



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA PROYECTO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN GRIPPER PNEUMÁTICO INDUSTRIAL PARA EL BRAZO ROBÓTICO KUKA KR-16, FABRICADO MEDIANTE TÉCNICA DE DEPOSICIÓN FUNDIDA, RECUBRIMIENTO CON MATERIAL COMPUESTO Y CONTROL DE VELOCIDAD DE CARRERA.

AUTORES:

DIEGO ALEJANDRO JUMBO AUQUILLA
JUAN CARLOS VALENCIA SALINAS

DIRECTOR:

ING. MARCO SINGAÑA



OBJETIVOS

- Investigar los distintos trabajos, productos y materiales existentes que se relacionen con el tema.
- Especificar los parámetros de diseño del gripper neumático de dos garras para brazo robótico KUKA KR16 para el laboratorio de Robótica Industrial de la Universidad de las Fuerzas armadas ESPE-Latacunga
- Diseñar la estructura apropiada para cumplir con los parámetros requeridos para la sujeción y manipulación en la zona de carga.
- Realizar pruebas de resistencia mecánica de materiales del gripper.
- Simular la estructura mecánica y seleccionar los materiales y accesorios adecuados que cumplan con los parámetros del diseño.
- Diseñar un circuito de control neumático para regular la velocidad de carrera del gripper.
- Realizar evaluaciones experimentales del funcionamiento del sistema en agarre de objetos en ambientes de paletizado.

CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

1

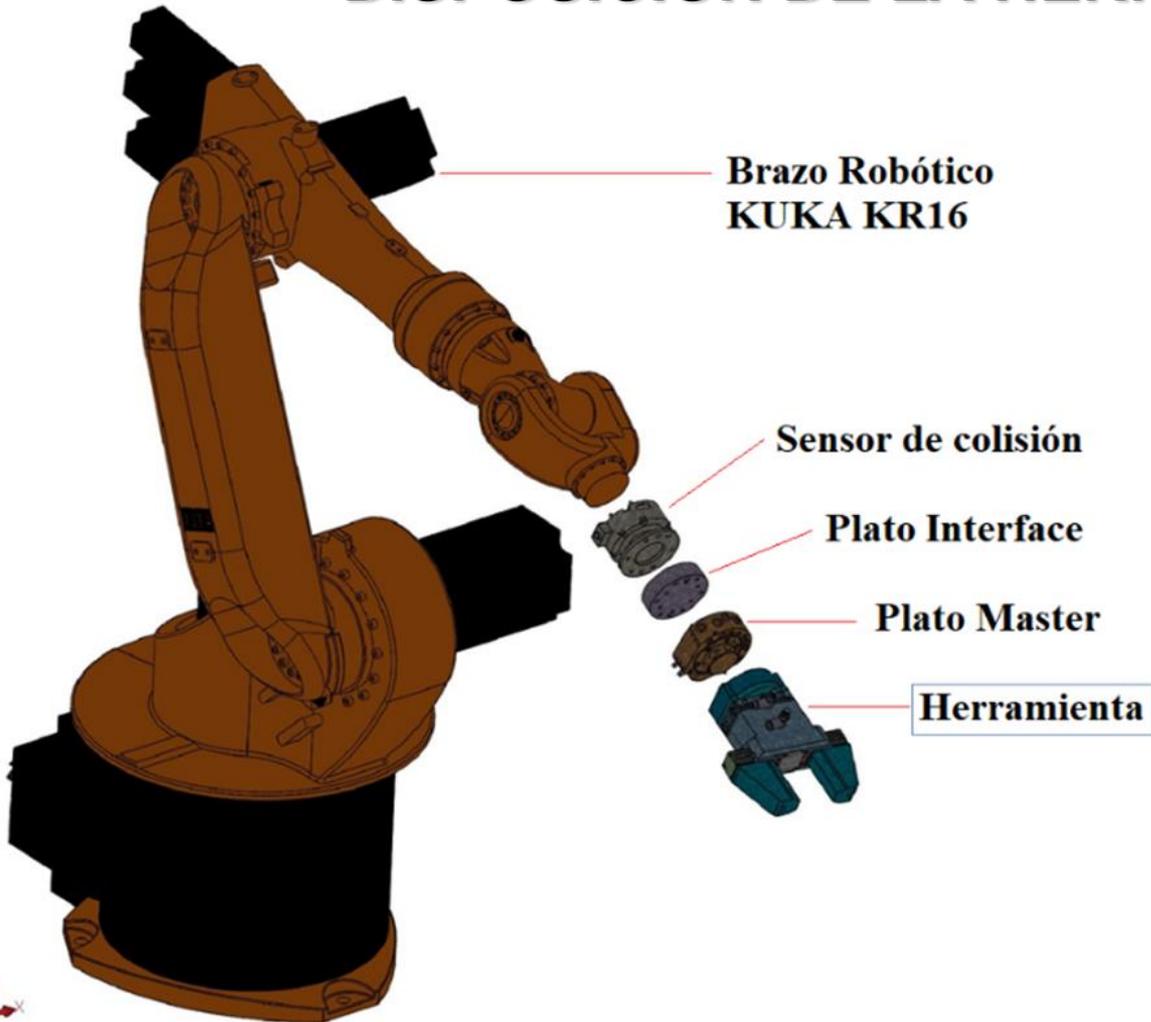
- El gripper neumático industrial, tiene su capacidad máxima para agarrar objetos de hasta 5kg

2

- El control de velocidad de carrera, se activa en el cierre de las garras, donde se observa la atenuación de éste efecto con el uso de amortiguadores magnetoreológicos.



DISPOSICIÓN DE LA HERRAMIENTA



INTRODUCCIÓN



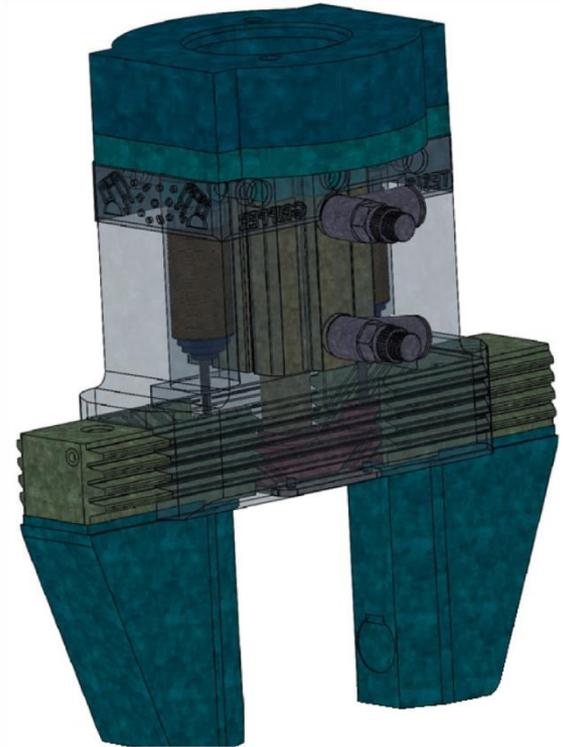
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

