



**Implementación de un sistema de control de movimiento de un servomotor industrial utilizando un  
autómata programable en el laboratorio de instrumentación virtual de la Unidad de Gestión de  
Tecnologías ESPE.**

Paula Calvopiña, Jefferson Wilo

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica Mención Instrumentación y  
Aviónica

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

Latacunga

11 de junio del 2021



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA MENCIÓN  
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, “**Implementación de un sistema de control de movimiento de un servomotor industrial utilizando un autómatas programable en el laboratorio de instrumentación virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE**” fue realizado por el señor **Paula Calvopiña, Jefferson Wilo** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 de junio del 2021



Firmado electrónicamente por:  
**ZAHIRA ALEXANDRA  
PROANO CAÑIZARES**

.....  
**Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra**

C. C.: 0502272131











# URKUND

## REPORTE DE VERIFICACIÓN

### Urkund AnalysisResult

Analyzed Document: 1724304512.docx (D108541388)  
 Submitted: 6/10/2021 9:14:00 PM  
 Submitted By:  
 Submitter email: jwpaula@espe.edu.ec  
 Similarity: 4%  
 Analysis address: zaproano.espe@analysis.orkund.com

### Sources included in the report:

<b>W</b>	URL: <a href="https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/19206/MEMORIA%20Dar%C3%ADo%20Conde.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/19206/MEMORIA%20Dar%C3%ADo%20Conde.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a> Fetched: 11/22/2019 8:28:01 PM	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/148213551-Simatic-step-7-s-motion-control-v6-0-en-el-tia-portal-v14-prologo-introduccion-1-bases-para-trabajar-con-s-motion-control-2.html">https://docplayer.es/148213551-Simatic-step-7-s-motion-control-v6-0-en-el-tia-portal-v14-prologo-introduccion-1-bases-para-trabajar-con-s-motion-control-2.html</a> Fetched: 9/3/2020 8:19:54 AM	 2
<b>SA</b>	<b>MONOGRAFIA COMPLETA - CAISA PAMELA.pdf</b> Document MONOGRAFIA COMPLETA - CAISA PAMELA.pdf (D62153025)	 4
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8192/1/T-ESPEL-ENI-0318.pdf">https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8192/1/T-ESPEL-ENI-0318.pdf</a> Fetched: 1/26/2021 9:38:47 AM	 1
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / ANTEPROYECTO IZA RIVERA revision.docx</b> Document ANTEPROYECTO IZA RIVERA revision.docx (D82110411) Submitted by: dmiza1@espe.edu.ec Receiver: sealpusig.espe@analysis.orkund.com	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://cache.industry.siemens.com/dl/files/279/59381279/att_40803/v1/s71500_motion_control_function_manual_sp-SP_es-ES.pdf">https://cache.industry.siemens.com/dl/files/279/59381279/att_40803/v1/s71500_motion_control_function_manual_sp-SP_es-ES.pdf</a> Fetched: 1/24/2021 8:42:50 AM	 1
<b>SA</b>	<b>TESIS DISEÑO CONTROL COCINAS PESCADO.docx</b> Document TESIS DISEÑO CONTROL COCINAS PESCADO.docx (D75401438)	 3
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / tesis llagua.docx</b> Document tesis llagua.docx (D13344653) Submitted by: hcteran@hotmail.com Receiver: hcteran.espe@analysis.orkund.com	 1



Firmado electrónicamente por:  
**ZAHIRA ALEXANDRA**  
**PROANO CAÑIZARES**

Ing. Proaño Cañizares, Zahira Alexandra

C.C.: 0502272131



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y  
AVIÓNICA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Paula Calvopiña, Jefferson Wilo**, con cédula de ciudadanía n° 172430451-2, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un sistema de control de movimiento de un servomotor industrial utilizando un autómata programable en el laboratorio de instrumentación virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 10 de junio del 2021**

.....  
**Paula Calvopiña, Jefferson Wilo**

C.C.: 172430451-2



**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA  
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y  
AVIÓNICA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo **Paula Calvopiña, Jefferson Wilo** con cédula de ciudadanía n°172430451-2, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un sistema de control de movimiento de un servomotor industrial utilizando un autómata programable en el laboratorio de instrumentación virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 10 de junio del 2021**

.....  
**Paula Calvopiña, Jefferson Wilo**

C.C.: 172430451-2

## **Dedicatoria**

A mi abuelito Segundo, ya que gracias a él  
pude culminar mis estudios,  
por darme ánimos y muchos consejos  
para no darme por vencido ante  
muchas adversidades.

A mi madre Angela, quien gracias  
a su apoyo incondicional, amor, cariño y  
todas sus palabras de aliento, me enseñó a seguir adelante  
y no decaer durante mi formación como profesional.

A mi abuelita Carmen y mi hermano Kevin,  
que gracias a sus ánimos para que siga adelante,  
me daban mucha fuerza y entusiasmo  
para no decaer con mis estudios.

A mi padre Wilo, quien es parte fundamental de mi vida, que a pesar  
de no vivir junto a mí, me motivaba con sus consejos  
para no caer en malos pasos, ni decaer en mi vida  
y en mi formación como profesional.

**JEFFERSON WILO PAULA CALVOPÍÑA**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por darme salud y vida para culminar  
con mis estudios y por cuidarme en los momentos  
difíciles que hubo en toda mi vida.

A mi madre Angela por haber confiado en mí, por ser la persona  
quien se sacrificó para darme los estudios y por siempre velar  
cada día hasta el final de mi camino como estudiante.

A mi abuelito Segundo, que gracias a él pude culminar mis estudios y que,  
a pesar de la distancia, nunca faltaba una llamada para aconsejarme y  
darme fuerzas para no darme por vencido.

A mi abuelita Carmen y mi hermano Kevin, que gracias a su cariño  
y amor que me tienen, me ayudó a comprender que no  
debía darme por vencido en ningún instante de  
mi vida y mi formación como profesional.

A la Ingeniera Zahira Proaño, como profesora y directora  
de mi monografía, le agradezco por tenerme paciencia  
y por compartirme todos sus conocimientos durante  
el transcurso como uno de sus estudiantes.

## Tabla de contenidos

Carátula .....	1
Certificación .....	2
Reporte de verificación.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Tabla de contenidos .....	8
Índice de tablas.....	10
Índice de figuras.....	10
Resumen.....	12
Abstract.....	13
<b>Tema.....</b>	<b>14</b>
Antecedentes .....	14
Planteamiento del problema .....	15
Justificación .....	15
Objetivos .....	15
<i>Objetivo general</i> .....	15
<i>Objetivos específicos</i> .....	16
Alcance .....	16
Marco teórico .....	17
Sistema de control .....	17
<i>Partes del sistema de control</i> .....	18
Autómata programable .....	23
<i>Partes de un autómata programable</i> .....	23
<i>Funciones básicas de un autómata programable</i> .....	24
<i>Diagrama de bloques interno del autómata programable</i> .....	26
<i>Lenguajes de programación del autómata programable</i> .....	27
<i>Ventajas y los inconvenientes de los autómatas programables</i> .....	29
Selección del plc.....	30
<i>Criterios cuantitativos</i> .....	30



<i>Criterios cualitativos</i> .....	32
<b>Servomotor</b> .....	33
<i>Tipos de servomotores</i> .....	33
<i>Controlador servo</i> .....	34
<i>Modos de operación del servodriver</i> .....	34
<i>Especificación estándar de los servodriver</i> .....	35
<i>Áreas de aplicaciones del controlador</i> .....	35
<b>Interfaz humano-máquina</b> .....	36
<i>Funciones de los HMI's</i> .....	36
<b>Desarrollo</b> .....	37
<b>Descripción del proceso</b> .....	37
<b>Operación del proceso</b> .....	37
<b>Selección de hardware</b> .....	38
<i>PLC S7-1200</i> .....	38
<i>Servomotor</i> .....	38
<i>Servocontrolador</i> .....	39
<b>Selección del software</b> .....	39
<i>Selección del plc y hmi</i> .....	39
<i>Configuración del movimiento del servomotor</i> .....	43
<b>Programación hmi</b> .....	55
<b>Conclusiones y recomendaciones</b> .....	59
<b>Conclusiones</b> .....	59
<b>Recomendaciones</b> .....	59
<b>Bibliografía</b> .....	60
<b>Anexos</b> .....	64

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> Especificaciones del servomotor.....	39
---	----

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto.....	17
<b>Figura 2</b> Sistema de control en Lazo Cerrado.....	18
<b>Figura 3</b> Final de Carrera.....	19
<b>Figura 4</b> TO_PositioningAxis.....	26
<b>Figura 5</b> Diagrama de Bloques de un PLC.....	26
<b>Figura 6</b> Lenguajes IEC 6113-3.....	27
<b>Figura 7</b> Lenguajes de la Norma IEC 61131-3.....	28
<b>Figura 8</b> Criterios cuantitativos para la selección de un Autómata Programable.....	32
<b>Figura 9</b> Especificación estándar del controlador.....	35
<b>Figura 10</b> Pantalla HMI.....	37
<b>Figura 11</b> Crear Proyecto.....	40
<b>Figura 12</b> Agregar el controlador.....	40
<b>Figura 13</b> Agregar dispositivo.....	41
<b>Figura 14</b> Agregar dispositivo HMI.....	41
<b>Figura 15</b> Selección y conexión del PLC con el HMI.....	42
<b>Figura 16</b> Desmarcar las casillas de avisos.....	42
<b>Figura 17</b> Desmarcar el área de botones.....	43
<b>Figura 18</b> Agregar objeto tecnológico.....	43
<b>Figura 19</b> Error de interfaz de hardware.....	44
<b>Figura 20</b> Selección de eje virtual y solución de error.....	44
<b>Figura 21</b> Agregar objeto tecnológico “Eje 2”.....	45
<b>Figura 22</b> Agregar tercer objeto tecnológico “Kinematics_1”.....	45
<b>Figura 23</b> Interconexiones de los objetos tecnológicos (Eje 1 y eje 2).....	46
<b>Figura 24</b> Dar valores a Longitud L1 y X mínima.....	46
<b>Figura 25</b> Límite negativo y positivo en el eje 1.....	47
<b>Figura 26</b> MC principal.....	47
<b>Figura 27</b> Selección de MC_Power.....	48
<b>Figura 28</b> Configuración de la habilitación.....	48
<b>Figura 29</b> Selección de MC_Reset.....	49
<b>Figura 30</b> Configuración de Reset-Error.....	49
<b>Figura 31</b> Configuración de MC_HOME.....	50
<b>Figura 32</b> Configuración de Ref.....	50
<b>Figura 33</b> Agregar un nuevo bloque FB para la secuencia.....	51
<b>Figura 34</b> Programación de la secuencia.....	51
<b>Figura 35</b> Configuración de los bloques de la secuencia.....	52
<b>Figura 36</b> Crear el bloque de entradas configuradas.....	53
<b>Figura 37</b> Bloque creado con las entradas configuradas.....	53
<b>Figura 38</b> Crear bloque de MC_MOVEJOG.....	54
<b>Figura 39</b> Asociar el eje 1 en la entrada axis.....	54
<b>Figura 40</b> Programación del segmento 3 del “MAIN”.....	55

<b>Figura 41</b> Segmento 3 con el bloque de secuencia .....	55
<b>Figura 42</b> Asociación de botones con las variables .....	56
<b>Figura 43</b> Asociación de botones izquierda y derecha con las variables .....	56
<b>Figura 44</b> Asociación del botón secuencia.....	57
<b>Figura 45</b> Configuración de elementos de señalización .....	58
<b>Figura 46</b> Selección de bit individual .....	58

**Resumen**

Esta monografía se enfoca en la implementación de un sistema de control de movimiento de un servomotor industrial 60DM-8M00830-F, utilizando un autómatas programable S7-1200 y una pantalla HMI para supervisar el proceso. La implementación se realizó de manera virtual debido a la emergencia sanitaria mundial causada por el COVID 19 con la ayuda del software TIA PORTAL, pantalla HMI del TIA PORTAL y controlador del servomotor KT270-H-50. En la pantalla HMI el usuario ingresa la posición deseada: elige entre modo manual y automático. La opción manual consta de dos direcciones, una hacia la derecha y otra a la izquierda, mientras se pulsa el botón adelante o atrás, el eje avanzará, una vez llegado a sus límites respectivos una luz indicadora se encenderá. Cuando el eje haya sobrepasado los límites de izquierda o derecha se encenderá una luz indicadora “Error”, esto quiere decir que el eje dejó de funcionar, por lo tanto, este se bloqueará hasta que el usuario presione el botón “RESET”. En modo automático, el eje cambiará de posición de forma secuencial en la posición programada. Para finalizar, se desarrolló una guía de usuario donde se muestra cada paso que debe realizar el alumno para controlar un servomotor utilizando el PLC S7-1200 y el controlador KT270-H-50 en el laboratorio de instrumentación virtual.

Palabras clave:

- **PROCESO VIRTUAL**
- **INTERFAZ HUMANO MÁQUINA**
- **TIA PORTAL**
- **SERVOMOTOR INDUSTRIAL 60DM-8M00830-F**
- **CONTROL AUTOMÁTICO INDUSTRIAL**

**Abstract**

This monograph focuses on the implementation of a motion control system for a 60DM-8M00830-F industrial servomotor, using an S7-1200 programmable logic controller and an HMI screen to supervise the process. The implementation was done virtually due to the worldwide health emergency caused by COVID 19 with the help of TIA PORTAL software, TIA PORTAL HMI screen and KT270-H-50 servomotor controller.

On the HMI screen the user enters the desired position: choose between manual and automatic mode. The manual option consists of two directions, one to the right and one to the left, while pressing the forward or reverse button, the axis will advance, once it has reached its respective limits an indicator light will turn on. When the axis has exceeded the left or right limits an "Error" indicator light will turn on, this means that the axis has stopped working, therefore, it will be blocked until the user presses the "RESET" button. In automatic mode, the axis will sequentially change position at the programmed position.

Finally, a user's guide was developed showing each step that the student must perform to control a servomotor using the PLC S7-1200 and the KT270-H-50 controller in the virtual instrumentation laboratory.

