



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE  
OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMÁTICO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. ALEX CAZASOLA APAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECATRÓNICO**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE  
OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMÁTICO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. ALEX CASAZOLA APAZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

  
Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

**PRIMER MIEMBRO**

  
Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

**SEGUNDO MIEMBRO**

  
Mgtr. ANGEL CLEMENTE MAMANI LEONARDO

**ASESOR DE TESIS**

  
Ing. ABELARDO LEON MIRANDA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21**



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 340-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de julio de 2024

VISTOS:

El INFORME N° 005-2024-D-FICP-UANCV-P del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°322-2024 de fecha 10 de julio de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO; y el trámite solicitado por el Bachiller en Ingeniería Mecatrónica y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: ALEX CASAZOLA APAZA; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- \* Presidente : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- \* 1er Miembro : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
- \* 2do Miembro : Mgtr. ANGEL CLEMENTE MAMANI LEONARDO
- \* Asesor : M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: ALEX CASAZOLA APAZA; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico de acuerdo al siguiente detalle:

- \* FECHA : lunes 15 de julio de 2024
- \* HORA : 09:00
- \* LUGAR : Aula 205 - FICP

ARTICULO SEGUNDO. La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

  
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
 Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
 DECANO  
 CIP. 47790

  
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
 Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA  
 SECRETARIO ACADÉMICO  
 CIP. 95531

C. s. Aren. 2024  
Interesado:  
Escuela Profesional



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 322-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de julio de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 122-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Mecatrónica, **INFORME N° 007-2024-UI-CI-EPIM-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 688-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **02 de agosto de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **08 de julio de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el tema titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **ALEX CASAZOLA APAZA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**.

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**
- \* **1er Miembro** : **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. ANGEL CLEMENTE MAMANI LEONARDO**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**.

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 413-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**.

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **ALEX CASAZOLA APAZA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**.

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica.

**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **M.Sc. ABELARDO LEON MIRANDA**.

**ARTICULO TERCERO.-** La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs PURAS

D. EFRAIN RAJILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP. 95531

cc.  
archivo 2024  
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 246-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de junio de 2024

VISTOS.-

El OFICIO N° 010-2024-D-EPIM-FICP-UANCV, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica y el proveído del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, sobre el pedido de cambio de miembro (s) del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación, del Bachiller: ALEX CASAZOLA APAZA para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el tema titulado: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO, y;

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: ALEX CASAZOLA APAZA ha solicitado cambio del segundo miembro de la terna del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación, titulado: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL N° 688-2023-D-FICP-UANCV de fecha 02 de agosto de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- ❖ Presidente : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- ❖ 1er. Miembro : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
- ❖ 2do. Miembro : Mgtr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO

Que; el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica ha tomado conocimiento el cambio del segundo miembro a solicitud del interesado, en la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, por lo que ha determinado proceder con el sorteo para el cambio de la terna de la sub comisión de evaluación del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras;

Estando, a los documentos de VISTOS, mediante el cual informa la designación de la nueva terna de la sub comisión de evaluación; el mismo que deberá actuar según el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del Comité de Investigación de la escuela profesional de Ingeniería Mecatrónica, en concordancia al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR, el cambio del segundo miembro de la Terna del sub comité de evaluación del Proyecto de Investigación presentado por el bachiller: ALEX CASAZOLA APAZA, titulado: IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO, para optar el título profesional de Ingeniero Mecatrónico quedando la conformación del sub comité de evaluación de la siguiente forma:

- ❖ Presidente : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
- ❖ 1er. Miembro : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
- ❖ 2do. Miembro : Mgtr. ANGEL CLEMENTE MAMANI LEONARDO
- ❖ Asesor (a) : Ing. ABELARDO LEON MIRANDA

ARTICULO SEGUNDO. - Disponer a los miembros de la sub comisión de evaluación designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del proyecto de investigación, borrador de trabajo de investigación o sustentación del trabajo de investigación, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando valido en sus demás disposiciones la Resolución Decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO TERCERO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el responsable de investigación y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, el Secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese

CC: Avilino 20 Interesado



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAÍN AVILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP 96531



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 688-2023-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 02 de agosto 2023

**VISTOS:**

El, **INFORME N° 386-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 014-2023-UANCV-FICP-UI-CI** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 012-2023-UANCV-FICP-UI-CI** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **24 de mayo de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico, con el tema titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **ALEX CASAZOLA APAZA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**
- \* **1er Miembro** : **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**
- \* **2do Miembro** : **Mgr. GIOVANNI JOSE HUACASI SUPO**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **ALEX CASAZOLA APAZA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Mecatrónico**, con el Tema Titulado: **IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE CLASIFICACION DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO**.

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Ing. ABELARDO LEON MIRANDA**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Mecatrónica** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Mgr. MILTON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP/ 95531

cc.  
archivo 2023  
interesado (a)



## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMÁTICO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	6%
2	<a href="http://www.agradecimientosdetesis.net">www.agradecimientosdetesis.net</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="http://fdocuments.es">fdocuments.es</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://centrodeconocimiento.ccb.org.co">centrodeconocimiento.ccb.org.co</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://bibliotecavirtualoducal.uc.cl">bibliotecavirtualoducal.uc.cl</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1%




### METADATOS COMPLEMENTARIOS

<b>Título de la tesis</b>	
<b>IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMÁTICO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
<b>Nombres y apellidos</b>	Alex Casazola Apaza
<b>Tipo de documento de identidad</b>	DNI
<b>Número de documento de identidad</b>	72003884
<b>URL de ORCID</b>	<a href="https://orcid.org/0009-0009-5485-1373">https://orcid.org/0009-0009-5485-1373</a>
<b>Datos de asesor</b>	
<b>Nombres y apellidos</b>	Abelardo Leon Miranda
<b>Tipo de documento de identidad</b>	DNI
<b>Número de documento de identidad</b>	40198643
<b>URL de ORCID</b>	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8370-5660">https://orcid.org/0000-0001-8370-5660</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
<b>Nombres y apellidos</b>	Salvador Teodoro Valdivia Cardenas
<b>Tipo de documento</b>	DNI
<b>Número de documento de identidad</b>	02383061
<b>Miembro del jurado 1</b>	
<b>Nombres y apellidos</b>	Adwar Ranulfo Sanchez Carreon
<b>Tipo de documento</b>	DNI
<b>Número de documento de identidad</b>	02064066
<b>Miembro del jurado 2</b>	
<b>Nombres y apellidos</b>	Angel Clemente Mamani Leonardo
<b>Tipo de documento</b>	DNI
<b>Número de documento de identidad</b>	45317605





<b>Datos de investigación</b>	
<b>Línea de investigación</b>	Tecnología de la instrumentación – P21
<b>Grupo de investigación</b>	No aplica.
<b>Agencia de financiamiento</b>	Sin financiamiento
<b>Ubicación geográfica de la investigación</b>	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Puno  <b>Distrito:</b> Puno</p> <p><b>Coordenadas</b>  <b>Latitud:</b> 15°50'31.2" S  <b>Longitud:</b> 70°01'26.4" W</p> <p><b>Geolocalización</b>  <a href="https://maps.app.goo.gl/XYoF9DFwB69UuAMd8">https://maps.app.goo.gl/XYoF9DFwB69UuAMd8</a></p> 
<b>Año o rango de años en que se realizó la investigación</b>	MAYO 2023 – JULIO 2024
<b>URL de disciplinas OCDE</b> <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a>	<b>Ingeniería mecánica</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.00</a>
<b>Librería</b>	<b>Ingeniería mecánica</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.03.01</a>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS  
 DIRECTOR  
 Dr. Efraín Viljo Sosa  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ALEX CASAZOLA APAZA, identificado con DNI  
Nro. 72003884, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional  
 Programa de Segunda Especialidad,  
 Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECATRÓNICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico  
denominada:

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO  
NEUMÁTICO

Asesorado por: Ing. Abelardo Leon Miranda

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 02 de OCTUBRE del 2024

Firma del Asesor  
(obligatoria)

Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

A todas aquellas personas que han sido parte de mi vida y que me han brindado su apoyo incondicional, especialmente a mis padres, quienes siempre me han motivado a seguir adelante en cada uno de mis proyectos y metas, y han sido una pieza clave en mi formación académica y personal.



## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutor/a, quien dedicó su tiempo y conocimientos para guiarme en este proceso y siempre estuvo dispuesto/a a aclarar mis dudas y orientarme en el camino correcto.

También quiero dar las gracias a mis compañeros de clase, por compartir sus experiencias y conocimientos conmigo, y por hacer de esta etapa una experiencia enriquecedora y llena de aprendizaje.



## ÍNDICE DE GENERAL

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

### CAPÍTULO I

#### ASPECTOS GENERALES

1. 1 Formulación del problema.....	1
1. 2 Planteamiento del problema.....	1
1. 2. 1 Problema general.....	1
1. 2. 2 Problemas específicos.....	2
1. 3 Objetivos de la investigación.....	2
1. 3. 1 Objetivo general.....	2
1. 3. 2 Objetivos específicos.....	2
1. 4 Justificación de estudio.....	2
1. 5 Hipótesis de la investigación.....	3
1. 5. 1 Hipótesis general.....	3
1. 5. 2 Hipótesis específicas.....	3
1. 6 Variables de investigación.....	4
1. 7 Operacionalización de variables.....	4

### CAPÍTULO II

#### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2. 1 Antecedentes de la investigación.....	5
--	---



2. 1. 1 A nivel internacional.....	5
2. 1. 2 A nivel nacional .....	7
2. 2 Bases teóricas.....	11

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. 1 Método de investigación.....	40
3. 2 Tipo de investigación.....	40
3. 3 Nivel de investigación.....	41
3. 4 Ámbito de la investigación.....	42
3. 5 Población y muestra.....	42
3. 6 Técnicas e instrumentos de recogida de información.....	42
3. 7 Recogida de datos.....	43
CAPITULO IV.....	44
CAPÍTULO IV.....	44
ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
4. 1 Presentación.....	44
4. 2 Adaptación al sistema del brazo neumático un electroimán.....	45
4. 3 Análisis e interpretación de resultados.....	62
4. 4 Discusión de resultados.....	63
CONCLUSIONES.....	66
RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS.....	73
ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	74
ANEXO 2 HMI HTP 700 SIEMENS.....	75
ANEXO 3 PLC S7 1200 SIEMENS.....	76
ANEXO 4 CILINDRO ROTATORIO.....	77
ANEXO 5 CILINDRO COMPACTO.....	78



ANEXO 6 CILINDRO DOBLE VÁSTAGO.....	79
ANEXO 7 VÁLVULA SOLENOIDE .....	80
ANEXO 8 UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	81



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables .....	4
Tabla 2 Técnicas e instrumentos .....	42
Tabla 3 Posicionamiento del brazo neumático .....	61



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes operativas y de mando de un sistema automática.....	12
Figura 2 Cilindro de simple efecto.....	14
Figura 3 Cilindro de doble efecto .....	15
Figura 4 Sistema giro anti externo .....	16
Figura 5 Cilindro neumático compacto de doble acción .....	17
Figura 6 Cilindro neumático compacto de simple acción .....	18
Figura 7 Cilindro con desplazamiento corto.....	18
Figura 8 Cilindro sin bandas .....	19
Figura 9 Actuador de paleta doble .....	21
Figura 10 Sensor Inductivo .....	24
Figura 11 Sensores capacitivos .....	25
Figura 12 Sensores analógicos.....	26
Figura 13 Partes de un suministro eléctrico.....	27
Figura 14 Tubo de aire presurizado .....	27
Figura 15 Tipos de racores .....	28
Figura 16 Control de flujo y su símbolo.....	28
Figura 17 Unidad de mantenimiento .....	29
Figura 18 Organización externa de un PLC.....	32
Figura 19 Controlador programable S7-1200 .....	34
Figura 20 Interfaces .....	35
Figura 21 Indicaciones de programación en la interfaz hombre-máquina (HMI). .....	37
Figura 22 Organización del software de la interfaz hombre-máquina (HMI).....	37
Figura 23 Vista periférica HMI KTP700 Basic.....	39



Figura 24 Clasificación de objetos usando brazo neumático .....	44
Figura 25 Modelamiento del acople en Solid Works .....	45
Figura 26 Dimensiones del acople del electroimán .....	46
Figura 27 Activación del complemento de elementos finitos.....	47
Figura 28 Selección del material a utilizar .....	47
Figura 29 Asignación de sujeción y fuerza .....	48
Figura 30 Evaluación por elementos finitos .....	48
Figura 31 Guardando el modelado de acople en la extensión STL .....	49
Figura 32 Archivo guardado extensión STL.....	49
Figura 33 Simulación de la impresión 3D software CURA .....	50
Figura 34 Impresión del acople.....	50
Figura 35 Circuito electroneumático del brazo neumático.....	51
Figura 36 Configuración PID programa TIA portal V16 .....	51
Figura 37 Optamos por la alternativa de CONTROL.....	52
Figura 38 Seleccione PID COMPACTO .....	52
Figura 39 Configuración de unidades .....	53
Figura 40 Configurar los parámetros .....	53
Figura 41 Distancia de trabajo del brazo neumático .....	54
Figura 42 Configuración de advertencias .....	54
Figura 43 Valor máximo permitido .....	55
Figura 44 Configuración de la función AUTOTUNE .....	55
Figura 45 Configuración del PID .....	56
Figura 46 Ajuste de entradas/salidas controlador PID .....	56
Figura 47 Programación del PLC S7 1200 .....	57
Figura 48 Programación para el electroimán.....	58



Figura 49 Programación para el sensor.....	59
Figura 50 Control del brazo neumático.....	60
Figura 51 Control del brazo neumático posicionamiento.....	61
Figura 52 Prueba de clasificación de objetos.....	62
Figura 53 Clasificación de objetos.....	63



## RESUMEN

Esta disertación describe, elaboración e implementación de un sistema para clasificar objetos mediante el uso de un brazo neumático. El sistema utiliza tecnología automatizada para identificar y categorizar objetos, y se combina con un brazo neumático para su manejo automatizado. La metodología de desarrollo incorporó el uso de sensores para el reconocimiento de objetos y la programación del brazo neumático mediante un PLC, permitiendo la realización de pruebas en un entorno controlado.

Los resultados obtenidos evidenciaron una alta precisión y eficiencia del sistema en la clasificación y manejo de objetos, acortando drásticamente el tiempo de operación y disminuyendo los errores humanos. La implementación del prototipo demostró que es posible integrar tecnologías de automatización con dispositivos electroneumáticos para su uso en aplicaciones industriales.

En resumen, el proyecto evidencia que la automatización de la clasificación y manipulación de objetos puede incrementar la productividad y la eficacia en las operaciones industriales. Se sugiere investigar la incorporación de tecnologías adicionales y realizar evaluaciones de costo-beneficio para determinar la viabilidad de una implementación a gran escala en entornos industriales reales.

**Palabras clave:** Sistema de clasificación, brazo neumático, Controlador Lógico programable



## ABSTRACT

This thesis presents the design and implementation of an object classification system using a pneumatic arm. The system employs automated technology to recognize and classify objects, and integrates with a pneumatic arm for automatic handling. The development methodology included the use of sensors for recognition and programming of the pneumatic arm through a programmable logic controller for testing in a controlled environment.

The results obtained demonstrated a high accuracy and efficiency of the system in the classification and manipulation of objects, significantly reducing operation time and minimizing human errors. The implementation of the prototype confirmed the feasibility of integrating automation technologies with electro-pneumatic devices for applications in industry.

In conclusion, the project demonstrates that it is possible to improve productivity and efficiency in industrial processes by automating the classification and handling of objects. It is recommended to explore the integration of additional technologies and conduct cost-benefit studies to evaluate large-scale implementation in real industrial environments.

**Keywords:** Sorting system, pneumatic arm, Programmable Logic Controller



## INTRODUCCIÓN

En la era de la automatización industrial, la clasificación y manipulación de objetos se han vuelto fundamentales para incrementar la eficiencia y precisión en los procedimientos de producción. La necesidad de sistemas automatizados capaces de ejecutar tareas repetitivas y monótonas con gran precisión ha impulsado el desarrollo de tecnologías avanzadas como la robótica y la visión artificial. En este marco, esta tesis se enfoca en la implementación de un sistema de clasificación de objetos integrado en un brazo neumático, con el objetivo principal de optimizar la identificación y organización de materiales en un entorno de producción.

El sistema propuesto integra técnicas de control y algoritmos de reconocimiento de objetos con la mecánica de un brazo neumático, creando una solución unificada capaz de operar de forma autónoma. La implementación de sensores permite que el sistema identifique y clasifique distintos tipos de objetos según sus atributos visuales, mientras que el brazo neumático se encarga de la manipulación física de estos objetos, colocándolos en las ubicaciones predeterminadas.



## CAPÍTULO I

### ASPECTOS GENERALES

#### 1. 1 Formulación del problema

En el ámbito industrial contemporáneo, la automatización de procesos resulta fundamental para potenciar la eficiencia y disminuir los gastos operativos. Una parte importante de la automatización es la categorización de objetos, la cual puede ser una tarea tediosa y con potencial de errores al realizarla de forma manual. Frecuentemente, los sistemas automáticos de clasificación existentes carecen de la flexibilidad necesaria para ajustarse a diversos tipos de objetos y entornos laborales, lo que restringe su utilidad y aplicabilidad. Además, muchos de los sistemas actuales emplean tecnologías costosas y complejas, lo que los hace inaccesibles para muchas empresas.

#### 1. 2 Planteamiento del problema

##### 1. 2. 1 Problema general

**P.G.** ¿Es posible Implementar un sistema de clasificación de objetos que sea eficiente y preciso, y que esté adaptado para operar con un brazo neumático automatizado?



## 1. 2. 2 Problemas específicos

**PE1:** ¿De qué manera se adapta al sistema del brazo neumático un electroimán para que pueda interactuar de manera eficiente con el sistema de clasificación?

**PE2:** ¿Cómo se realiza el circuito de conexionado electroneumático del brazo neumático?

**PE3:** ¿Cuál será la programación del PLC para controlar el proceso de clasificación y el movimiento del brazo neumático?

## 1. 3 Objetivos de la investigación

### 1. 3. 1 Objetivo general

Implementar un sistema de clasificación de objetos que sea eficiente y preciso, y que esté adaptado para operar con un brazo neumático automatizado.

### 1. 3. 2 Objetivos específicos

**OE1:** Adaptar el sistema del brazo neumático un electroimán para que pueda interactuar de manera eficiente con el sistema de clasificación.

**OE2:** Realizar el circuito de conexionado electroneumático del brazo neumático.

**OE3:** Programar el PLC para controlar el proceso de clasificación y el movimiento del brazo neumático.

## 1. 4 Justificación de estudio

La automatización de la clasificación de objetos puede reducir drásticamente el tiempo de ejecución y reducir los errores humanos, lo que incrementa la productividad y la eficiencia operativa en las líneas de producción.



Esto es particularmente crucial en sectores donde la exactitud y la celeridad son fundamentales para mantener la competitividad.

Optar por un brazo neumático, en lugar de tecnologías más costosas como los brazos robóticos eléctricos, hace que el sistema sea más accesible para las pymes (pequeñas y medianas empresas). Esto facilita la adopción de tecnologías avanzadas en sectores que no pueden permitirse realizar grandes inversiones en automatización.

Esta investigación surgió debido a la necesidad de optimizar el proceso de clasificación de objetos en las industrias. La implementación de un brazo neumático permite controlar la selección de objetos considerando sus materiales, lo que resulta en una disminución del tiempo necesario para la selección.

## 1. 5 Hipótesis de la investigación

### 1. 5. 1 Hipótesis general

**HG:** La implementación de un sistema de clasificación de objetos adaptado a un brazo neumático mejorará significativamente la precisión, velocidad y eficiencia en el proceso de clasificación de objetos, en comparación con los métodos manuales o semiautomáticos existentes.

### 1. 5. 2 Hipótesis específicas

**HE1:** La adaptación de un electroimán al sistema del brazo neumático le permite interactuar de manera eficiente con el sistema de clasificación.

**HE2:** La utilización del software Fluid Sim permite realizar el circuito electroneumático.



**HE3:** La programación del PLC permite controlar el proceso de clasificación y el movimiento del brazo neumático.

## 1. 6 Variables de investigación

### Variable dependiente

-Sistema de clasificación de objetos

### Variable independiente

-Operatividad del brazo neumático

## 1. 7 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

TIPO DE				
VARIABLE	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
<b>Variable Independiente</b>	Sistema de clasificación de objetos	Precisión de Clasificación	Tasa de precisión (Exactitud)	%
<b>Variable Dependiente</b>	Operatividad del brazo neumático	Fiabilidad del Brazo	Tasa de fallos operativos	% de fallos

*Nota. Autoría propia*



## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 A nivel internacional

(Cabrera y Espitia, 2019) En el estudio "Diseño e implementación de un sistema clasificador de piezas geométricas adaptado a un brazo neumático FESTO ubicado en el grupo de investigación INTEGRA", se menciona que Los sistemas automatizados de clasificación mediante robots dependen de varios tipos de sensores que, de acuerdo con su naturaleza, logran detectar diferentes atributos del elemento que se va a categorizar. El grado de dificultad en la implementación de estos sistemas robóticos está en crecimiento constante debido a los progresos en las especificaciones técnicas del hardware. Este documento describe el desarrollo de un sistema para clasificar piezas geométricas fabricadas en metal, haciendo uso de métodos de visión por computadora adaptadas a un brazo neumático FESTO de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, el cual es sometido a labores de mantenimiento preventivas y correctivas para asegurar su desempeño. Los resultados obtenidos indican que, mediante el examen digital de imágenes, es factible crear un algoritmo que pueda identificar la forma de las figuras geométricas y,



simultáneamente, manejar, clasificar y descartar las figuras detectadas mediante visión artificial, empleando un brazo neumático y un sistema de clasificación.

(Colorado et al., 2013) En su tesis, se describe el "Diseño de programa y parte de la estructura del brazo neumático situado en el laboratorio de mecatrónica de la Institución Universitaria Pascual Bravo". Este proyecto se enfoca en reformular el software de control de un brazo neumático para restaurar uno de las máquinas del laboratorio de mecatrónica que presenta problemas (tales como puertas desgastadas, sensores dañados, cables sueltos y componentes rotos). El objetivo es proporcionar a los estudiantes la oportunidad de involucrarse en un ambiente industrial, fortaleciendo de esta manera los conocimientos adquiridos durante su formación académica. Para lograrlo, exploramos las diversas opciones de desarrollo de software con PLC y las aplicamos de forma accesible al proyecto, logrando consecuencias favorables y significativos en la perspectiva de los estudiantes, demostrados por su habilidad para identificar los elementos y principios fundamentales requeridos en la automatización industrial.