GRIPPER NEUMÁTICO INDUSTRIAL DE DOS GARRAS

Su funcionamiento se da mediante aire comprimido

Son dispositivos que se abren y cierran de forma paralela al objeto a sujetar

Son herramientas hechas a la medida del producto, permite al robot industrial manipular o sujetar objetos



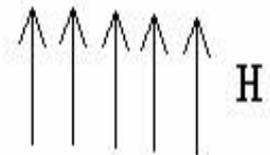
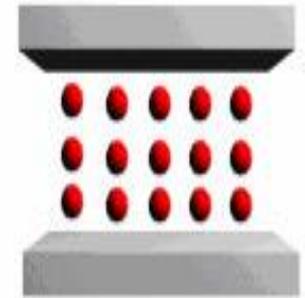
FLUIDOS MAGNETOREOLÓGICOS

Son fluidos controlables que responden a la activación de un campo magnético

Permiten cambiar reversiblemente de un flujo lineal en forma líquida-viscosa a semisólidos, al aumentar su viscosidad.



Sin Campo



Con Campo

DISEÑO



ESTRUCTURA GENERAL

Modelo del gripper

- Partes que lo conforman
- Selección entre 3 alternativas.

Mecanismo de regulación de velocidad

- Estructura interna
- Selección en entre 3 alternativas



MODELO DEL GRIPPER NEUMÁTICO

GRIPPER PARALELO-SCHUNK

Accionamiento neumático

Dimensiones

Peso nominal de la herramienta

Peso de carga

Presión de trabajo

Carrera



MECANISMO DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD DE VELOCIDAD DE CARRERA

GANCHO DE CUÑA

Desplazamiento de forma lineal y autocentrado

Activación neumática

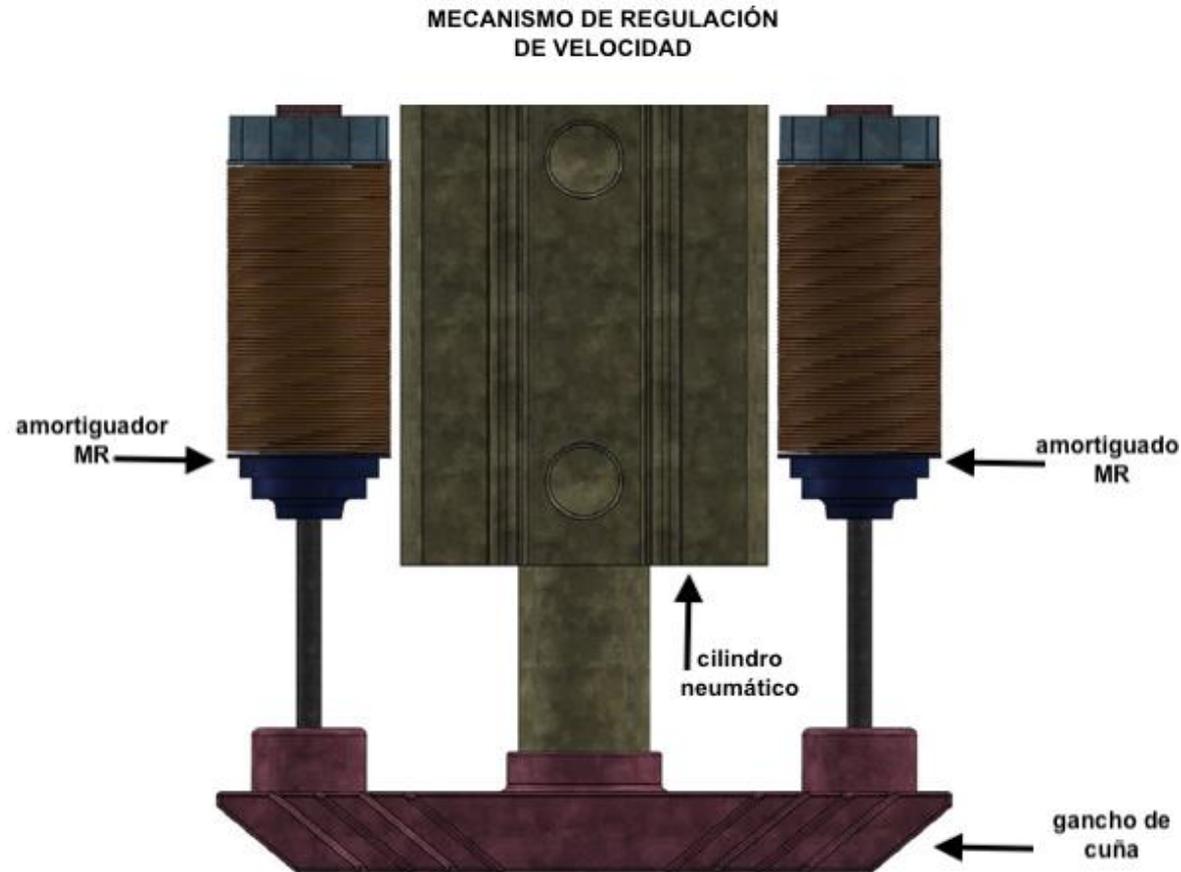
Fuerza de agarre

Sujeción de pieza

Uso en carrera corta



DISEÑO DEL MECANISMO DE REGULACIÓN DE VELOCIDAD



PARÁMETROS DEL CILINDRO NEUMÁTICO

- **Carrera:** 25 [mm]
- **Diámetro del cilindro:** 32 [mm]
- **Fuerza del cilindro [F]**
$$F_{avance} = 482,548 [N]$$
- **Consumo de aire:** 1,047 [L/cm]
- **Velocidad del pistón:** 0,02 [m/s]



