



**Automatizar sistema de descarga de esmaltadora  
De platos porcelana línea 2**

**Estudiante  
Jonathan Montoya Posada**

**Programa académico  
Ingeniería Eléctrica**

**Asesor Interno  
Nelson Londoño Ospina**

**Asesor Externo  
Wilfer Andrés Nieto Dávila**

**2018**

**Medellín, Antioquia**

**Universidad de Antioquia**

**Contenido**

1	Introducción .....	3
2	Objetivos.....	4
3	<i>Marco teórico</i> .....	5
3.1	Descripción del proceso y planteamiento del problema.....	5
3.1.1	<i>Proceso</i> .....	5
3.1.2	<i>Problema a intervenir</i> .....	9
3.2	Sistemas Neumáticos .....	9
3.3	Sistemas de robots.....	10
3.4	Grados de libertad.....	10
3.5	Sistemas de Accionamiento.....	11
3.6	Espacio de trabajo o zona de trabajo.....	11
3.7	Precisión.....	12
3.8	Tipos de robots .....	12
3.8.1	<i>Robots de configuraciones básicas</i> .....	12
3.8.2	<i>Robot en delta</i> .....	14
3.8.3	<i>Robot antropomórfico</i> .....	16
4	Metodología.....	18
4.1	Proceso de capacitaciones en la empresa:.....	18
4.2	Identificación del problema: .....	18
4.3	Construcción de una base de datos.....	18
4.4	Implementación del robot.....	20
4.4.1	<i>Desarrollo del montaje</i> .....	20
4.4.2	<i>Programación del robot</i> .....	27
5	<i>Resultados esperados</i> .....	29
6	<i>Resultados obtenidos</i> .....	30
6.1	Instalación finalizada del robot antropomórfico en el sistema de descarga de la línea.....	30
6.2	Proceso de carga del plato.....	31
6.3	Transporte del plato sobre la banda transportadora.....	32
6.4	Descarga del plato sobre la banda transportadora.....	33
7	<i>Implementaciones adicionales en la empresa adicionales</i> .....	34
7.1	Sistema de seguridad en la impresora semiautomática de serigrafía.....	34
7.2	Implementación del sistema de seguridad en esmaltadora lineal 02 de porcelana.....	35
7.3	Ajustes del diagrama unifilar de la planta.....	36
7.4	Implementación de sistema de seguridad en descarga del horno 3.....	36
8	Conclusiones .....	37
9	<i>Bibliografía</i> .....	37

## 1 Introducción

Para LOCERIA COLOMBIANA el desarrollo poblacional trae consigo una alta demanda de elementos de consumo, requiriendo así un incremento de la producción de los enseres categorizados en la compañía como productos para el hogar, bebidas y productos institucionales. Esto conlleva no solo a aumentar la cantidad de productos que se comercializan, sino también, ser más eficientes en los procesos.

Este objetivo se puede lograr por medio de dos pilares: el primero corresponde al mejoramiento del personal, basado en la realización de capacitaciones regulares, en la elaboración planes de desarrollo continuo y en políticas de expansión basadas en el mejoramiento del ambiente laboral. El segundo pilar consiste en mejoramiento de la maquinaria utilizada, el presente trabajo se enfoca en este segundo pilar debido a que por medio de la automatización de los procesos, permite incrementar la eficiencia de los mismos realizando tareas como llevar un control óptimo, incrementar la velocidad y eficacia de los procesos, entre otros, sin poner en riesgo la seguridad de las personas que operan las maquinas y, principalmente, incrementar los estándares de calidad a un punto donde es muy difícil lograrlos por medio de manipulación humana.

La automatización de un proceso puede ser parcial (ya sea desde implementación de medidores, elementos de comunicación, o incluso la implementación de robots que suplanten a un operario con el objetivo de disminuir el riesgo laboral o aumentar la productividad), o puede ser total; por ejemplo en procesos donde las maquinas tienen un funcionamiento autónomo sin requerimiento alguno de manipulación humana.