(Valencia y Reyes, 2011) En el estudio que lleva por título "Automatización de un brazo neumático para mejorar la enseñanza en el laboratorio de neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato", se señala que este estudio surgió de la exigencia de automatizar el funcionamiento del brazo neumático del Centro de Pruebas de Neumática con fines educativos, facilitando así a los estudiantes la realización de la parte práctica del curso. El sistema en su estado original carecía de los dispositivos necesarios para controlar y dirigir los actuadores, lo que conllevaba a una utilización ineficaz del



espacio en el laboratorio. Al emplear medios idóneos, tales como la inspección visual directa, se lograron consecuencias positivas lo cual condujeron a un análisis técnico para identificar la propuesta óptima que cumpliera con los objetivos definidos al comienzo del proyecto. Se determinó que la integración de un mecanismo educativo mecanizado en el funcionamiento del brazo neumático representa una mejora notable durante el proceso de instrucción-aprendizaje.

## 2. 1. 2 A nivel nacional

(Nuñez, 2022) En su investigación que lleva por título "Automatización del proceso de carga y descarga de metales en un electroimán de una planta minera", se hace referencia a la importancia que tiene en la industria minera la priorización de proyectos que buscan reducir los incidentes en el lugar de trabajo y mejorar las operaciones de obtención y procesamiento de minerales. Estos proyectos son bien recibidos y suelen recibir respaldo financiero para llevar a cabo su implementación. Este informe expone la automatización del procedimiento para la carga y descarga automatizada de los metales no triturables retenidos en el imán eléctrico de una instalación de trituración en el ámbito minero. Esta automatización disminuye la exposición del personal a riesgos laborales y optimiza la eficacia en la separación de los materiales no triturables. Durante el proceso de obtención de mineral, se emplean metales para llevar a cabo el taladrado y el soporte de la roca matriz, los cuales posteriormente, tras la voladura, se amalgaman con el mineral y son transportados hacia el proceso de chancado. Es esencial remover este material no triturable de manera efectiva para prevenir daños tanto a los equipos de chancado como a las correas transportadoras. Con el fin de alcanzar la meta



principal de esta labor, se establecieron los criterios del usuario y del proyecto, y se llevó a cabo un análisis del panorama actual para familiarizarse con las tecnologías y equipos disponibles. Se empleó la metodología de diseño mecatrónico, la cual incluyó la selección de la solución conceptual mediante una matriz, además de los análisis estructurales y simulaciones, junto con la elección de los elementos eléctricos y electrónicos que conforman el sistema. Por último, se desarrollaron los diseños de ingeniería mecánica, eléctrica y de control. La inversión en el plan se encuentra completamente respaldada tanto por la mejora en la protección de los empleados al reducir la presentación de los operarios como por la perspectiva económica al evitar largas interrupciones no planificadas en el proceso de chancado y transporte del mineral, mediante el empleo de métodos alternativos para abastecer la planta de beneficio.

(Portugal y Vargas, 2020) En su trabajo titulado "Diseño e implementación de un módulo educativo de control neumático secuencial", se plantea que este estudio de investigación y su aplicación mostrará la flexibilidad que implica trabajar con componentes neumáticos, como por ejemplo cilindros y electroválvulas. Hoy en día, el empleo de sistemas de aire comprimido es fundamental y constituye un elemento vital en muchos procesos industriales. Después de evaluar los requerimientos tanto de los estudiantes como de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica se optó por diseñar un módulo de aprendizaje que pueda ser fácilmente transportado dentro y fuera de los laboratorios. Se decidió incorporar dos correas transportadoras que, a través de sensores y actuadores, facilitarán la diferenciación entre los distintos materiales durante el proceso de selección de objetos. Cada cinta transportadora estará



equipada con su propio motor individual, lo que brindará a los estudiantes la posibilidad de llevar a cabo diversos tipos de programación. Dentro del módulo se incluirán tres clases de sensores de tipo inductivo, capacitivo y óptico., los cuales, mediante la programación adecuada, identificarán y diferenciarán entre cilindros de aleaciones, madera y polímeros. Esta unidad didáctica, conforme a las regulaciones y criterios globales, ofrecerá a los estudiantes una valiosa ocasión de puesta en práctica los conceptos aprendidos en las clases de neumática, los cuales hasta el momento han sido mayormente teóricos o simulados, así como en los cursos de autómatas programables, facilitando la interconexión entre el módulo y el autómata. Los estudiantes mejorarán su comprensión sobre el funcionamiento del módulo mediante las guías prácticas, lo que les permitirá aplicar sus conocimientos de manera efectiva en entornos laborales. También tendrán la capacidad de crear sistemas de supervisión a través de redes SCADA, las cuales pueden ser integradas al procedimiento delineado por la unidad. Palabras clave: Módulo educativo, Neumática, Control Secuencial, Faja transportadora, Control por PLC.

(Zapata, 2011) En su trabajo de investigación titulado "Diseño e implementación de electroimán y actuador electrónico aplicado a un sistema de levitación magnética", se detalla el desarrollo y aplicación de un imán eléctrico junto con un dispositivo de control electrónico mediante modulación por ancho de pulso (PWM) destinado a un proyecto experimental de levitación magnética. Este módulo está diseñado para llevar a cabo test en el campo de la automatización y el control. El componente está compuesto por tres etapas: la etapa de detección, la etapa de control y la etapa de alimentación. En la



elaboración de la fase de potencia, se resalta la existencia del electroimán, el cual está compuesto por un centro de hierro con una forma cilíndrica, envuelto con alambre de bronce y recubierto de un material no conductor para protección. También, el dispositivo electrónico que actúa mediante modulación por ancho de pulsos (PWM), se ejecuta a través de un circuito que genera una onda triangular y otro que amplifica la señal de control. Estos se conectan usando un amplificador operacional en modo comparador para generar la señal PWM. Esta señal se emplea para encender y apagar un transistor de alto poder. Este diseño posibilita la disminución del calentamiento tanto de la bobina como del transistor de alto poder. Se llevaron a cabo varias pruebas en laboratorio con el electroimán, el actuador electrónico y el sistema completo, logrando resultados que coincidieron de manera cercana con los cálculos teóricos. Tanto el imán eléctrico como el dispositivo de control electrónico exhibieron una contestación directa notable ante las variaciones en la posición de la esfera, aspecto crucial para la creación del sistema durante la fase de control. Al final, se consiguió que la fase de fuerza adaptara la señal producida por el dispositivo de control del sistema con el fin de que se relacionara correctamente con el imán eléctrico. Esta unidad fue creada en las instalaciones de manufactura del Centro de Tecnología Avanzada en Manufactura (CETAM) del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú. El modelo es una herramienta práctica para llevar a cabo experimentos en el ámbito del control de sistemas, con propósitos educativos y posibilidad de ser mejorado y utilizado en otros sistemas. De esta manera, la investigación sobre estos sistemas de levitación magnética muestra un panorama alentador para el futuro.



## 2. 2 Bases teóricas

### 2. 2. 1 Automatización

(Piedrafita, 2004) estos sistemas de automatización industrial que empleamos en la actualidad pueden ser considerados como la progresión de los autómatas mecánicos que se utilizaban en épocas pasadas. Según la Real Academia, un autómatas es una " Dispositivo que replica la apariencia y los desplazamientos de una criatura viviente".

Los propósitos de la mecanización son:

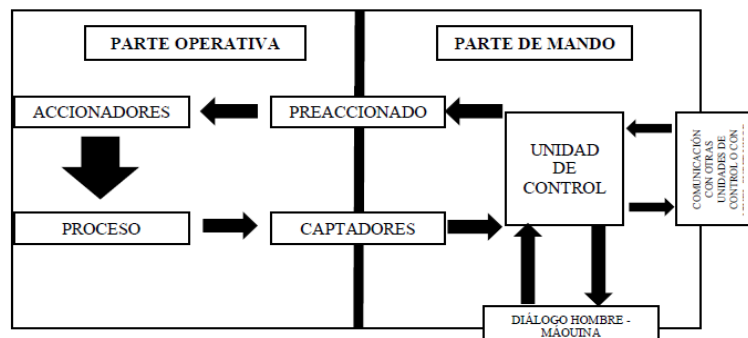
- ✓ Optimizar la eficiencia, reducir los costos de elaboración y elevar el estándar de calidad del producto.
- ✓ Realizar tareas que son demasiado complejas para ser abordadas desde un punto de vista intelectual y que serían complicadas de controlar personalmente.
- ✓ Optimizar la existencia de productos disponibles al posibilitar una planificación más exacta de la cantidad requerida al instante adecuado.
- ✓ Hacer más sencillo el mantenimiento. para que los trabajadores no requieran un conocimiento profundo del proceso de producción.
- ✓ Unificar la gestión y la producción.
- ✓ Incrementar la seguridad tanto de los trabajadores como de las máquinas en el ambiente de trabajo.

Según Piedrafita, (2004, pp. 6-7-8-9-10). La automatización se divide en:

- ✓ Parte Operativa
- ✓ Parte de Mando

**Figura 1**

*Partes operativas y de mando de un sistema automática*



*Nota. Imagen tomada de (Piedrafita, 2004)*

## 2. 2. 2 Sistemas neumáticos

Un sistema se identifica como neumático cuando se fundamenta en el uso de aire comprimido a presiones superiores a la atmósfera.

El sistema neumático incluye una fuente de energía conocida como compresora, que genera aire comprimido, el cual es almacenado en un depósito y posteriormente dirigido mediante una válvula hacia un dispositivo de control, similar a un cilindro, para ejecutar sus funciones.

## 2. 2. 3 Actuadores neumáticos

"Los dispositivos de aire comprimido convierten la potencia generada por la compresión del aire en forma de fuerza mecánica, produciendo un desplazamiento recto a través de un motor servo de diafragma o cilindro, o un desplazamiento rotativo mediante un motor de aire comprimido." (Creus, 2007, p. 15).



Creus (2007) Cabe resaltar que los actuadores rotativos neumáticos son capaces de encontrarse en las siguientes variantes: pistón giratorio, mecanismo de piñón y cremallera, o cilindro giratorio de doble pistón con dos cremalleras. El desplazamiento de movimiento lineal del pistón se transforma en un movimiento rotatorio a través de un sistema de engranaje y cremallera. Estos actuadores facilitan la rotación de cuchillas de doble acción en un rango de ángulos que va desde 0° hasta 270° (p. 16).

"En los sistemas de aire comprimido, el componente denominado destinatario se refiere al actuador de aire comprimido o pieza de empleo, cuyo objetivo principal convertir la energía del aire comprimido en trabajo mecánico." (Guillén, 1993, p. 31).

Pueden clasificarse en dos extensas categorías:

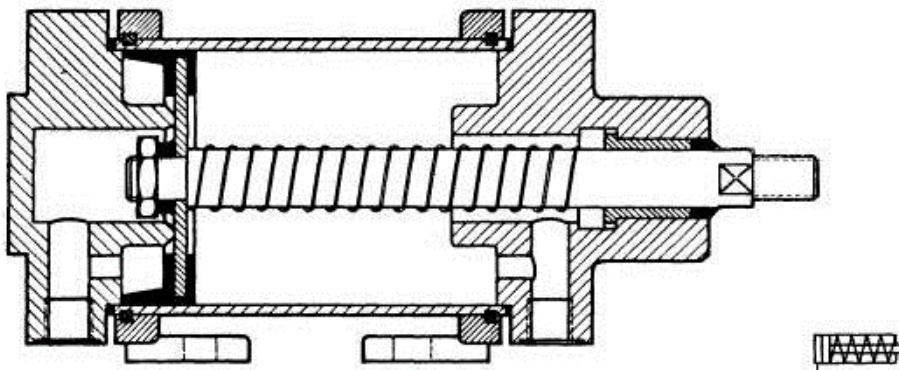
- ✓ Cilindros
- ✓ Motores

### **2. 2. 3. 1. Cilindros de simple efecto**

Guillén (1993) Los cilindros de acción básico pueden funcionar en una sola dirección. Esto implica que el movimiento del pistón, generado por la fuerza ejercida por el aire a alta presión ocurre en una única orientación, ya sea por la actividad del cilindro interior o por una fuerza exterior. (p. 33).

**Figura 2**

*Cilindro de simple efecto*



*Nota. Imagen tomada de (Guillén, 1993)*

Guillén (1993) De hecho, existen diversas variedades de cilindros neumáticos, siendo los cilindros de pistón los más comunes. En estos cilindros, la acción a ejecución del trabajo se lleva a cabo por medio del uso de aire que ha sido sometido a compresión, lo que causa el desplazamiento del pistón. Después de que la presión se libera, un resorte retorna el pistón a su posición inicial de reposo. La razón principal por la que se emplean los cilindros de simple efecto en ciertas situaciones es debido a esta característica, que implica que el trabajo se realiza en una sola dirección. Vale la pena señalar que en el extremo opuesto del cilindro se encuentra una cámara que contiene aire a presión atmosférica, aunque este aire puede ser liberado hacia el aire ambiente a través de la abertura de salida.

El cilindro de simple acción opera en dos modos: contracción (donde la varilla se recoge en su posición de descanso, activando la cámara frontal) o extensión (donde la varilla se extiende en su posición de descanso, activando la cámara posterior), de acuerdo de cómo estén configurados los mecanismos de resorte implicados.

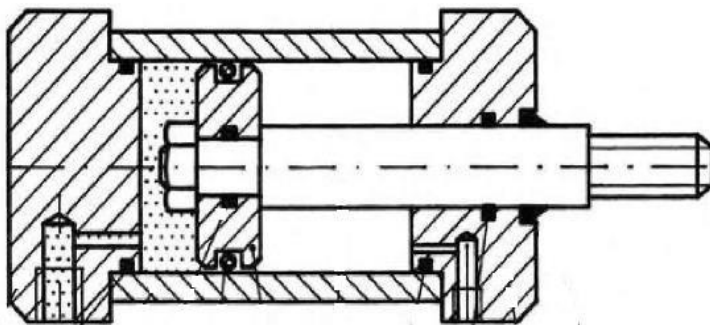
El desplazamiento del cilindro de acción simple está limitado por un resorte de cierre interno, que generalmente tiene una longitud de recorrido de hasta 100 mm aproximadamente. Por motivos prácticos, estos cilindros suelen tener un tamaño reducido en su diámetro, y su principal beneficio radica en su eficiencia en el uso de aire. Por lo tanto, se utilizan comúnmente como componentes secundarios en sistemas de automatización (p. 64).

### 2. 2. 3. 2. Cilindros de doble efecto

Según Guillen (1993), El concepto de "doble acción" indica igual que la carrera de entrada al igual que la salida son controladas por aire comprimido. En resumen, la compresión de aire afecta a ambas cámaras del cilindro, lo que se traduce en su movimiento en ambos sentidos (p. 33).

**Figura 3**

*Cilindro de doble efecto*



*Nota. Imagen tomada de (Serrano, 2009)*

Según Guillen (1993), los cilindros de doble acción tienen una gama más extensa de aplicaciones en comparación con los cilindros de acción simple.

Aunque no siempre se requiere ejercer fuerza en ambas direcciones, generalmente se prefiere utilizar un cilindro con efecto bidireccional en vez de un cilindro con acción unidireccional con un resorte de retorno integrado (p. 33).

Guillen (1993) menciona que los cilindros con efecto bidireccional generalmente adoptan la forma de cilindros neumáticos, con doble punto de entrada para aire comprimido y dos puntos de entrada para aire de pistón, situados en ambos extremos del pistón (p. 33).

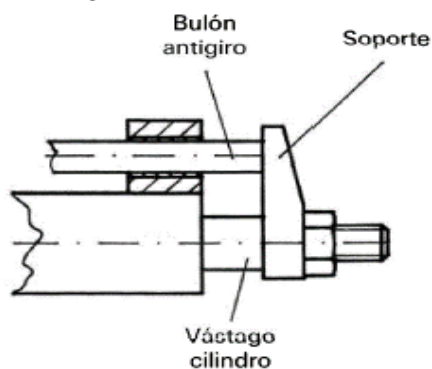
### 2. 2. 3. 3. Cilindros de doble vástago

Según Serrano (2009), uno de los más importantes retos en los cilindros tradicionales, tanto los sistemas neumáticos como los hidráulicos, es la propensión de la barra a rotar sin impedimentos alrededor de su eje. Para abordar esta dificultad, se suelen emplear soluciones externas de anti-rotación, donde el vástago se asegura mediante un perno que se mueve sobre un rodamiento, impidiendo su giro.

En la actualidad, este desafío ha sido superado gracias a la disponibilidad en el mercado de cilindros de doble vástago. En estos cilindros, ambas barras están aseguradas externamente mediante una placa compartida, la cual también se utiliza para fijarlos a los componentes móviles del sistema. Además, existe la opción de conectarlos dentro de un pistón de manera interna compartida o permitir que cada barra de accionamiento tenga su pistón individual (p. 111).

**Figura 4**

*Sistema giro anti externo*



*Nota. Imagen tomada de (Serrano, 2009)*

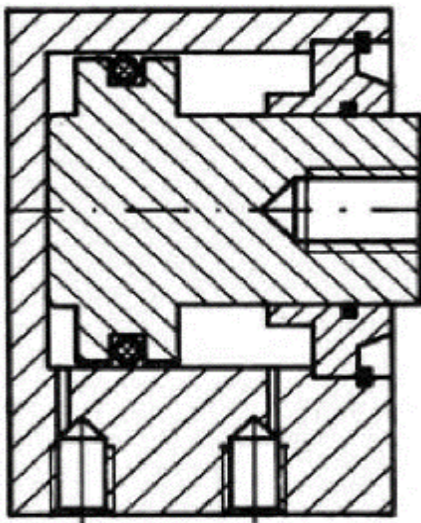
## 2. 2. 3. 4. Cilindros de carrera corta

Frecuentemente, se emplea el término "cilindros compactos" para describir aquellos cilindros de recorrido corto que mantienen un diseño convencional con pistón y cilindro. No obstante, en este contexto, se amplía el alcance de dicho término para abarcar otros tipos de cilindros que cumplen funciones similares, pero poseen una estructura completamente distinta, como los cilindros de diafragma y los fuelles de goma.

Los actuadores de carrera corta, conocidos como cilindros compactos, están diseñados para asegurar componentes durante diversos procedimientos de fabricación, alinear, fijar y otras aplicaciones específicas. A pesar de su tamaño reducido, estos cilindros tienen una gran fuerza de empuje. Además, su falta de material amortiguador les permite desplazarse rápidamente en trayectos cortos. Se encuentran disponibles en configuraciones de acción unidireccional y bidireccional. Asimismo, pueden incluir un sensor magnético de posición, el cual facilita su integración en una variedad de sistemas de automatización.

### Figura 5

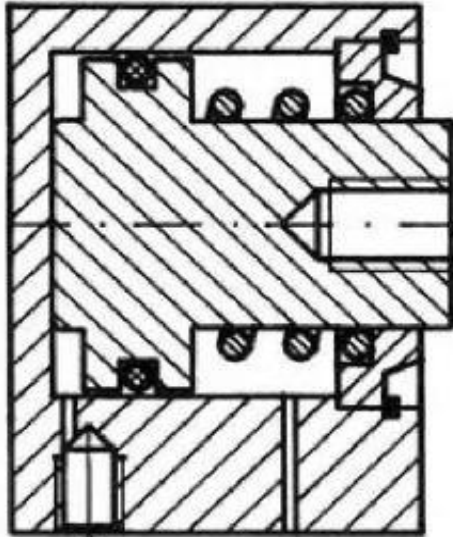
*Cilindro neumático compacto de doble acción*



*Nota. Imagen tomada de (Serrano, 2009)*

**Figura 6**

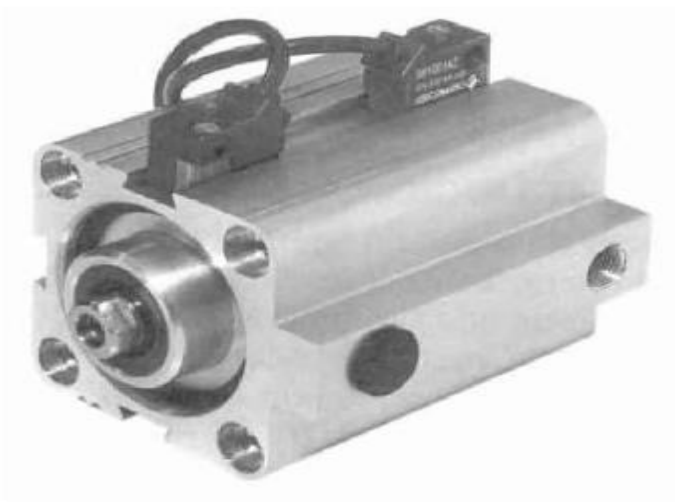
*Cilindro neumático compacto de simple acción*



*Nota. Imagen tomada de (Serrano, 2009)*

**Figura 7**

*Cilindro con desplazamiento corto*



*Nota. Imagen tomada de (Serrano, 2009)*

### **2. 2. 3. 5. Cilindros sin vástago**

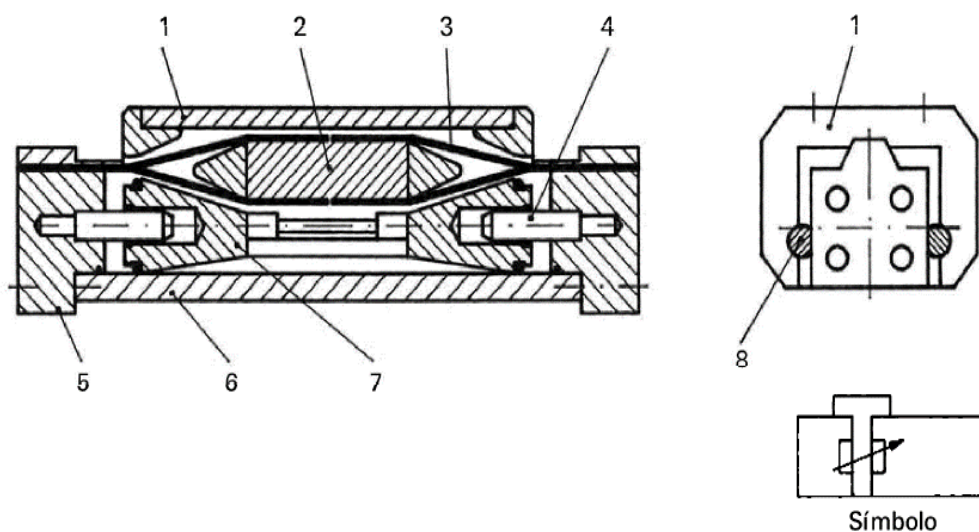
Según Serrano (2009), Los cilindros neumáticos que carecen de varilla ofrecen múltiples beneficios en comparación con los cilindros tradicionales. Estas ventajas abarcan una significativa disminución en la longitud, una carrera

más larga y una mayor capacidad para absorber cargas externas mediante la guía del carro. Esto ha llevado a un notable aumento en su popularidad en la actualidad. Aunque existen numerosas variantes, estos cilindros se dividen principalmente en dos categorías: cilindros sin barra de accionamiento y cilindros con acoplamiento magnético. Ambos tipos pueden estar equipados con guías que pueden absorber considerables Potencias y momentos axiales y radiales.