SELECCIÓN DEL CILINDRO NEUMÁTICO

CILINDRO - Compact Pneumatic- PARKER

Características técnicas

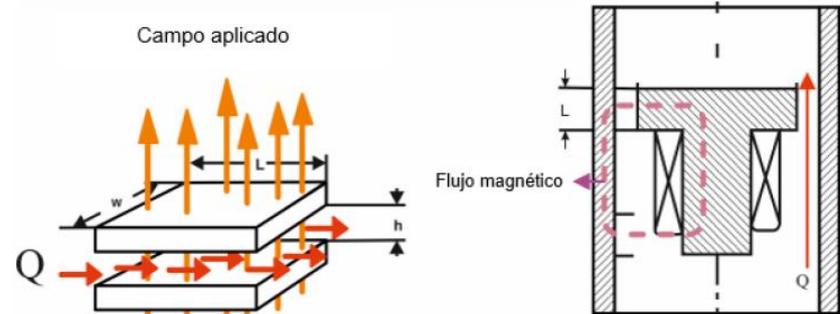
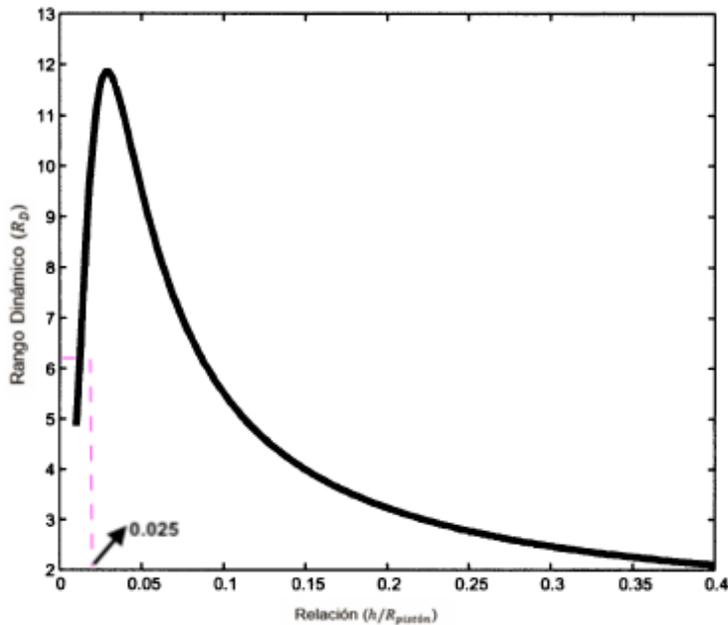
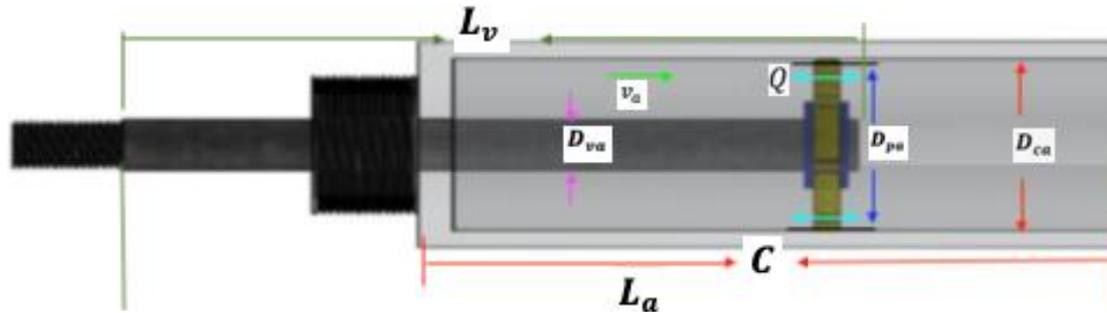
| | |
|--------------------------|-------------------------------|
| Fuerza de avance | 483 [N] |
| Fuerza de retroceso | 362 [N] |
| Modelo | 1QS032DC7N0025 |
| Diámetro | 32 [mm] |
| Funcionamiento | D- doble efecto |
| Estilo de montaje | 7- ambos extremos roscados |
| Funcionamiento magnético | N-magnético roscas NPT |
| Longitud de carrera | 0025: 25 [mm] |
| Presión de operación | 10 bar (145 PSIG) maximum |
| Grado de protección | IP 64 |

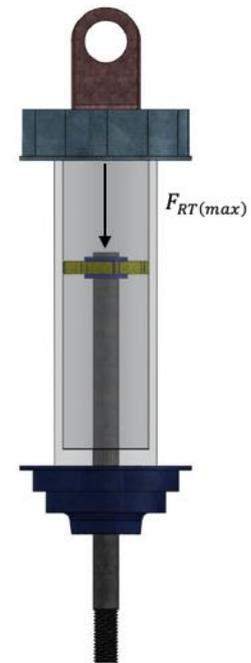
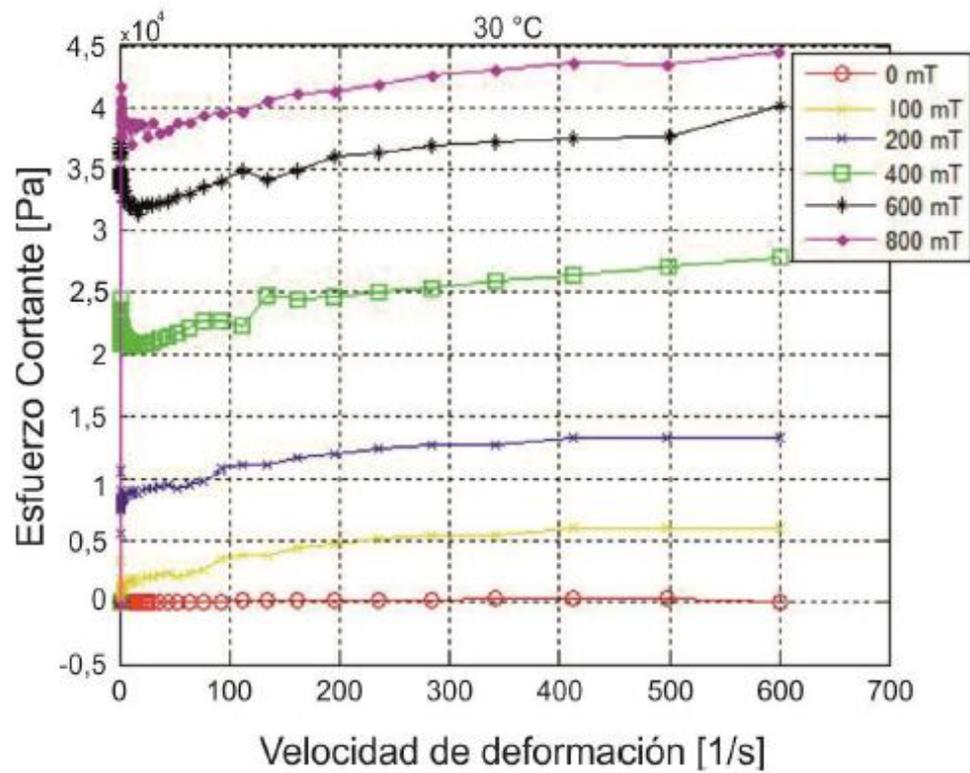


