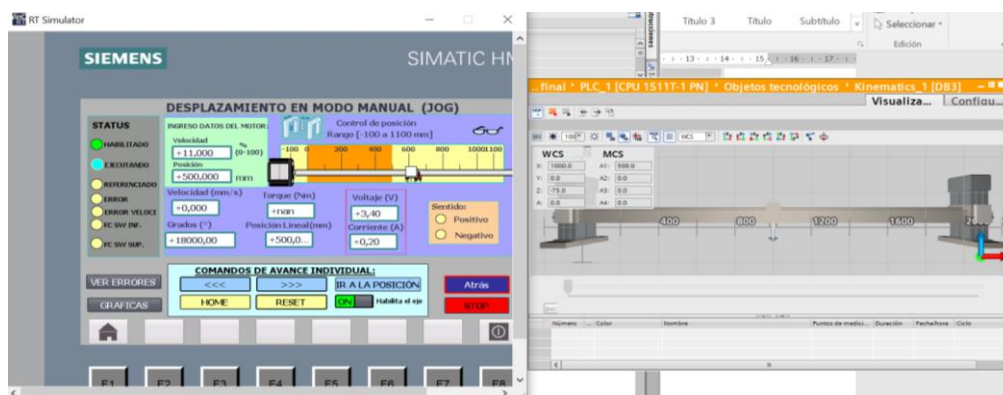


NOTA. El gráfico representa la simulación del motor a pasos por medio del simulador solidworks en una dimensión de 3D.

- e) Para que funcione correctamente el programa se debe activar la opción de establecer conexión online para la activación de todas las condiciones establecidas en los pasos anteriores.
- f) Seleccionar el icono del KTP 700 y mandar a simular el programa con sus respectivas ventanas como se puede apreciar la Figura 93.

Figura 94.-

Simulación proyecto del control de movimiento del motor a paso



NOTA. El gráfico representa la simulación del HMI basada en el software Win CC del motor a pasos y la gráfica representada en solidworks en una dimensión de 3D.

3.10. Tabla de variables

Adicional de adjunta la tabla de valores establecidos mediante el proceso de programación.

Figura 95.-

Variables del PLC S7-1500

Variables PLC		Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...
1	voltaje	Tabla de variabl...	Real	%MD90		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	corriente	Tabla de variables e..	Real	%MD80		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	POS1	Tabla de variables e..	Dint	%MD108		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	datos corriente	Tabla de variables e..	Real	%MD94		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	posicion en grado	Tabla de variables e..	Real	%MD70		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	velocidad angular	Tabla de variables e..	Real	%MD74		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	torque	Tabla de variables e..	Real	%MD84		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Potencia	Tabla de variables e..	Real	%MD98		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	Tag_1	Tabla de variables e..	Bool	%M60.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	Tag_2	Tabla de variables e..	Real	%MD60		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	Tag_3	Tabla de variables e..	Real	%MD50		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	Tag_4	Tabla de variables e..	Real	%MD65		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	Tag_5	Tabla de variables e..	Real	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	sentido positivo	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	sentido negativo	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	VELOCIDAD	Tabla de variables e..	LReal	%M34.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	VELOCIDAD PORCENTAJE	Tabla de variables e..	Real	%MD30		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	ERROR DE VELOCIDAD	Tabla de variables e..	Bool	%M112.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

NOTA. En figuras se representa las variables utilizadas en el proyecto de titulación.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se obtuvo información relacionada al funcionamiento del motor a pasos, que está compuesto por una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados por paso o medio paso dependiendo de sus entradas de control, permitiendo tener un amplio control del operador hacia procesos industriales de acuerdo a las condiciones de trabajo.
- Con el software TIA PORTAL se logró desarrollar el algoritmo mediante un conjunto de procedimientos para los bloques de programación entorno al control de movimiento del motor a pasos en forma simulada utilizando conexiones virtuales con PLC S7-, esto permite agregar objetos tecnológicos con el cual se consiguió entrelazar los datos del motor paso a paso, plasmados en el HMI y enviar al simulador solidworks para apreciar el funcionamiento del eje del motor en una posición lineal.
- Se desarrolló el HMI en el software WinCC en una plantilla KPT700 que contiene dos modos de trabajo, modo manual que permite ingresar valores de velocidad en porcentaje y la posición lineal en (mm), en el modo referenciado es manipulado por medio de comandos individuales que permiten el avance o retroceso del motor, en estos dos modos se pudo verificar los datos de número de grados por de paso, velocidad, torque, sentido del motor.
- En el HMI se implementó los datos del motor tanto de corriente y voltaje, se agrega una barra indicadora que permite observar la habilitación del

proceso, errores mediante luces indicadores, finales de carrera activados, si existe fallas contiene una ventana de lista de errores para deshabilitar las mismas, los datos de todo el HMI se puede observar por medio de graficas de control en el caso de mi proyecto cada variables está representada por colores como este caso el color negro representa EJE A1, Rojo la velocidad angular, Azul la velocidad del eje y el Verde el torque, todas las pantallas del proceso están basadas a las normas isa 101.

4.2. Recomendaciones

- Si se va a trabajar con el programa solidworks y el Tía portal es necesario que el instalador del programa continúe con una secuencia de instalación es decir se debe instalar primero el solidworks y luego el Tía portal para que los datos se entrelacen sin producir errores.
- En las instrucciones de Motion Control que son necesarias para el proyecto como por ejemplo el bloque de MC-POWER, se debe seleccionar funcionamiento de multiinstancia para que permite operar desde del HMI el proceso.
- Realizar las conversiones necesarias para encontrar las variables y valores de las condiciones propuestas en el proyecto, trabajando en diferentes segmentos para que conflictos en la programación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEX VILLALTA, O. J. (2017). *DISEÑO DE UN MODELO VIRTUAL DE LA ESTACIÓN*.