## 2 Objetivos

### Objetivo general

Automatizar sistema de descarga de esmaltadora de platos porcelana línea 2

### Objetivo específico

- Caracterizar el proceso de la esmaltadora por medio de un estudio previo del sistema actual, basándose en las variables que intervienen en el mismo.
- Implementar una tecnología de automatización en el sistema de descarga de la esmaltadora, definida a partir de un marco teórico de la tecnología aplicable al proceso.

### **Título: Automatizar sistema de descarga de esmaltadora De platos porcelana línea 2**

### Resumen

El presente informe enuncia algunos procesos realizados durante el periodo de 10 de Julio del 2018 a 09 de Enero del 2018 en la planta de Locería colombiana, perteneciente a la Organización Corona, mediante la modalidad de “Semestre de industria”.

La principal intervención que se realizó en la planta, es un proceso de automatización que consta de la instalación y adecuación de un sistema robótico, que permita mejorar el proceso de descarga de platos en la esmaltadora línea 02 de porcelana.

Para ello, fue necesario adquirir ciertos conocimientos previos de la compañía, tales como: políticas de la empresa, procesos de fabricación de vajillas, principios de funcionamiento de la línea de esmalte, adecuación al equipo de trabajo de electricistas de la planta, entre otros.

También requirió identificar las necesidades del proceso y los retos que supondría la implementación del sistema robótico. Finalmente, se realizó la adecuación del sistema robótico en la línea de esmalte con ayuda del personal electricista de la planta, y posteriormente se programó para que realice la función de descarga de platos en la línea.

### 3 Marco teórico

#### 3.1 Descripción del proceso y planteamiento del problema.

##### 3.1.1 Proceso

A continuación se describe el procedimiento que recorre un plato en la línea 02 de esmaltado de porcelana de la planta, con el objetivo de clarificar el enfoque del presente trabajo.

En el proceso de fabricación de platos no solo basta con darle forma a partir de la arcilla o la porcelana (materiales más comunes para la fabricación de platos), también se requiere impregnar un esmalte protector, el cual evita la acumulación de bacterias y otorga una firmeza al plato; en la línea de esmaltado 02 de la planta “lojería colombiana” este proceso se realiza en 4 etapas las cuales se describen a continuación:

1. **Recibo y desapilado de platos.** En esta etapa se reciben pilas de platos procedentes de los procesos de formación (en los cuales se les da forma, a cada una de las diferentes referencias de platos, a partir de arcilla o porcelana) como se ilustra en la figura 1, luego se procede a ubicarlos con ayuda de un robot, que recibe el nombre de “Desapilador”, en una banda transportadora que los direcciona a la etapa 2. En la figura 2, se describe el proceso de transpaso de los platos, donde el desapilador toma uno por uno los platos de las pilas, y con ayuda de ventosas los hubica en la banda transportadora.



Figura 1. Recepción de pilas de platos [7].

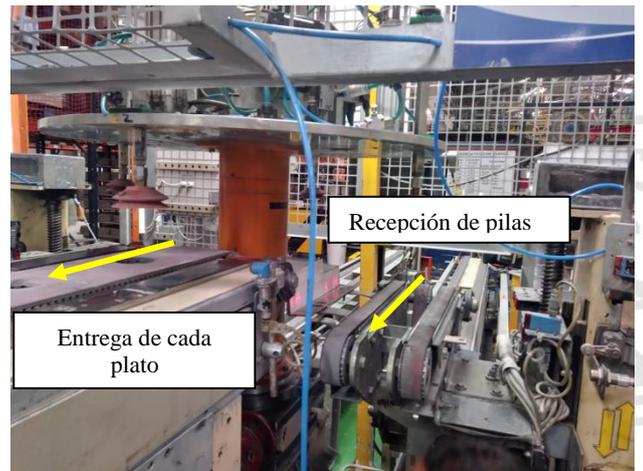


Figura 2. Desapilado de platos [7].

2. **Direccionamiento de los platos hacia la esmaltadora.** Este proceso se subdivide en dos etapas:

2.1 En las Figuras 3 y 4 se ilustra la primera sub etapa. La cual utiliza la banda transportadora que recibe los platos del proceso anterior y se encarga de posicionarlos por medio de brazos mecánicos en el centro de la banda, y posteriormente se le coloca el logo de la empresa en la parte inferior de los platos (imagen izquierda), luego se continua con el transporte de los platos hacia la esmaltadora donde una escoba remueve las impurezas que pueda llevar el plato encima y así evitar que se adhieran al plato con el esmalte (imagen derecha).