Key words:

- **VIRTUAL PROCESS**
- **HUMAN MACHINE INTERFACE**
- **TIA PORTAL**
- **INDUSTRIAL SERVOMOTOR 60DM-8M00830-F**
- **INDUSTRIAL AUTOMATIC CONTROL**

## CAPÍTULO I

### 1. Tema

Implementación de un sistema de control de movimiento de un servomotor industrial utilizando un autómata programable en el laboratorio de instrumentación virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

#### 1.1 Antecedentes

En la actualidad los avances tecnológicos en el ámbito de la automatización e instrumentación, se necesita un conocimiento amplio sobre todos los procesos industriales que se desarrollan hoy en día, ya que en la actualidad los equipos e instrumentos son más complejos y se necesita un gran desenvolvimiento en el proceso industrial reflejando un elevado nivel de productividad ya sea en pequeñas, medianas y grandes industrias.

Según (Martínez & Fernández, s. f.), quien desarrolló el proyecto de graduación con el tema

“Diseño de una Red Industrial Ethernet con autómatas simatic S7-1200”, relata que en el subtema de “Otras Aplicaciones” el Control del servoaccionamiento, se puede usar la aplicación del generador por tren de impulsos (PTO) del autómata S7-1200 para controlar la velocidad y la posición, de un servomotor Digymax DS, a través de un servoaccionamientos que admita control de velocidad por tren de impulsos en frecuencia.

Según el manual del producto Simatic S7-1200 (SIEMENS, 2013), informa que la “Operación de Motion Control para S7-1200” el producto proporciona cuatro generadores de salida de impulsos. Cada generador de salida de impulsos ofrece una salida de impulsos y una salida de sentido para controlar un motor paso a paso, o bien un servomotor con interfaz de impulsos. La salida de impulsos proporciona al accionamiento los impulsos necesarios para el movimiento del motor. La salida de sentido controla el sentido de desplazamiento del accionamiento.

La salida PTO genera una salida de onda cuadrada a frecuencia variable. La generación de impulsos se controla mediante información de configuración y ejecución suministrada por la configuración hardware o SFC/SFB.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” a través de la Unidad de Gestión de Tecnologías, ha contado con un laboratorio de Automatización e Instrumentación con distintos equipos industriales para la enseñanza a alumnos que en un futuro serán profesionales de excelencia.

Hoy en día en la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica no cuenta con los suficientes equipos para las prácticas de laboratorio de Automatización e Instrumentación, para que estudiantes y docentes puedan adquirir más experiencia y conocimiento sobre cómo controlar un servomotor industrial mediante el PLC S7-1200.

Por lo tanto, vale recalcar para que estudiantes y docentes puedan adquirir conocimiento y experiencia, se implementará el control del servomotor industrial con el PLC S7-1200 en el laboratorio de Automatización e Instrumentación, el cual ayudará a que se familiaricen como es el funcionamiento y el control del tema a tratar.

## **1.3 Justificación**

Para facilitar la enseñanza en la parte teórica y práctica es necesario complementar el laboratorio de automatización e instrumentación con guías prácticas de laboratorio, lo cual esto ayudará al manejo y aprendizaje del control de movimiento del servomotor industrial con un PLC S7-1200, ya que gracias a estas guías los estudiantes alcanzarán muchas destrezas y habilidades y tendrán un mejor desenvolvimiento en el ámbito laboral.

El desarrollo de este proyecto ayudará a la adquisición de conocimientos sobre la función de movimiento de servomotores industriales con el PLC S7-1200 a través de las guías prácticas de laboratorio, para que tanto estudiantes como docentes se beneficien de este proyecto y así de este modo su nivel de aprendizaje sea elevado en el ámbito profesional y en lo laboral sean capaces de aportar sus conocimientos.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Controlar el movimiento de un servomotor industrial mediante un PLC S7-1200 para prácticas de laboratorio.

#### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Revisar el estado del arte del funcionamiento del PLC S7-1200.
- Generar una guía para prácticas de laboratorio de control de movimiento de servomotor industrial con el PLC S7-1200.
- Desarrollar la práctica en base a la guía generada para verificar el control de movimiento del servomotor.

#### **1.5 Alcance**

El presente proyecto se lo realizará en el laboratorio de Automatización e Instrumentación en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, para brindar y ampliar el conocimiento teórico y práctico de los alumnos y docentes de la institución.

En el desarrollo de la práctica, la programación se realizará en el software TIA PORTAL la cual se configurará de acuerdo al manual del PLC S7-1200 de cómo controlar el movimiento del servomotor, además se generará una guía para prácticas de laboratorio de automatización e instrumentación de la Carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica.

Finalmente, la práctica se desarrollará en base a la guía de laboratorio generada, en la cual se podrá identificar el funcionamiento del control de movimiento del servomotor industrial con el PLC S7-1200.



## CAPÍTULO II

### 2. Marco teórico

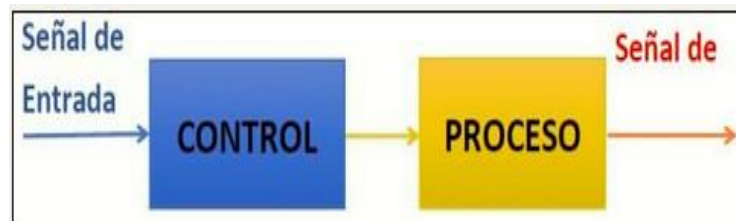
#### 2.1 Sistema de control

Un sistema de control está determinado como un conjunto de componentes que puedes sistematizar su propia conducta o la de algún otro sistema. El propósito de un sistema de control es obtener, mediante el manejo de las variables de control, un mando referente a las variables de salida, de manera que alcancen unos valores prefijados, con probabilidades mínimas de fallos (Automatización y Control, 2021).

- a. SISTEMA DE CONTROL DE SISTEMA DE LAZO ABIERTO: Este sistema es aquel que su señal de salida no afecta al funcionamiento de su procedimiento o de su sistema total (Altamiranda, Tecnología de Control, 2021).

#### Figura 1

*Diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto.*

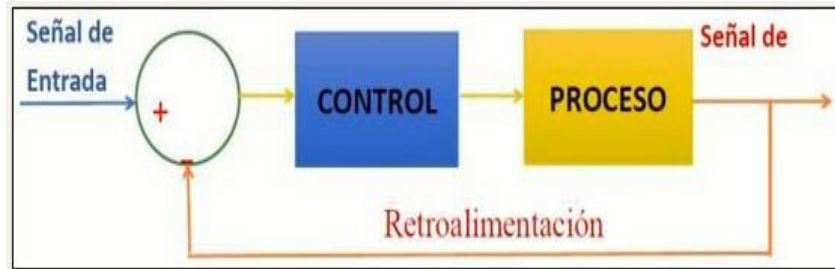


Nota: El sistema de lazo abierto no se realimenta, ni se mide la salida para compararla con la entrada. Tomado de (Altamiranda, 2021).

- b. SISTEMA DE CONTROL EN LAZO CERRADO: Este tipo de sistema de control, se alimenta al autómata programable con la señal de error de actuación, el cual es la disimilitud entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la misma señal de salida o una función de la señal de salida), a fin de disminuir el error y poder llevar la salida del sistema a un valor beneficioso o conveniente (Moya, 2018).

**Figura 2**

*Sistema de control en Lazo Cerrado*



Nota: En esta figura se muestra el diagrama de bloques del sistema de control en lazo cerrado. Tomado de (Moya, 2018).

### **2.1.1 Partes del sistema de control**

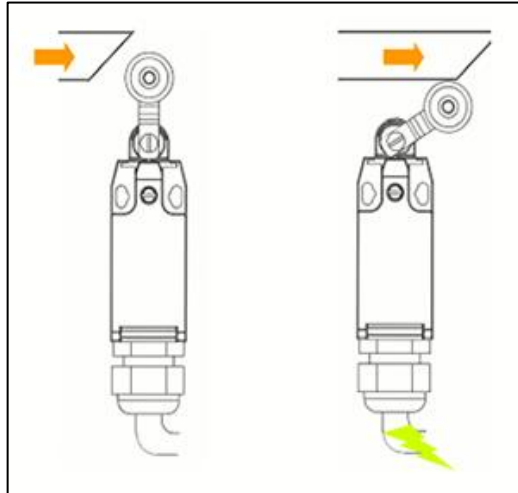
#### **2.1.1.1. Sensores**

Los sensores son aquellos que captan el valor de una variable de proceso y envían una señal de salida predeterminada. También el sensor es denominado como detector o elemento primario (Creus, 2010).

#### **Tipos de Sensores**

Según el profesor Marcelo Wendling (Wendling, 2010), menciona los siguientes tipos de sensores existentes:

- a. **Sensores Mecánicos:** Se denominan sensores mecánicos a los que detectan movimientos, posiciones o presencia utilizando recursos mecánicos, como, por ejemplo y más usado.
  - **Detector Final de Carrera:** También conocido como interruptor de posición, o un sensor electromagnético el cual detecta la posición de un dispositivo móvil mediante un accionamiento mecánico. También estos sensores de ser los más utilizados en aplicaciones que intervenga este sensor, no dejan de ser sensores de contacto que necesitan activarse por contacto físico con el objetivo de detectar o localizar la llegada del dispositivo móvil a una determinada posición (LAUMAYER, 2020).

**Figura 3***Final de Carrera.*

Nota: Activación del final de carrera por accionamiento mecánico o contacto físico. Tomado de (LAUMAYER, 2020).

- b. **Sensores Fotoeléctricos:** Los sensores que funcionan con luz son mucho más rápidos que los sensores mecánicos, ya que no tienen inercia y no tienen partes móviles que se rompan o desgasten. Los sensores fotoeléctricos pueden ser de varios tipos y se utilizan en diferentes aplicaciones en la industria y otros campos.
- c. **Sensores Térmicos:** Al igual que los sensores fotoeléctricos, existen varios tipos de sensores que pueden actuar sobre un circuito en función de variación de temperatura del entorno en el que se encuentran.
- d. **Sensor Capacitivo:** Los sensores capacitivos están diseñados para funcionar generando un campo electrostático y detectando los cambios en ese campo que se producen cuando un objeto se acerca.
- e. **Sensor Inductivo:** Los sensores inductivos son emisores de señales que detectan, sin contacto directo, elementos metálicos que atraviesan su campo magnético, convirtiéndolos en una señal eléctrica inteligible. Estos sensores consisten básicamente en una bobina alrededor de un núcleo.
- f. **Sensor Ultrasonico:** Se trata de un tipo de sensor muy útil en la detección de objetos a cierta distancia, siempre que no sean demasiados pequeños, y capaz de reflejar este tipo de radiación.

### 2.1.1.2. *Trasmisores*

Los trasmisores son dispositivos que captan la variable de proceso de un elemento primario y lo transmiten en forma de señal neumática, electrónica, digital, óptica, hidráulica o por radio. La corriente continua como señal eléctrica normalizada es de 4 a 20 mA (Creus, 2010).

#### **Tipos de Trasmisores**

Creus Antonio (Creus, 2010), define los siguientes tipos de trasmisores:

- a. **Trasmisores neumáticos:** Estos dispositivos se basan en el sistema tobera-obturador que, mediante bloques amplificadores con retroalimentación por equilibrio de movimientos o de fuerzas, convierte el movimiento del elemento primario de medición a una señal neumática.
- b. **Trasmisores Electrónicos:** Estos trasmisores están basados en detectores de inductancia, o utilizando transformadores diferenciales o circuitos de puente de Wheatstone, o empleando una barra de equilibrio de fuerzas
- c. **Trasmisores Digitales:** Los trasmisores digitales ayudó a mejorar la exactitud conseguida en la medida. La señal muestreada a una frecuencia mayor que el doble del de la señal (Teorema de muestreo de Nyquist-Shannon) y de este modo, la señal digital obtenida consiste en una serie de impulsos en forma de bits.

### 2.1.1.3. *Controlador*

Usando los valores determinados por los sensores y la consigna obligada, calcula la acción que debería aplicarse para cambiar las variables de control con base a cierta táctica (Automatización y Control, 2021).

#### **Clasificación de los Controladores**

De acuerdo a Katsuhiko Ogata (2010), detalla los siguientes tipos de controladores:

- a. **Controlador de acción Proporcional (P):** Este controlador es el más sencillo de todos los tipos de control y radica sencillamente en amplificar la señal de error anterior a aplicarla a la planta o proceso.

- b. **Controlador de acción Integral:** Este tipo de controlador integral, en función a la desviación y del tiempo que se mantiene el mismo, la señal de salida varía, en otras palabras, la integral de la señal de error es proporcional al calor de la acción de control.
- c. **Controlador de acción Proporcional y Derivativa (PD):** En este tipo de controlador, el control derivativo no ejerce ningún efecto ya que se tiene en cuenta que la derivada de una constante es cero, por lo tanto, este tipo de controlador es útil en ciertos casos donde la señal de error cambia con respecto al tiempo de forma continua.
- d. **Controlador de acción PID:** Este tipo de controlador aprovecha todas las características de los anteriores controladores, ya que predomina la acción proporcional e integral, y predomina la acción derivativa si la señal de error varía o cambia rápidamente, una de las características de PID es la respuesta más rápida y una inmediata compensación de la señal de error al sufrir cambios o perturbaciones.

#### **2.1.1.4. Actuadores**

Los actuadores son dispositivos capaces de convertir la energía de activación de algún proceso con un solo propósito el cual es generar un efecto sobre un proceso automatizado (Altamiranda, 2021).

Un actuador es un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía (Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014).

#### **Tipos de Actuadores**

Según Corona, Abarca y Mares (Corona Ramírez, Abarca Jiménez, & Mares Carreño, 2014), citan los tipos de actuadores y son los siguientes:

## Motores

En definición general los motores son máquinas que pueden transformar algún tipo de energía ya sea térmica y eléctrica en mecánica. Su principio de funcionamiento es la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas (Valladares, 2020).

### Tipos de motores

- a. **Motores térmicos:** Son máquinas que transforman la energía térmica, en otras palabras, transforma en calor en energía mecánica, el calor puede siempre variar, pero el principio de funcionamiento de esta clase de motores es descrito por medio de un esquema termodinámico simple como se muestra en la figura 8 (Valladares, 2020).
- b. **Motor de combustión interna:** El motor de combustión interna es un motor térmico en el cual una sección de la energía liberada en quemar el combustible se transforma en trabajo, es decir lo transforma en movimiento (Castilla y Leon, 2012).
- c. **Motor de combustión externa:** también conocido como motor térmico pero la diferencia es que este proceso se desarrolla en la parte externa de la máquina, no en el cilindro o la turbina. (Menna, 2018).
- d. **Motor eléctrico:** Estos motores son propulsores que no requieren de una combustión interna para dar la energía, sino que ésta viene por medio de la fuerza que generan el estator y el rotor (Valladares, 2020).