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

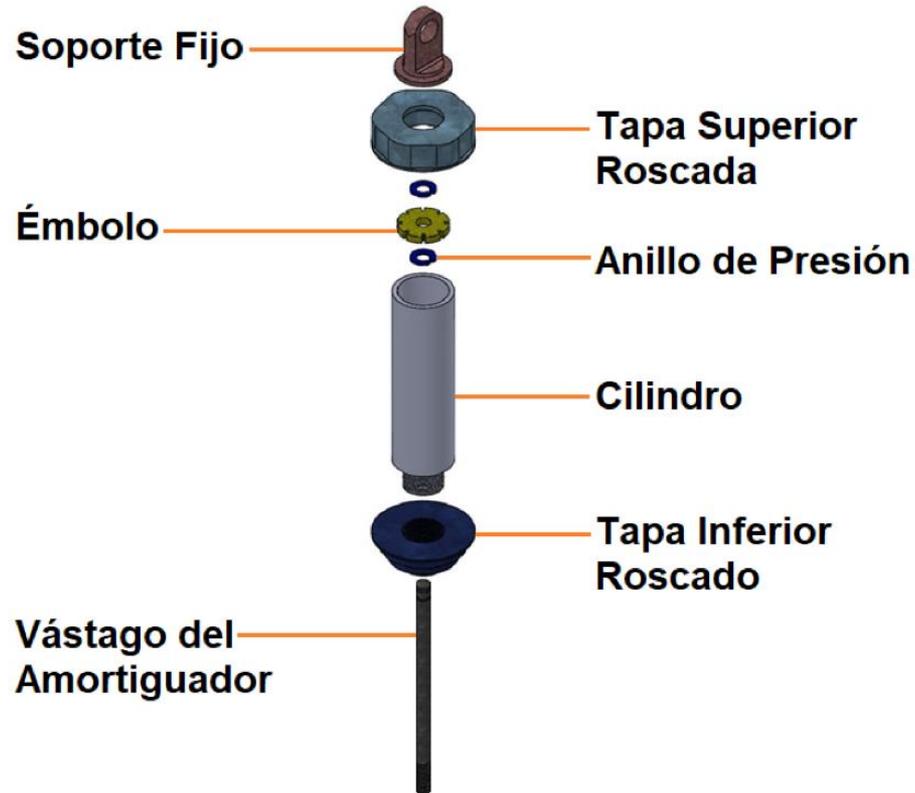
DISEÑO DEL SISTEMA DE AMORTIGUACIÓN

AMORTIGUADOR MAGNETOREOLÓGICO





PARTES DE AMORTIGUADOR



DISEÑO DEL ELECTROIMÁN

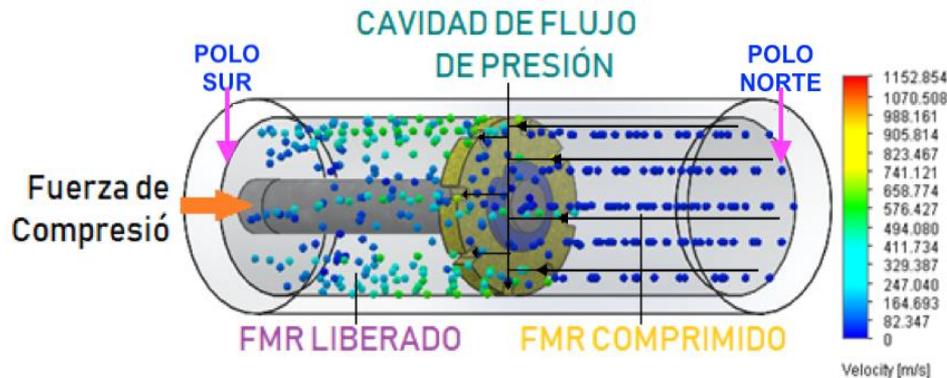
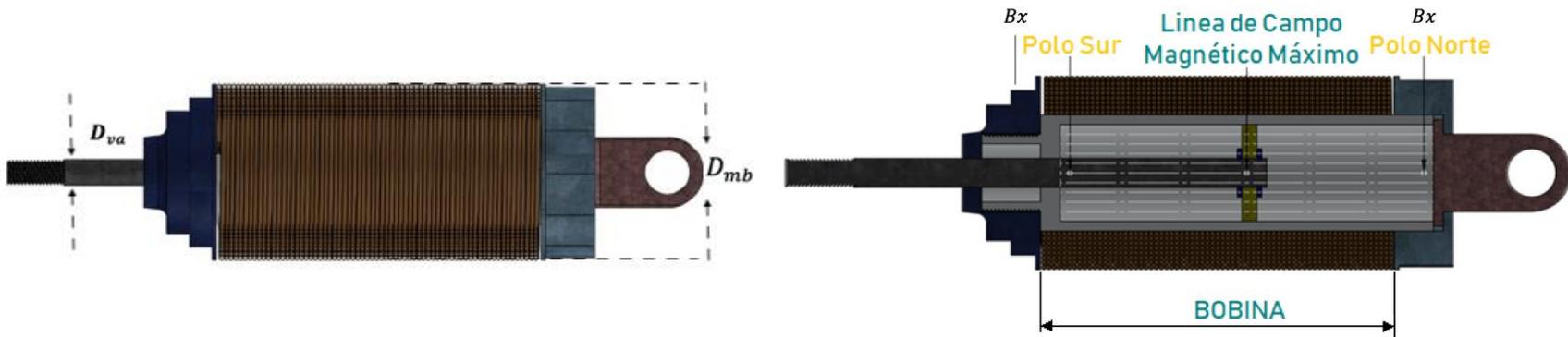
Para producir la saturación de fluido MRF-140CG