El cilindro de correa ilustrado en la Figura 8, está compuesto principalmente por el cuerpo del cilindro (número 6). Este cuerpo, normalmente fabricado en aluminio, presenta ranuras longitudinales que enlazan el pistón (número 7) con la porta cargas (número 1). Estas conexiones se efectúan a través de bridas (número 2) que se desplazan a lo largo de las ranuras. Una junta de goma (número 3) asegura un sellado completo del cilindro, evitando la fuga de aire procedente de la cámara. Generalmente, una barra o eje. (número 4) se asegura a la cubierta del costado (número 5), y su función es cerrar la cámara de amortiguación que se puede ajustar (p.112).

**Figura 8**

*Cilindro sin bandas*



*Nota. Imagen tomada de (Serrano, 2009)*

Según lo explicado por Serrano (2009), la porta cargas (número 1) es capaz de resistir fuerzas y momentos en diversas direcciones. La dimensión de estas fuerzas varía según la resistencia del vehículo y de las estructuras de guía (número 8) a lo largo de las cuales se mueve. Hay diferentes tipos de guías disponibles para diferentes diámetros de cilindro, según la aplicación específica. También es viable colocar sensores magnéticos de proximidad en estos cilindros, y estos sensores pueden ajustarse a lo largo de toda su longitud. Normalmente, estos cilindros pueden adquirirse con opciones de sujeción a través de abrazaderas o soportes que se atornillan a la estructura principal. Los tamaños de los cilindros pueden oscilar entre 16 y 100 milímetros, y las longitudes de carrera pueden alcanzar aun 7 metros (p.113).

### **2. 2. 3. 6. Actuadores rotativos de paletas**

Una transmisión de paletas es un componente de transmisión Hecho para ofrecer una rotación restringida en el eje de transmisión. La característica que la diferencia de las transmisiones de piñón y cremallera es que, en las transmisiones de paletas, la fuerza ejercida por el aire comprimido tiene un efecto directo en una o ambas paletas para provocar la rotación, sin requerir la transformación de movimiento en línea a rotativo.

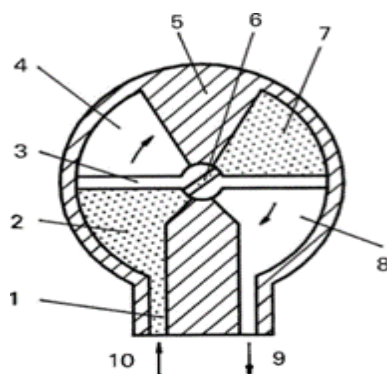
Es posible clasificar en dos variantes: actuadores rotativos de un solo paleta y actuadores de giro de dos paletas.

A causa de restricciones físicas, en los actuadores de una sola paleta, el ángulo de rotación no puede sobrepasar los 270 grados, mientras que en los de dos paletas, este ángulo está limitado a 90 grados. En la mayoría de los modelos estándar, el dúo generado en la salida del eje puede llegar incluso a 25 daN-m (o 25 kp-m) a una presión de 6 bar.

El sistema de accionamiento mediante paletas, ilustrado en la Figura 9, se representa de forma esquemática con un cuerpo (número 2) que posee un espacio interno de forma cilíndrica. Dentro de este espacio, una rueda (número 3) gira alrededor de un eje de transmisión que está instalado en un cojinete. En la situación mencionado, el aire a presión entra (número 5), ocupa por completo la cámara (número 1) y genera la rotación de las paletas. Al mismo tiempo, el aire de la cámara (número 4) se libera hacia la atmósfera a través de (número 6). Cambiar la orientación del aire que ingresa hará que las paletas giren en sentido opuesto. El funcionamiento del accionamiento de doble paleta, de acuerdo a lo representado en la Figura 10, se basa en el mismo principio. En esta situación, el elemento giratorio tiene dos paletas (número 3), y el cuerpo (número 5) está dividido en dos partes. Las paletas reciben presión de dos cámaras opuestas (números 2 y 7) que están conectadas por un conducto (número 6) que atraviesa el eje. El aire ingresa a estas cámaras por las entradas designadas (número 9), mientras que el aire contenido en las cámaras (números 4 y 8) se expulsa por medio de tuberías específicos (número 10). El mecanismo opera de manera simétrica, lo que significa que al cambiar la orientación del aire que ingresa, ambas paletas girarán en direcciones opuestas.

### Figura 9

*Actuador de paleta doble*



*Nota. Imagen tomada de (Serrano, 2009)*



## 2. 2. 4 Sistemas electroneumáticos

En contextos industriales y en entornos de fabricación, es habitual utilizar una combinación de electricidad y aire comprimido. Los sistemas electroneumáticos se caracterizan por emplear aire a alta presión como fuente de energía y controlar válvulas y cilindros a través de señales eléctricas, tal como mencionó Guillén (1993, p. 71).

### 2. 2. 4. 1. Distribuidores 3/2 vías electroneumáticos

Según Guillén (1993), Un receptor electroneumático se define como un dispositivo que convierte las señales de control eléctricas en señales neumáticas. Generalmente, las válvulas electroneumáticas son del tipo 3/2, conformadas principalmente por un cuerpo que contiene tres canales y un electroimán.

Dentro del dispositivo, existe un núcleo que funciona como una válvula tipo mariposa. En el momento que la energía del imán eléctrico disminuye, el núcleo bloquea la conexión entre los canales 1 y 2 gracias a la acción de un resorte y su propia masa. En esta situación, el aire que intenta entrar se bloquea, lo que conduce a la conexión del canal 2 con el ambiente mediante el terminal 3.

Mientras el electroimán se habilita, la bobina vence la resistencia del resorte y levanta el núcleo hacia arriba. Durante este proceso, se cierra el puerto de salida y se establece la conexión entre los puertos 1 y 2.

En tales configuraciones, por lo general, el distribuidor se halla en una posición cerrada. La función de la señal eléctrica en el receptor es permitir que el aire fluya hacia la salida, y en el momento en que la señal eléctrica se elimina, ocurre una acción similar en las señales neumáticas. Además, es posible alcanzar un estado intermedio. Para lograrlo, suele ser habitual modificar el flujo



de aire del canal 1 al canal 3 en colectores de un solo extremo, tal como se describe (p. 72).

## **2. 2. 4. 2. Distribuidores electroneumáticos de cinco vías**

Según Serrano (2009), un distribuidor electro-neumático de 5 vías es del tipo no inmediato o piloto.

La válvula primaria es operada mediante aire comprimido por medio de una válvula neumática controlada electrónicamente de 5/3 vías. Estos suministradores se colocan de manera directa en la carcasa del distribuidor principal, formando una unidad integrada.

Por consiguiente, la cantidad de energía eléctrica requerida para modificar el estado de la válvula piloto es mínima, lo que conlleva a la activación efectiva sobre la válvula.

La línea primaria opera utilizando la fuerza ejercida por el sistema neumático en funcionamiento. (p. 72).

## **2. 2. 5 Sistema de automatización**

### **2. 2. 5. 1. Sensores**

Un sensor se describe como un dispositivo utilizado para reconocer y comunicar cambios en una situación específica. ¿Cuáles son estas magnitudes que están en constante cambio? Por lo general, están relacionadas con determinar si un objeto está presente o no o sustancia, lo que se conoce como detección discreta. Estas variables también pueden implicar magnitudes cuantificables, como cambios en la distancia, tamaño o color, lo cual se denomina detección analógica. La señal de salida producida por el sensor, es decir, la información que proporciona, se convierte en el elemento clave para monitorear y controlar los procesos de producción, los sensores son

responsables de capturar estos datos y enviarlos a una unidad de manejo de señales para que sean analizados de manera más conveniente (Guadalupe, 2010, pp. 18,22).

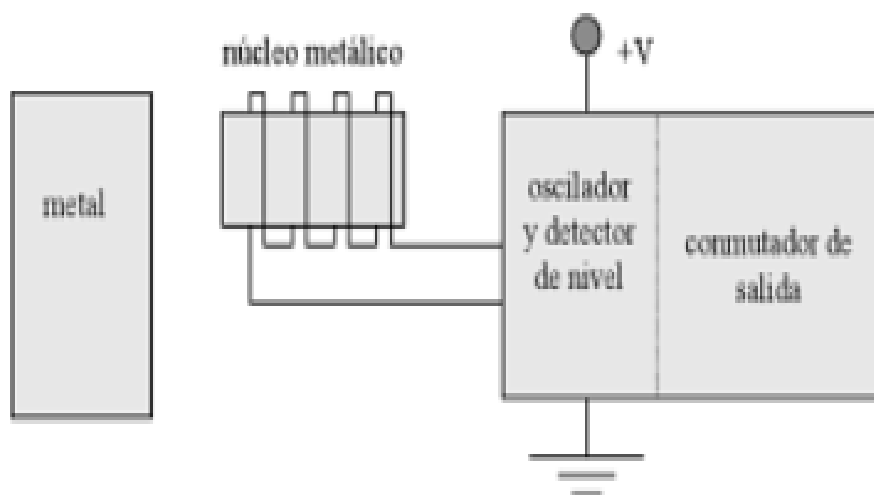
## 2. 2. 5. 2. Tipos de sensores discretos

Los sensores emiten una indicación digital, es decir, un valor de uno o cero que se activa o desactiva (enciende o apaga) al notar una variación en un evento físico o en su intensidad. Esto permite la capacidad de activar o desactivar un circuito eléctrico. Estos sensores pueden ser categorizados de la siguiente manera:

- ✓ **Sensor inductivo:** Dada su operación particular, este tipo de sensor se emplea para detectar la presencia de objetos hechos de metal. Los sensores inductivos funcionan al generar corrientes eléctricas utilizadas por campos magnéticos para identificar la cercanía de artículos de metal.

**Figura 10**

*Sensor Inductivo*



*Nota. Imagen tomada de (Rodríguez & Berenguel, 2004)*

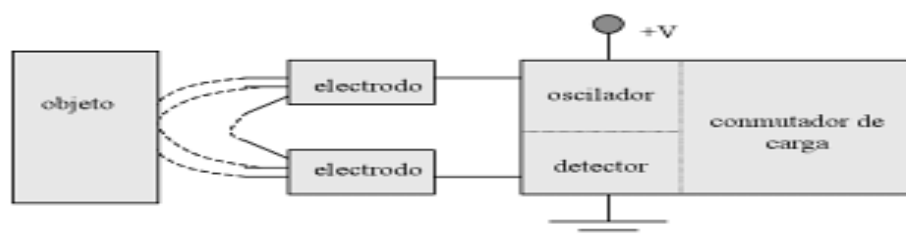
El dispositivo de detección utiliza un núcleo (bobina) con el fin de crear un campo magnético de frecuencia elevada. Cuando un elemento de metal está alrededor de este flujo magnético, la corriente circula a través del objeto, lo que resulta en la formación de otro campo magnético que es contrario al creado por el inductor. El desenlace es una alteración en la inductancia del núcleo del sensor táctil. De esta manera, al evaluar la inductancia del sensor, se puede identificar la presencia de un objeto metálico cercano (Rodríguez & Berenguel, 2004, pp. 103-105).

✓ **Sensor capacitivo:**

Son capaces de identificar diversos materiales, siendo especialmente eficaces con los plásticos. La capacitancia (C) en Faradios se calcula utilizando la fórmula  $C = A * k / d$ , donde "k" representa la permitividad dieléctrica del espacio entre las placas opuestas, "A" es área de las placas opuestas, y "d" es la separación entre las placas. Dentro del sensor, la superficie de las placas y la separación entre ellas se mantienen constantes, mientras que la constante dieléctrica del entorno puede cambiar según el material cerca del sensor en la imagen muestra cómo se utiliza un área oscilante para medir la capacidad de las placas. En el momento en el que esta capacidad varía en el interior del rango de perceptibilidad establecido, el detector se enciende al modificar la amplitud de la señal oscilante (Rodríguez & Berenguel, 2004, pp. 103-105).

**Figura 11**

*Sensores capacitivos*



*Nota. Imagen tomada de (Rodríguez & Berenguel, 2004)*

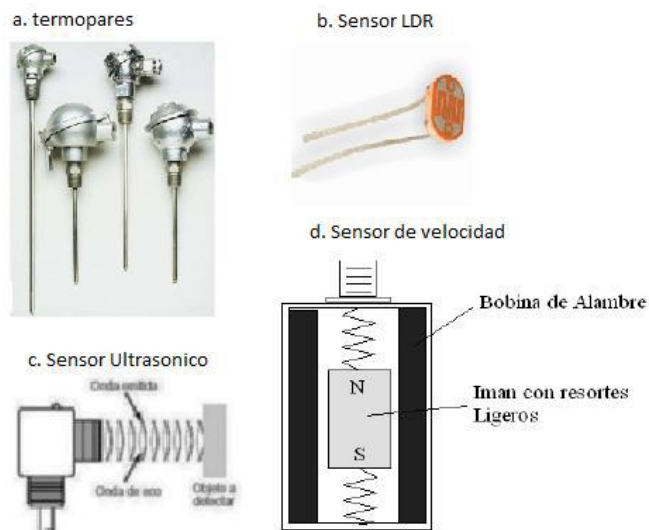
El valor dieléctrico del aire es 1, en contraste con otros materiales como polímero, cristal, líquido, papel reciclado, que poseen una mayor permitividad dieléctrica a 1. Con el fin de identificar estos materiales distintos al aire, es crucial ajustar la calibración del sensor capacitivo para que pueda reconocer el material específico que se quiere detectar.

### 2. 2. 5. 3. Tipos de sensores analógicos

Son dispositivos que generan un valor de voltaje o corriente en su salida, y este valor cambia dependiendo de las variaciones en la magnitud que están midiendo. Los rangos más comunes incluyen de 0 a 10 voltios, de -5 a 5 voltios y de 4 a 20 miliamperios. Estos sensores se pueden clasificar de acuerdo a lo mostrado en la figura de la siguiente manera:

**Figura 12**

*Sensores analógicos.*



*Nota. Imagen tomada de (Jaramillo, 2015)*

### 2. 2. 5. 4. Fuente de alimentación

La corriente alterna (CA) suministrada por la fuente de energía es transformada en corriente continua (CC) de manera constante, como se presenta en la figura. Para alcanzar este objetivo, se utilizan los elementos que siguen:

- ✓ Transformador de entrada.
- ✓ Diodos rectificadores.
- ✓ Filtro para suavizar la señal.
- ✓ Regulador lineal.

**Figura 13**

*Partes de un suministro eléctrico*



*Nota. Imagen tomada de (Jaramillo, 2015)*

## 2. 2. 6 Elementos adicionales del sistema neumático

### 2. 2. 6. 1. Manguera

Los conductos flexibles son elementos empleados con el propósito de conducir aire comprimido desde el sistema de presión de aire, como se representa en la figura. Se utilizan en circunstancias que requieren una forma de transporte confiable, liviano, duro y versátil para el aire bajo presión.

**Figura 14**

*Tubo de aire presurizado*



*Nota. Imagen tomada de (AirTAC International Group, 2023)*

## 2. 2. 6. 2. Racores

Los elementos accesorios, como se ilustra, se utilizan para prevenir la fuga de aire y consisten en conexiones rápidas empleadas para unir tuberías u otras estructuras cilíndricas.

**Figura 15**

*Tipos de racores*



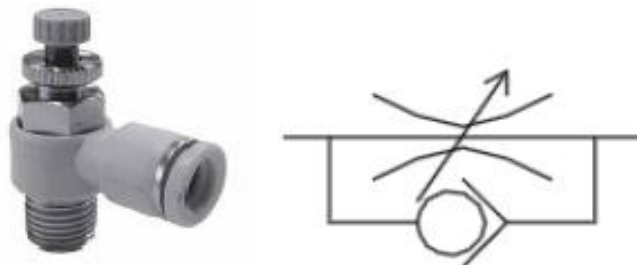
*Nota. Imagen tomada de (AirTAC International Group, 2023)*

## 2. 2. 6. 3. Controladores de flujo

Estas válvulas se utilizan para controlar el flujo directamente sobre la culata, tal como se ilustra.

**Figura 16**

*Control de flujo y su símbolo*



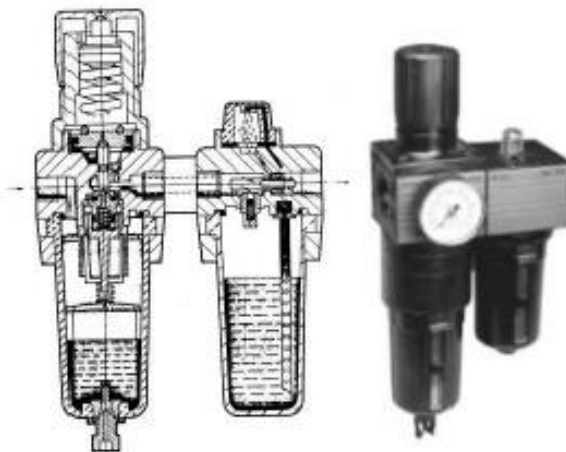
*Nota. Imagen tomada de (AirTAC International Group, 2023)*

#### 2. 2. 6. 4. Unidad de mantenimiento (FRL)

Los compresores generalmente toman aire del entorno, el cual puede contener humedad y partículas que los filtros de succión no pueden modificar ni eliminar por completo. Por lo tanto, se utiliza el Departamento de Mantenimiento de Uso (FRL), una unidad de componentes acondicionadores que incluye un dispositivo de filtrado (F), un controlador de presión (R) y un dispositivo para lubricador (L), tal como se ilustra en la Figura 18.

**Figura 17**

*Unidad de mantenimiento*



*Nota. Imagen tomada de (González y otros, 2011, p. 112)*

- ✓ **Filtro separador de agua.** – Se utiliza para eliminar las impurezas residuales presentes en el aire presurizado. Este aire pasa mediante un filtro de cartucho que atrapa las partículas suspendidas y los sedimentos de líquido vital que se acumulan en la parte inferior del recipiente. Estos sedimentos se eliminan regularmente mediante un proceso de limpieza, que puede ser de operación manual o automática. Es crucial limpiar o reemplazar los filtros regularmente, según sea necesario, para asegurar un funcionamiento óptimo (González y otros, 2011, p. 112).



- ✓ **Regulador de presión.** - Después de que el aire ha pasado por el proceso de filtración, fluye a través del regulador de presión, donde se reduce a un nivel invariable. Es posible visualizar el valor ajustado mediante el manómetro para garantizar un funcionamiento constante, es importante que la fuerza establecida sea levemente por debajo de la presión mínima de la red (Gonzáles y otros, 2011, p. 112).
- ✓ **Lubricador de aire comprimido.** - Debido a que los componentes neumáticos incluyen partes móviles, requieren una diminuta cantidad de aceite destinado a mantener una lubricación continua. Este aceite se proporciona utilizando el aire comprimido como vehículo de transporte. Es crucial evitar excederse en la lubricación, ya que un exceso de aceite podría bloquear los conductos pequeños de las piezas. (Gonzáles y otros, 2011, p. 112).

✓

## 2. 2. 7 Controlador Lógico Programable (PLC)

La descripción proporcionada por NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos) acerca del término PLC.

Un dispositivo electrónico que emplea una memoria programable para guardar instrucciones y ejecutarlas a cabo tareas particulares, tales como operaciones lógicas, en secuencia, temporales, de recuento y matemáticas, con el objetivo de supervisar diversas maquinarias o procedimientos mediante módulos de entrada y salida, tanto digitales como analógicos (Álvarez, 2004, p. 1).



## 2. 2. 7. 1. Ventajas e inconvenientes del PLC

Las ventajas y desventajas en comparación con la lógica cableada varían entre diferentes PLC, y esto se debe principalmente a la diversidad de tipos disponibles en el mercado y los progresos tecnológicos en constante cambio.

### **Ventajas**

- ✓ Reducción en el tiempo de desarrollo de proyectos.
- ✓ Automatización a un costo asequible.
- ✓ Capacidad de realizar ajustes sin necesidad de modificar el cableado o añadir equipamiento adicional.
- ✓ Menores costos laborales durante la instalación.
- ✓ Potencial para controlar varias máquinas con un solo controlador programable.
- ✓ Menor tiempo requerido para poner en marcha el proceso gracias a una disminución en el tiempo de cableado.
- ✓ En caso de que una máquina falle por alguna razón, el controlador programable sigue siendo útil para otro sistema de producción o máquina. (Álvarez, 2004, p. 3).

### **Inconvenientes**

La desventaja radica en la obligación de tener un programador, lo que implica que uno de los técnicos debe recibir capacitación. Los PLC pueden adaptarse con precisión a una amplia gama de requisitos, desde sistemas de lógica cableada hasta microcomputadoras, por lo que el investigador debe tener un entendimiento profundo de las características y restricciones de los PLC. En consecuencia, aunque es relevante evaluar los costos iniciales al elegir un

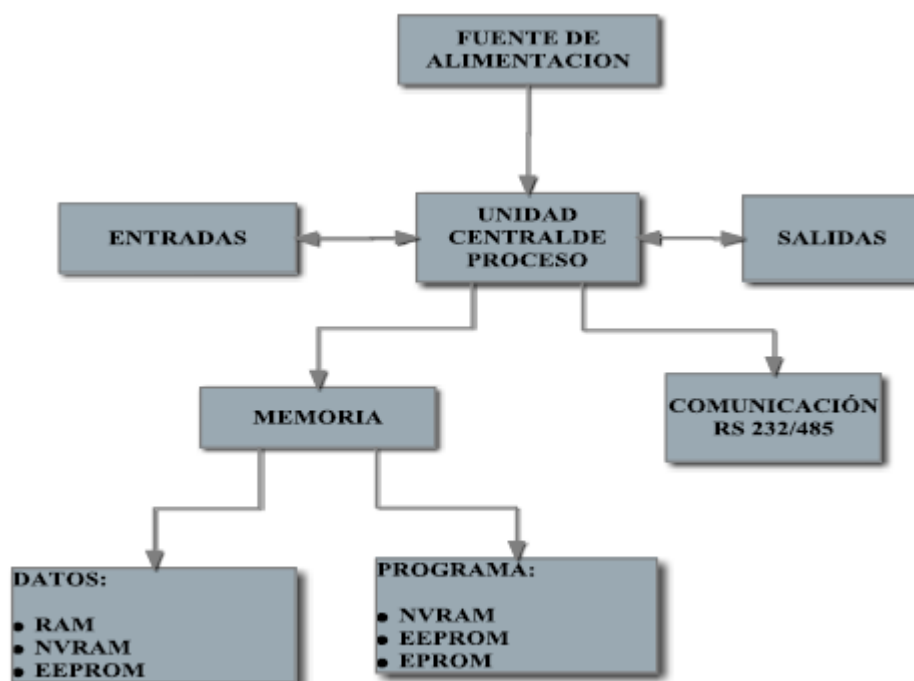
sistema, es crucial analizar todos los demás elementos para garantizar tomar la decisión correcta.