### Tipos de motores eléctricos usados comúnmente

- a. **Motor paso a paso:** es un dispositivo electromecánico que convierte una secuencia de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que quiere decir, que es capaz de girar una proporción de grados dependiendo de sus entradas de control (Mecafenix, 2017).
- b. **Servomotores:** Los servomotores también denominados servo, es un dispositivo que dentro de su carcasa se encuentra un encoder, el cual convierte el movimiento mecánico de los giros del eje a pulsos digitales los cuales son interpretados y leídos por un controlador de movimiento (REDUCTORES, 2017).

## **2.2 Autómata programable**

El autómata programable, un equipo electrónico también conocido como Programmable logic controller (PLC), está diseñado para controlar procesos secuenciales, también controla procesos en tiempo real y procesos tipo industrial (El PLC, 2001).

El controlador lógico programable sigue una secuencia previamente establecida ya que este autómata programable es un circuito electrónico, así como también estas secuencias se definen gracias a la programación que se le da al PLC (EQUIPO COMUNICACIÓN, 2017).

En la mayoría de los autómatas programables son modulares, lo cual permite al usuario permite introducir diferentes tipos de funciones al plc, tales como por ejemplo serían conexión en redes de alta tensión, comunicación serie, control de motores eléctricos, control de posición, control PID, control analógico o digital (Aula 21, 2020).

### **2.2.1 Partes de un autómata programable**

Estos autómatas programables actualmente en el campo de la programación abarcan una extensión muy amplia en aplicaciones que requieren de control automático, y pese a esta gran extensión en el campo del automatismo todos estos autómatas programables conforman por lo menos estas cinco partes o componentes fundamentales (EnergieShop, 2020).

#### **a. Fuente de alimentación**

Este es un elemento muy importante y es aquel que tiene mucha importancia siendo la parte del autómata programable, por el cual por esta parte se obtiene tensión eléctrica de acuerdo a las especificaciones del PLC para que funcione correctamente (Zambrano, 2021).

#### **b. C.P.U.**

Conocida en su nombre completo como Unidad de Procesamiento Central (CPU), es aquella que ayuda al autómata programable a leer e interpretar los códigos de programación (ComoFunciona, 2020).

#### **c. Módulos de entradas / salidas**

Son los que están vinculados o anexos a todos los mecanismos a ser controlados (ComoFunciona, 2020).

Las salidas del autómata programable son aquellas por las cuales envían las señales, datos o cualquier acción a realizarse de acuerdo a la programación hacia el exterior para controlar el proceso (Aula 21, 2020).

Las entradas son aquellas por las cuales reciben las señales que envían los actuadores hacia el autómata programable, estos actuadores pueden ser entradas de operador, sensores, etc., (EnergieShop, 2020).

#### **d. Terminal de programación**

Este es el medio por el cual ingresan las señales o instrucciones hacia el autómata programable el cual genera el usuario que está programando y controlando el proceso que realiza el autómata, también gracias a este terminal de programación se puede mejorar, corregir la programación o en sí mismo el proceso que está realizando (Zambrano, 2021).

#### **e. Periféricos**

Conforman aquellos elementos por donde ingresa la información necesaria y diferente, las cuales permiten la conexión el CPU y el usuario programador (Zambrano, 2021).

### **2.2.2 Funciones básicas de un autómata programable**

Aguilera (2002), menciona que las funciones básicas de un autómata programable, son las siguientes:

- **Detección:** Lectura de la señal que generan los captadores que están distribuidos por el sistema de fabricación.
- **Mando:** Gracias a los accionadores y preaccionadores se envía la información elaborada al sistema.
- **El diálogo hombre máquina:** Esta función es quien mantiene el diálogo con ciertos y todos los operarios de producción siempre y cuando obedeciendo sus estrictas consignas e informando el siempre estado del proceso.
- **Programación:** Para poder introducir, crear o modificar el programa el dialogo del programa debe ser accesible y debe permitir realizar estos cambios incluso si el autómata programable.



- **Redes de comunicación:** Gracias a esta función permite la comunicación con otras y diferentes partes de control. La velocidad de comunicación e intercambio de datos que existe entre diferentes autómatas programables son en milisegundos.
- **Sistemas de supervisión:** Los autómatas programables están previstos con la facilidad de comunicarse con otras computadoras siempre y cuando estén provistas de programas de supervisión industrial y esta comunicación es simple, la cual se realiza por medio del puerto serie que provee y posee la computadora.
- **Control de procesos continuos:** Todos los autómatas programables además de tener la facilidad de comunicarse, y también poseen la habilidad de poder controlar procesos continuos. También estos poseen módulos de entradas y salidas analógicas y asignar la ejecución de reguladores PID los cuales ya están programados en el autómata programable.
- **Entradas-Salidas distribuidas:** Estos módulos entrada-salida mediante un cable de red el autómata programable se puede comunicar la unidad central y estos módulos pueden estar distribuidos de acuerdo a la instalación.
- **Buses de campo:** Esta función facilita la comunicación la cuál reemplazo el cableado tradicional ya que por un solo cable se pueden conectar los captadores y accionadores en un solo bus.
- **Bloque de Datos:** Estos bloques de datos solo sirven únicamente para almacenar datos que son de tipo Lectura/Escritura. Dentro de estos bloques no se puede programar instrucciones.
- **Bloque de Funciones:** Estos bloques FB son subrutinas que contiene ya sea secuencias u operaciones.
- **Eje de posicionamiento:** Este objeto tecnológico denominado positioning axis, calcula la señal de posicionamiento teniendo presente las especificaciones dinámicas y transfiere al accionamiento las señales de velocidad de giro que corresponden, en la figura 4 se observa el PositioningAxis.

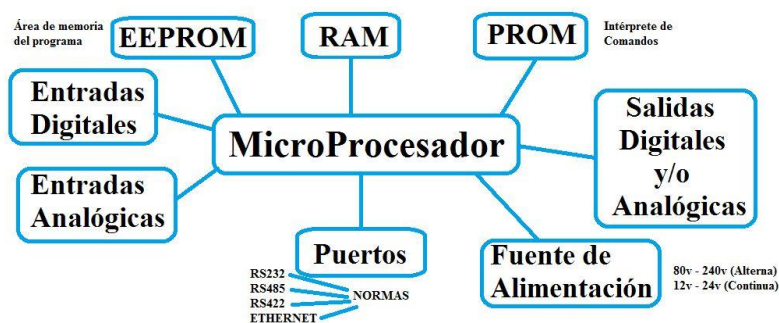
**Figura 4***TO\_PositioningAxis*

Nombre	Versión
▼ Motion Control	V4.0
TO_SpeedAxis	V4.0
TO_PositioningAxis	V4.0
TO_SynchronousAxis	V4.0
TO_ExternalEncoder	V4.0
TO_OutputCam	V4.0
TO_CamTrack	V4.0
TO_MeasuringInput	V4.0
TO_Cam	V4.0
TO_Kinematics	V4.0

Nota: En algunos autómatas programables, estos bloques de datos permiten entre otras cosas, mover la posición del eje de un servomotor.

### 2.2.3 Diagrama de bloques interno del autómatas programable

La parte central o principal del diagrama de bloques es el microprocesador el cual es el encargado de realizar todo el ciclo que esté programado de acuerdo a las entradas digitales o analógicas según estén conectadas a la entrada del autómatas programable para que con esto activar las salidas digitales o analógicas (GIGATECNO, 2012).

**Figura 5***Diagrama de Bloques de un PLC.*

Nota: El centro o la parte primordial está el Microprocesador. Tomado de (GIGATECNO, 2012).

El controlador lógico programable además de lo dicho anteriormente en el diagrama de bloques del PLC, existen varios puertos, los cuales se manejan por diferentes normas como las: RS232, RS485, RS422 y ETHERNET. También en los puertos se pueden conectar módulos de expansión uno o varios (GIGATECNO, 2012).

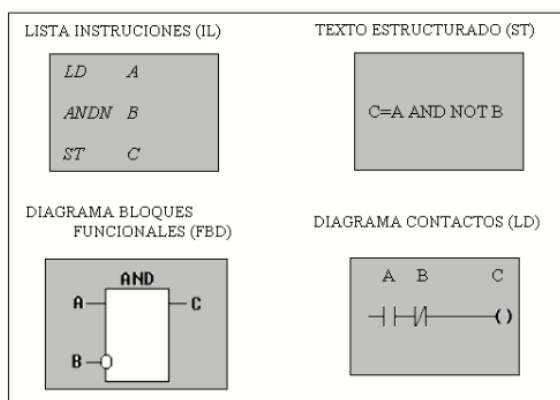
- **Puertos de Comunicación:** Son aquellos que permiten ya sea exportar, importar y compartir los datos que procesa el autómata programable.

#### 2.2.4 Lenguajes de programación del autómata programable

En la norma IEC-61131-3 definen cuatro lenguajes de programación, lo que significa que la sintaxis y la semántica ha sido definida, lo cual no permiten el dialecto o es decir particularidades distintivas (IEC 61131-3, 2005).

**Figura 6**

*Lenguajes IEC 6113-3.*



Nota: Estos lenguajes están interrelacionados y permiten su empleo para solucionar conjuntamente una dificultad en común. Tomado de (IEC 61131-3, 2005).

La norma IEC 61131-3 existen dos tipos del lenguaje literales o lineales y dos tipos de lenguaje gráfico (BIRTH LH, 2021):

##### 2.2.4.1. Lenguajes literales o lineales

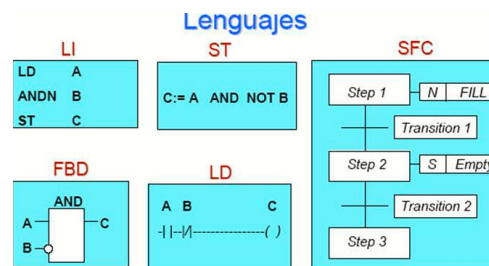
En los lenguajes literales o también conocidos como lenguajes lineales vienen formados por símbolos especiales, letras y números, y se clasifican en los siguientes:

- Lenguaje de lista de instrucciones:** En la norma IEC 61131-3 es denominado (IL) o también llamado booleano.

- b. **Lenguaje de texto estructurado:** este es un lenguaje de nivel alto que tiene similitud con Pascal, Basic o C que así mismo cumple con la norma IEC 61131-3 y lo denomina en esta norma como (ST). Este lenguaje también es utilizado para realizar tareas bastante complejas en donde el procesamiento de estas tareas lleva datos sumamente grandes.

**Figura 7**

*Lenguajes de la Norma IEC 61131-3.*



Nota: Todos estos lenguajes tienen la finalidad de generar un código para que esté mismo se ejecute en el CPU PLC. Tomado de (BIRTH LH, 2021).

#### 2.2.4.2. Lenguajes gráficos

Mediante este lenguaje todas las instrucciones se pueden representar mediante gráficos o figuras geométricas y son los siguientes (BIRTH LH, 2021):

- a. **Lenguaje de Esquema de contactos:** en la norma IEC 61131-3 es conocido como lenguaje Ladder (LD) o de escalera, este tipo de lenguaje está basado en toda la representación con respecto a la lógica de los relés.
- b. **Lenguaje de Diagrama de Funciones:** en la norma IEC 61131-3 es conocido como diagrama de bloques funcionales (FBD) este tipo de lenguaje se utiliza en donde implica en las aplicaciones que tengan un muy amplio flujo de datos o información entre diferentes tipos de control. Estas funciones o bloques que es muy utilizado en Europa y estas funciones aparecen también como circuitos integrados (IEC 61131-3, 2005).

### **2.2.5 Ventajas y los inconvenientes de los autómatas programables**

Los autómatas programables a pesar de realizar diversas aplicaciones por cable, también pueden realizar aplicaciones aún más complejas. La programación del autómata programable o PLC y a las líneas por donde se envía la programación ha ayudado a reemplazar muchos de los cables (Aula 21, 2020).

#### **Ventajas**

Zambrano (2021), menciona las ventajas que posee en la fabricación del autómata programable destaca lo siguiente:

- Permite elaborar trabajos de acuerdo a todos los estándares que están estipulados sin ninguna desviación.
- Admite ahorrar la mano de obra directa, ya que gracias al autómata programable permite realizar trabajos complejos de varios y diferentes operarios.
- Permite realizar cambios en el proceso muy fácil y sencillo y gracias a esto todos los resultados son al instante ya que el autómata programable se acostumbra de manera rápida una vez ya programado.
- Al ser robustos y medio fuerte el autómata es capaz de soportar temperaturas medias altas y desgastes en comparación con los usuarios u operarios.

Energie-shop (2020), menciona las ventajas que posee el autómata programable con respecto al cableado:

- Gracias al tamaño y fácil manipulación de los autómatas programables es mucho más sencillo de insertar y manejar el cableado a usarse en la aplicación requerida.
- Los autómatas programables llevan internamente funciones de diagnóstico y de anulación, con el fin de encontrar o localizar los errores y para poder aislar el módulo concreto que se use por mal funcionamiento.

En las ventajas se puede adjuntar basándose en la elaboración de proyectos en el menor tiempo de demora empleado en aplicaciones (ELECTROMATIC, 2013):

- No es imprescindible dibujar los esquemas de contactos.

- Gracias a la capacidad de almacenamiento de los autómatas programables, el módulo de memoria es lo suficientemente amplio, como para no simplificar las ecuaciones lógicas.
- Por el tamaño pequeño del autómata ocupa un mínimo espacio.
- Gracias a la facilidad de no mover o cambiar el cableado o añadir algún otro módulo u aparato se pueden introducir modificaciones al autómata.
- Reducción del costo de mano de obra en la instalación.
- Posee la capacidad de poder controlar varios equipos de control con un mismo autómata programable.
- El autómata programable puede seguir controlando otras máquinas, así una de estas máquinas se dañe o deje de funcionar.

### **Inconvenientes**

Zambrano (2021), menciona también que los inconvenientes que posee en la fabricación del autómata programable son los siguientes:

- Para el manejo de los autómatas programables se necesita mano de obra especializada, como también para se necesita para el montaje o el cambio y mantenimiento de las piezas del autómata programable.
- Se puede inmovilizar todo un proceso si alguna de las piezas del autómata programable se ha roto y no haya un backup.

## **2.3 Selección del plc**

La norma IEC 61131 proporciona recomendaciones para seleccionar el autómata programable, además, se debe tomar en cuenta el tipo de control que se desea aplicar en el proceso industrial. Existen dos categorías: cuantitativos y cualitativos (Universidad de Oviedo, 2008).