Se propone el diseño de un electroimán basado en el principio de solenoide



Las líneas de flujo magnético se dirigen del polo sur norte al polo sur



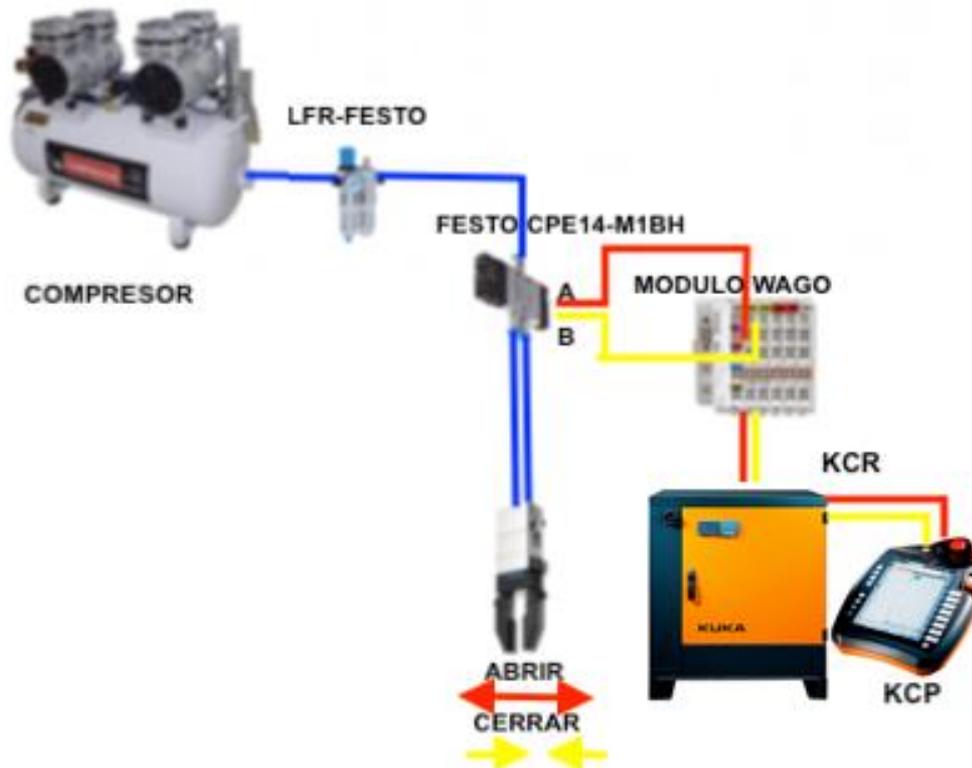
Control de velocidad de carrera

La señal del KUKA control panel (KCP),
señal Cierre del
gripper

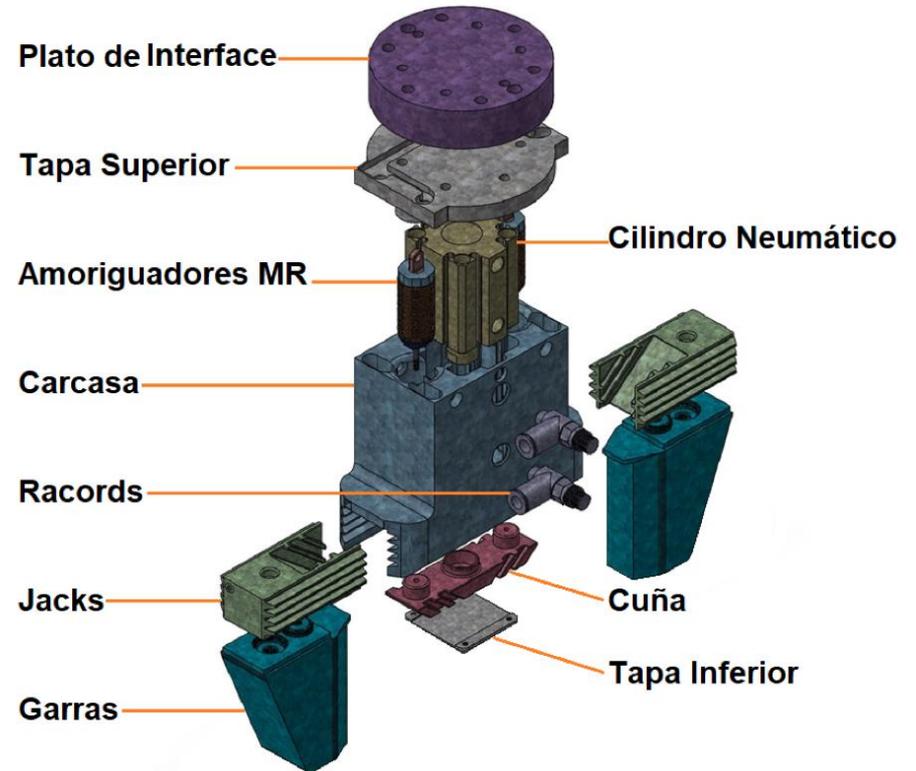
Ingresa al módulo
WAGO,

Se acondiciona como
entrada al Arduino

A partir de esta señal,
se genera el control
de velocidad, al
atenuar este
movimiento