## 2. 2. 7. 2. Componentes internos de un PLC

La disposición dentro de una máquina automática está formada por componentes o materiales unidos físicamente. La Figura 31 que se presenta a continuación representa la organización interna del autómata fabricado.

**Figura 18**

*Organización externa de un PLC*



*Nota. Imagen tomada de (Mateo, 2022)*

### ✓ Unidad central de proceso (CPU)

Es considerado como el centro neurálgico del autómata, donde se procesa el pensamiento lógico en la programación utilizando el chip y el almacenamiento. A partir de la entrada activada, se influyen en las salidas que forman parte del procedimiento.



## Entradas

Las entradas se encargan de ajustar y encriptar las señales para que la unidad central de procesamiento del controlador lógico pueda interpretar los impulsos provenientes de dispositivos como pulsadores, finales de carrera, contactores, fotocélulas, temporizadores horarios y otros dispositivos conectados a los terminales de entrada.

Las señales que llegan a los terminales del controlador lógico pueden provenir de dispositivos directos, como interruptores de proximidad y fotocélulas. Estas señales de entrada se pueden clasificar en dos categorías principales, dependiendo de su tipo (Álvarez, 2004, p. 3):

- **Entradas digitales:** Estas señales siempre reflejan un valor constante, es decir, un estado de "encendido" o "apagado". Ejemplos comunes de dispositivos de este tipo incluyen interruptores de fin de carrera, pulsadores y switches. entre otros.
- **Entradas analógicas:** Estas indicaciones se relacionan con entradas que pueden tener una amplia gama de valores para el controlador lógico. Estos valores generalmente se encuentran en un rango de 0 a 10 voltios de corriente continua (VCC) y pueden originarse en un dispositivo electrónico con su propia fuente de alimentación o en un dispositivo que comparta la misma fuente de alimentación que el controlador lógico programable. Estas indicaciones son representativas de cantidades físicas tales como la temperatura, la presión y la velocidad y otros parámetros similares (Álvarez, 2004, p. 3).

## ✓ Salida

La revisión de los resultados se realiza a través de un indicador de resultados.

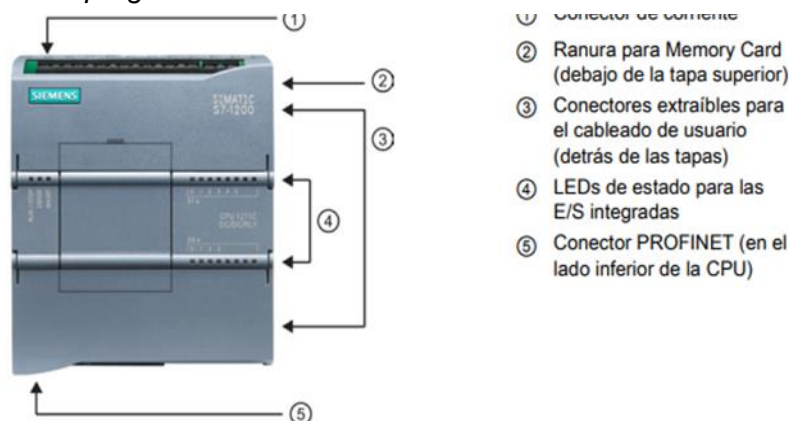
Los dispositivos de salida o actuadores se conectan en la salida. Hay tres tipos de salidas que pueden proporcionar:

- mediante relé,
- mediante transistor,
- mediante triac.

Las salidas transistorizadas se utilizan para controlar actuadores de corriente continua (CC), mientras que las salidas de relé y triac son más comunes para los actuadores de corriente alterna (CA). En términos de las corrientes que estos dispositivos pueden controlar, estas varían, pero típicamente se encuentran entre 0.5 y 2 amperios. Aunque tanto las entradas como las salidas pueden ser de tipo analógico o digital, las entradas como las salidas pueden ser analógicas o digitales, la opción digital es la más comúnmente utilizada. En los dispositivos analógicos, se requiere un conversor digital a analógico para transformar la señal de entrada de manera adecuada (Álvarez, 2004, p. 3).

**Figura 19**

*Controlador programable S7-1200*



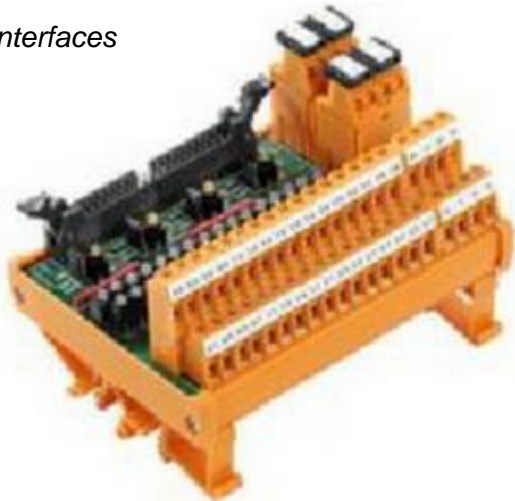
*Nota. Imagen tomada: (Siemens, 2014)*

## ✓ Interfaces o módulo de entradas o salidas

Son vías de comunicación que conectan distintos instrumentos o el entorno, como, por ejemplo, la comunicación entre un controlador lógico programable y una computadora personal, entre dos controladores lógicos programables, o entre un controlador lógico programable y una interfaz hombre-máquina, entre otros. Los dispositivos de entrada o salida son dispositivos electrónicos que facilitan la comunicación en medio la unidad central de procesamiento de la unidad de control programable y los aparatos situados en el ámbito del sistema.

**Figura 20**

*Interfaces*



*Nota. Imagen tomada de (Guayasamín & López, 2007)*

A través de estos conductos, se inicia la transmisión de datos, ya sea para recopilar información o para controlar y supervisar las máquinas integradas en el proceso (Guayasamín & López, 2007). Se caracterizan por no tener la capacidad de afectar las variables de estado del sistema de automatización. Su función principal radica en ajustar las entradas/salidas para que el autómatas pueda interpretarlas correctamente, en el caso de las entradas, o para que los actuadores, como motores o cilindros, puedan responder de manera adecuada, en el escenario de las salidas.



## ✓ Fuente

Este dispositivo combina los niveles de voltaje presente en una red eléctrica estándar (110 o 220 Voltios CA) con los niveles de funcionamiento usuales de un controlador lógico estándar de 24 V CC.

### 2. 2. 7. 3. Lenguaje de programación

Para configurar un controlador lógico programable de manera efectiva, es fundamental poseer competencia en el lenguaje de programación específico requerido. El tipo de lenguaje a emplear varía según la marca y el modelo del PLC, aunque comúnmente se utiliza el lenguaje básico:

- ✓ Diagrama de escalera, abreviado como LDR o KOP.
- ✓ Lista de Instrucciones, abreviado como STL o AWL.

### 2. 2. 8 Interfaz Hombre – Máquina (HMI)

El acrónimo HMI proviene del término inglés "Human-Machine Interface", que se traduce como Interfaz Hombre-Máquina. Las indicaciones provenientes del proceso son enviadas a la interfaz hombre-máquina utilizando dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora. Controlador Lógico Programable (PLC), Unidad de E/S Remota (RTU) o Unidad de Control de Velocidad del Motor (DRIVE). Estos equipos necesitan establecer una interacción que la Interfaz Hombre-Máquina (ShneiderElectric, 2023).

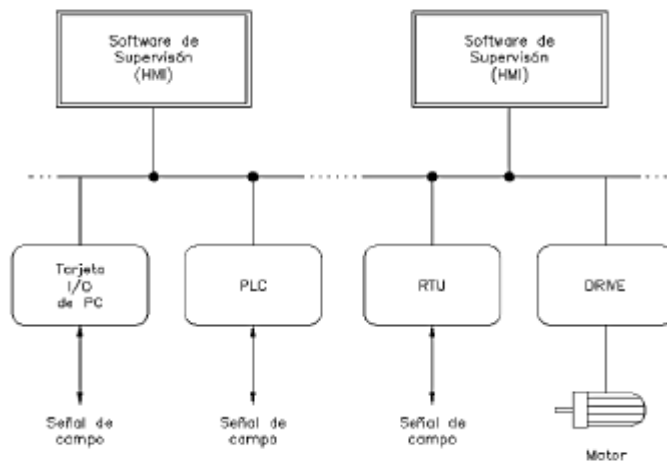
#### 2. 2. 8. 1. Tipos de HMI

- ✓ Promover prácticas. Estas prácticas se evolucionan en ambientes de codificación visuales como lenguajes como VC++, Visual Basic, Delphi, y otros similares.

- ✓ Soluciones integradas de HMI. Estos son conjuntos de programas informáticos que incluyen la gran parte de características típicas de las plataformas SCADA, como FIX, WinCC, Wonderware, y otros productos similares.

**Figura 21**

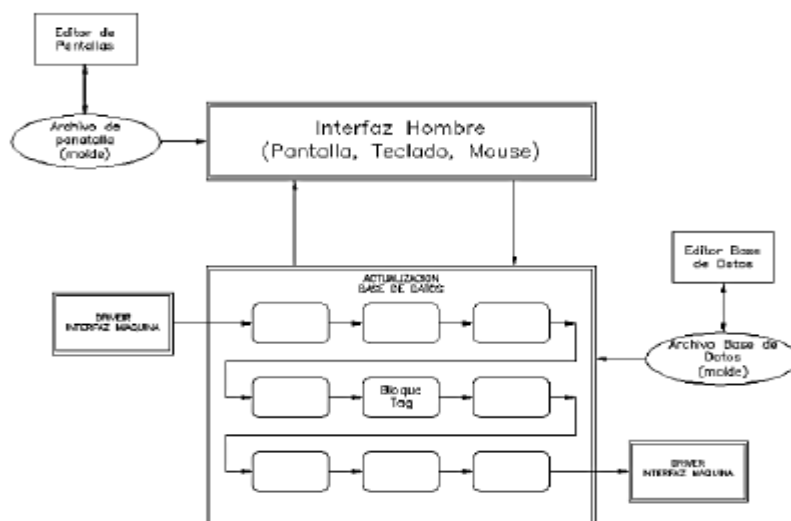
*Indicaciones de programación en la interfaz hombre-máquina (HMI).*



*Nota. Imagen tomada de (ShneiderElectric, 2023)*

**Figura 22**

*Organización del software de la interfaz hombre-máquina (HMI).*



*Nota. Imagen tomada de. (ShneiderElectric, 2023)*

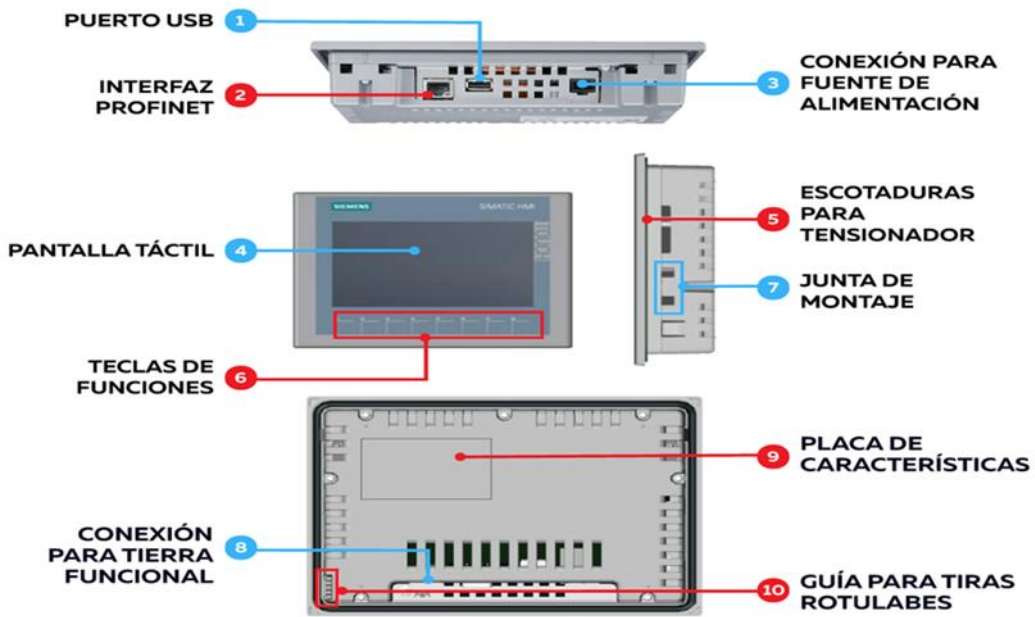


## 2. 2. 8. 2. Funciones de un Software HMI

- ✓ **Monitoreo:** Se refiere a la capacidad para recolectar y visualizar información en tiempo real sobre un sistema o instalación. Esta información puede presentarse en forma de números, texto o gráficos para hacerla más comprensible.
- ✓ **Supervisión:** Esta función permite ajustar directamente las circunstancias de operación del procedimiento a través de la computadora de supervisión.
- ✓ **Alarmas:** Es la habilidad para identificar sucesos particulares en el procedimiento y emitir notificaciones sobre ellos. Las alarmas se activan según los umbrales de control establecidos previamente.
- ✓ **Control:** Se trata de la habilidad para aplicar algoritmos que modifiquen los valores del proceso con el objetivo de mantenerlos dentro de rangos específicos. El control va un paso más allá del monitoreo al eliminar la necesidad de intervención humana. No obstante, la efectividad de esta tarea desde un programa informático que opera dentro de la computadora tiene la capacidad de verse restringida por la fiabilidad necesaria en el sistema.
- ✓ **Históricos:** Esto se refiere a la capacidad de mostrar y guardar información del proceso en archivos en momentos específicos. El almacenamiento de datos representa una utilidad importante destinado a mejorar y ajustar los procedimientos. (ShneiderElectric, 2023).

**Figura 23**

*Vista periférica HMI KTP700 Basic*



*Nota. Imagen tomada: (Siemens, 2014)*



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3. 1 Método de investigación

El análisis que presentamos emplea un enfoque cuantitativo. Según Hernández et al. (2014), El enfoque cuantitativo se centra en recolectar datos para confirmar hipótesis a través de mediciones numéricas, con la finalidad de detectar patrones de comportamiento. Este estudio adopta un enfoque cuantitativo al utilizar mediciones numéricas para evaluar la eficacia del sistema de clasificación de objetos. Se registran y analizan estadísticamente variables como la velocidad de movimiento, la fuerza de agarre y la precisión en forma de datos numéricos. Además, al utilizar tecnología y herramientas como sensores capacitivos y sistemas de control basados en PLC, se logra recopilar datos precisos y reproducibles. Estos datos suelen asociarse con enfoques de investigación cuantitativa.

#### 3. 2 Tipo de investigación

Este estudio se categoriza principalmente en calidad de investigación usada, dado que su enfoque está en el desarrollo e implementación de tecnologías innovadoras. para resolver problemas específicos y mejorar procesos y resultados en áreas concretas (Hernández y Mendoza, 2018). Esta



investigación es de naturaleza aplicada porque busca desarrollar conocimientos que pueden ser implementados directamente para mejorar el sistema de clasificación de materiales a través de soluciones tecnológicas específicas. También es una investigación tecnológica porque se enfoca en la creación y puesta en marcha de nuevas tecnologías, como un sistema automatizado que incluye sensores y controladores, para mejorar procesos específicos, como la clasificación de objetos mediante la aplicación de la electroneumática.

### 3. 3 Nivel de investigación

Esta investigación se categoriza en el nivel descriptivo-explicativo. Según Espinoza (2014) Este nivel de investigación se enfoca en describir fenómenos y establecer relaciones causales entre variables, lo que ayuda a comprender tanto cómo suceden como por qué ocurren ciertos eventos o condiciones. Este nivel de investigación es descriptiva, dado que su enfoque está en la descripción cómo un sistema electroneumático automatizado puede impactar en el control de la velocidad de movimiento, la fuerza de agarre y la precisión en un sistema de clasificación de objetos que utiliza un brazo neumático. Esta investigación tiene como objetivo describir en detalle las características y el funcionamiento del sistema, así como también buscar explicar la conexión de causa y consecuencia entre la implementación del sistema de clasificación y variables como la velocidad de movimiento, la fuerza de agarre y la precisión dentro del brazo neumático. Esto implica la identificación y comprensión de cómo y por qué el sistema influye en estos aspectos.



### 3. 4 Ámbito de la investigación

Dimensión Espacial: El proyecto se llevará a cabo en su ejecución en un lugar concreto, como un centro de experimentación o una Institución educativa, que podría encontrarse dentro de una sola organización académica o un laboratorio de investigación. La extensión geográfica se circunscribe a este lugar físico.

Dimensión Temporal: La duración necesaria para implementar y evaluar el sistema automatizado se determinará en la planificación del proyecto, ajustándose según las metas y medios a disposición.

### 3. 5 Población y muestra

Los aspectos considerados en la investigación incluyen los parámetros de rendimiento relacionados con la instalación de un sistema de clasificación de elementos integrado con un brazo neumático, al igual que se describe en el apartado que aborda las teorías relacionadas con el tema.

### 3. 6 Técnicas e instrumentos de recogida de información

**Tabla 2**

Técnicas e instrumentos

1. TÉCNICAS	2. INSTRUMENTO	3. VALIDACIÓN
<b>Observación:</b> Se emplearon las herramientas de control mediante el software TIA PORTAL e interfaz gráfica HMI	Ficha de observación	de Por asesor Especialista

*Nota. Autoría propia*



### 3. 7 Recogida de datos

Se utilizaron herramientas de la aplicación TIA PORTAL V16 a fin de examinar la información recopilada por el sensor inductivo a lo largo del tiempo durante el funcionamiento del sistema de clasificación del brazo neumático. Esto permitió obtener datos en tiempo real durante las operaciones del sistema, lo que posibilitó realizar un análisis detallado de la velocidad y los patrones de movimiento ejecutados por el brazo neumático.

TIA Portal: Es un software de codificación para Controlador Lógico Programable Siemens que registra datos importantes sobre la configuración y el desempeño del PLC. Esto incluye la frecuencia de muestreo y la lógica de control implementada.

Se emplearán las capacidades del software para procesar las mediciones obtenidas por el sensor durante pruebas de rendimiento controladas, con el objetivo de evaluar la clasificación de materiales. Registrar los resultados de estas pruebas permitirá realizar una comparación con los objetivos establecidos, llevando a cabo el dominio mediante el Controlador Lógico Programable S7-1200, que posibilita presentaciones visuales efectivas para representar los datos de clasificación de materiales por el brazo neumático.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Presentación

Se implanto un sistema de clasificación de objetos usando un electroimán como actuador adaptado a un brazo neumático con la interacción de un sensor inductivo, programado en el PLC S7 1200 siemens y controlado a través del HMI siemens como se muestra en la siguiente imagen.

**Figura 24**

*Clasificación de objetos usando brazo neumático*



*Nota. Autoría propia*

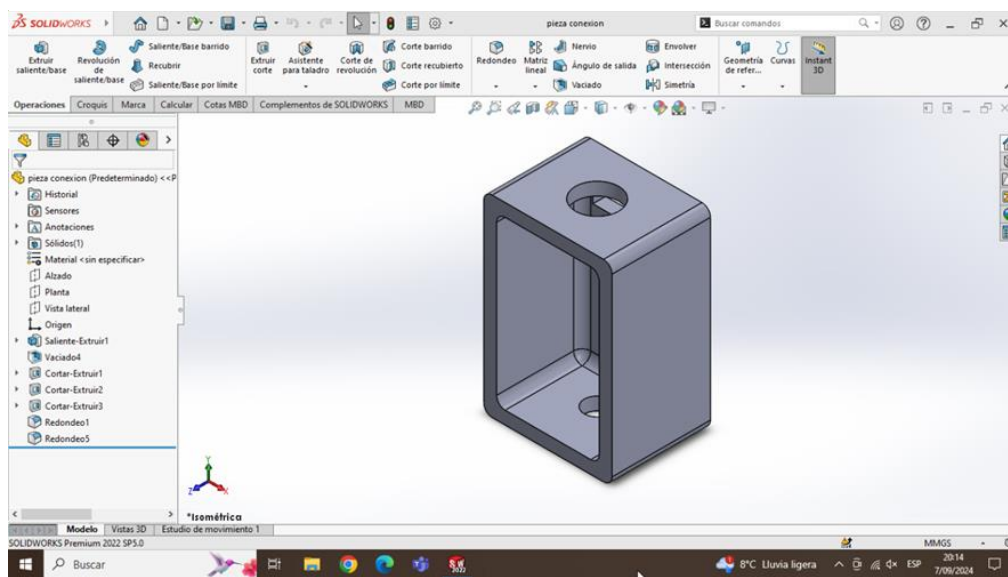
## 4. 2 Adaptación al sistema del brazo neumático un electroimán

Para adaptar el sistema del brazo neumático se realizó un acople mediante la impresión 3D logrando articular el electroimán al brazo neumático.