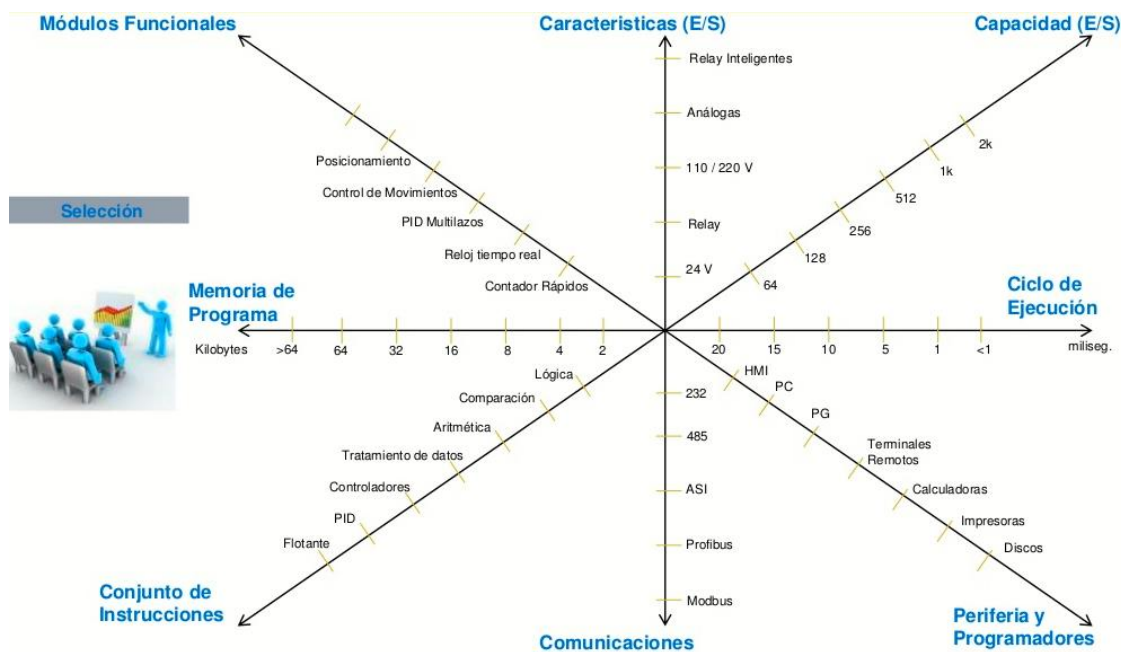
### **2.3.1 Criterios cuantitativos**

La Universidad de Oviedo (2008), cita que, dentro de los criterios cuantitativos, pueden englobar todas las características que puedan definir al autómata programable, por lo cual pueden ser comparadas y medidas de la siguiente forma:

- **Ciclo de ejecución:** Calcula el tiempo que el autómata tarda en realizar una instrucción o un Kbyte de instrucciones. Es dependiente de manera directa de la rapidez de la CPU del equipo e influirá de manera directa en el ciclo scan.
- **Capacidad de Entradas/Salidas:** Precisa en número de Entradas/Salidas que se puedan conectar al autómata. Por lo tanto, determina cual es la capacidad del equipo que se pueda conectar en el proceso.
- **Características de las Entradas/Salidas:** Determinar qué tipos de entradas/salidas se podrán conectar al autómata programable. Establece por consiguiente la manera en que los accesorios se relacionan con el proceso.
- **Módulos Funcionales:** Este criterio se basa en los procesos o aplicaciones que se van a realizar a futuro con el autómata programable como por ejemplo posicionamiento de ejes, control de ejes continuos entre otros, se requieren de módulos especiales los cuales se les puede añadir para complementarlo al autómata programable siempre y cuando este no tenga en su configuración básica.
- **Memoria de Programa:** Define la magnitud de la memoria del autómata programable y al igual que en la situación de los Ordenadoras, ésta se mide en bytes o múltiplos de bytes.
- **Conjunto de instrucciones:** Esta característica tiene relación con la decisión de la potencia del autómata programable para que se desempeñe de una manera confiable ante los procesos a realizar.
- **Comunicaciones:** En esta característica se refiere a la determinación de la capacidad que tiene el autómata programable al momento de intercambiar información entre otro autómata o módulos de entradas/salidas.
- **Periferia y programadoras:** Los PLC's tienen la posibilidad de ser complementados con dispositivos auxiliares que sin ser fundamentales para realizar su primordial funcionalidad (controlar un proceso), si facilitan ciertas labores secundarias.

**Figura 8**

*Criterios cuantitativos para la selección de un Autómata Programable.*



Nota: Diagrama de verificación de varios PLC's a determinar cuál es el mejor que se adaptaría a las necesidades como programadores. Tomado de (*Universidad de Oviedo, 2008*).

### 2.3.2 Criterios cualitativos

La Universidad de Oviedo (2008) nombra los siguientes criterios de selección de un autómata programable, como su palabra lo dice que se refiere a las cualidades que tiene el equipo:

- **Ayudas al desarrollo de programas:** Se refiere a la proporción de información y ayuda que presta la organización distribuidora del equipo a grado local o estatal. En la actualidad con el desarrollo de Internet parte importante de esta información va a estar recogida en páginas web del fabricante.
- **Fiabilidad del producto:** Se debe conocer la marca o nombre del fabricante para obtener una buena referencia del producto para una buena fiabilidad del autómata programable.



- **Servicios del suministrador:** Es necesario saber sobre los servicios adicionales que trae el autómatas programable que aporta y entrega en fabricante del mismo ya sea a nivel nacional o local.
- **Normalización en planta:** Para lograr una planta normalizada se debería fijar a que tiene relación con la capacidad que tiene el autómatas programable al instante de ser conectado e intercambiar información correctamente y eficiente entre otros grupos o resto de dispositivos que estén en la planta o a su alrededor con parámetros, Además esta característica va a estar definida a la función de tolerar los estándares que sean internaciones que viene destinada a la programación, la arquitectura, conexión, etc.
- **Compatibilidad con equipos de otras gamas:** Complementando en el punto anterior, inclusive puede darse la situación en que dos grupos del mismo fabricante, pero de gamas diversas o distintas no sean compatibles entre sí, a partir de la perspectiva de la conexión y la función de comunicación.

## 2.4 Servomotor

Es un motor que posibilita un control preciso en términos de su postura angular, aceleración, las cuales un motor normal no tiene. Este servomotor utiliza en su interior un motor normal y un sensor que combinados sirven para la retroalimentación de su posicionamiento (Cortés, 2011).

### 2.4.1 Tipos de servomotores

La empresa Maquiclick (2018) fabricantes de maquinaria industrial menciona los tres tipos de servomotores que existen en la actualidad y son los siguientes:

- a. **Servomotores de corriente continua (C.C.):** Son los más frecuentes y disponibles, sin embargo, no por esto los más usados en todos los campos. Su manejo deriva de usar un motor de corriente continua de diminuto tamaño. Este servomotor es controlado por modulación por ancho de pulso (PWM).
- b. **Servomotores de corriente alterna (C.A.):** Estos servomotores funcionan comúnmente con corrientes alta y sumamente altas, la pieza fundamental de estos servos es su motor.

- c. **Servomotores brushless o de imanes permanentes:** Estos servomotores no usan, ni tienen escobillas de ahí el nombre brushless, estos servos son utilizados para grandes torques y para velocidades altas, y están basados en los motores síncronos.

#### **2.4.2 Controlador servo**

El servodriver es como un variador de velocidad diseñado especialmente para el control de servomotores. Usa un conversor para la tensión de ingreso y un inversor para la tensión de salida la que es aplicada al motor. La señal de salida es determinada por el circuito de control denominado microprocesador (Servoaccionamientos, 2010).

Los controladores de servomotores son ideales para realizar aplicaciones que requieran de una tecnología actualizada y tener una mejor fiabilidad y rendimiento en su aplicación (PANASONIC, 2021).

##### **2.4.2.1 Modos de operación del servodriver**

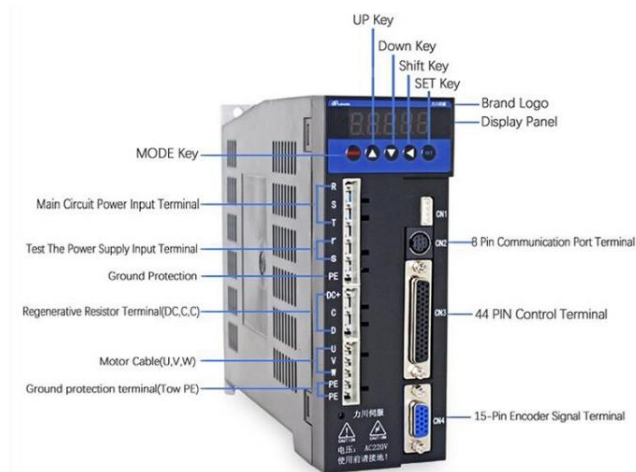
De acuerdo a ICM SPA (Ingeniería y Control de Movimiento SpA) (2021), menciona los siguientes modos de operación de los servosistemas o del servosistema:

- a. **Modo vectorial de lazo abierto:** Con la configuración mínima del servodriver los motores tienen un buen rendimiento en el lazo abierto.
- b. **Modo vectorial de lazo cerrado:** Control de alta exactitud lo cual posibilita identificar los probables “errores” en la actuación del motor y ofrecer la conveniente orden de corrección del mismo.
- c. **Modo de control del flujo del rotor (RFC):** Sin la necesidad de dispositivos de realimentación proporciona un mayor rendimiento dinámico.
- d. **Modo servo:** Para el control de muchas variedades de motor ya sean rotativos o lineales el control es mucho más dinámico y preciso.

### 2.4.2.2 Especificación estándar de los servodriver

**Figura 9**

*Especificación estándar del controlador.*



Nota: Partes externas más comunes del controlador. Tomado de (Zhang, 2021).

### 2.4.2.3 Áreas de aplicaciones del controlador

Sunny Zhang (2021), menciona que estos controladores son muy accesibles a diferentes tipos de aplicaciones en cualquier campo, las cuales se dan a conocer las siguientes:

- Brazo mecánico.
- Máquina de corte.
- Máquina de inyección de combustible.
- Equipo ultrasónico.
- Equipo de alimentación.
- Equipo de impresión.
- Equipo médico.
- Equipo de baterías de litio.
- Tornos CNC.
- Equipo de pulverización, etc.

## 2.5 Interfaz humano-máquina

La Interfaz Humano-Máquina (HMI), también conocido como pantalla HMI es fundamentalmente un panel de control, comúnmente táctil, que se puede hacer distintas funcionalidades como: representar gráficamente información recibida a partir del proceso industrial (temperaturas, presiones, contadores, etc.), permite manejarlo de forma sencilla transmitiendo órdenes a los autómatas programables que controla el sistema o también el HMI representa el estado en el cual se halla el proceso en un definido instante; por ejemplo, indicando los sensores que permanecen activos o informando de fallos en o las máquinas (Garrido, 2018).

### 2.5.1 Funciones de los HMI's

Jacintos Ortiz y Maysse Roque (2014), en su proyecto de titulación mencionan las siguientes funciones de los HMI's:

- **Monitorización:** Es la destreza de conseguir y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden exponer o mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más factible de interpretar.
- **Supervisión:** Esta función permite junto con la monitorización la posibilidad de adaptar las circunstancias de trabajo del proceso directamente a partir de la computadora.
- **Alarmas:** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales intrínsecamente del proceso y reportarlo estos eventos. Estas alarmas son reportadas y basadas en límites de control preestablecidos.
- **Históricos:** Es la capacidad de muestrear y guardar en archivos, datos del proceso del sistema a una determinada frecuencia. Esta acumulación de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

## CAPÍTULO III

### 3. Desarrollo

#### 3.1 Descripción del proceso

La implementación del control de movimiento de un servomotor se realizará de forma virtual debido a la emergencia sanitaria causada por el COVID 19.

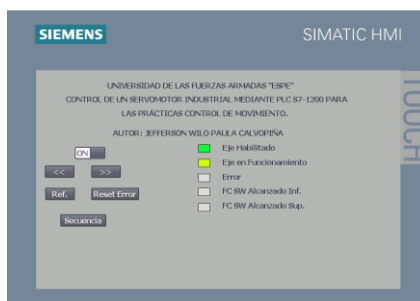
#### 3.2 Operación del proceso

Se desea cambiar la posición de un objeto acoplado a un servomotor a través de un autómata programable y con una HMI. La HMI debe tener dos opciones:

- **Modo Manual:**
  - a. El usuario a través de dos botones podrá mover el eje a la izquierda o a la derecha tantos milímetros, como veces se presione el botón. Un pulso de botón equivale a un desplazamiento de 1 mm.
  - b. Un botón de “ERROR” con luz roja, se deberá encender cuando el eje llegue a la posición extrema derecha o extrema izquierda para indicar al usuario que el eje no puede moverse más en esa dirección.
  - c. Un botón de “RESET” se usará para apagar la luz roja de “ERROR”.
  - d. Un botón de “REF” permitirá que el eje del servomotor se coloque en la posición inicial (0 mm).
- **Modo Secuencial:** al presionar el botón de “SECUENCIA” el eje se ubicará en la posición inicial 0 mm, avanzará a la derecha 300 mm, el eje se debe detener 1 segundo y continuar moviéndose 600 mm para llegar a la posición de 900 mm, una vez en esa posición el eje deberá retroceder 400 mm y detenerse.

**Figura 10**

*Pantalla HMI.*



Nota: Pantalla virtual del HMI, con sus respectivos botones y señalización visual.

### **3.3 Selección de hardware**

Para realizar la implementación del sistema, los equipos que se deberán utilizar son:

#### **3.3.1 PLC S7-1200**

El controlador deberá tener 2 entradas digitales y 1 salida digital.

##### **3.3.1.1 Características técnicas del plc s7-1200**

La empresa de Master Siemens (2017), indica las siguientes principales especificaciones técnicas que tiene el controlador S7-1200.

- Temperatura de funcionamiento mínima: -20°C.
- Temperatura de funcionamiento máxima: 60°C.
- Categoría de tensión: 20.4Vdc a 28.8 Vdc (24 Vdc nominal) u 85 – 264 Vac (115 o 230 Vac nominal) según la versión utilizada.
- Tipo de entrada: Analógico y digital.
- Tipo de Salida: Relé o transistor.
- Tipo de red: Ethernet.
- Tipo de puerto de comunicación: Ethernet, Profinet, UDP.
- Interfaz de programación: Profinet.
- Entradas/Salidas máximas: 14/10.
- Montaje: Pared/Carril DIN.
- Lenguaje de programación utilizado: FBD, LAD, SCL.