Recuperado el Julio de 20 de 2020, de DISEÑO DE UN MODELO VIRTUAL DE LA ESTACIÓN: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/129203/D-CD106491.pdf>

AVILA, M. J. (AGOSTO de 2002). *Users*. Recuperado el 12 de Junio de 2020, de Users:

<file:///C:/Users/usuario/Downloads/17782.pdf>

BERTOMEU. (ENERO de 2010). *utn*. Recuperado el 20 de Junio de 2020, de utn:

http://www1.frm.utn.edu.ar/mielectricas/docs2/PaP/MOTOR_PaP_FINAL.pdf

Cadavid, I. (2015). *Control de motores Paso a Paso*.

Carletti, E. J. (2019). *Características básicas de motores paso a paso*. Recuperado el 5

de Julio de 2020, de Características básicas de motores paso a paso:

http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm

CARRICA, D. (21-25 de SEPTIEMBRE de 1999). Recuperado el 8 de Julio de 2020, de

<Users/usuario/Documents/AlgoritmoeficienteSecure.pdf>

CARRILLO SÁNCHEZ, A. E. (03 de JULIO de 2019). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN*

DE UN SISTEMA DIDÁCTICO. Recuperado el 25 de Julio de 2020, de DISEÑO

E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIDÁCTICO: [file:///D:/T-ESPEL-ENI-](file:///D:/T-ESPEL-ENI-0435.pdf)

<0435.pdf>

Gürocak, H. (. (25 de Marzo de 2018). *Industrial Motion Control. Vancouver*. Obtenido

de Industrial Motion Control. Vancouver: NI: <http://www.ni.com/tutorial/7450/en/>

- Gutierrez Torrijos, F. (2015). *Sistema de seguridad con visualizadores de programación gráfica para procesos de control*. México: Universidad Nacional Autónoma de México .
- HMI, S. (Octubre de 2016). *Paneles de operador*. Recuperado el 10 de Agosto de 2020, de Paneles de operador:
https://www.tecnical.cat/PDF/SIEMENS/HMI/hmi_basic_panels_2nd_generation_operating_instructions_s_es-ES.pdf
- INDUSTRIAL, C. D. (2 de DICIEMBRE de 2010). Recuperado el 1 de Agosto de 2020, de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>
- INDUSTRIAL, S. T. (2 de DICIEMBRE de 2010). Recuperado el 10 de Agosto de 2020, de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>
- Jesus, A. D. (2012). udlap. *scribd*, 1-10. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de udlap.
- KTP700, T. P. (2020). *CONTROL/REDES*. Recuperado el 30 de Agosto de 2020, de Trainer Package SIMATIC Basic Panel KTP700: <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/mps-sistema-de-produccion-modular/control-redes/con-siemens-s7/trainer-package-simatic-basic-panel-ktp700.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC42MTAuODlwMQ>
- Manage, S. (2018). *SOLIDWORKS Manage*. Recuperado el 31 de Agosto de 2020, de <https://solid-bi.es/solidworks/>
- Méndez, J. (14 de 04 de 2020). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>

- Méndez, J. (14 de 04 de 2020). *Ingeniería Mecafenix*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2020, de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>
- Motor-Datasheet. (s.f.). Obtenido de file:///C:/Users/usuario/Downloads/42BYGHW609-Stepper-Motor-Datasheet1%20(2).pdf
- Piñero Rueda, J. (2015). *Control de un motor de inducción usando un variador de frecuencia*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Pomareta, P. C. (27 de Septiembre de 2017). *Introducción a TIA Portal con el S7-1500*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2020, de Introducción a TIA Portal con el S7-1500: file:///C:/Users/usuario/Downloads/PFC_PEDRO_CENTENO_POMARETA.pdf
- Pomareta, P. C. (27 de SEPTIEMBRE de 2017). *Introducción al Tia portal S7-1500*. Recuperado el 1 de Septiembre de 2020, de Introducción al Tia portal S7-1500: http://oa.upm.es/49911/1/PFC_PEDRO_CENTENO_POMARETA.pdf
- Sánchez., M. e. (10 de Octubre de 2019). *Características del Estándar ANSI/ISA-101.01-2015*. Recuperado el 2 de Septiembre de 2020, de Características del Estándar ANSI/ISA-101.01-2015: <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2019/02/12/caracteristicas-del-estandar-ansi-isa-101-01-2015-interfaces-humano-maquina-para-sistemas-de-automatizacion-de-procesos/>
- SIEMENS. (23 de enero de 2009). *CONTROLADOR PROGRAMABLE S7-1200*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2020, de https://media.automation24.com/manual/es/91696622_s71200_system_manual_es-ES_es-ES.pdf

SIEMENS. (2007 de Enero de 2016). *Objetos tecnologicos*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2020, de objetos tecnologicos:

<https://www.autycom.com/diferencias-entre-los-plc-siemens-s7-300-y-s7-1500/>

SIEMENS. (Septiembre de 2016). *S7-1500*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2020, de Manual de funcion:

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/589/109739589/att_897265/v1/s71500_motion_control_function_manual_sp-SP_es-ES.pdf

Siemens. (2020). *Siemens México 2020*. Recuperado el 9 de Septiembre de 2020, de Siemens México 2020:

<https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html>

VEGA, W. D. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA CON CONTROL*. RIOBAMBA. Recuperado el 11 de Septiembre de 2020

ANEXOS