Primeramente, se modeló en el software Solid Works de la siguiente manera:

**Figura 25**

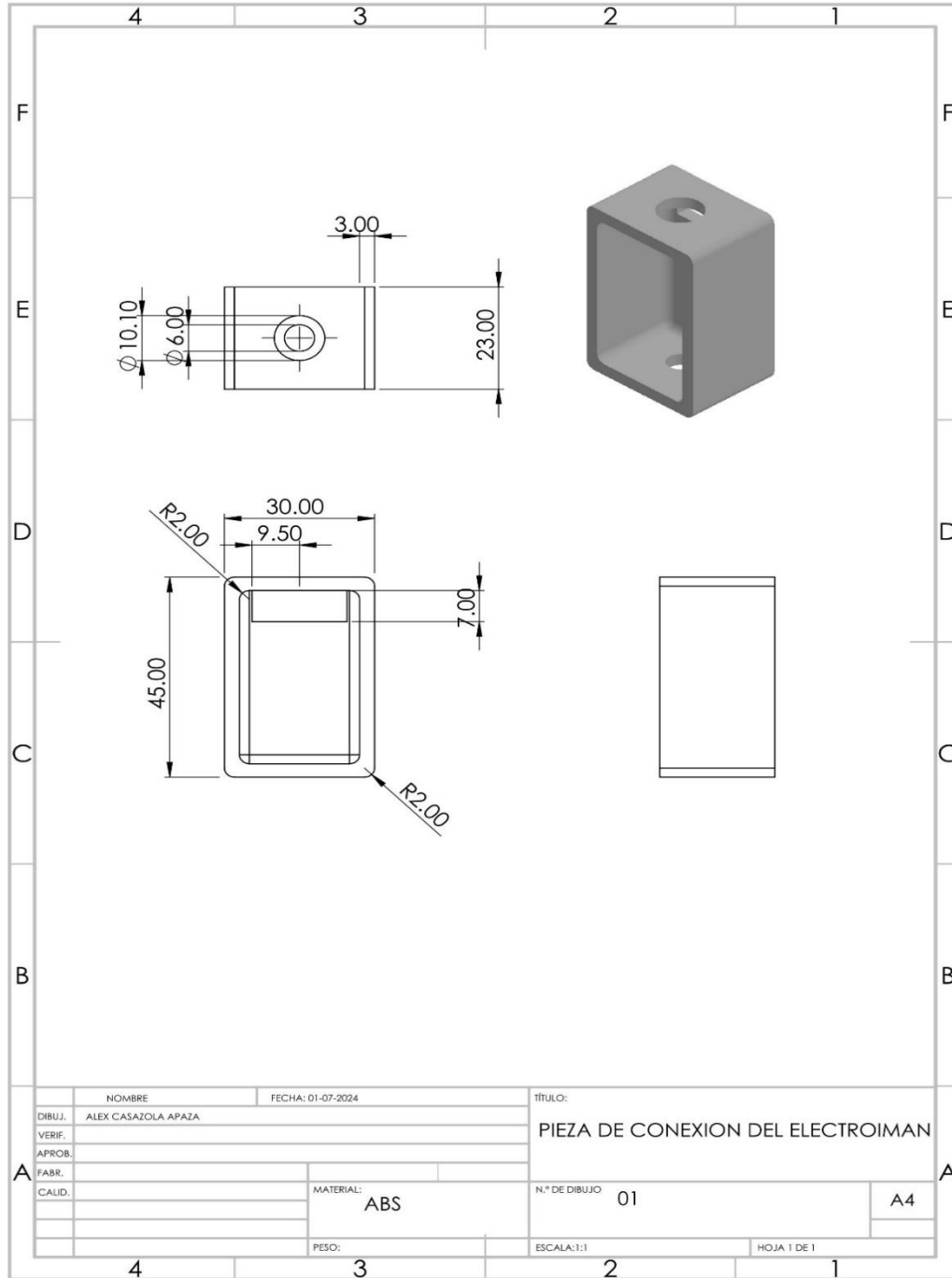
*Modelamiento del acople en Solid Works*



*Nota. Autoría propia*

**Figura 26**

*Dimensiones del acople del electroimán*

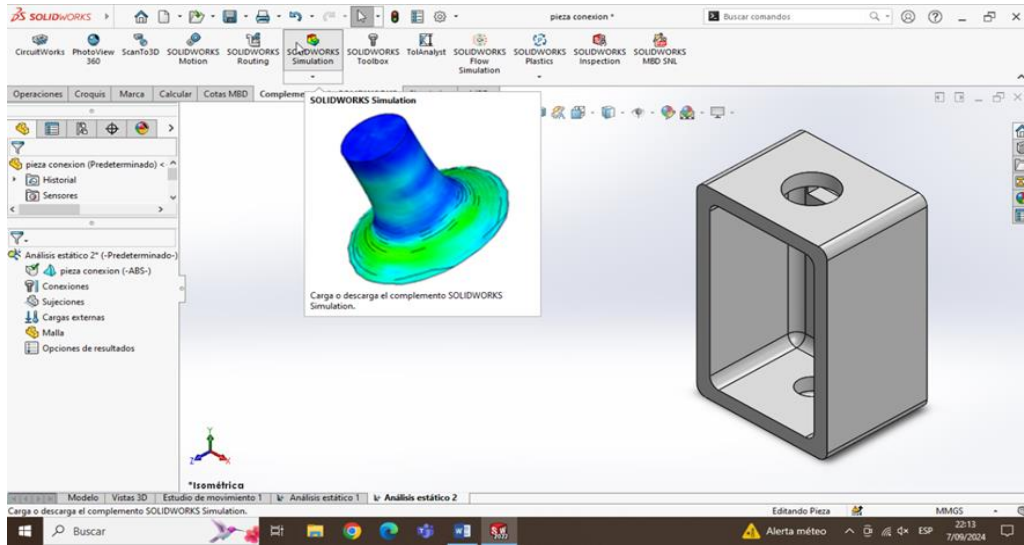


*Nota. Autoría propia*

Se procede a ser un análisis por elementos finitos para ver la resistencia del acople según el modelado propuesto.

### Figura 27

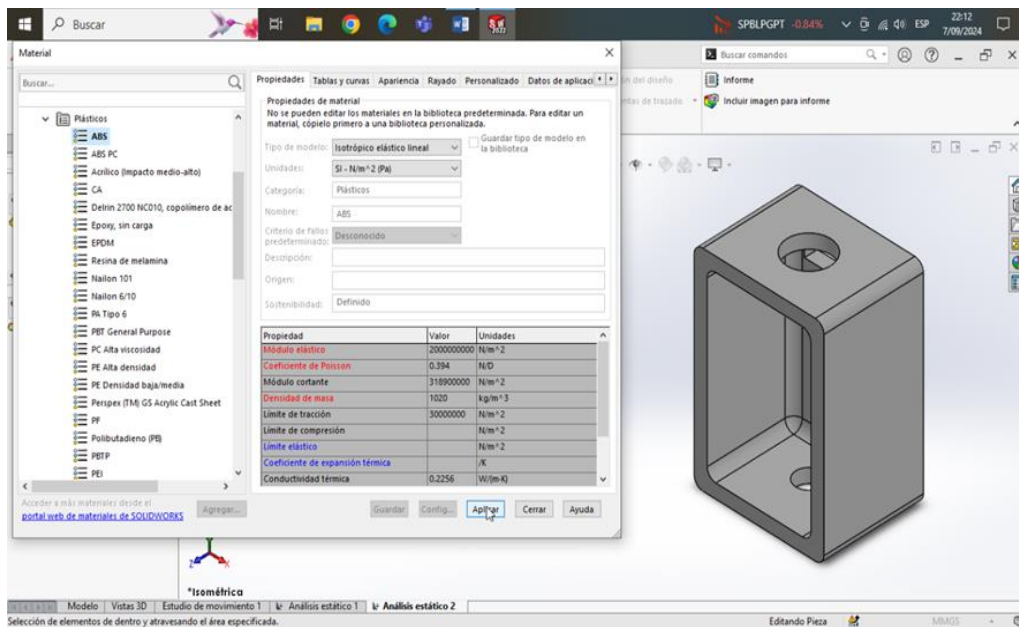
Activación del complemento de elementos finitos



Nota. Autoría propia

### Figura 28

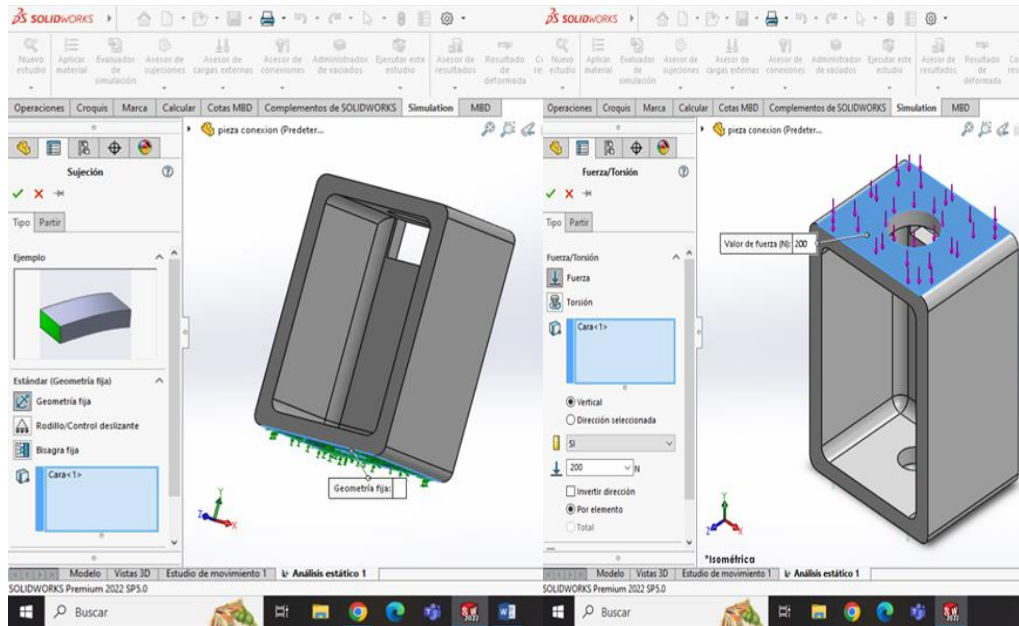
Selección del material a utilizar



Nota. Autoría propia

**Figura 29**

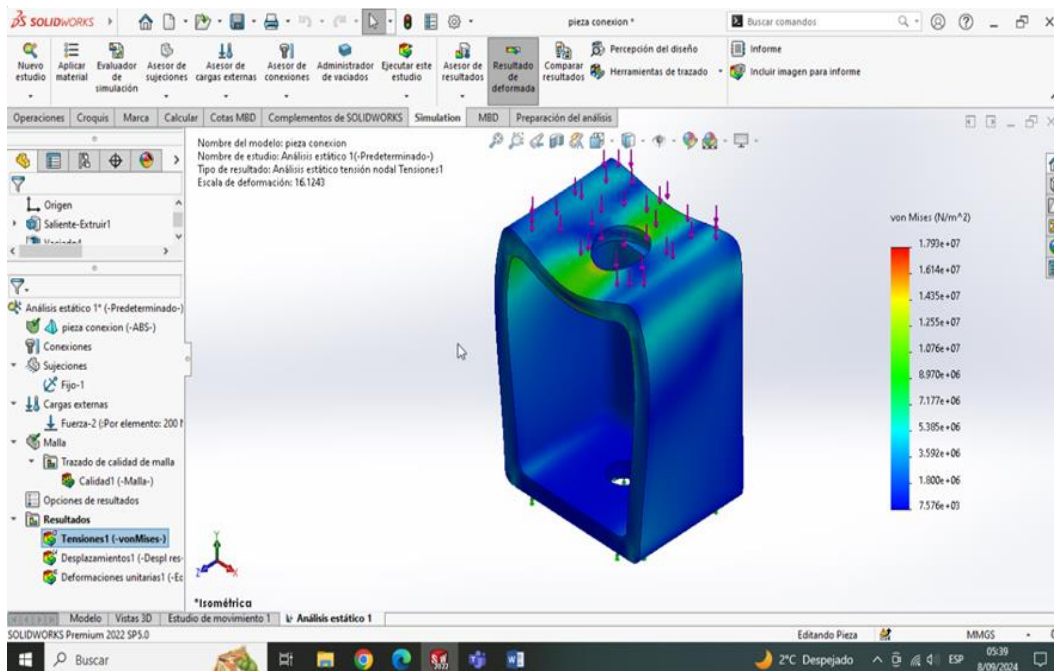
### Asignación de sujeción y fuerza



Nota. Autoría propia

**Figura 30**

### Evaluación por elementos finitos

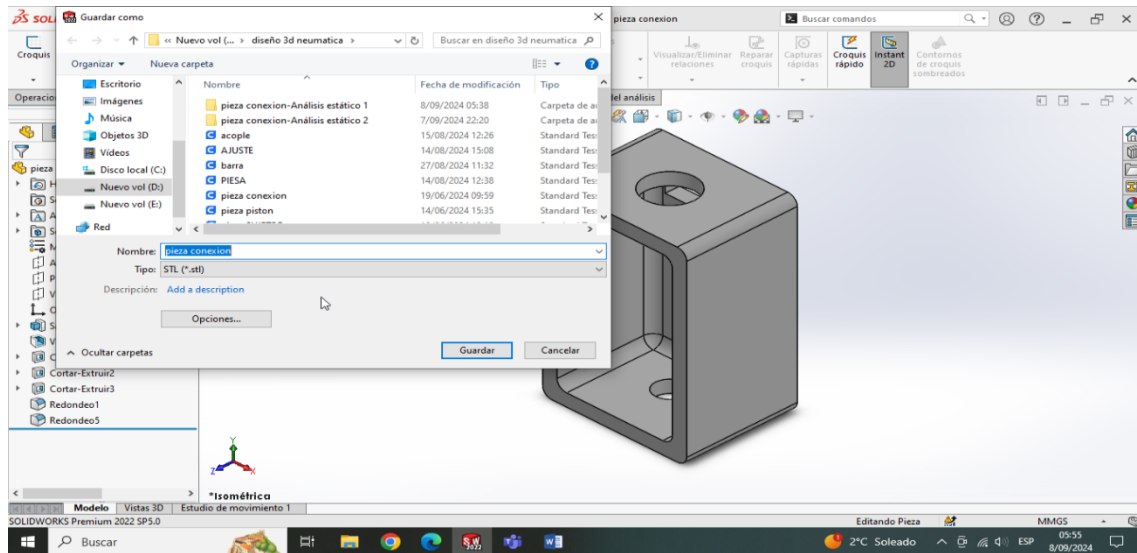


Nota. Autoría propia

De acuerdo a los resultados del análisis por elementos finitos obtenidos observamos que soporta la carga asignada de 200N.

**Figura 31**

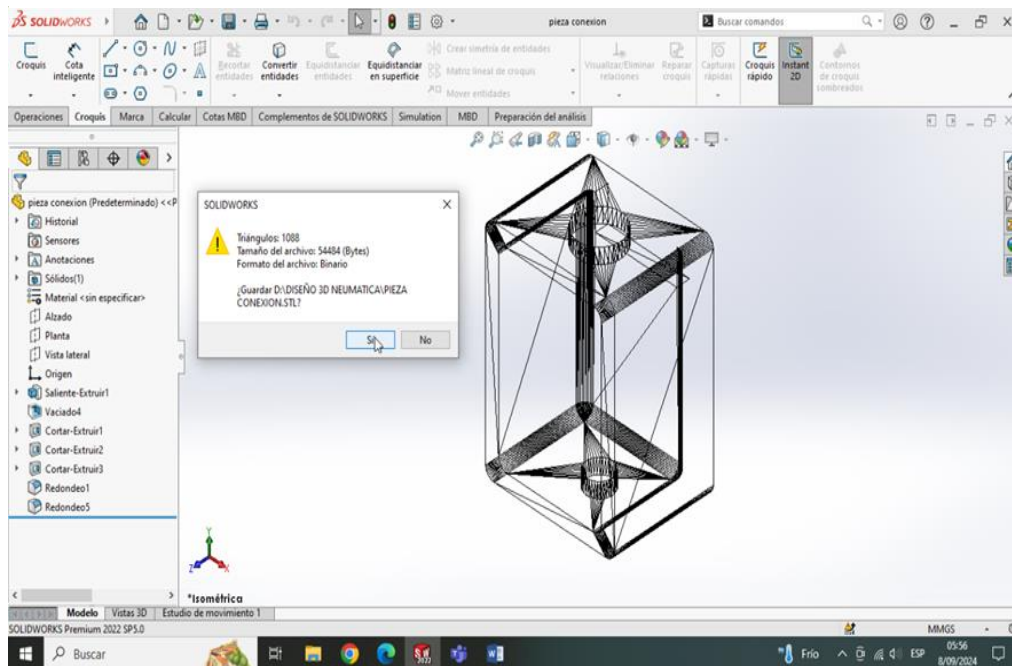
*Guardando el modelado de acople en la extensión STL*



*Nota. Autoría propia*

**Figura 32**

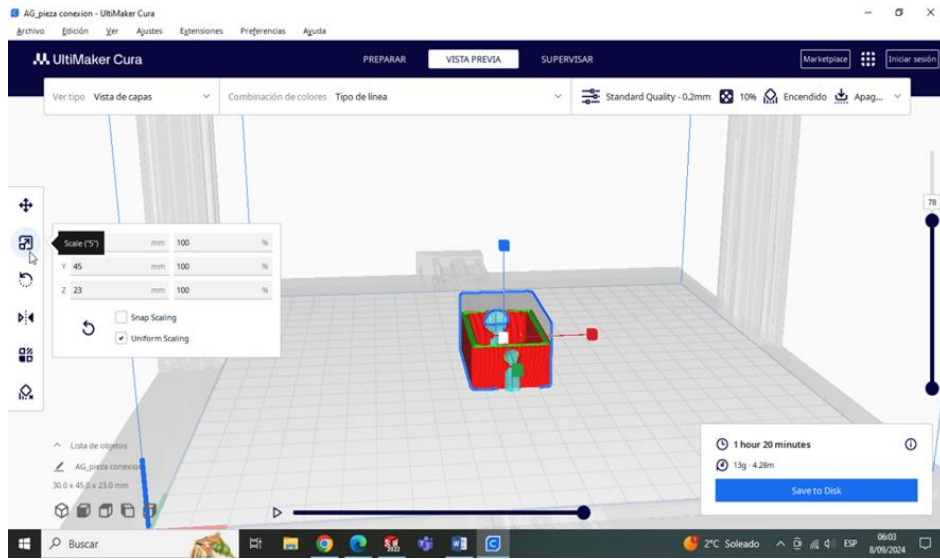
*Archivo guardado extensión STL*



*Nota. Autoría propia*

**Figura 33**

### Simulación de la impresión 3D software CURA



*Nota. Autoría propia*

**Figura 34**

### Impresión del acople

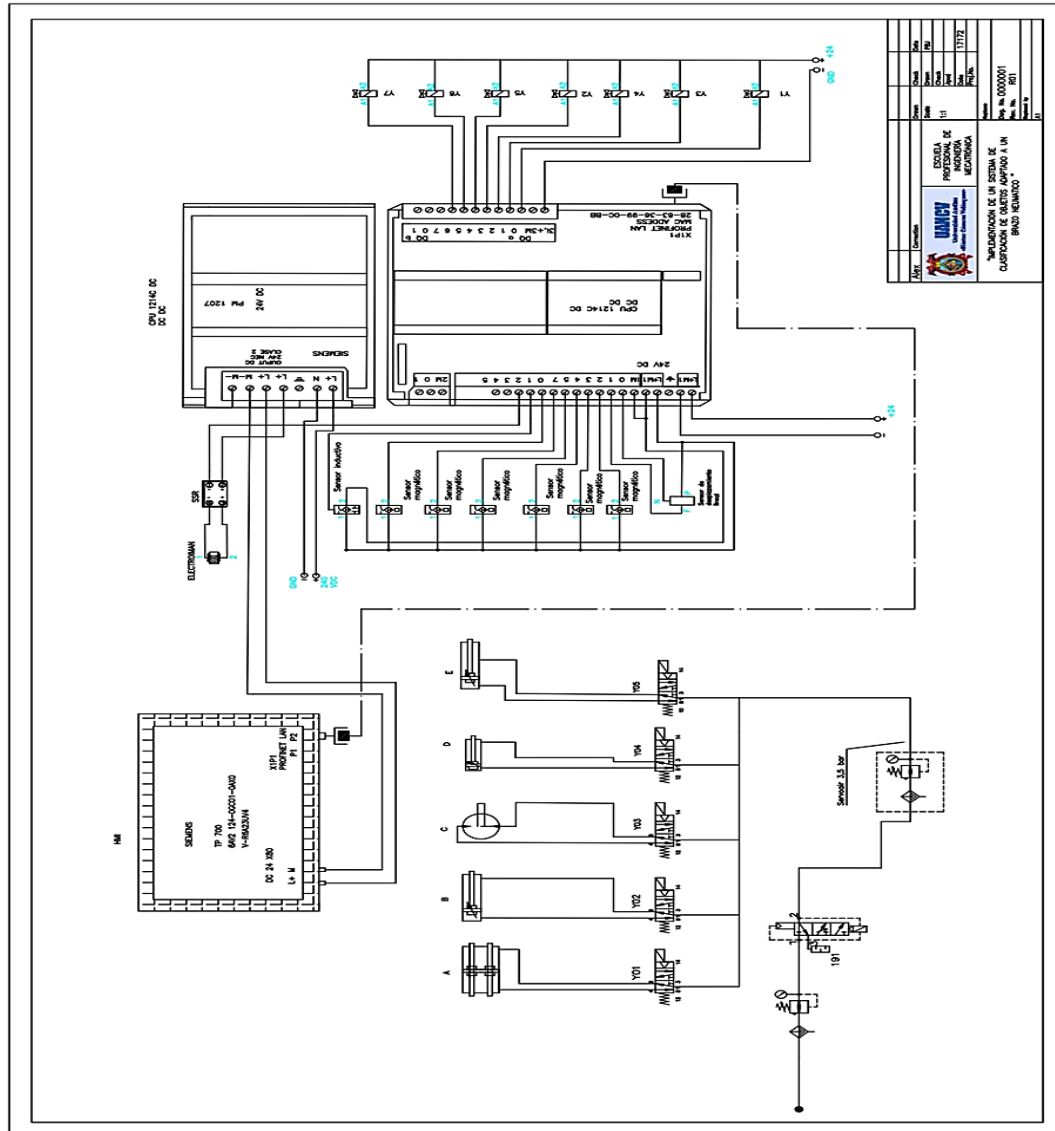


*Nota. Autoría propia*

### 4. 2. 1 El circuito de conexión electroneumático del brazo neumático.

Figura 35

Circuito electroneumático del brazo neumático

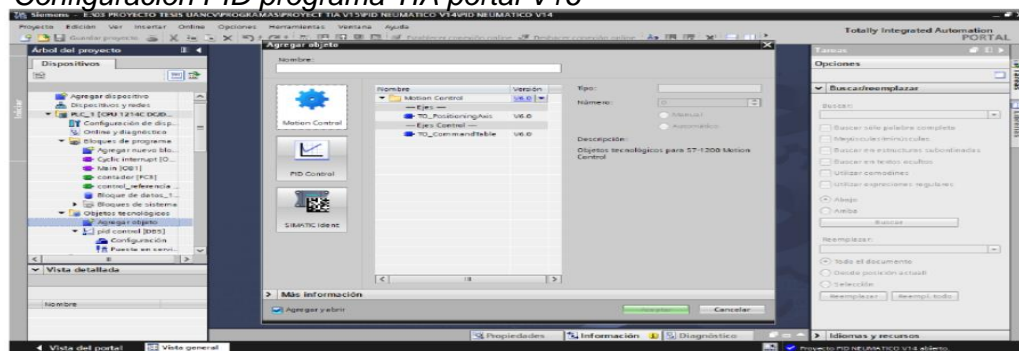


Nota. Imagen Autoría propia

### 4. 2. 2 Programación del PLC para controlar el brazo neumático

Figura 36

Configuración PID programa TIA portal V16

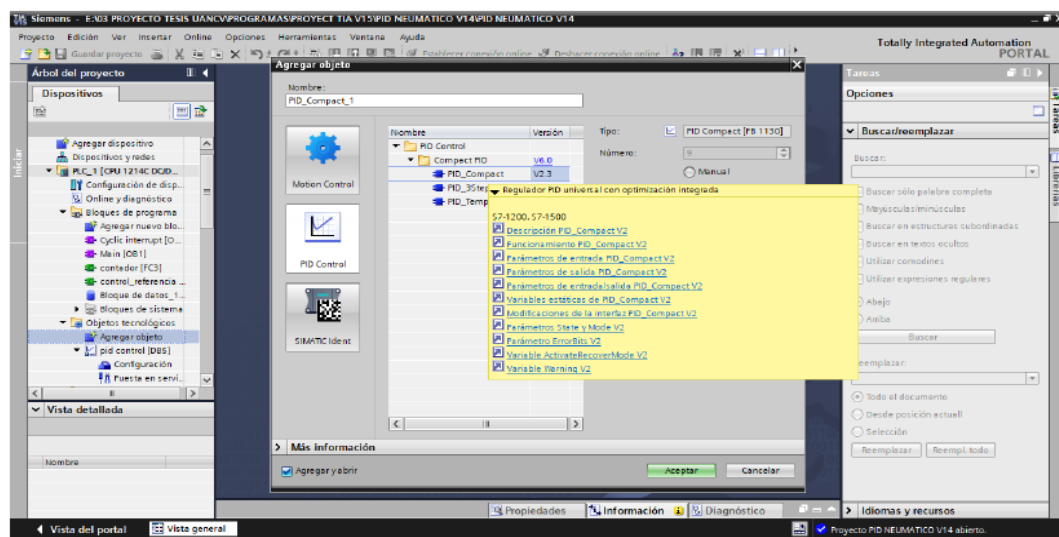


Nota. Autoría propia

Seguidamente acceder a la plataforma, diríjase a las Opciones de PLC y busque la selección de "Objetos técnicos" y luego seleccione la opción para añadir un nuevo objeto técnico.