#### **3.3.2 Servomotor**

El servomotor elegido sería el 60DM-8M00830-F, con el servocontrolador KT270-H-50.

### 3.3.2.1 Características técnicas del servomotor 60DM-8M00830-F.

**Tabla 1**

*Especificaciones del servomotor.*

MOTOR	Potencia (KW)	Torque Estático (Nm)	Velocidad Nominal (RPM)	Corriente Nominal (A)	Inercia del Rotor ( $\text{kgm}^2 \times 10^{-3}$ )	Peso (Kg)
60DM-8M00830-F	0.25	0.8	3000	1.25	0.078	2.3

### 3.3.3 Servocontrolador

#### 3.3.3.1 Tabla de especificaciones del controlador del servomotor

Ver Anexo A.

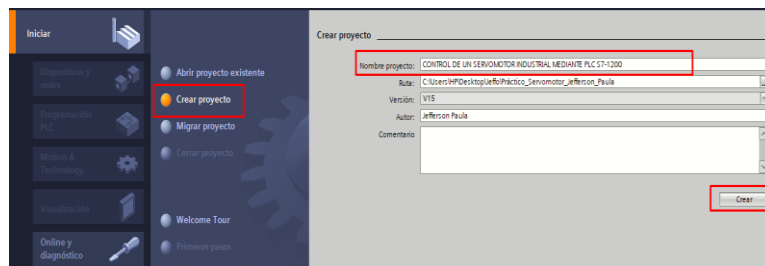
## 3.4 Selección del software

El software seleccionado fue el TIA PORTAL, debido a que es compatible con el PLC S7-1200 y, además, permite manejar pantallas HMI.

### 3.4.1 Selección del plc y hmi

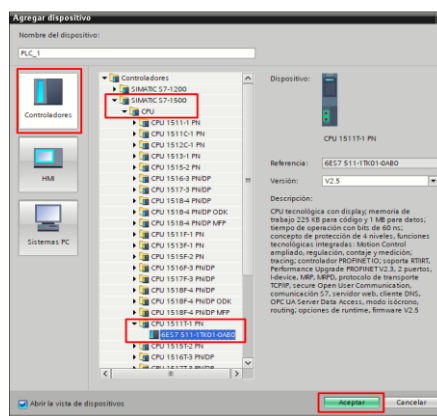
En esta sección se elegirá el modelo del PLC y del HMI con el que se trabajará en el TIA PORTAL.

- a. Abrir el programa TIA PORTAL, seleccionar en crear proyecto, en “nombre de proyecto” escribir de acuerdo al proyecto a realizarse y click en crear, como se muestra en la figura 11.

**Figura 11***Crear Proyecto*

Nota: En la figura 11 se muestra cómo crear un nuevo proyecto, el nombre del proyecto no debe contener más de 97 caracteres.

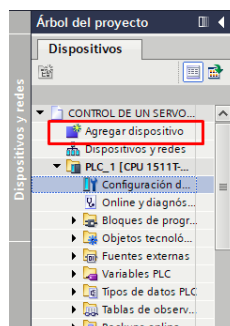
- b. En la siguiente ventana “agregar dispositivo”, seleccionar el controlador a utilizarse, para realizar la simulación se necesita un controlador tecnológico en este caso el S7-1500, seleccionar el CPU 1511T-1 PN (6ES7 511-1TK01-0AB0) Y POR último click en “aceptar”, figura 12.

**Figura 12***Agregar el controlador.*

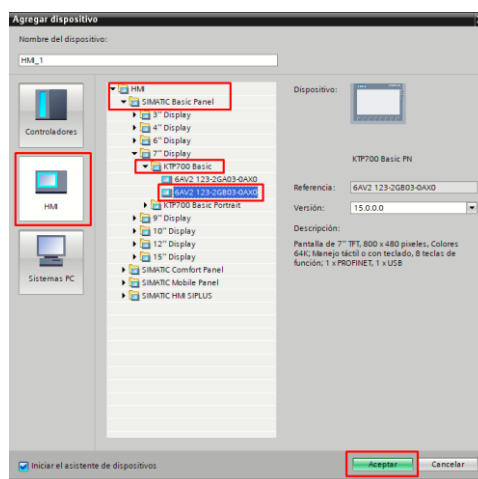
Nota: En la figura 12 se selecciona un CPU tecnológico ya que con este CPU se puede controlar de forma simulada hasta sistemas cinemáticos de 4 ejes, en este caso un solo eje.

- c. Dar doble click en “agregar dispositivo” como se observa en la figura 13, en la ventana de agregar dispositivo seleccionar HMI, seleccionar SIMATIC BASIC PANEL, click en 7” display, KT-700 BASIC (6AV2 123-2GB03-0AX0) y por último click en aceptar como se muestra los pasos en la figura 14.



**Figura 13***Agregar dispositivo.*

Nota: En “árbol de proyecto”, en la pestaña de dispositivos encontramos la opción “agregar dispositivo”.

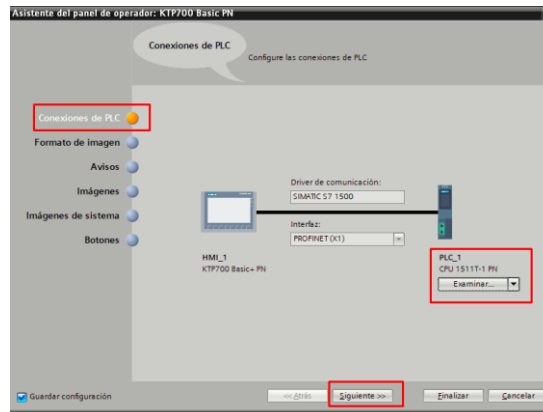
**Figura 14***Agregar dispositivo HMI.*

Nota: El HMI permitirá controlar y monitorear lo que ocurre en la simulación del eje.

- d. En la ventana “asistente del panel de operador” en la parte izquierda en la opción “conexiones de PLC”, click en examinar seleccionamos el plc y siguiente como se muestra en la figura 15. En la misma ventana seleccionar “avisos” deshabilitamos estos mismo y siguiente como se observa en la figura 16 y por último en esta misma ventana, en la parte izquierda en “botones”, en “área de botones” deshabilitar todo, para obtener una pantalla HMI vacío y por último “finalizar” en la figura 17 se muestran los pasos.

**Figura 15**

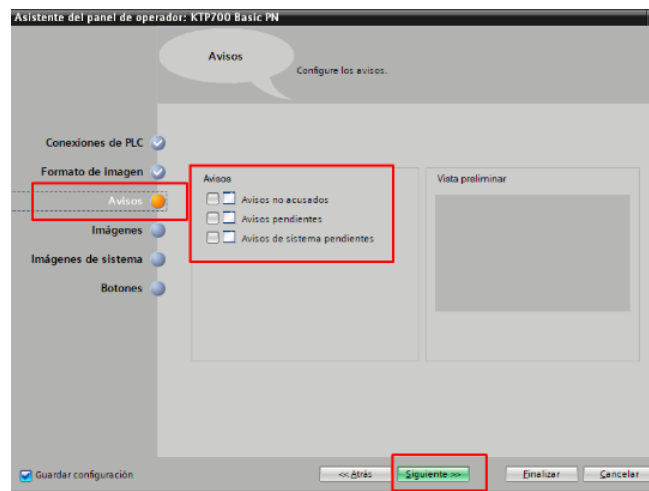
*Selección y conexión del PLC con el HMI.*



Nota: Al momento de dar click en examinar, se observará el plc que se agregó al principio.

**Figura 16**

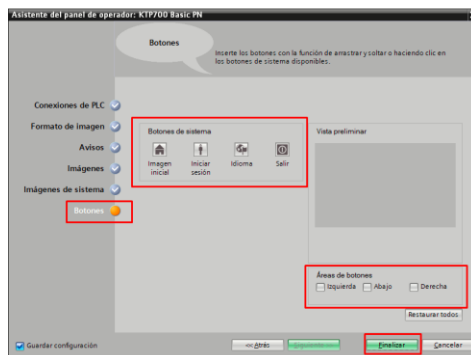
*Desmarcar las casillas de avisos.*



Nota: Desmarcando los avisos en la pantalla HMI se deshabilitarán todos los avisos existentes que tiene el HMI.

**Figura 17**

*Desmarcar el área de botones.*



Nota: Deshabilitando las áreas de botones en la pantalla HMI no se observará ninguna clase de botón que viene por defecto al crear este controlador HMI.

### 3.4.2 Configuración del movimiento del servomotor

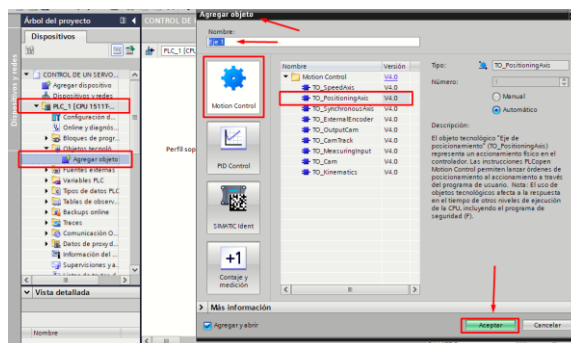
El movimiento del eje del servomotor se realiza a través del bloque de datos denominados “Objetos Tecnológicos” que se encuentran en el TIA PORTAL.

#### 3.4.2.1 Seleccionar los bloques de datos

- a. En la pestaña PLC, seleccionar objetos tecnológicos, en la ventana “agregar objeto”, click en Motion Control, seleccionar este caso “TO\_PositioningAxis”, por último, lo nombramos como “Eje 1” y aceptar como se muestra en la figura 18.

**Figura 18**

*Agregar objeto tecnológico.*

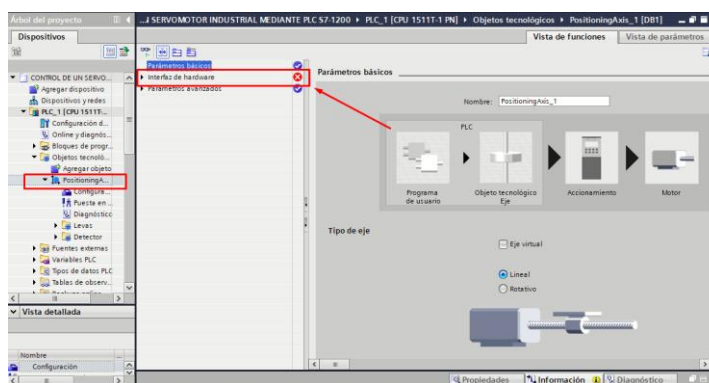


Nota: Si el controlador no es tecnológico, la opción de “TO\_Kinematics”, no aparecerá y no funcionará la simulación como se desea.

- b. En la ventana “PositioningAxis\_1” aparece un error en la parte izquierda en la opción “interfaz de hardware” como se muestra en la figura 19, en la figura 20 se observa como quitar el error al seleccionar o activar “Eje virtual” y por último crear un segundo eje (Eje 2) el cual no se usará, pero es necesario para poder realizar la simulación, los pasos son los mismos como se creó el eje 1, este objeto tecnológico queda como se observa en la figura 21.

**Figura 19**

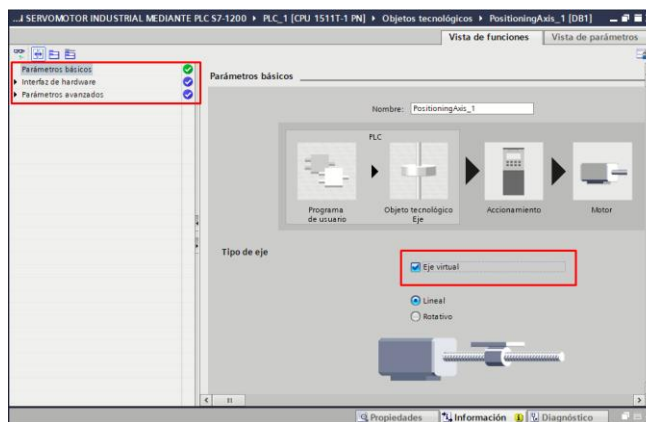
*Error de interfaz de hardware.*



Nota: En la figura está deshabilitado el eje virtual por ende se visualiza el error.

**Figura 20**

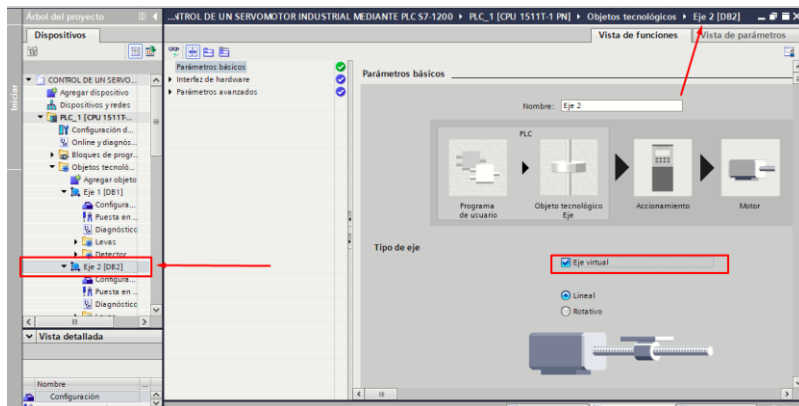
*Selección de eje virtual y solución de error.*



Nota: Mediante la selección de eje virtual todos los errores que aparecen en la interfaz de hardware se solucionan automáticamente.

**Figura 21**

*Agregar objeto tecnológico “Eje 2”.*

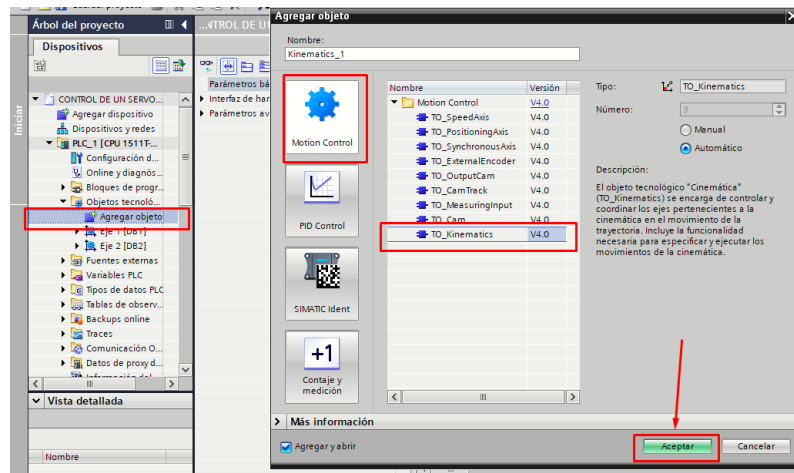


Nota: El eje 2 no es necesario, pero es obligatorio agregarlo e igual debe ser un eje virtual.