Figura 3. Centralizado y estampado [7].



Figura 4. Transporte de platos [7].

- 2.2 En la figura 5, se ilustra la segunda sub-etapa en la cual los platos se transfieren de la banda transportadora a unos soportes metálicos que los dirige hacia la esmaltadora (y a través de ella), estos soportes tienen una rotación a lo largo del eje  $\varphi$  lo que permite que el plato reciba el esmalte en todas sus caras.



Figura 5. Transporte de platos usando soportes metálicos. [7]

3. **Esmaltado de los platos.** En esta etapa se le impregna el esmalte a los platos, por medio de una lluvia generada por pistolas especiales que dirigen el esmalte hacia el plato, en la figura 6 se observa que este proceso se realiza en una cámara adaptada con el objetivo de evitar las pérdidas de esmalte.



Figura 6. Proceso de esmaltado de platos [7].

4. **Secado del esmalte y descarga de esmaltadora hacia el proceso de horneado del plato.** En esta etapa el plato sale de la esmaltadora y por medio de soportes metálicos es conducido nuevamente hacia una banda transportadora que finalmente los lleva hacia el horno 3, este proceso de intercambio del plato entre los soportes metálicos y la banda transportadora se hace por medio de un sistema conformado por un soporte metálico en forma de nariz con apoyos laterales como se muestra en la figura 7.

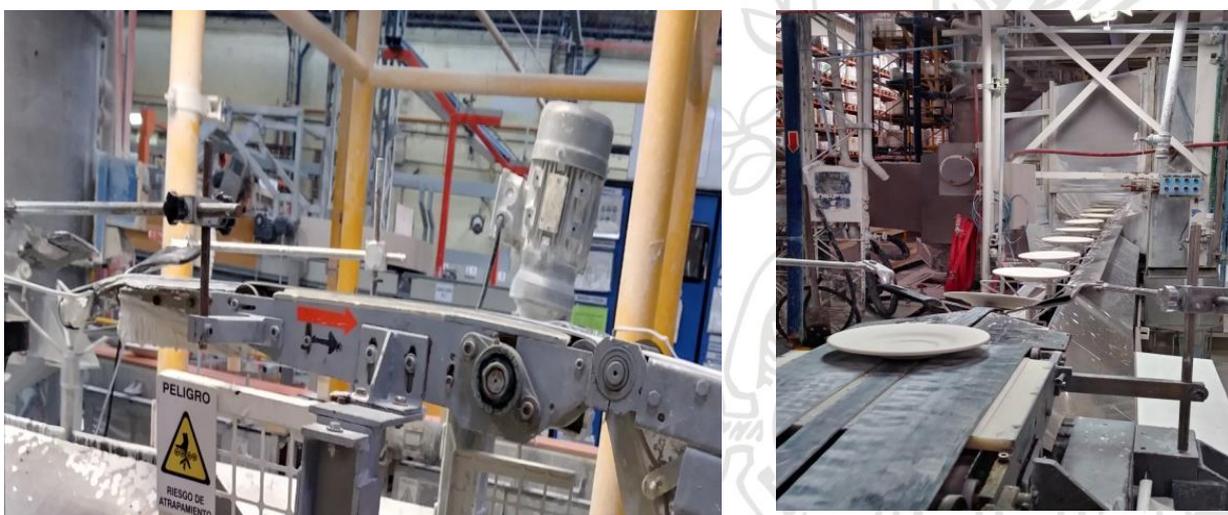


Figura 7. Proceso de descargue de platos [7].

### **3.1.2 Problema a intervenir**

El problema se genera en la etapa 4 del proceso, ya que en la mayoría de los casos en que los platos salen de la esmaltadora tienen un desajuste debido a la forma que tiene el soporte (conformado por 4 alerones en su parte superior que sostienen el plato unidos entre sí por un tubo metálico vertical anclado a un sistema de transporte, como se ilustra en la figura 6), además, el proceso tiene la particularidad de que ninguna de las referencias de los platos que son transportados son iguales a otras referencias en cuanto a características dimensionales y de proporción de esmalte; lo que hace que no todos los platos se posicionen igual en los soportes.