**Figura 37**

*Optamos por la alternativa de CONTROL.*

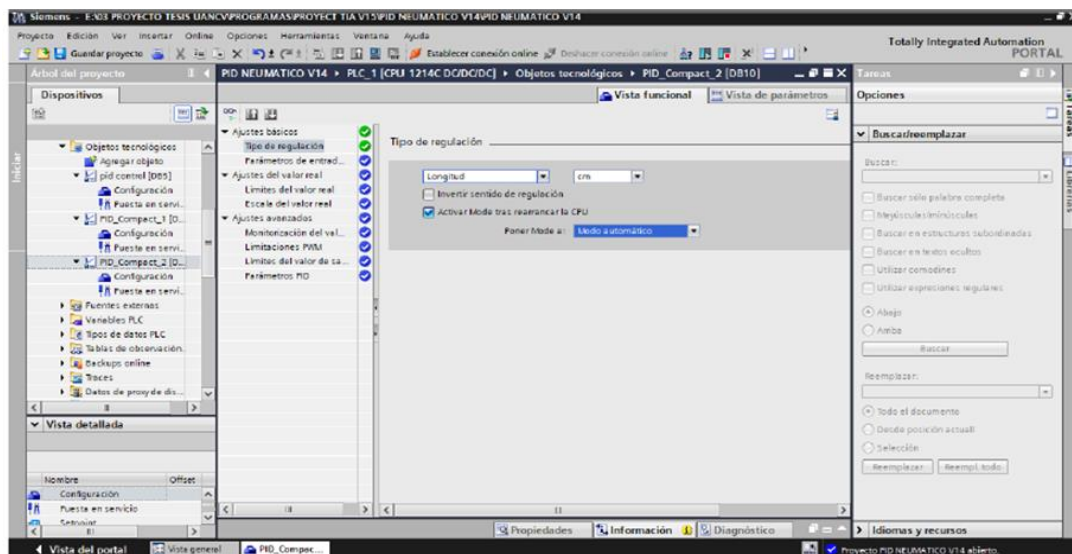


*Nota. Autoría propia*

Intente encontrar la configuración, seleccione PID COMPACTO, luego elija AUTOMÁTICO y finalmente haga clic en ACEPTAR.

**Figura 38**

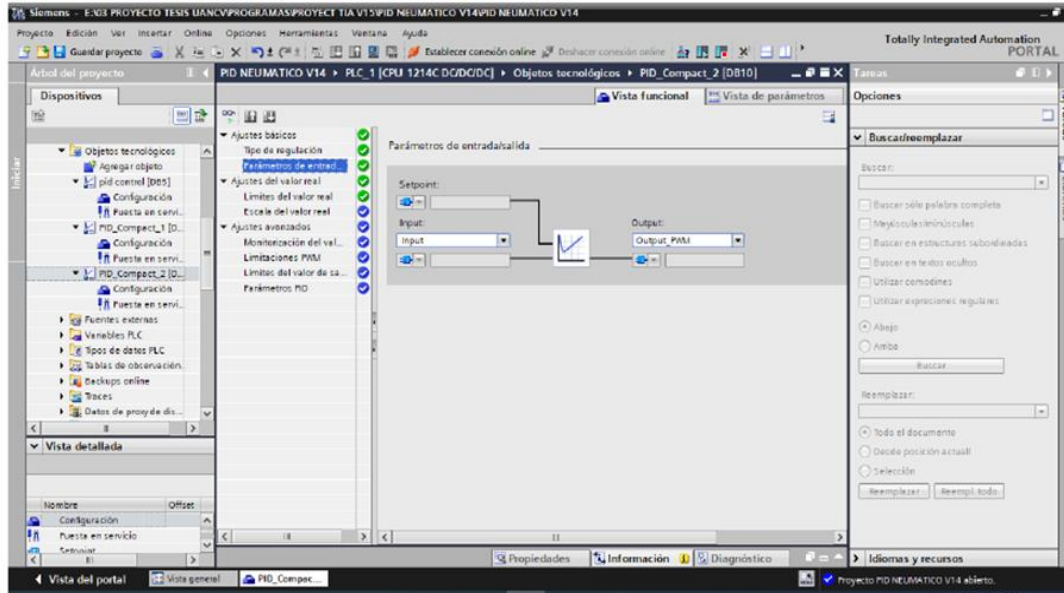
*Seleccione PID COMPACTO*



*Nota. Autoría propia*

Configuración inicial fundamental: seleccione el tipo de control, la longitud de trabajo del proyecto y la medida en centímetros

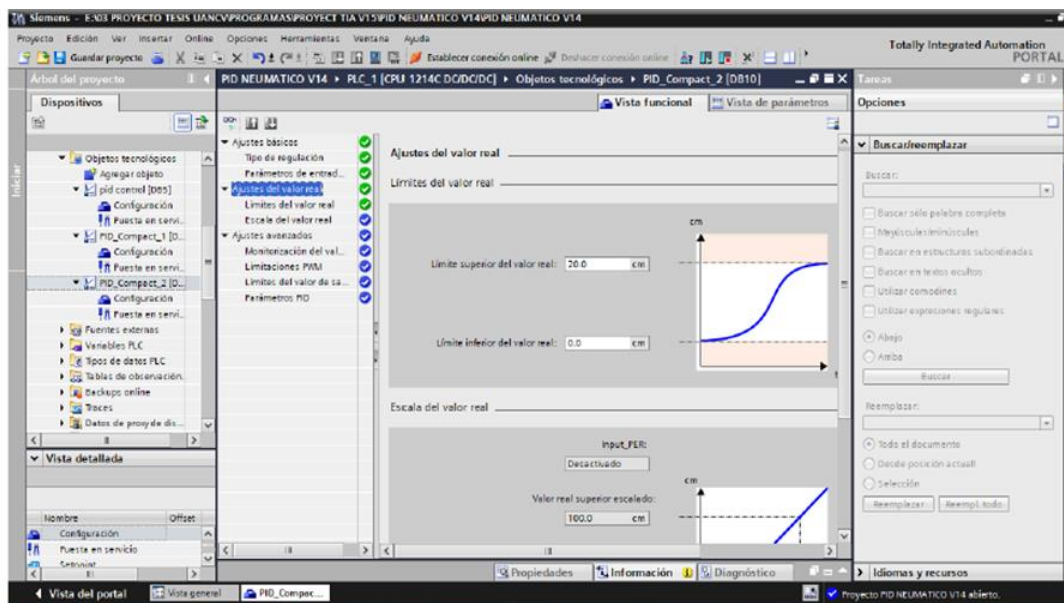
**Figura 39**  
*Configuración de unidades*



*Nota. Autoría propia*

Configurar los parámetros de acceso:

**Figura 40**  
*Configurar los parámetros*

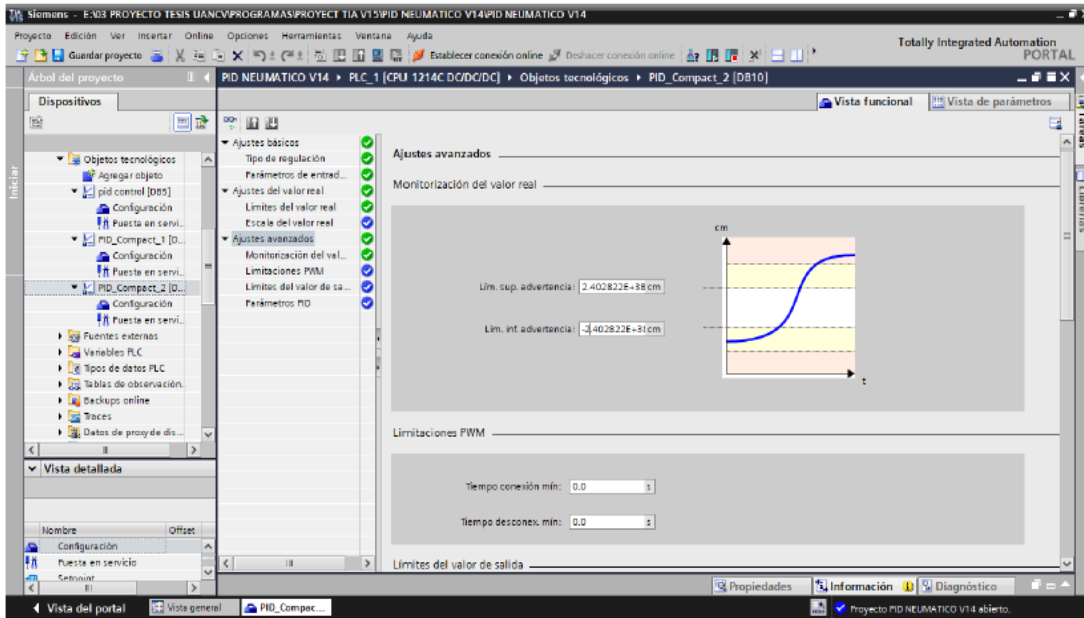


*Nota. Autoría propia*

Ajuste el valor real midiendo el tramo de movimiento del brazo neumático del proyecto. Ingrese 20 cm como límite máximo y 0 cm como límite mínimo.

**Figura 41**

### *Distancia de trabajo del brazo neumático*

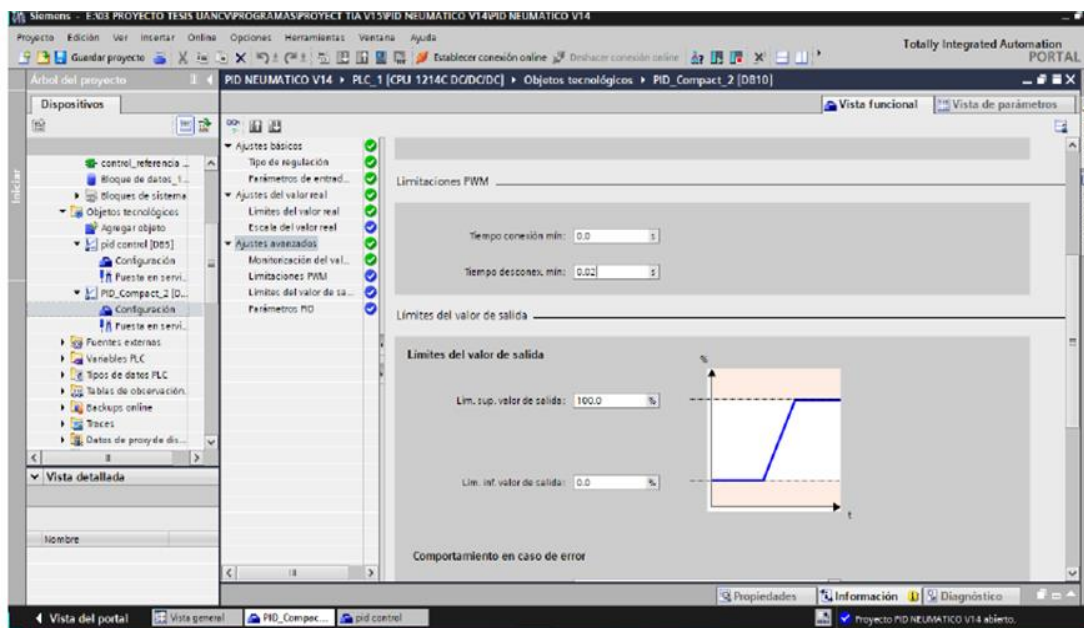


*Nota. Autoría propia*

Configure el ajuste avanzado introduciendo de advertencia máximo y mínimo en +2.0 y -2.0, respectivamente, con el fin de proceder.

**Figura 42**

### *Configuración de advertencias*

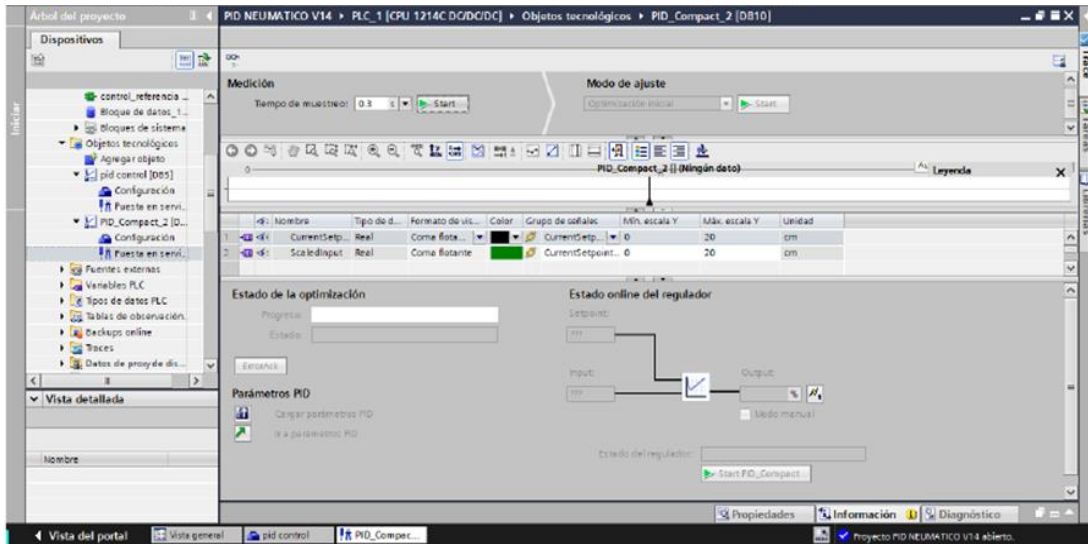


*Nota. Autoría propia*

Establezca el valor máximo permitido de salida con un valor de inicio de 100% para el límite superior y 0% para el límite inferior

**Figura 43**

*Valor máximo permitido*

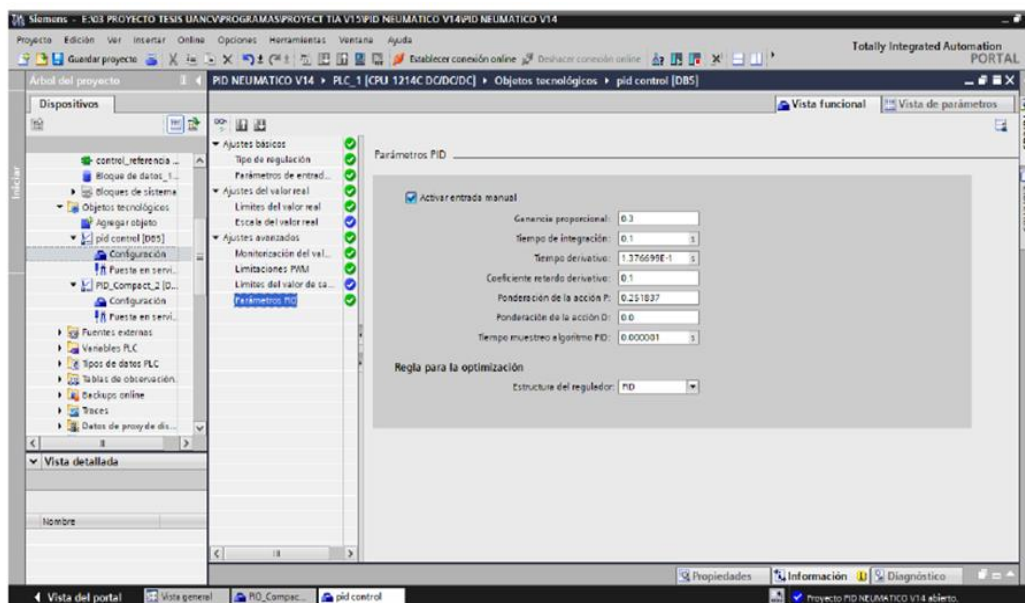


*Nota. Autoría propia*

Use la función AUTOTUNE en el software TIA Portal para realizar pruebas y configurar los parámetros PID y así lograr un control de mayor precisión.

**Figura 44**

*Configuración de la función AUTOTUNE*

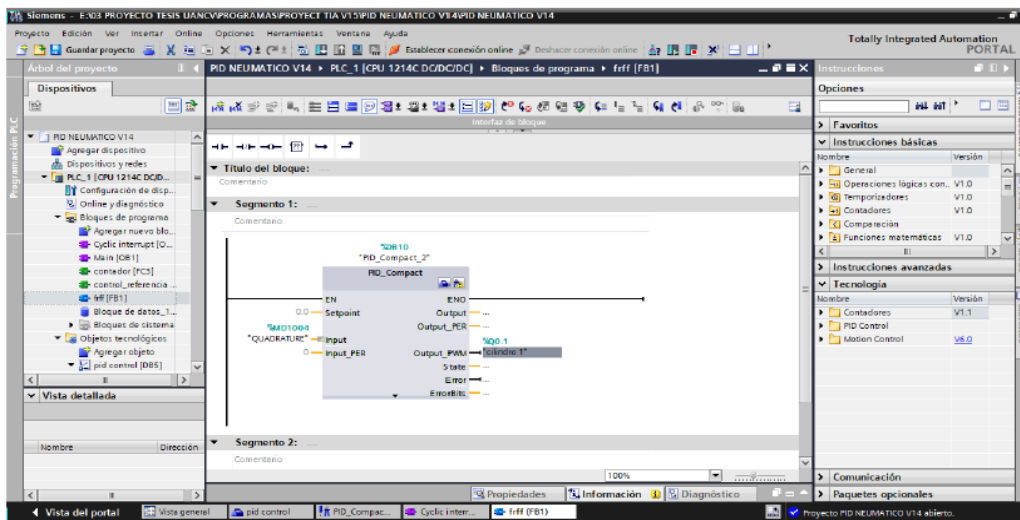


*Nota. Autoría propia*

Configurar y confirmar la configuración PID arroja variables que permiten un manejo más exacto.

**Figura 45**

*Configuración del PID*

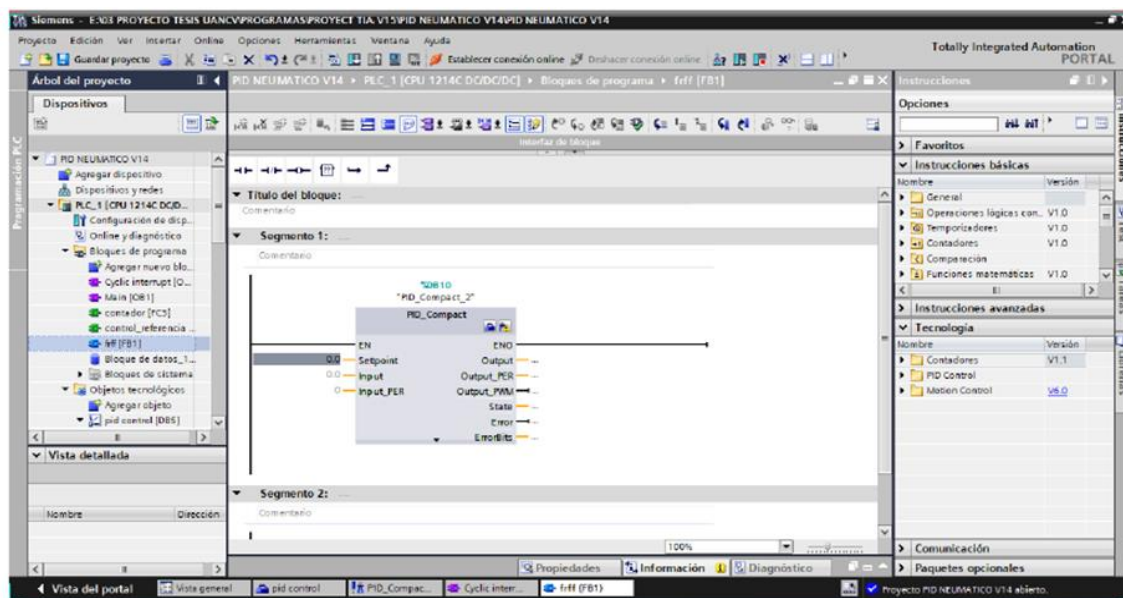


*Nota. Autoría propia*

Desarrolle un módulo que emplee el controlador PID y ajuste sus entradas/salidas de acuerdo con la configuración requerida.