- c. Una vez creado los dos ejes, crear un objeto tecnológico, click en Motion Control, seleccionar “TO\_Kinematics”, su nombre será el mismo que nos da por defecto TIA PORTAL, como se observa en la figura 22.

**Figura 22**

*Agregar tercer objeto tecnológico “Kinematics\_1”*

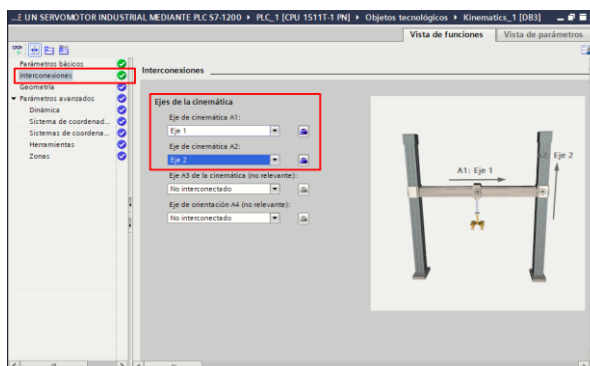


Nota: En las CPU S7-1200 que no son tecnológicas, la opción “TO\_Kinematics” no aparece.

- d. En la ventana de Kinematics, en la parte izquierda la opción de “interconexiones” en “Eje de cinemática A1” seleccionar la opción de eje 1 y en “Eje de cinemática A2” seleccionar la opción de eje 2, observar la figura 23.

**Figura 23**

*Interconexiones de los objetos tecnológicos (Eje 1 y eje 2).*

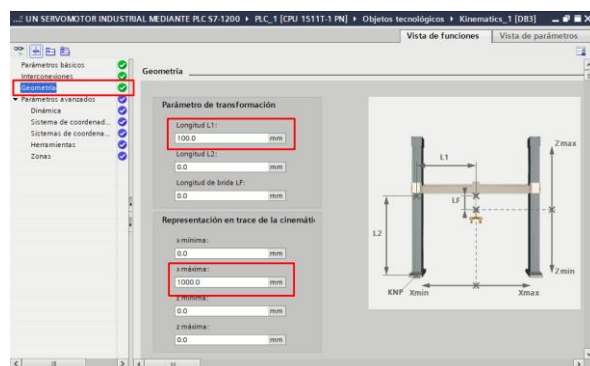


Nota: Si se desea agregar más ejes, se deberá agregar más objetos tecnológicos.

- e. En la misma ventana, click en la pestaña de “Geometría” para dar valores correspondientes, al elemento móvil del sistema cinemático tendrá una distancia que se desea, en este caso se da un valor de 100mm desde el punto de referencia o de origen y en el eje X igual se puede dar un valor que se desee, en este caso se da un valor de 1 metro (1000mm), como se puede observar en la figura 24.

**Figura 24**

*Dar valores a Longitud L1 y X mínima.*

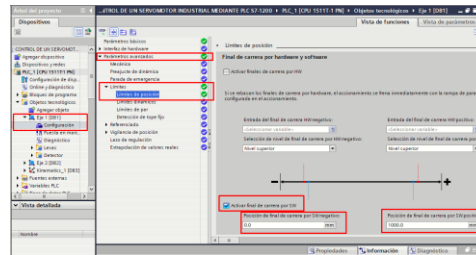


Nota: Los valores geométricos se los puede dar de acuerdo y la necesidad de programación.

- f. En el eje 1 en la pestaña “configuración”, seleccionar parámetros avanzados, en la subcategoría “límites”, click en límites de posición, activar “final de carrera por software (SW)”, configurar la posición de final de carrera por SW negativo en 0 mm y en positivo en 1000mm como se indica en la figura 25.

**Figura 25**

*Límite negativo y positivo en el eje 1.*



Nota: En la figura se muestra como configurar el límite negativo y positivo del eje 1 o también conocido como final de carrera por software.

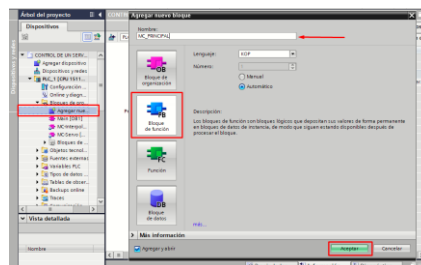
### 3.4.2.2 Configuración de bloque de funciones

Se creará funciones, en el TIA PORTAL para programar las acciones de control asignadas los botones en la pantalla HMI: Habilitación, Ref. y Reset

En la pestaña de PLC seleccionar “Bloques de programa”, click en agregar nuevo bloque, seleccionar bloque de función (FB), en donde se insertará el bloque de habilitación, referenciado y reset, se da el nombre que se desee, en este caso MC (Motion Control) Principal y aceptar, como se puede observar en la figura 26.

**Figura 26**

*MC principal.*



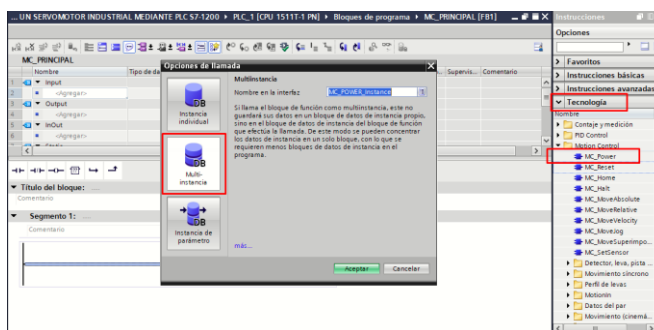
Nota: Todos los bloques FB son con referencia al Motion Control.

## Botón “Habilitación”

- a. En la figura 27 se muestra en la parte derecha en la pestaña de instrucciones, tecnología, en la carpeta de Motion Control seleccionamos “MC\_Power” y se desplegará una ventana llamada “Opciones de llamada”, en donde se seleccionará “Multi-instancia” y aceptar.

**Figura 27**

*Selección de MC\_Power.*

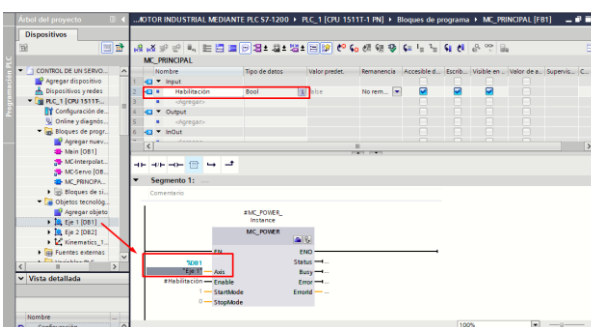


Nota: Se selecciona como multi-instancia ya que en instancia está dentro de sus parámetros y no como un DB individual.

- b. Generar una variable de entrada llamada “habilitación” de tipo booleano, esta variable se la asocia a la entrada de enable de MC\_POWER, en la entrada “Axis” se asocia con el eje 1 (%DB1), en la figura 28 se observa cómo queda configurado.

**Figura 28**

*Configuración de la habilitación.*



Nota: En la figura se le asocia las únicas dos entradas que se muestra y ya no necesita ningún cambio más.

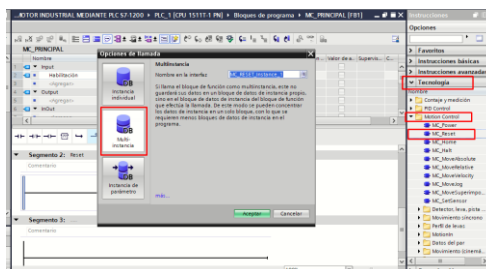


## Botón “Reset-Error”

- En la figura 29 se muestra en la parte derecha en la pestaña de instrucciones, tecnología, en la carpeta de Motion Control seleccionamos “MC\_Reset” y se desplegará una ventana llamada “Opciones de llamada”, en donde se seleccionará “Multi-instancia” y aceptar.

**Figura 29**

*Selección de MC\_Reset.*

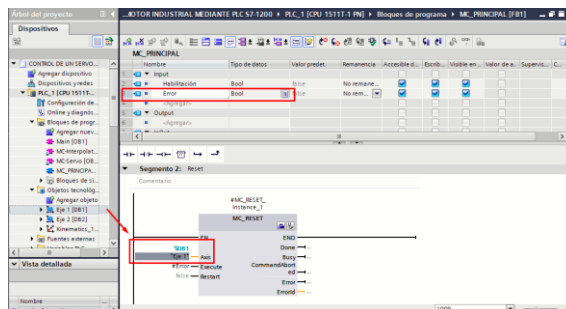


Nota: Como en la selección de MC\_Power, la selección de MC\_Reset como multi-instancia es la misma.

- Generar una variable de entrada denominada “Error” de tipo booleano, esta variable se la asocia a la entrada de “execute” de MC\_RESET, en la entrada “Axis” se asocia con el eje 1 (%DB1), en la figura 30 se observa cómo queda configurado.

**Figura 30**

*Configuración de Reset-Error.*



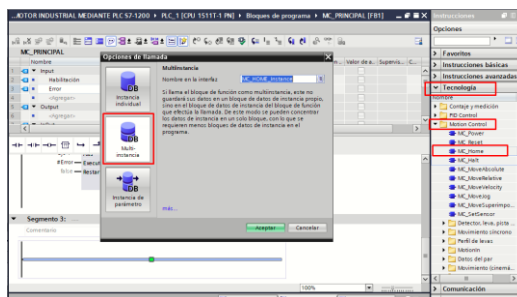
Nota: En este bloque de MC\_RESET la entrada de la variable error, es diferente a MC\_POWER, que se llama “Execute”.

## Botón “Ref.”

- a. En la figura 31 se muestra en la parte derecha en la pestaña de instrucciones, tecnología, en la carpeta de Motion Control seleccionamos “MC\_Home” y se desplegará una ventana llamada “Opciones de llamada”, en donde se seleccionará “Multi-instancia” y aceptar.

**Figura 31**

*Configuración de MC\_HOME.*

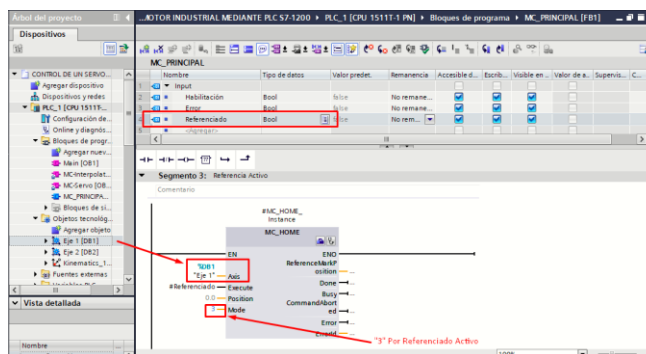


Nota: Esta selección debe ser la misma que los DB anteriores de Habilitación y Reset.

- b. Generar una variable de entrada denominada “Ref.” de tipo booleano, esta variable se la asocia a la entrada de “execute” de MC\_HOME, en la entrada “Axis” se asocia con el eje 1 (%DB1), en la entrada MODE se le dará el valor de 3 de acuerdo al tipo referenciado activo, ver anexo B, en la figura 32 se observa cómo queda configurado.

**Figura 32**

*Configuración de Ref.*



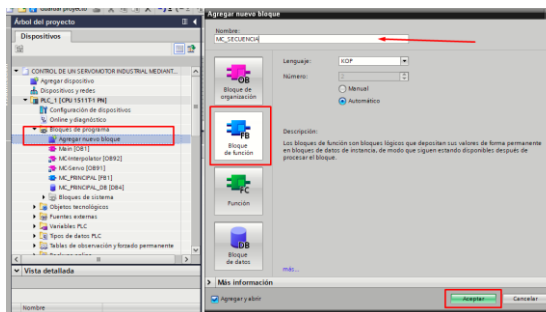
Nota: En la entrada “MODE” se le da un valor de 3 ya que es de acuerdo al referenciado activo del Manual de Motion control de SIEMENS.

## Botón “Secuencia”

- Para la secuencia, se crea un nuevo bloque FB, se nombra como “MC\_SECUENCIA” y acepta, como se observa en la figura 33.

**Figura 33**

*Agregar un nuevo bloque FB para la secuencia.*

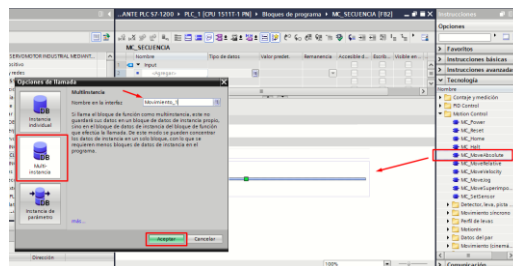


Nota: Para esta secuencia hay que agregar un bloque de función para facilitar la programación.

- Una vez creado el bloque para la secuencia de acuerdo como se desee en este caso se realizará una secuencia de 3 movimientos y para agregar este bloque de multi-instancia, se encuentra en la parte derecha en la pestaña de tecnología, en la carpeta de Motion control, se arrastra hacia el segmento 1 el bloque llamado “MC\_MoveAbsolute”, en la figura 34 se muestra cómo se agrega el bloque, se debe repetir el mismo proceso hasta tener 3 bloques denominados movimiento 1, 2 y 3 respectivamente.

**Figura 34**

*Programación de la secuencia.*

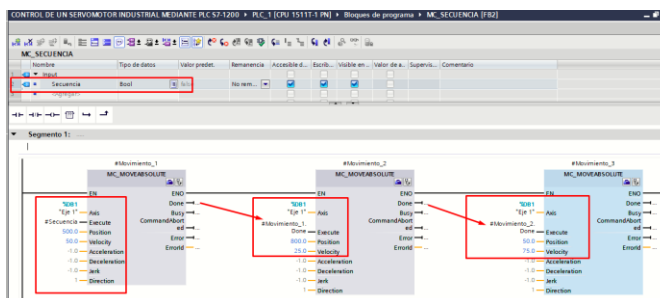


Nota: Se puede agregar los bloques de “MC\_MoveAbsolute” que se desee para los movimientos que se requiera hacer.