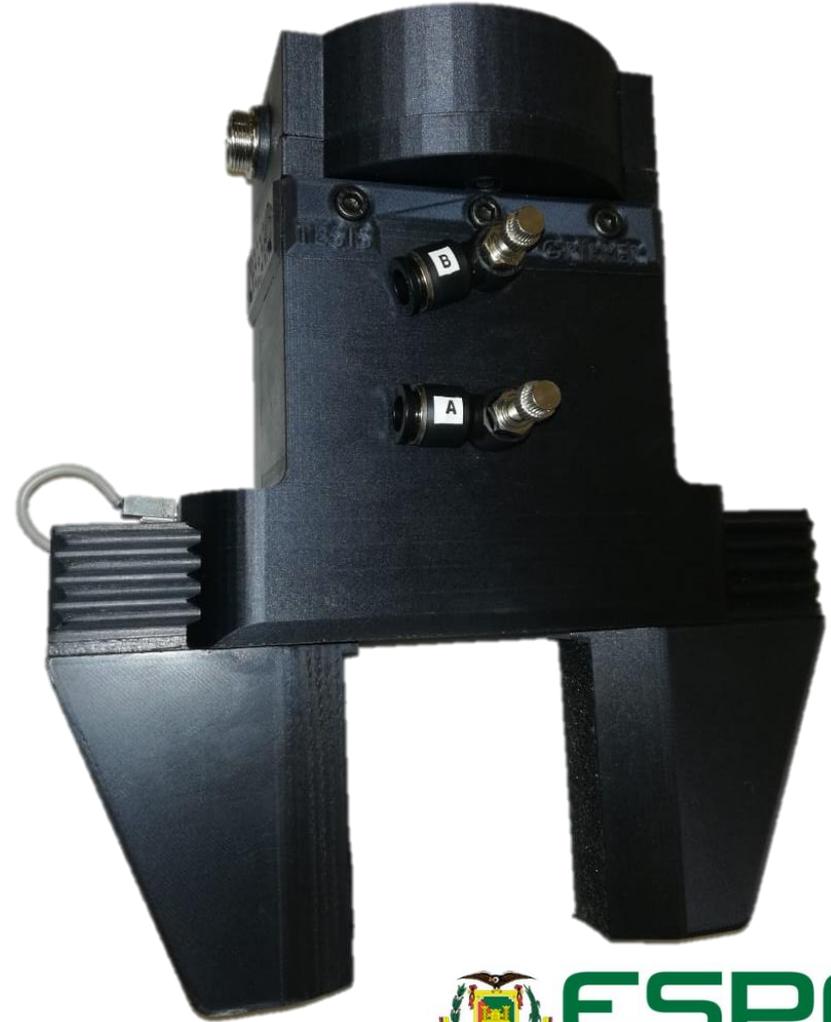
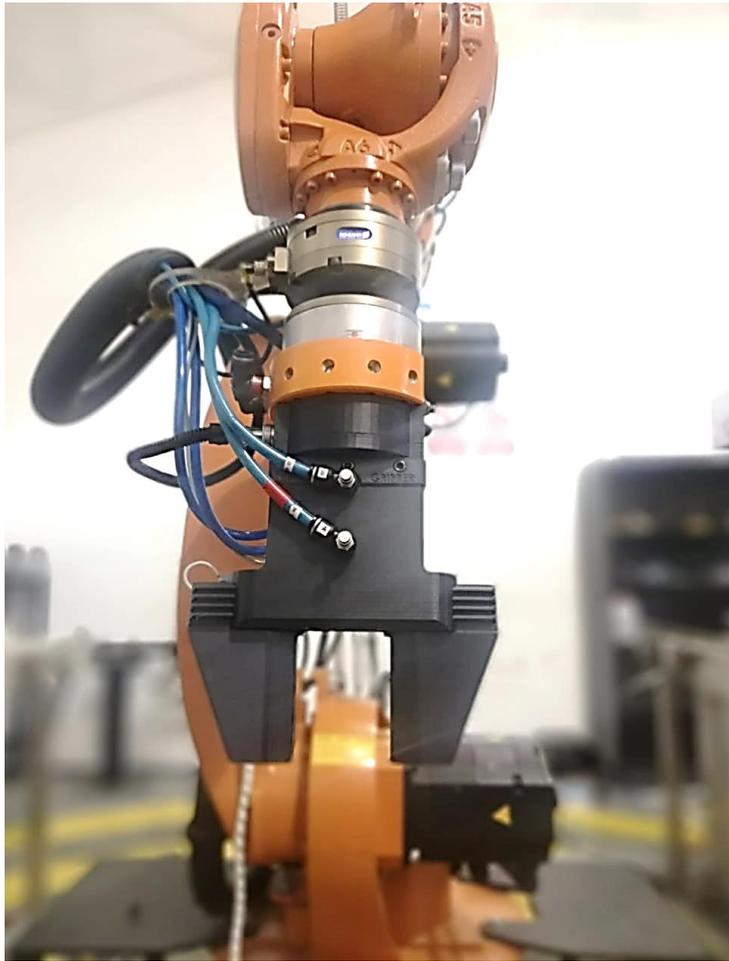


Modelado CAD del gripper neumático



CONSTRUCCIÓN



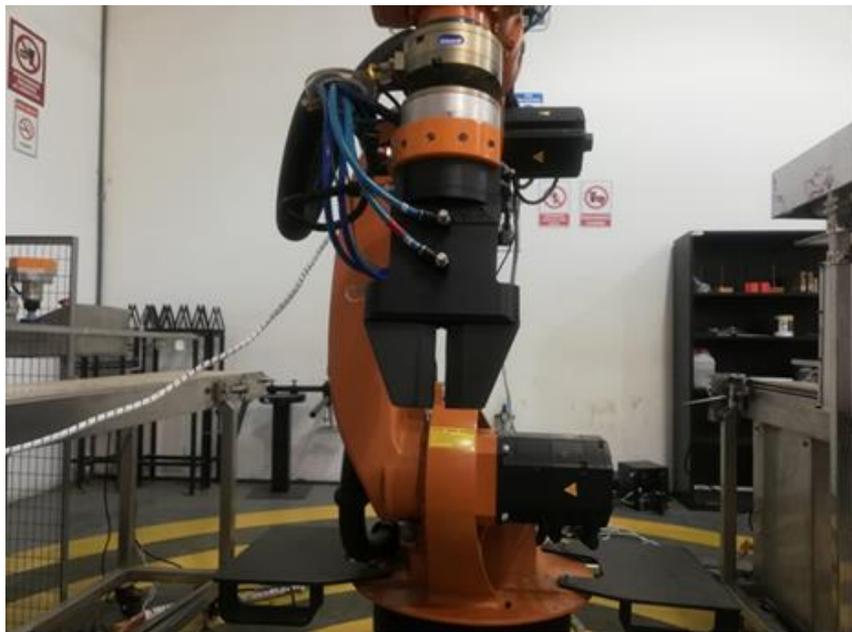


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PRUEBAS



Control del gripper en estado cerrado



The screenshot shows a software interface for a KUKA robot. The main window is titled 'KUKA-E73LXOVSK (KRC:)' and displays a file tree on the left and a list of digital I/O signals on the right. The 'E/S digital (KRCListMonitor)' window is highlighted, showing a table of digital signals. The table has columns for 'Num', 'Valor', 'Estado', and 'Nombre'. The 'Estado' column shows a red dot for signal 1 and a red dot for signal 9, indicating they are active. The 'Nombre' column lists various signals such as 'Cierra el gripper', 'Abre el gripper', 'Ausgang', 'Bloqueo', 'Desbloqueo', 'Lamp1', 'Lamp2', 'Act_Herramientas', 'Inicia el mecanizado', and 'Mueve B4'. Below the table, there is a status bar with a table of messages and a control panel with buttons for 'Tab +', 'Valor', 'Nombre', and 'Cerrar'.