**Figura 46**

*Ajuste de entradas/salidas controlador PID*



*Nota. Autoría propia*

## 4. 2. 3 Pruebas y resultados

Se llevaron a cabo evaluaciones comenzando por cargar la programación del PLC.

**Figura 47**

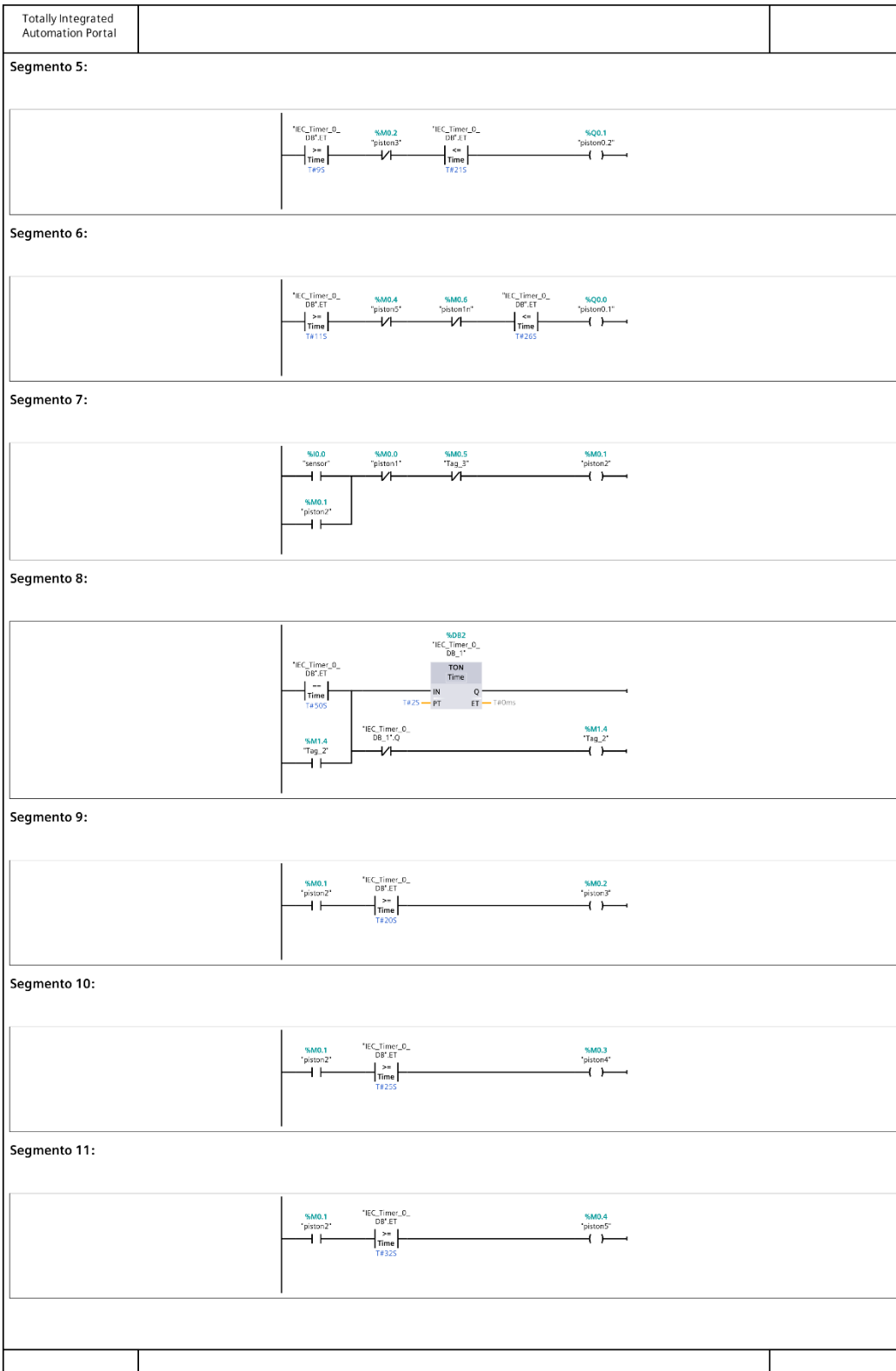
*Programación del PLC S7 1200*

Totally Integrated Automation Portal							
<b>Main [OB1]</b>							
<b>Main Propiedades</b>							
<b>General</b>							
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
<b>Información</b>							
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizado					
<b>Nombre</b>	<b>Tipo de datos</b>	<b>Valor predet.</b>	<b>Comentario</b>				
▼ Input							
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB				
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available				
Temp							
Constant							
<b>Segmento 1:</b>							
<b>Segmento 2:</b>							
<b>Segmento 3:</b>							
<b>Segmento 4:</b>							

*Nota. Autoría propia*

**Figura 48**

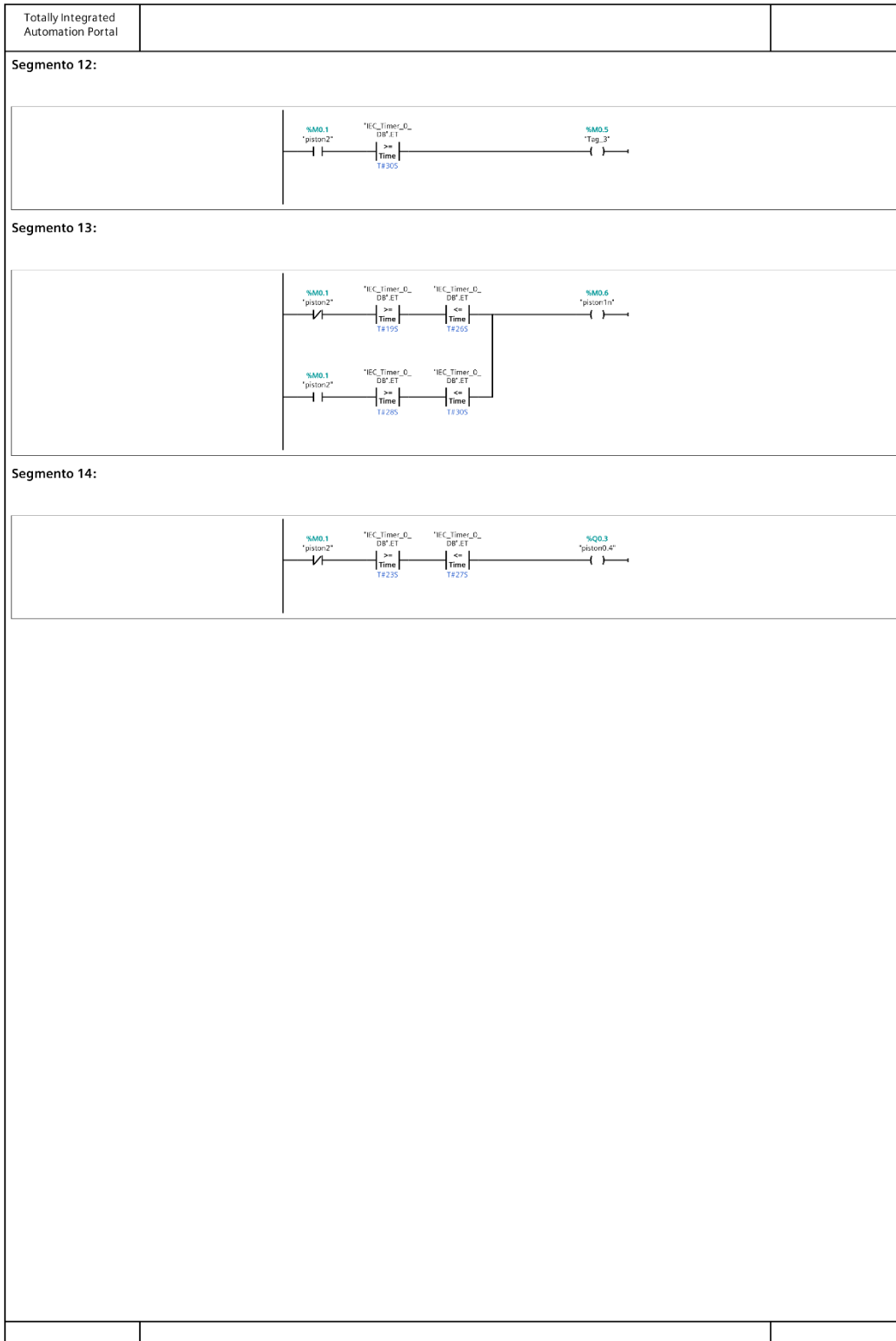
*Programación para el electroimán*



*Nota. Autoría propia*

### Figura 49

Programación para el sensor



Nota. Autoría propia

#### 4. 2. 4 Condiciones para realizar las pruebas

Para llevar a cabo una evaluación automatizada de desplazamiento utilizando un PLC S7 1200 con dominio PID, utilice la interfaz hombre-máquina para iniciar el dominio y los movimientos en 'X', 'Y' y 'Z', al igual que se ilustra el dispositivo de sujeción el electroimán utilizado en pruebas de selección.

#### 4. 2. 5 Pruebas de funcionamiento

Evaluación del movimiento y recorrido del brazo neumático controlado desde el HMI

#### Figura 50

*Control del brazo neumático*



*Nota. Autoría propia*

Se lleva a cabo un control de tiempo para regular la duración del movimiento de cada actuador y gestionar así el movimiento del brazo neumático.

#### 4. 2. 6 Prueba de posicionamiento

Se debe comprobar la ubicación de cada coordenada ('x', 'y', 'z'). Por lo tanto, se lleva a cabo un test de posicionamiento PID en el eje X. El gráfico exhibe

el desplazamiento de cada extremo para el transporte y movimiento de elementos. Debido a que se trata de una tarea relacionado con el movimiento de productos, se procede a verificar las posiciones que se encuentran detalladas en la tabla.

**Figura 51**

*Control del brazo neumático posicionamiento*



**Tabla 3**

*Posicionamiento del brazo neumático*

POSICIÓN	COORDENADA		
	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
INICIO	0	0	0
P1	0	0	8
P2	0	6	8
P3	20	6	8
P4	20	-6	-8
P5	-20	-6	-8
P6	0	0	-8
RETORNO	0	0	0

*Nota. Autoría propia*

### 4. 3 Análisis e interpretación de resultados

Los registros obtenidos del sistema de clasificación de objetos adaptado a un brazo neumático durante el proceso de selección de objetos, detallados en la Tabla 3, muestran los datos medidos durante este periodo específico.

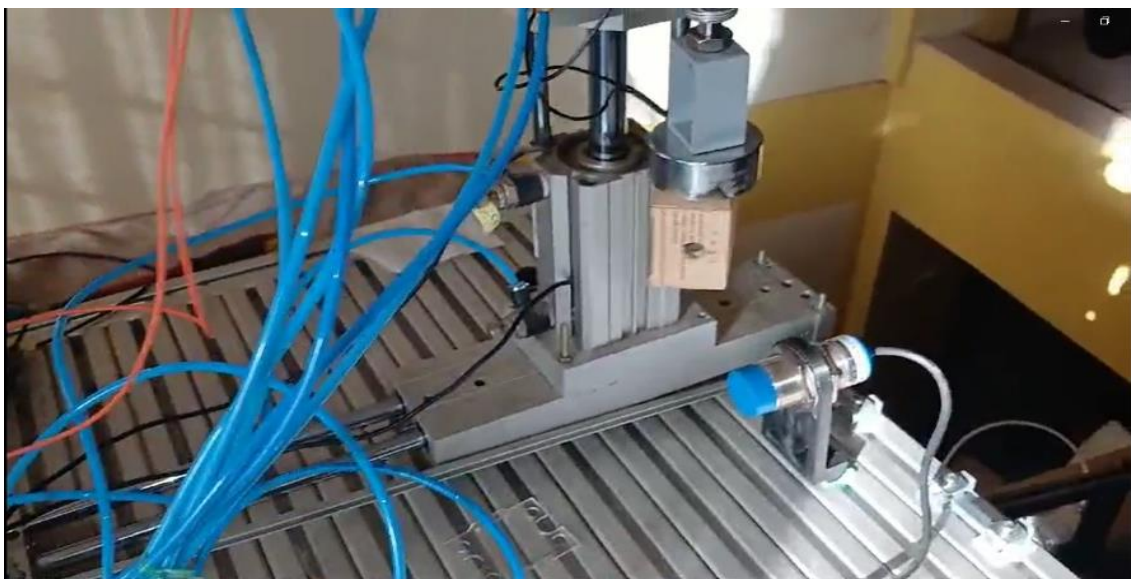
En la imagen del TIA Portal, se presenta el funcionamiento del controlador PID. En la pantalla HMI se observan los valores asignados al set point mediante el cual el brazo neumático logra mover los objetos con la precisión necesaria para la clasificación correcta.

Se observa que el brazo mantiene un control estable durante el proceso de clasificación de objetos cuando el sensor inductivo detecta la presencia de determinado material accionando el sistema

Luego de analizar la actuación del sistema a lo largo de 3 períodos de iteración, se concluye que el control PID se mantiene conforme a lo especificado en la fase de programación mencionada previamente lo cual visualizamos en el

#### Figura 52

*Prueba de clasificación de objetos*



*Nota. Autoría propia*

**Figura 53***Clasificación de objetos**Nota. Autoría propia*

#### 4. 4 Discusión de resultados

La incorporación del electroimán al sistema del brazo neumático tenía como objetivo mejorar la capacidad del sistema para manejar y clasificar objetos de manera más eficiente.

Se observó que el electroimán proporcionó una sujeción segura y consistente para la mayoría de los objetos, facilitando su transferencia desde el brazo neumático al sistema de clasificación. Sin embargo, en algunos casos, el electroimán tuvo dificultades con objetos de materiales muy ligeros o muy pesados.

Esto sugiere que, aunque el electroimán mejora la manipulación en general, su fuerza de sujeción debe ser ajustable para adaptarse a diferentes tipos de objetos. La capacidad del electroimán para manejar distintos pesos podría ser mejorada para asegurar una mayor fiabilidad.

La integración del electroimán con el brazo neumático implicaba ajustes en la mecánica y el control del sistema.



La integración fue exitosa en términos de coordinación entre el electroimán y el brazo neumático, permitiendo una operación fluida. No obstante, se detectaron algunos problemas menores con la sincronización, como tiempos de respuesta ligeramente desfasados.

La sincronización entre el brazo neumático y el electroimán debe ser optimizada para reducir estos desfases. La implementación de sensores adicionales o mejoras en el software de control podría solucionar estos problemas.

Descripción: El objetivo era que el electroimán ayudara a clasificar los objetos de manera precisa al interactuar con el sistema de clasificación.

Resultados: El sistema de clasificación experimentó una mejora en la precisión y en la velocidad de clasificación, gracias a la capacidad del electroimán para posicionar los objetos con exactitud. Sin embargo, hubo casos en los que la clasificación no fue correcta debido a fallos en la sujeción del electroimán.

Esto indica que, aunque el electroimán contribuye positivamente a la clasificación, es crucial ajustar su fuerza y control para garantizar que todos los objetos sean clasificados correctamente. La integración de un sistema de retroalimentación para verificar la sujeción y posición de los objetos podría mejorar aún más la precisión.

El objetivo era que el electroimán ayudara a clasificar los objetos de manera precisa al interactuar con el sistema de clasificación.

El sistema de clasificación experimentó una mejora en la precisión y en la velocidad de clasificación, gracias a la capacidad del electroimán para posicionar



los objetos con exactitud. Sin embargo, hubo casos en los que la clasificación no fue correcta debido a fallos en la sujeción del electroimán.

Esto indica que, aunque el electroimán contribuye positivamente a la clasificación, es crucial ajustar su fuerza y control para garantizar que todos los objetos sean clasificados correctamente. La integración de un sistema de retroalimentación para verificar la sujeción y posición de los objetos podría mejorar aún más la precisión.



## CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Se ha logrado implementar con éxito un sistema de clasificación de objetos utilizando un brazo neumático, demostrando una eficacia prometedora en la separación y disposición de diferentes tipos de objetos según criterios predefinidos.
- SEGUNDA:** Se logró adaptar el sistema del brazo neumático con un electroimán de manera efectiva, permitiendo una integración fluida y eficiente con el sistema de clasificación. Esto asegura que el brazo pueda manipular y clasificar objetos de manera precisa y controlada.
- TERCERA:** El circuito de conexionado electroneumático fue desarrollado con éxito, garantizando la correcta operación del brazo neumático y su electroimán. Este circuito proporciona la energía y control necesarios para el funcionamiento coordinado y seguro del sistema.
- CUARTA:** El PLC fue programado de manera integral para supervisar y controlar tanto el proceso de clasificación como los movimientos precisos del brazo neumático. Esto incluye la coordinación de las acciones del electroimán y la respuesta del brazo según los requisitos del sistema de clasificación.



## RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Seguir explorando y perfeccionando algoritmos de clasificación más sofisticados que puedan incrementar la precisión y la habilidad del sistema para adaptarse a una amplia gama de objetos.
- SEGUNDA:** Investigar la habilidad de ajuste del procedimiento a distintos sectores industriales y condiciones operativas específicas. Analizar cómo se desempeña con una variedad más amplia de objetos en cuanto a su tamaño, forma y composición material.
- TERCERA:** Llevar a cabo análisis exhaustivos sobre la relación coste-beneficio al introducir este sistema en diferentes sectores industriales, teniendo en cuenta tanto las reducciones en gastos operativos como los incrementos en eficiencia y producción.
- CUARTA:** Llevar a cabo investigaciones adicionales sobre la ergonomía y la seguridad del sistema para garantizar que su implementación no solo sea eficiente, sino también segura tanto para los operadores humanos como para el entorno laboral en su conjunto.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Montoya, J., Mina, J., & Patiño, C. (2019). Desarrollo de un brazo robótico Scara clasificador de objetos. *Ingenierías*. Institución Universitaria Antonio José Camacho, Cali, Colombia.  
<https://repositorio.uniajc.edu.co/handle/uniajc/732>
- AirTAC International Group. (23 de 10 de 2023). *Airtac.com*. AirTAC International Group: <https://global.airtac.com/>
- Alba, E. (2019). "Modelado y sintonización de un controlador PID de un robot tipo puma de tres grados de libertad utilizando lógica difusa". *Ingenierías*. Universidad Nacional del Callao, Callao, Perú.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12952/3518>
- Álvarez, M. (2004). *Controladores Logicos*. Barcelona, España: Marcombo.  
<https://books.google.hn/books?id=uR19LQqBpDgC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Balcona, W. (2022). Diseño y simulación asistido por computadora del movimiento y maniobra articulado de un brazo neumático utilizando PLC. *Pre grado*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Puno, Peru.
- Barbado, J., Sierra, J., & Bravo, J. (2013). *Automatismos Industriales*. México, México: Alfaomega Grupo Editor S.A. <https://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=38545>
- Cabrera, J., & Espitia, S. (2019). Diseño e implementación de un sistema clasificador de piezas geométricas adaptado a un brazo neumático FESTO ubicado en el grupo de investigación INTEGRA. *Pre grado*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia.  
<http://hdl.handle.net/11349/27989>



- Cabrera, S. (16 de 10 de 2023). *Scribd*. Guía de Módulo Neumática y Oleohidráulica: <https://es.scribd.com/document/187817702/Guia-de-Modulo-Neumatica-y-Oleohidraulica>
- Chavez, R. (2022). Análisis de desempeño en simulación de un controlador adaptativo en el control de trayectoria de un manipulador robotico de 2 grados de libertad. *Ingenierías* . Universidad Católica de Santa María, Arequipa , Perú.  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12048>
- Colorado, J., Montoya, J., & Tavera, D. (2013). Diseño de programa y parte de la estructura del brazo neumático ubicado en el laboratorio de mecatrónica de la Institución Universitaria Pascual Bravo. *Pre grado*. Universitaria Pascual Bravo, Medellin, Colombia.  
<https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/696>
- Creus, A. (2007). *Neumática e Hidráulica*. Madrid, España: MARCOMBO, S.A.  
<https://es.b-ok.lat/book/2553210/845965>
- Dueñez, J. (2020). Brazo robótico clasificador de colores RGB controlado con FPGA. *Ingenierías*. Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato, Guanajuato, México .  
<https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4303>
- Gonzáles, T., del Río, G., Tena, J., & Torres, B. (2011). *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección*. Editex. [https://www.uniliber.com/ficha/circuitos-de-fluidos-suspension-y-direccion-vvaa-tdk642\\_107767767/](https://www.uniliber.com/ficha/circuitos-de-fluidos-suspension-y-direccion-vvaa-tdk642_107767767/)
- Guadalupe, L. (2010). *Integración de celda didáctica de manufactura*. Guadalajara , México : FESTO PNEUMATICS.  
<https://es.scribd.com/document/224114993/CeldaDidacticaFestoUVM>



- Guayasamín, I., & López, N. (2007). Diseño y construcción de un tablero modular de formación profesional en la tecnología de automatización para el laboratorio de automatización industrial de procesos mecánicos de la Facultad de Mecánica de la EPN. *Ingenierías*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador . <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2002>
- Guillén, A. (1993). *Introducción a la neumática*. Barcelona, España: Marcombo, S.A. [https://kupdf.net/download/introduccion-a-la-neumatica-antonio-guillen-salvador\\_5d1ad6d8e2b6f585064583f1\\_pdf](https://kupdf.net/download/introduccion-a-la-neumatica-antonio-guillen-salvador_5d1ad6d8e2b6f585064583f1_pdf)
- Jaramillo, M. (2015). Diseño e implementación de un sistema de clasificación didáctico para supervisar un proceso industrial en el laboratorio de hidrónica y neutrónica. *Ingenierías*. Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Latacunga, Ecuador . <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10049>
- Luna, J. (2021). Sistema de seguridad adaptable para brazos robóticos. *Ingenierías*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/21120>
- Mateo, M. (2022). Clasificación de piezas metálicas mediante una Red Neuronal Convolucional y Análisis de Componentes Principales. *Ingenierías*. Universidad Autónoma del estado de México, México , México. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/137394>
- Núñez, I. (2022). Automatización del proceso de carga y descarga de metales en un electroimán de una planta minera. *Pre gado*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Peru. <https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.00.00>
- Piedrafita, R. (2004). *Ingeniería de la Automatización Industrial* (Segunda ed.). México : Alfaomega.