- c. Una vez agregado los 3 bloques, se procede a la configurar cada bloque a sus entradas y salidas respectivas, como todos los bloques van a ser controlados por el mismo eje 1, se deben asociar al eje dicho, en la entrada “Execute” se la asocia con una variable denominada “Secuencia”, la entrada “velocidad” se le puede dar diferentes valores que se desee para el primer movimiento, en la entrada “Posición” al igual que la entrada “velocidad” se le puede dar diferentes valores pero con respecto a la longitud del eje 1 con un máximo de 1000mm y un mínimo de 0 mm, y para los otros 2 bloques la entrada “Execute” de cada uno se la asocia con la salida “DONE” del bloque anterior, como se aprecia en la figura 35.

**Figura 35**

*Configuración de los bloques de la secuencia.*



Nota: Para las entradas “Posición” y “Velocidad” se lo puede configurar como se desee.

### 3.5 Programación ladder

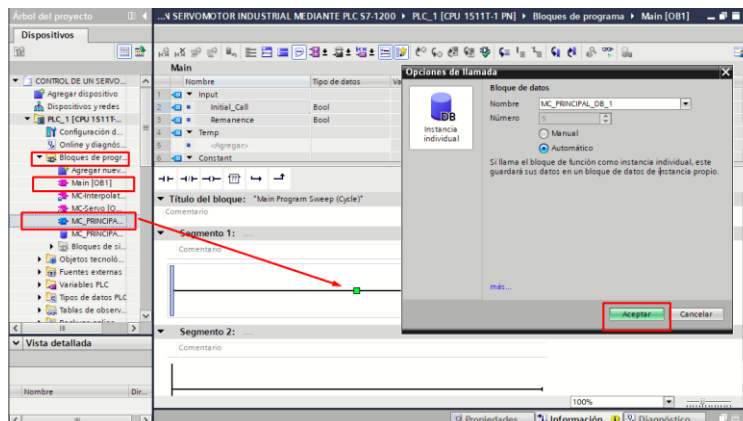
En esta sección se muestra la programación Ladder para controlar el eje del servomotor a través de los botones creados en el HMI.

**Segmento 1, se llama al bloque de funciones denominado “MC\_PRINCIPAL”**

- a. Para el bloque principal o “Main”, en la pestaña de bloques de programa, abrimos main, llamamos o arrastramos el bloque llamado “MC\_PRINCIPAL” a segmento 1, el cual se despliega una ventana “Opciones de llamada” y damos aceptar como se observa en la figura 36 y en la figura 37 se muestra cómo queda de acuerdo con las entradas de habilitación, error y entrada.

**Figura 36**

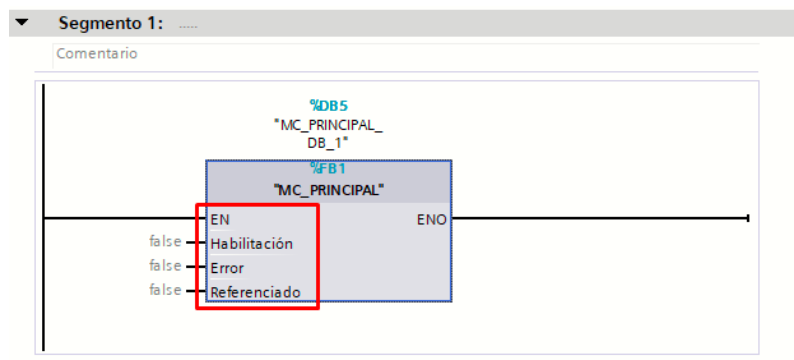
*Crear el bloque de entradas configuras.*



Nota: Para la facilitar la llamada del MC\_PRINCIPAL, se lo puede arrastrar hacia el segmento 1 en donde se va a programar.

**Figura 37**

*Bloque creado con las entradas configuradas.*



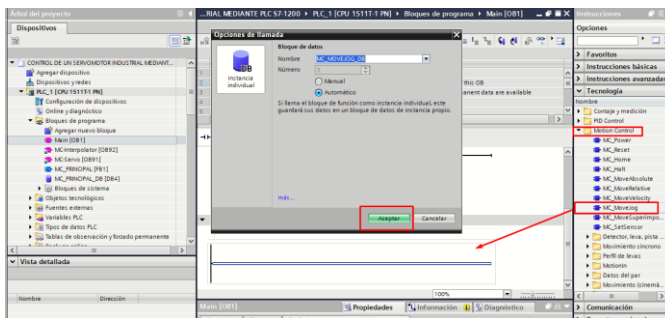
Nota: Para cada entrada del bloque se asociará con los botones del HMI.

**Segmento 2, se llama al bloque de funciones denominado “MC\_MOVEJOG”**

- a. Para el segundo segmento se agrega la función de Motion control llamada “MC\_MOVEJOG”, se arrastra hacia el segmento 2 y aparece la venta opciones de llamada y aceptar como se aprecia en la figura 38 y una vez hecho esto se asocia el eje 1 en la entrada axis como se aprecia en la figura 39.

**Figura 38**

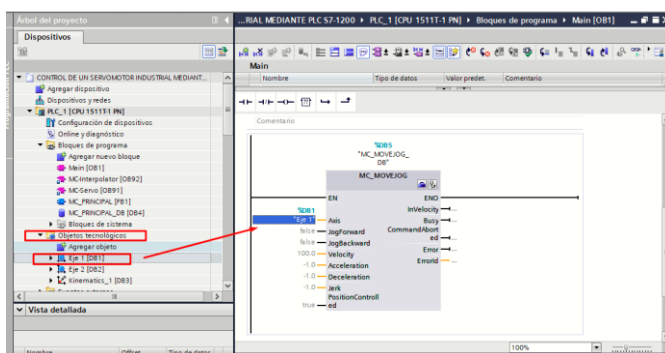
Crear bloque de MC\_MOVEJOG.



Nota: Este bloque, es para poder mover el objeto simulado en el eje X de izquierda a derecha.

**Figura 39**

Asociar el eje 1 en la entrada axis.



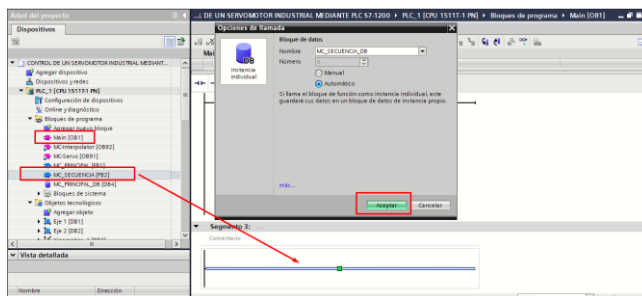
Nota: Con este bloque, se puede realizar la designación de los botones de la pantalla HMI de izquierda, derecha del objeto simulado en el eje x.

**Segmento 3 de “MC\_PRINCIPAL”, se llama al bloque de funciones denominado “Secuencia”**

- a. Una vez ya creado el bloque de nombrado “MC\_SECUENCIA”, en “main” en el segmento 3 arrastramos el bloque de secuencia creado, donde se despliega una ventana, donde se crea el bloque de datos de la secuencia y click en aceptar, en la figura 40 se lo puede apreciar y en la figura 41 se observa cómo queda el segmento con el respectivo bloque de secuencia.

**Figura 40**

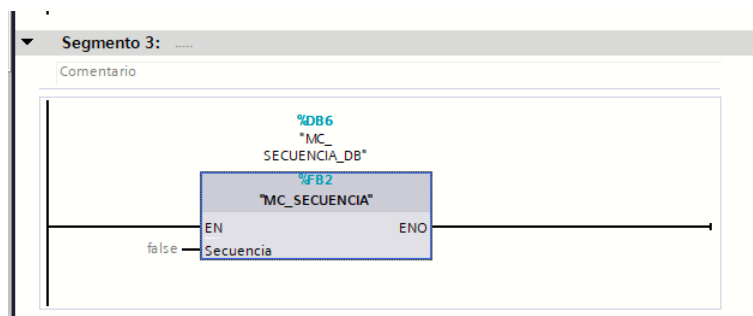
*Programación del segmento 3 del “MAIN”.*



Nota: Con este bloque creado ya se podrá configurar y asociar el botón secuencia de la pantalla HMI.

**Figura 41**

*Segmento 3 con el bloque de secuencia.*



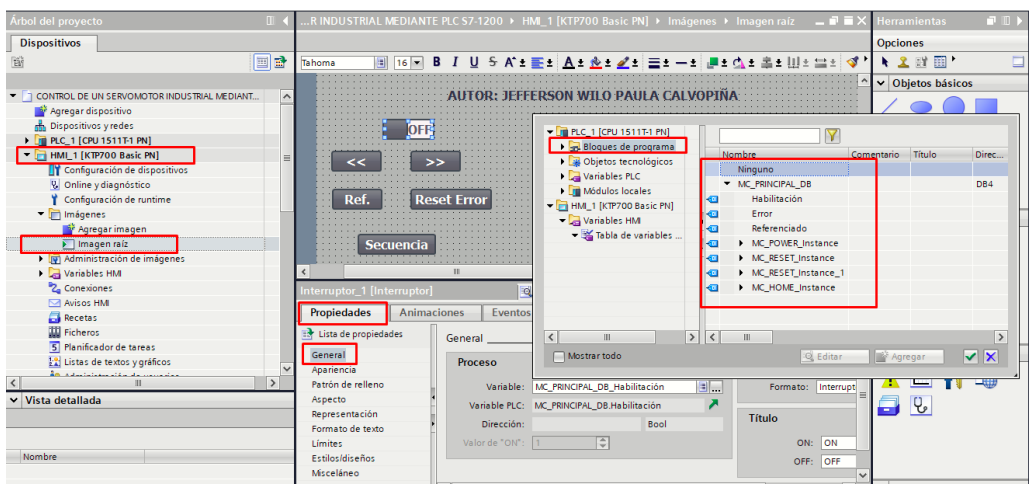
Nota: Con el bloque creado ya se podrá asociar la entrada secuencia con el botón “secuencia” del HMI.

### 3.6 Programación hmi

En esta sección se diseñará la pantalla HMI y se asociará la programación de los bloques de funciones (sección 3.4.2) a los botones de la pantalla. Para que el servomotor se mueva de acuerdo a los requerimientos del usuario.

- a. En la pestaña izquierda en HMI en imagen raíz, seleccionado el botón de la pantalla HMI en la parte inferior en la pestaña de propiedades, en general seleccionar la variable específica de cada uno de los botones como se observa en la figura 42 y para los demás botones es el mismo procedimiento, pero con su respectiva variable.

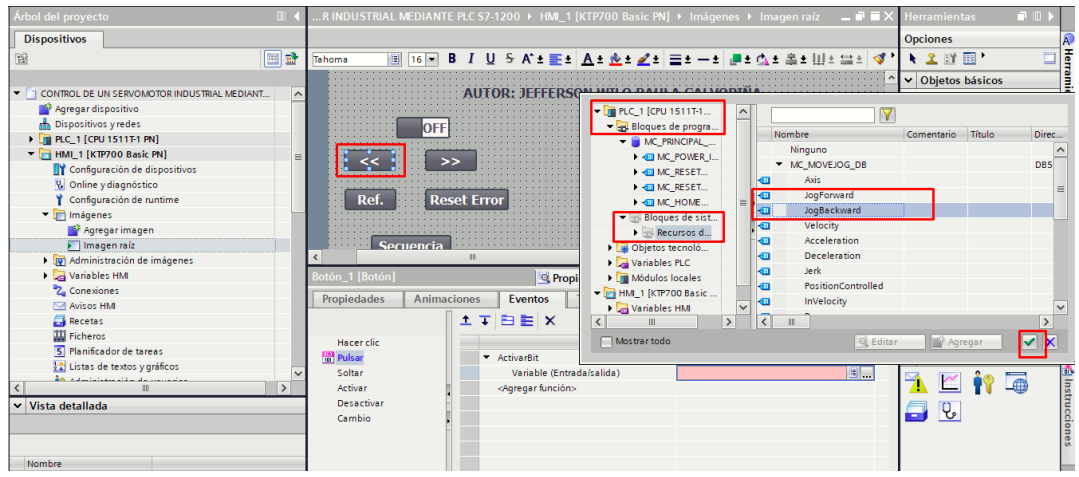
**Figura 42**  
*Asociación de botones con las variables.*



Nota: En la parte derecha se observan las variables de cada botón.

- b. Con el mismo procedimiento del ítem anterior, pero con la diferencia que los dos botones son de izquierda y derecha, los cuales son asociados con las variables de “MC\_MOVEJOG\_DB\_JogForward” y “MC\_MOVEJOG\_DB\_JogBackward” que se encuentran en la pestaña “bloques de programa” como se observa en la figura 43.

**Figura 43**  
*Asociación de botones izquierda y derecha con las variables.*



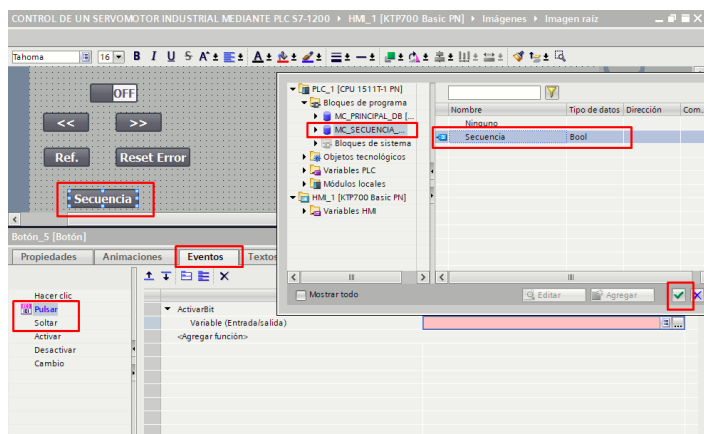
Nota: Las dos variables que están en la parte derecha de la figura son las entradas del bloque move jog.



- c. Como la variable del botón “Secuencia” es diferente por su bloque FB, es decir, tiene su propio apartado, pero esto no afecta en realizar los mismos pasos anteriores, entonces, seleccionar el dicho botón, en la pestaña “eventos”, click en “pulsar” se agrega la función de activar bit, se declara la variable “secuencia” como se muestra en la figura 44.