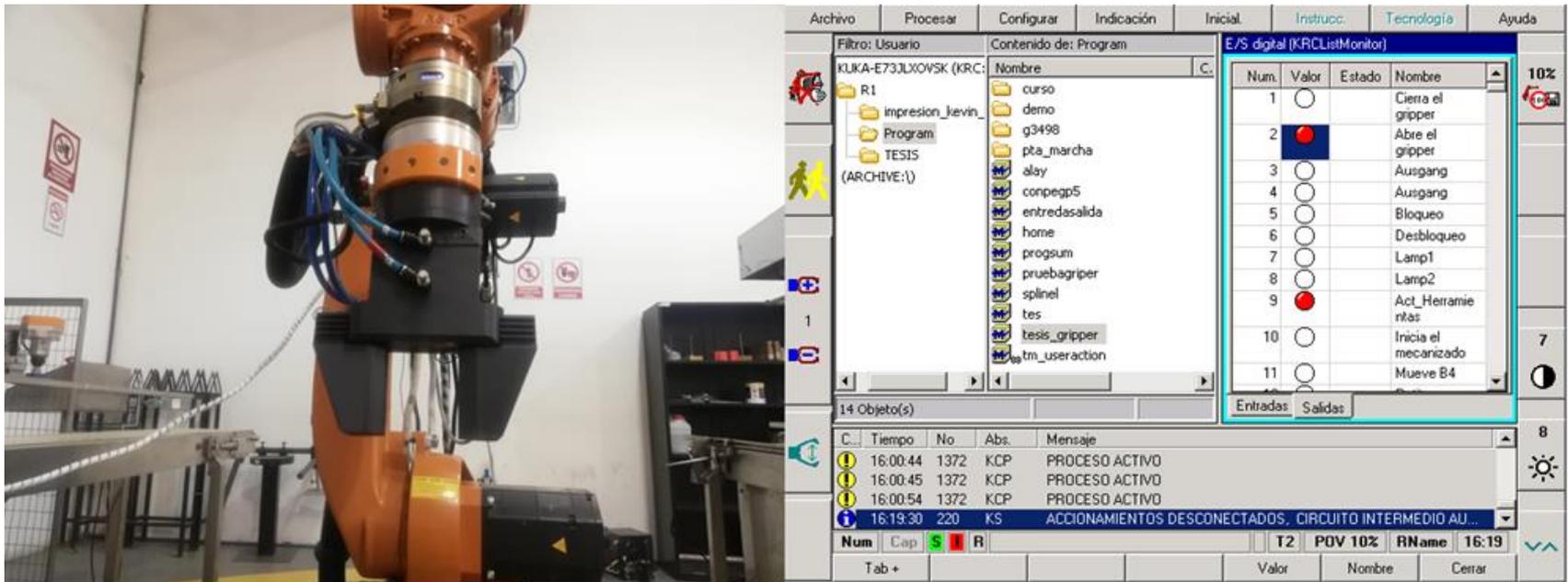
| Num | Valor | Estado | Nombre |
|-----|-------|--------|----------------------|
| 1 | ● | ● | Cierra el gripper |
| 2 | ○ | ○ | Abre el gripper |
| 3 | ○ | ○ | Ausgang |
| 4 | ○ | ○ | Ausgang |
| 5 | ○ | ○ | Bloqueo |
| 6 | ○ | ○ | Desbloqueo |
| 7 | ○ | ○ | Lamp1 |
| 8 | ○ | ○ | Lamp2 |
| 9 | ● | ● | Act_Herramientas |
| 10 | ○ | ○ | Inicia el mecanizado |
| 11 | ○ | ○ | Mueve B4 |

| C. | Tiempo | No | Abs. | Mensaje |
|----|----------|------|------|---|
| ! | 16:00:44 | 1372 | KCP | PROCESO ACTIVO |
| ! | 16:00:45 | 1372 | KCP | PROCESO ACTIVO |
| ! | 16:00:54 | 1372 | KCP | PROCESO ACTIVO |
| ! | 16:20:40 | 220 | KS | ACCIONAMIENTOS DESCONECTADOS, CIRCUITO INTERMEDIO AU... |

Num: 12, Cap: S, R, POV: 10%, RName: 16:20



Posición del gripper en estado abierto



The image shows a KUKA robot arm in an industrial setting on the left. On the right is a software interface with a menu bar (Archivo, Procesar, Configurar, Indicación, Inicial, Instrucc, Tecnología, Ayuda) and a main window titled 'E/S digital (KRCListMonitor)'. The interface displays a file tree for 'KUKA-E73LXOVSK (KRC:)' and a table of digital I/O signals.

| Num. | Valor | Estado | Nombre |
|------|----------------------------------|--------|----------------------|
| 1 | <input type="radio"/> | | Cierra el gripper |
| 2 | <input checked="" type="radio"/> | | Abre el gripper |
| 3 | <input type="radio"/> | | Ausgang |
| 4 | <input type="radio"/> | | Ausgang |
| 5 | <input type="radio"/> | | Bloqueo |
| 6 | <input type="radio"/> | | Desbloqueo |
| 7 | <input type="radio"/> | | Lamp1 |
| 8 | <input type="radio"/> | | Lamp2 |
| 9 | <input checked="" type="radio"/> | | Act_Herramientas |
| 10 | <input type="radio"/> | | Inicia el mecanizado |
| 11 | <input type="radio"/> | | Mueve B4 |

Below the table, a log shows the following entries:

| C... | Tiempo | No. | Abs. | Mensaje |
|------|----------|------|------|---|
| ! | 16:00:44 | 1372 | KCP | PROCESO ACTIVO |
| ! | 16:00:45 | 1372 | KCP | PROCESO ACTIVO |
| ! | 16:00:54 | 1372 | KCP | PROCESO ACTIVO |
| i | 16:19:30 | 220 | KS | ACCIONAMIENTOS DESCONECTADOS, CIRCUITO INTERMEDIO AU... |

At the bottom of the interface, there are status indicators: 'T2', 'POV 10%', 'RRName 16:19', and a 'Cerrar' button.



Pruebas del gripper en aplicaciones de paletizado

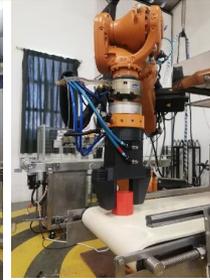
| # Prueba | Forma | Objeto posición inicial | Manipulación | Objeto posición final |
|------------------|-------------|--|---|--|
| Plásticos | | | | |
| 1 | Circular |  |  |  |
| 2 | Rectangular |  |  |  |
| 3 | Hexagonal |  |  |  |