<https://es.scribd.com/document/596377245/pdfcoffee-com-375800189-ingenieria-de-la-automatizacion-industrial-2-ed-pedro-piedrafitapdf-5-pdf-free>

Portugal, S., & Vargas, E. (2020). Diseño e implementación de un módulo educativo de control neumático secuencial. *Pre grado*. Universidad Católica de Santa María, Lima, Peru.  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9783>

Rodríguez, F., & Berenguel, M. (2004). *Control y Robótica en agricultura*. Almería, España: El Ejido.  
<https://books.google.com.ec/books?id=ccckBQAAQBAJ&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>

Serrano, A. (2009). *Neumática Práctica*. Madrid, España: Paraninfo, S.A.  
[https://books.google.com.pe/books/about/Neum%C3%A1tica\\_pr%C3%A1ctica.html?id=-IUVsZSC6GsC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Neum%C3%A1tica_pr%C3%A1ctica.html?id=-IUVsZSC6GsC&redir_esc=y)

ShneiderElectric. (25 de 10 de 2023). *Se.com*. Interfaz Hombre Maquina:  
<https://www.se.com/cr/es/product-category/2100-hmi-interfaz-hombre-m%C3%A1quina/>

Somolinos, J. (2002). *Avances en robótica y visión por computador*. España: Univ. de Castilla La Mancha,  
[https://books.google.com.pe/books/about/Avances\\_en\\_rob%C3%B3tica\\_y\\_visi%C3%B3n\\_por\\_compu.html?id=V-eXwzEIngQC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/Avances_en_rob%C3%B3tica_y_visi%C3%B3n_por_compu.html?id=V-eXwzEIngQC&redir_esc=y)

Valencia, S., & Reyes, A. (2011). Estudio de automatización de un brazo neumático para facilitar procesos de aprendizaje en el laboratorio de neumática de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad



Técnica de Ambato. *Pre grado*. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1301>

Zapata, P. (2011). Diseño e implementación de electroimán y actuador electrónico aplicado a un sistema de levitación magnética. *Pre grado*. Universidad Católica del Perú, Arequipa, Perú.  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/511>



# ANEXOS

## ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMATICO						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
¿Es posible Implementar un sistema de clasificación de objetos que sea eficiente y preciso, y que esté adaptado para operar con un brazo neumático automatizado?	Implementar un sistema de clasificación de objetos que sea eficiente y preciso, y que esté adaptado para operar con un brazo neumático automatizado.	La implementación de un sistema de clasificación de objetos adaptado a un brazo neumático mejorará significativamente la precisión, velocidad y eficiencia en el proceso de clasificación de objetos, en comparación con los métodos manuales o semiautomáticos existentes	Variable Independiente  Sistema de clasificación de objetos	Desplazamiento	Tasa de precisión (Exactitud) Temporal: transversal	%
<b>PROBLEMA ESPECÍFICO</b>	<b>OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICO</b>				
¿De qué manera se adapta al sistema del brazo neumático un electroimán para que pueda interactuar de manera eficiente con el sistema de clasificación?	Adaptar el sistema del brazo neumático un electroimán para que pueda interactuar de manera eficiente con el sistema de clasificación	La adaptación de un electroimán al sistema del brazo neumático le permite interactuar de manera eficiente con el sistema de clasificación.	Variable Dependiente  Operatividad del brazo neumático	Generar ciclos de presión	Tasa de fallos operativos	% de fallos
¿Cómo se realiza el circuito de conexionado electroneumático del brazo neumático?	Realizar el circuito de conexionado electroneumático del brazo neumático,	La adaptación de un electroimán al sistema del brazo neumático le permite interactuar de manera eficiente con el sistema de clasificación.				
¿Cuál será la programación del PLC para controlar el proceso de clasificación y el movimiento del brazo neumático?	Programar el PLC para controlar el proceso de clasificación y el movimiento del brazo neumático.	La programación del PLC permite controlar el proceso de clasificación y el movimiento del brazo neumático.				

## ANEXO 2 HMI HTP 700 SIEMENS

### SIEMENS

#### Data sheet

#### 6AV2123-2GA03-0AX0

SIMATIC HMI, KTP700 BASIC DP, BASIC PANEL, KEY AND TOUCH OPERATION, 7" TFT DISPLAY, 65536 COLORS, PROFIBUS INTERFACE, CONFIGURATION FROM WINCC BASIC V13/ STEP7 BASIC V13, CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD



Product type designation	
<b>Display</b>	
Design of display	TFT widescreen display, LED backlighting
Screen diagonal	7 in
Display width	154.1 mm
Display height	85.9 mm
Number of colors	65 536
<b>Resolution (pixels)</b>	
• Horizontal image resolution	800
• Vertical image resolution	480
<b>Backlighting</b>	
• MTBF backlighting (at 25 °C)	20 000 h
• Dimmable backlight	Yes
<b>Control elements</b>	
<b>Keyboard</b>	
• Function keys	
— Number of function keys	8
• Keys with LED	No
• System keys	No
• Numeric/alphabetical input	
— Numeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
— Alphanumeric keyboard	Yes; Onscreen keyboard
<b>Touch operation</b>	
• Design as touch screen	Yes

## ANEXO 3 PLC S7 1200 SIEMENS

# SIEMENS

### Hoja de datos

### 6ES7215-1BG40-0XB0



SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, CPU compacta, AC/DC/relé, 2 puertos PROFINET, E/S integradas: 14 DI 24 V DC; 10 DO, relé 2 A, 2 AI 0-10 V DC, 2 AO 0-20 mA DC, alimentación: AC 85-264 V AC con 47-63 Hz, memoria de programas/datos 200 kB

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1215C AC/DC/Relais
Versión de firmware	V4.6
Ingeniería con	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paquete de programación</li> </ul>
	STEP 7 V18 o superior
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>120 V AC</li> <li>230 V AC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SI</li> <li>SI</li> </ul>
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	265 V
Frecuencia de red	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rango admisible, límite inferior</li> <li>Rango admisible, límite superior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>47 Hz</li> <li>63 Hz</li> </ul>
Intensidad de entrada	
Consumo (valor nominal)	100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC
Consumo, máx.	300 mA con 120 V AC; 150 mA con 240 V AC
Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
I <sub>t</sub>	0,8 A <sup>2</sup> ·s
Intensidad de salida	
Para bus de fondo (5 V DC), máx.	1 600 mA; máx. 5 V DC para SM y CM
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V</li> </ul>	20,4 a 28,8 V
Pérdidas	
Pérdidas, tip.	14 W
Memoria	
Memoria de trabajo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrada</li> </ul>	200 kbyte
Memoria de carga	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrada</li> <li>enchufable (SIMATIC Memory Card), máx.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 Mbyte</li> <li>con SIMATIC Memory Card</li> </ul>
Respaldo	
<ul style="list-style-type: none"> <li>existente</li> <li>libre de mantenimiento</li> <li>sin pila</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SI</li> <li>SI</li> <li>SI</li> </ul>
Tiempos de ejecución de la CPU	
para operaciones de bits, tip.	0,08 µs; /instrucción
para operaciones a palabras, tip.	1,7 µs; /instrucción
para aritmética de coma flotante, tip.	2,3 µs; /instrucción

## ANEXO 4 CILINDRO ROTATORIO

### Rotary table cylinder



#### HRQ Series



#### Specification

Specification	2	3	7	10	20	30	50	70	100	200	
Action type	Double inlet and piston double output										
Fluid	Air to be filtered by 40 μm filter element										
Operating pressure	With adjustment bolt: 0.1-0.7 MPa (1.5-10 bar) / 0.1-1.0 MPa (1.5-10 bar) / 0.1-10 bar With internal shock absorber: - / - / 0.1-0.6 MPa (1.5-8 bar) / 0.1-10 bar										
Proof pressure	1.5 MPa (21 bar) (75 bar)										
Temperature	-5-60										
Angle adjustment range	0-180° / 0-180° / 0-180°										
Repetition precision	With adjustment bolt: - / - / 3.2" / - / - / - / - / - / - / - / - With internal shock absorber: - / - / - / - / 3.05" / - / - / - / - / - / -										
Theoretic torque (N·m) (MPa)	0.2	0.33	0.85	1.1	2.2	3.3	5	7.0	11	22	
Cushion type	With adjustment bolt: Rubber bumper / - / - / - / - / - / - / - / - / - / - With internal shock absorber: - / - / - / - / Shock absorber / - / - / - / - / - / -										
Port size	Inlet ports: M5 x 0.8 / - / - / - / - / - / - / - / - / - / - Outlet ports: - / - / - / - / M5 x 0.8 / - / - / - / - / - / -										
Weight (g)	120	175	270	326	340	420	500	600	700	1000	

(1) PT thread, G thread and NPT thread are available.

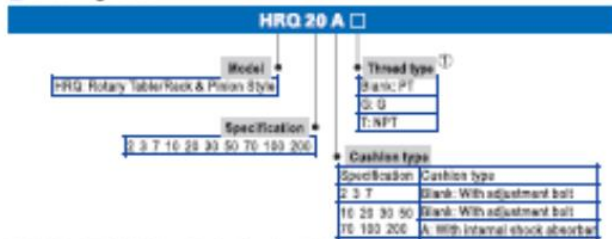
Add HRQ series are all attached with magnet, please refer to Page 467-480 for the specific content of sensor switch.

#### Maximum allowed movement energy and rotation times

Model	Maximal allowed energy (J)		Rotation times (α90°)	
	With adjustment bolt	With internal shock absorber	With adjustment bolt	With internal shock absorber
HRQ2	0.0015	-	0.2-0.7	-
HRQ3	0.003	-	0.2-0.7	-
HRQ7	0.006	-	0.2-1.0	-
HRQ10	0.01	0.04	0.2-1.0	0.2-0.7
HRQ20	0.02	0.12	0.2-1.0	0.2-0.7
HRQ30	0.03	0.12	0.2-1.0	0.2-0.7
HRQ50	0.08	0.30	0.2-1.0	0.2-0.7
HRQ70	0.20	1.1	0.2-1.0	0.2-1.0
HRQ100	0.52	1.8	0.2-2.0	0.2-1.0
HRQ200	0.96	2.9	0.2-2.0	0.2-1.0

Note (1): The movement energy should not exceed the allowed maximum energy, or the inner accessories of product would be damaged.  
(2): When the rotation times of with shock absorber is larger than the allowed tolerance, the bigger effect will be lost.

#### Ordering code



Note (1): When the 2,3,7,10,20 specification, thread type is MS, it is blank here.

Add HRQ series are all attached with magnet.

#### Maximum allowed loading

Loading type	Model										
	HRQ2	HRQ3	HRQ7	HRQ10	HRQ20	HRQ30	HRQ50	HRQ70	HRQ100	HRQ200	
Maximum allowed axial loading (N)	16	30	50	80	150	200	300	330	380	540	
Maximum allowed radial loading (N)	25	50	70	80	150	200	300	300	580	740	
Maximum allowed bending moment (Nm)	0.8	1.1	1.5	2.5	4.0	5.5	10.0	12.0	18.0	25.0	

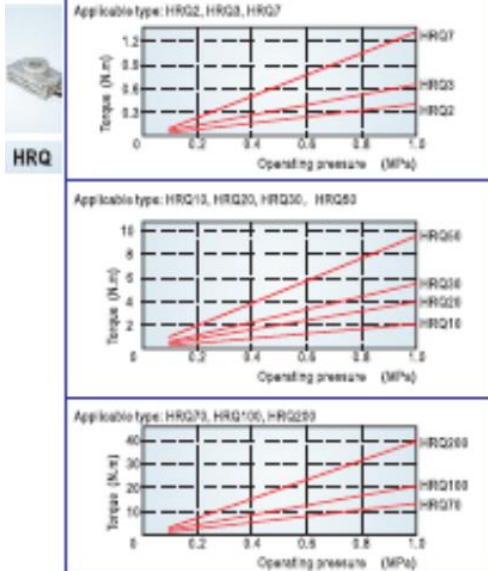
#### Symbol



#### Product feature

1. Rack and pinion design, stable functioning.
2. Double cylinder structure, double output could be achieved.
3. The manufacturing precision of working platform is high, and is easy for installation, and its of precise orientation.
4. The center of working platform has a through hole, and pipe can be located and passed through this hole.
5. Guide hole is designed on the both side of the cylinder body (10-200) or undersize (2-7), which is simply to install.
6. Two modes of buffer could be chosen, adjustment bolt buffer and internal shock absorber, the maximum buffer energy of internal shock absorber is 3-5 times that of adjustment bolt buffer.

#### Actual torque output



## ANEXO 5 CILINDRO COMPACTO

### CILINDROS COMPACTOS SERIE A(C)



#### Características

- Diseñados para impactos indirectos
- Fabricados en aluminio
- Anillo magnético estándar para control de posición
- Mástago con rosca hembras
- No requieren lubricación

#### Doble efecto



#### Simple efecto



#### Datos Técnicos

##### Ruido:

Al menos 100 dB(A) a 1 metro, fabricados en aluminio

##### Presión de Trabajo

Doble efecto:

1 a 9 Bar – 14 a 130 PSI

Simple efecto:

2 a 9 Bar – 29 a 130 PSI

##### Temperatura de Trabajo

-10°C a 80°C – 33°F a 176°F

##### Amortiguación

Nada

#### Materiales

##### Cuerpo:

Aluminio de Aleación

##### Válvula:

Acero al carbono con 20p de superficie cromada estándar

##### Empaque:

Diana sintética

#### Modelos Standard / Doble Efecto

Carros mm	Diámetro del Cilindro en milímetros				
	13	16	20	25	32
6	A02a020H				
8	A02a021H	A02a024H	A02a028H	A02a032H	A02a036H
10	A02a021H	A02a024H	A02a028H	A02a032H	A02a036H
12	A02a021H	A02a024H	A02a028H	A02a032H	A02a036H
14			A02a028H	A02a032H	A02a036H
16			A02a028H	A02a032H	A02a036H
18			A02a028H	A02a032H	A02a036H
20				A02a032H	A02a036H
ØMástago	6 mm	8 mm	10 mm	12 mm	14 mm
Carros	M3	M3	M3	M3	M3

Carros mm	Diámetro del Cilindro en milímetros				
	40	50	63	80	100
6					
8	A02a040H	A02a048H			
10	A02a040H	A02a048H			
12	A02a040H				
14	A02a040H	A02a048H	A02a056H	A02a064H	A02a072H
16	A02a040H	A02a048H			
18	A02a040H	A02a048H			
20	A02a040H	A02a048H	A02a056H	A02a064H	A02a072H
ØMástago	14 mm	20 mm	26 mm	34 mm	42 mm
Carros	M3P	M3P	M3P	M3P	M3P

#### Modelos Standard / Simple Efecto

Carros mm (Pulg)	Diámetro del Cilindro en milímetros				
	13	16	20	25	32
6	A01a021H	A01a024H	A01a028H	A01a032H	A01a036H
8	A01a021H	A01a024H	A01a028H	A01a032H	A01a036H

\* Para carros no estándar y cilindros de doble efecto consulte con el distribuidor

## ANEXO 6 CILINDRO DOBLE VÁSTAGO

### CILINDROS TWIN SERIE TN



Doble efecto



#### Características

- Pistón constituido por dos cilindros paralelos
- Para su doble efecto se la fuerza se duplica (Se los diámetros de funcionamiento son y multiplica x2)
- Anillo magnético cuando el pistón está en posición
- Máxima garantía de antigüedad, precisión y calidad en la prueba del aire
- No requieren lubricación

#### Datos Técnicos

##### Ruido:

Aire comprimido filtrado, lubricado o no lubricado

##### Presión de Trabajo

1 a 8 Bar = 14 a 116 PSI

##### Temperatura de Trabajo

-5°C a 30°C = 23°F a 118°F

##### Carro Ajustable

+30 = 0 mm

##### Amortiguación

Nada

#### Materiales

##### Cuerpo:

Aluminio de Aleación

##### Vástago:

Acero al carbono con 20% de superficie cromada endurecida

##### Empaque:

Distinta a la base

#### Modelos Standard / Doble Efecto

Carro (Psi)	Diámetro del Cilindro en mm Series			
	32	38	45	52
30	A303200	A303800	A304500	A305200
40	A403200	A403800	A404500	A405200
50	A503200	A503800	A504500	A505200
60	A603200	A603800	A604500	A605200
70	A703200	A703800	A704500	A705200
80	A803200	A803800	A804500	A805200
90	A903200	A903800	A904500	A905200
100	A1003200	A1003800	A1004500	A1005200
110	A1103200	A1103800	A1104500	A1105200
120	A1203200	A1203800	A1204500	A1205200
130	A1303200	A1303800	A1304500	A1305200
140	A1403200	A1403800	A1404500	A1405200
150	A1503200	A1503800	A1504500	A1505200
160	A1603200	A1603800	A1604500	A1605200
170	A1703200	A1703800	A1704500	A1705200
180	A1803200	A1803800	A1804500	A1805200
190	A1903200	A1903800	A1904500	A1905200
200	A2003200	A2003800	A2004500	A2005200

\* Para carro más estándar consulte con el proveedor

#### Sensores Magnéticos

Tipo: Reed Switch con LED



Descripción	Código - ACEG	
	Reed - CBI 1	Reed - CBI 2
Cuerpo	Material: aluminio	Elástico: nitrilo
Indicador	con Led superior	AC 115 - 120 V
Temperatura	0 a 60 °C / 32 a 140 °F	DC 5 - 30 V
Presión	0 - 8	Tiempo de respuesta
Reacción	10 - 100 ms	Longitud Cable
		3 mts

## ANEXO 7 VÁLVULA SOLENOIDE

### VALVULAS SOLENOIDES 52y53

5222-4V 3/2-1/8-1/8-3/8-1/2 NPT



#### Características

- Temporizables
- Operar manual o eléctrico
- Línea de montaje en serie
- Bajo consumo de potencia
- Fácil instalación en Manifold



#### Datos Técnicos

##### Fluido

Air comprimido 50% seco,  
lubricado o no lubricado

##### Presión de Trabajo

1.5 a 8.8bar – 2.1 a 12.7 MPa

##### Temperatura de Trabajo

40°C a 60°C – 27°F a 140°F

##### Tempo de Respuesta

0.05 segundos

##### Más Códigos:

en Válvulas 5/2:  
3 Códigos disponibles

en Válvulas 5/3:  
3 Códigos disponibles

en Válvulas de 1/2":  
3 Códigos disponibles



#### Materiales

Cuerpo:  
Aluminio

Orificio:  
Aluminio

Sello:  
NBR

1/2" Solenoide - Encorte



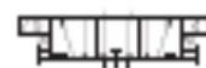
1/2" 3/8" Solenoide



1/2" Códigos Disponibles



1/2" Códigos Disponibles



## ANEXO 8 UNIDAD DE MANTENIMIENTO

### UNIDADES DE MANTENIMIENTO

SERIE GPC 15-1A-1B-12 NPT



Filtro/Regulador/  
Lubricador y  
Manómetro



#### Características

- Retiene el agua y partículas sólidas mayores de 5 micras
- Regulador con diafragma de seguridad
- Unidad compacta y robusta
- Manómetro integrado en el regulador

#### Datos Técnicos

Fluido:  
Aire comprimido

Remoción de Partículas:  
GPC100: 5 micras  
GPC100/40: 40 micras

Presión de Trabajo:  
1.38 Bar – 21.2 CRFPG

Temperatura de Trabajo:  
5°C a 50°C – 41°F a 120°F

#### Unidades Miniatura

Código	NPT	Conexión	Referencia	Mérea	ICP M
GPC15	1/8"	Mascul	GPC15.1A.FG.T	5	5
GPC15	1/8"	Mascul	GPC15.1B.FG.T	5	5

#### Unidades Standard

Código	NPT	Conexión	Referencia	Mérea	ICP M
GPC15	1/2"	Mascul	GPC15.1A.FG.T	50	5
GPC15	1/2"	Femenina	GPC15.1B.FG.T	50	5
GPC15	3/4"	Mascul	GPC15.1A.FG.T	50	5
GPC15	3/4"	Femenina	GPC15.1B.FG.T	50	5
GPC15	1"	Mascul	GPC15.1A.FG.T	50	5
GPC15	1"	Femenina	GPC15.1B.FG.T	50	5

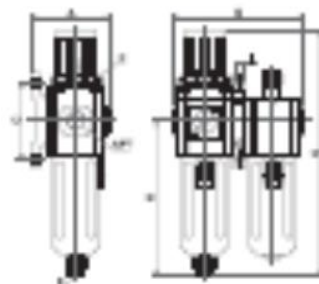
#### Unidades de Alto Flujo

Código	NPT	Conexión	Referencia	Mérea	ICP M
GPC15	1"	Mascul	GPC15.1A.FG.T	50	50
GPC15	1"	Femenina	GPC15.1B.FG.T	50	50

Ver repuestos y accesorios en la Pág. 73

#### Materiales

- Cuerpo : Aluminio  
Vaso : Poliacetal  
Elemento : Elemento  
Filtro de 50µ : Polipropileno  
Elemento : Elemento  
Filtro de 40µ : Nylon 66  
Empaque : NBR



Tamaño	A	C	D	P
Miniatura	4	10	21.5	15
Standard	3	20	18	15
Alto Flujo	10	50	18	15

Tamaño	G	H	I	K
Miniatura	8	10.5	6.5	10.5
Standard	25	18	6.5	25.5
Alto Flujo	55	18.5	6.5	25.5



ANEXO 1

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 02-10-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ALEX CASAZOLA APAZA

Dirección: Jr. ANGAMOS HORACIO ZEBALLOS GAM MZ-E4 LT-8

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72003884

Teléfono: 954340708 email: casazolaalex1@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA MECATRÓNICA

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO MECATRÓNICO

Asesor: ING. ABELARDO LEON MIRANDA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE OBJETOS ADAPTADO A UN BRAZO NEUMÁTICO

Palabras claves, (3 a 5 términos): SISTEMA DE CLASIFICACIÓN, BRAZO NEUMÁTICO, CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



**2. Referencia de tesis:**

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

**3. Licencias:**

**a) Licencia estándar:**

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

**b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:**

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



### Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA INSTRUMENTACIÓN – P21

Firma de Autor



huella digital

02-10-2024

Fecha