**Figura 44**

*Asociación del botón secuencia.*

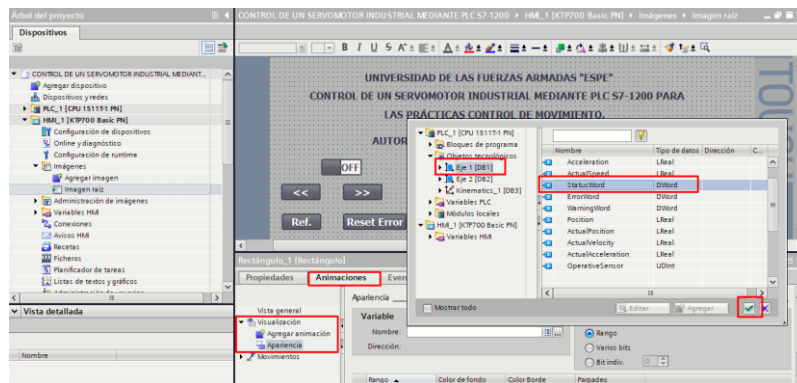


Nota: En el evento soltar, la función es “desactivar bit” pero la misma variable.

- d. Una vez asociados cada botón del HMI, se procede a la asignación de los elementos de señalización del HMI también se les denomina “bits de estado y error”, al seleccionar el elemento de señalización, click en la pestaña “animaciones”, en “visualización” agregar animación de tipo “apariencia”, se agrega la variable, en donde se abrirá una ventana, en donde se selecciona la pestaña “objetos tecnológicos” en “Eje 1” se desplegarán diferentes variables y seleccionar “StatusWord” y aceptar como se observa en la figura 45.

**Figura 45**

*Configuración de elementos de señalización.*

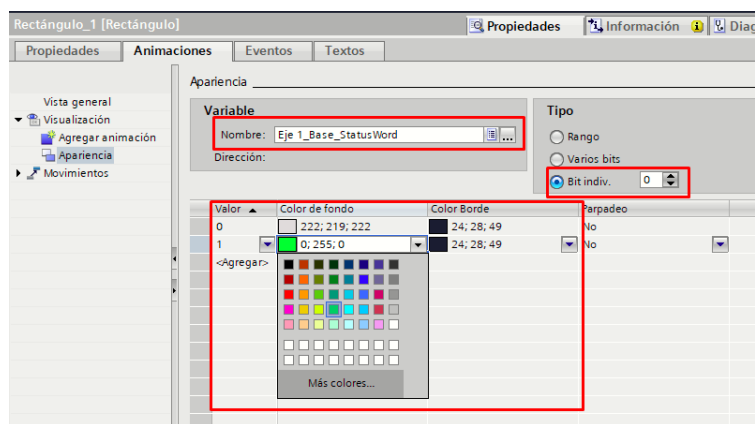


Nota: Para los bits de estado y error se las encuentra en el eje 1 que se va a simular virtualmente.

- e. Para seleccionar el tipo de apariencia y observar un diferente tipo de color al momento de activar o desactivar el bit, vamos al apartado de “StatusWord”, en tipo de bit se selecciona “bit indiv.” como se puede apreciar en la figura 46 y para los demás elementos de señalización o visualización, este mismo procedimiento tanto el ítem c y d, se realiza los mismos pasos.

**Figura 46**

*Selección de bit individual.*



Nota: Para cada tipo bit de estado y error, tienen diferentes tipos de bits individuales.

## CAPÍTULO IV

### 4. Conclusiones y recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones

- En la literatura revisada se encontró 13 trabajos donde el PLC es utilizado para controlar a un servomotor.
- Se desarrolló una guía de usuario donde se muestra cada paso que debe realizar el alumno para controlar un servomotor utilizando el PLC S7-1200 y el controlador KT270-H-50 en el laboratorio de instrumentación virtual.
- Para comprobar el funcionamiento del controlador se utilizó la pantalla HMI, el software TIA PORTAL y se verificó que el desempeño del servomotor fué de acuerdo a los requerimientos establecidos en el literal 3.2, operación del proceso.

#### 4.2 Recomendaciones

- Para que los límites (derecha e izquierda) del eje no sean superados, en la configuración del eje en TIA PORTAL se debe establecer límites requeridos.
- Al momento de adquirir los servocontroladores para realizar la implementación práctica, se debe verificar la hoja de datos del servomotor a controlar, para decidir si es apto para implementarse en el proceso deseado.
- Durante el proceso, si accidentalmente se presionó las teclas ya sean izquierda o derecha y el eje se colocó en los límites dejando de funcionar, presionar la tecla “Reset-Error” para poder manipularlo nuevamente.

## Bibliografía

- Aguilera Martínez, P. (06 de 2002). *Programación de PLC'S*. Obtenido de Funciones básicas de un PLC: <https://core.ac.uk/reader/76583190>. Recuperado el 18 de Diciembre de 2020.
- Altamiranda, G. (11 de 03 de 2021). *Tecnología de Control*. Obtenido de SISTEMA DE CONTROL DE LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO: <https://sites.google.com/site/tecnologíadecontrol2016/sistema-de-control-manual>. Recuperado el 18 de Diciembre de 2020.
- Altamiranda, G. (11 de 03 de 2021). *TECNOLOGÍA DE CONTROL*. Obtenido de ACTUADORES: <https://sites.google.com/site/tecnologíadecontrol2016/actuadores>. Recuperado el 18 de Diciembre de 2020.
- Aula 21. (06 de 09 de 2020). *Centro de información técnica para la industria*. Obtenido de <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-autómata-programable-o-plc-y-como-funciona/>. Recuperado el 18 de Diciembre de 2020.
- Automatización y Control*. (11 de 03 de 2021). Obtenido de Sistema de Control: <https://sites.google.com/site/automatizaciónycontrol4/automatización/sistema-de-control>. Recuperado el 19 de Diciembre de 2020.
- AUTYCOM* . (14 de 12 de 2018). Obtenido de SIMATIC S7-1200: <https://www.autycom.com/simatic-s7-1200-automatización-tareas-con-precisión/>. Recuperado el 19 de Diciembre de 2020.
- AUTYCOM* . (22 de 07 de 2020). Obtenido de TIA Portal Vs SIMATIC Manager: <https://www.autycom.com/tia-portal-vs-simatic-manager/>. Recuperado el 10 de Enero de 2021.
- BIRTH LH*. (18 de 02 de 2021). Obtenido de Características generales de la norma IEC 1131-3.: [https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/IDO/IDO04/es\\_IEA\\_IDO04\\_Contenidos/webseite\\_31\\_características\\_generales\\_de\\_la\\_norma\\_iec\\_11313.html](https://ikastaroak.birt.eus/edu/argitalpen/backupa/20200331/1920k/es/IEA/IDO/IDO04/es_IEA_IDO04_Contenidos/webseite_31_características_generales_de_la_norma_iec_11313.html). Recuperado el 10 de Enero de 2021.
- Brunete, A. (28 de 07 de 2020). *Automatización Industrial*. Obtenido de Sensores: [https://bookdown.org/alberto\\_brunete/intro\\_automatiza/sensores-industriales.html#clasificacionsensores](https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatiza/sensores-industriales.html#clasificacionsensores). Recuperado el 10 de Enero de 2021.
- Castilla y León. (08 de 02 de 2012). *Junta de Castilla y León*. Obtenido de Motor de combustión interna: <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/motor-combustión-interna.html>. Recuperado el 14 de Enero de 2021.
- ComoFunciona. (05 de 01 de 2020). *ComoFunciona*. Obtenido de Partes de un PLC: <https://comofunciona.co/un-plc/>. Recuperado el 14 de Enero de 2021.
- Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2014). *Sensores y Actuadores*. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wMm3BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=que+son+los+actuadores&ots=6O3lfA5-2C&sig=eatWUz\\_Pr-](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wMm3BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=que+son+los+actuadores&ots=6O3lfA5-2C&sig=eatWUz_Pr-)

W3wyLhDvmYSVqxU4c#v=onpage&q=que%20son%20los%20actuadores&f=false.  
Recuperado el 14 de Enero de 2021.

- Cortés, F. R. (2011). *Robótica*. Obtenido de Servomotores: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cULVDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=que+es+un+servomotor&ots=LR-DurrV7X&sig=7vxjOV15OANH58coSJ09oj2tT9w#v=onpage&q=que%20es%20un%20servomotor&f=false>. Recuperado el 25 de Enero de 2021.
- Creus, A. (09 de 2010). *Instrumentación Industrial*. Obtenido de <http://www.alfaomega.com.mx>. Recuperado el 25 de Enero de 2021.
- EnergieShop. (18 de 03 de 2020). Obtenido de <https://www.eenergie-shop.es/blog/autómata-programable-plc-que-es-como-funciona/>. Recuperado el 25 de Enero de 2021.
- El PLC*. (12 de 2001). Obtenido de *Autómatas Programables*: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automática/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>. Recuperado el 25 de Enero de 2021.
- ELECTROMATIC*. (04 de 2013). Obtenido de *Ventajas e Inconvenientes en un PLC*: <https://electromatic2012.blogspot.com/2013/04/ventajas-e-inconvenientes-en-un-plc.html#>. Recuperado el 25 de Enero de 2021.
- EQUIPO COMUNICACIÓN. (10 de 01 de 2017). *¿Qué es un autómata programable?* Obtenido de EADIC: <https://www.eadic.com/que-es-un-autómata-programable/>. Recuperado el 30 de Enero de 2021.
- Garrido, D. M. (2018). *Trabajo fin de grado en ingeniería en tecnologías industriales*. Obtenido de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/124506/48156777K\\_TFG\\_15620519299525310284014845111850.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/124506/48156777K_TFG_15620519299525310284014845111850.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Recuperado el 30 de Enero de 2021.
- GIGATECNO*. (04 de 2012). Obtenido de *Diagrama de Bloques de un PLC*: <http://gigatecno.blogspot.com/2012/04/diagrama-en-bloques-de-un-plc.html>. Recuperado el 30 de Enero de 2021.
- IEC 61131-3*. (16 de 11 de 2005). Obtenido de *LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN*: [http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131-3%20\(Lenguajes\).pdf](http://isa.uniovi.es/~vsuarez/Download/IEC%2061131-3%20(Lenguajes).pdf). Recuperado el 30 de Enero de 2021.
- Jacintos Ortiz , A. D., & Maysse Roque, J. A. (06 de 03 de 2014). *TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN* . Obtenido de <file:///C:/Users/HP/AppData/Local/Temp/INTEGRACIÓN%20DE%20UNA%20MESA%20XY%20IMPLEMENTADA%20CON%20SERVOMOTORES.pdf>. Recuperado el 30 de Enero de 2021.
- LAUMAYER. (12 de 2020). *Generalidades de Finales de carrera*. Obtenido de <https://laumayer.com/novedades-y-publicaciones/diciembre/generalidades-finales-carrera-principales-usos/>. Recuperado el 30 de Enero de 2021.

- MAQUICLICK. (29 de 06 de 2018). *Máquinas industriales en un click*. Obtenido de Tipos de servomotores que existen actualmente: <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/tipos-de-servomotores/>. Recuperado el 30 de Enero de 2021.
- Martínez, E. (24 de 07 de 2013). *Teoría de Control*. Obtenido de Controladores: <https://es.slideshare.net/martínezeduardo/controladores-teoria-de-control-24587590>. Recuperado el 30 de Enero de 2021.
- MASTER SIEMENS. (08 de 08 de 2017). Obtenido de S7-1200: [https://es.rs-online.com/euro/img/general/pdf/s7-1200\\_master\\_es.pdf](https://es.rs-online.com/euro/img/general/pdf/s7-1200_master_es.pdf). Recuperado el 25 de Mayo de 2021.
- Mecafénix, I. (20 de 04 de 2017). *Motor paso a paso ¿qué es y como funciona?* Obtenido de ¿Qué es un motor paso a paso?: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>. Recuperado el 25 de Mayo de 2021.
- Menna. (10 de 12 de 2018). *ComoFunciona*. Obtenido de Cómo funciona un motor de combustión externa: <https://como-funciona.co/un-motor-de-combustión-externa/>. Recuperado el 25 de Mayo de 2021.
- Moya, S. (24 de 12 de 2018). *ISA Sección Central de México*. Obtenido de Sistema de Control: <https://www.isamex.org/intechmx/index.php/2018/12/24/conceptos-básicos-sistemas-de-control/>. Recuperado el 25 de Mayo de 2021.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. Obtenido de Clasificación de los Controladores Industriales: [www.pearsoneducacion.com](http://www.pearsoneducacion.com)
- PANASONIC. (23 de 02 de 2021). *Servoaccionamiento*. Obtenido de <https://www.panasonic-electric-works.com/es/servoaccionamiento-minas-liqi.htm#> Recuperado el 25 de Mayo de 2021.
- REDUCTORES, C. L. (02 de 05 de 2017). *Blog CLR*. Obtenido de ¿Qué es un servomotor y cuándo se utiliza?: <https://clr.es/blog/servomotor-cuando-se-utiliza/>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021.
- SeoXan. (2019). *Instrumentación Digital*. Obtenido de Tipos de actuadores eléctricos: <https://www.instrumentaciondigital.es/actuadores-electricos-y-sus-funciones/>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021.
- Servoaccionamientos*. (27 de 05 de 2010). Obtenido de Servodriver: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/servoaccionamientos.pdf>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021.
- SIEMENS. (19 de 12 de 2013). *S7-1200*. Obtenido de Manual: [https://media.automation24.com/manual/es/39710145\\_s71200\\_easy\\_book.pdf](https://media.automation24.com/manual/es/39710145_s71200_easy_book.pdf). Recuperado el 27 de Mayo de 2021.
- SPA, I. (23 de 02 de 2021). *Ingeniería y Control de Movimiento SpA*. Obtenido de Servosistemas: <https://servomotor.cl/unidrive-sp/>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021.

- Universidad de Oviedo*. (25 de 03 de 2008). Obtenido de Criterios de Selección: [http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc\\_resumen.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc_resumen.pdf). Recuperado el 27 de Mayo de 2021.
- Valladares, S. (25 de 04 de 2020). *Mundo del Motor*. Obtenido de ¿Qué es el motor?: <https://www.mundodelmotor.net/tipos-de-motores/>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021.
- Wendling, P. M. (2010). *Sensores*. Obtenido de <https://www.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/4---sensores-v2.0.pdf>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021.
- Zambrano, N. (08 de 01 de 2021). *Internet paso a paso*. Obtenido de <https://internetpasoapaso.com/tipos-plc/>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021.
- Zhang, S. (23 de 02 de 2021). *Alibaba*. Obtenido de controlador Servo Especificación estándar: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/90st-3520-750w-220v-brake-ac-servo-motor-kit-and-servo-motor-controller-kit-60856560879.html?spm=a2700.7735675.normalList.1.41c85f35Di0Uz2&s=p&s=p>. Recuperado el 27 de Mayo de 2021.

## Anexos