Pruebas del gripper en aplicaciones de paletizado

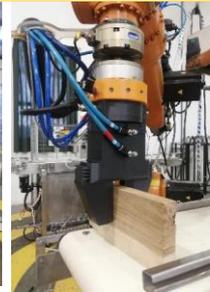
Madera

3 Hexagonal

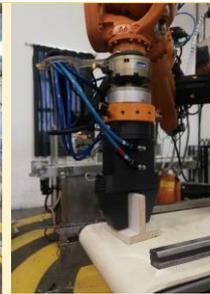


Madera

4 Rectángulo



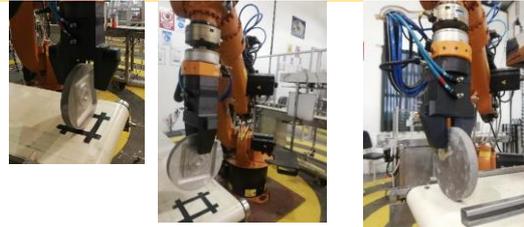
5 Cuadrado



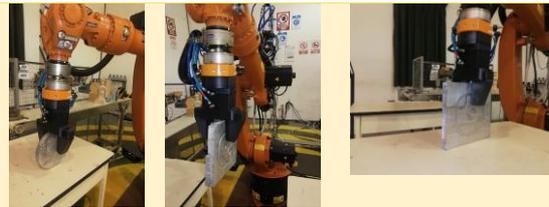
Pruebas del gripper en aplicaciones de paletizado

Aluminio

6 Circular

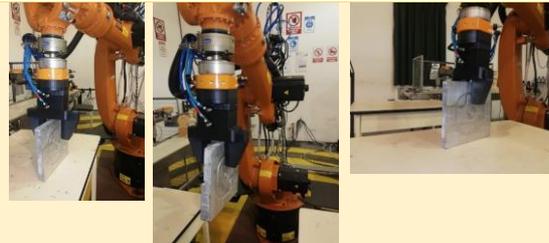


7 Circular

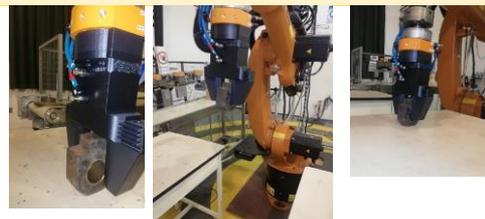


Piedra

8 Cuadrado



9 Rectángulo



HIPÓTESIS

Mediante el diseño y construcción de una celda de manufactura robotizada con brazo soldador se desarrollará las subestructuras de un asiento para buses y así optimizar el tiempo de proceso obteniendo mayor calidad de producción con menos mano de obra de personal autorizado.

VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

VARIABLE DEPENDIENTE

- Calidad en el producto final.

VARIABLE INDEPENDIENTE

- Tiempo en el proceso de producción.



Resultados de pruebas

| Material | Parámetros | Nº Ensayos | Eficaz | No eficaz | %Eficaz | %No eficaz |
|--------------|------------|------------|--------|-----------|---------|------------|
| Plástico | Precisión | 10 | 10 | 0 | 33,33 | 0,0 |
| | Agarre | 10 | 10 | 0 | | |
| | Paletizado | 10 | 10 | 0 | | |
| Aluminio | Precisión | 10 | 10 | 0 | 33,33 | 0,0 |
| | Agarre | 10 | 10 | 0 | | |
| | Paletizado | 10 | 10 | 0 | | |
| Hierro | Precisión | 10 | 9 | 1 | 25,56 | 7,78 |
| | Agarre | 10 | 9 | 1 | | |
| | Paletizado | 10 | 5 | 5 | | |
| TOTAL | | 90 | 83 | 7 | 92,22 | 7,78 |



CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó el gripper neumático industrial de dos garras, para lo cual se empleó diferentes técnicas según la orientación de las fibras en el modelado por deposición fundida, se seleccionó el material ABS para la impresión 3D, las propiedades mecánicas de este material permiten usar esta herramienta para aplicaciones en ambientes industriales específicamente en paletizado.
- En base a la correcta selección del material utilizado para impresión 3D, se realizó pruebas de resistencia mecánica, como se establece en la norma ASTM D695-15 para ensayos de compresión en termoplásticos, se diseñó las probetas para cada prueba con diferente técnica de modelado por deposición fundida, se obtuvo como resultado que los métodos más óptimos para impresión 3D son: 0°, 90° y de panal de abeja que se utilizan en la fabricación de cada pieza de la estructura del gripper neumático, para disminuir el peso en general de la herramienta.

CONCLUSIONES

- El control del gripper neumático permitió que el fluido magnetoreológico comercial de serie RD-8040-1 de la empresa LORD, que se encuentra dentro del amortiguador MR, cambie sus propiedades en presencia de campo magnético lo que permite atenuar la velocidad de carrera en el cierre del gripper, en una relación de uno a tres, las misma que se obtiene en base a las pruebas realizadas.
- La cinta rugosa que se colocó en la superficie de contacto de las garras con el objeto, aumenta el coeficiente de fricción, lo cual permitió el agarre de cuerpos sometidos a ensayos que tienen diferentes texturas, hasta una carga máxima de 5kg, resultado que se obtuvo al realizar la aplicación en ambientes de paletizado, por medio de la programación del robot para que traslade un objeto de un lugar a otro a través del accionamiento del gripper.



RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de futuros proyectos se puede recomendar el uso del ABS como material para impresión 3d, sin embargo, se requiere de impresoras que tengan un óptimo entorno de trabajo para la regulación de temperatura.
- Se recomienda hacer uso de las técnicas de modelado por deposición fundida de 0° y 90° y la técnica del panel de abajo que de acuerdo a los ensayos realizados de las propiedades mecánicas del material son las más apropiadas para la fabricación de la estructura de cualquier herramienta que se vaya a diseñar.
- Para trabajos futuros se recomienda analizar las características del fluido a ser utilizado, considerando de gran importancia el grado de sedimentación por parte de las partículas ferromagnéticas del fluido.
- Se aconseja utilizar cinta antideslizante en las dos caras planas de las garras del gripper neumático industrial para lograr una mejor sujeción de objetos a ser transportados.

RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo de futuros proyectos se puede recomendar el uso del ABS como material para impresión 3d, sin embargo, se requiere de impresoras que tengan un óptimo entorno de trabajo para la regulación de temperatura.
- Se recomienda hacer uso de las técnicas de modelado por deposición fundida de 0° y 90° y la técnica del panel de abajo que de acuerdo a los ensayos realizados de las propiedades mecánicas del material son las más apropiadas para la fabricación de la estructura de cualquier herramienta que se vaya a diseñar.
- Para trabajos futuros se recomienda analizar las características del fluido a ser utilizado, considerando de gran importancia el grado de sedimentación por parte de las partículas ferromagnéticas del fluido.
- Se aconseja utilizar cinta antideslizante en las dos caras planas de las garras del gripper neumático industrial para lograr una mejor sujeción de objetos a ser transportados.