En el momento de realizar la descarga de los platos hacia el sistema de intercambio (figura 7), el plato sufre un desbalance del soporte producto del desajuste que trae y cae de la banda (como se ilustra en la figura 5), lo que produce que se deba reiniciar el proceso de fabricación que tenía el plato ya que este se fractura, se rompe o simplemente deja de cumplir con las condiciones de calidad exigidas por la empresa. Otro de los desgastes que puede presentar el plato en el momento de realizar la descarga hacia el sistema de intercambio son rayones o peladuras en la base, ya que el esmalte no se encuentra del todo seco y por tanto no protege completamente el plato ante estas precipitaciones; lo que genera nuevamente que no se puedan garantizar los estándares de calidad requeridos por la empresa de lojería colombiana.

El siguiente marco teórico tiene como objetivo identificar los diferentes tipos de sistemas de automatización que puedan dar solución al problema anteriormente planteado, buscando que se permita garantizar la seguridad de los operarios y la calidad exigida por lojería colombiana para el producto.

### **3.2 Sistemas Neumáticos**

Los sistemas neumáticos son sistemas que utilizan el aire u otro gas como medio para la transmisión de señales y/o potencia, dado que convierten la energía del aire comprimido en energía mecánica; gracias a esto, los sistemas neumáticos tienen un amplio campo de aplicaciones, tales como : martillos y herramientas neumáticas, robots colaborativos, sistemas de enfriamiento, etc.

Los sistemas neumáticos se usan mucho en la automatización de máquinas y en el campo de los controladores automáticos, por la velocidad de reacción de los actuadores y por no necesitar un circuito de retorno del aire. [6]

La principal ventaja de los sistemas neumáticos es que puede operar en ambientes extremos de alta temperatura o alta presión [6], además de tener una larga vida útil y un bajo costo [8]. Sin embargo, por otra parte una gran desventaja que proporcionan los sistemas neumáticos, es que durante la conversión y transmisión neumática, el aire comprimido pierde una gran cantidad de energía en forma de calor, por lo cual el sistema de actuador neumático tiene una baja eficiencia [6]. En la figura 8 se muestran algunos componentes básicos que pueden contener un sistema neumático.

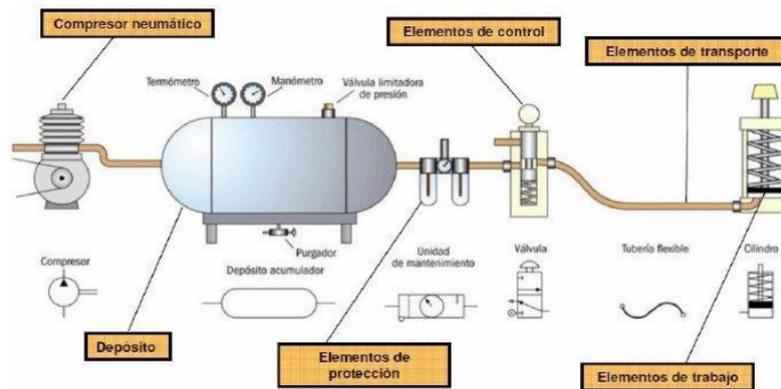


Figura 8. Algunos componentes de un sistema neumático [8].

En los diferentes procesos de automatización en la cerámica colombiana son muy utilizados los sistemas neumáticos para los procesos como: succión, soplado, desplazamiento, entre otros. Ya que se adecuan a las condiciones laborales que requiere la empresa (principalmente condiciones de altas temperaturas), además, los diferentes tipos de robots de la planta utilizan los sistemas neumáticos para realizar las tareas a las que son programados.

### 3.3 Sistemas de robots.

Un robot se puede definir básicamente como una máquina que puede ser programada para realizar una gran variedad de tareas [16]; es en esencia un sistema conformado por partes mecánicas que realizan los movimientos del robot y partes eléctricas, que habilitan o deshabilitan dicho movimiento.

### 3.4 Grados de libertad

Los grados de libertad de un sistema robótico sirven para entender los posibles movimientos que este puede realizar, sin embargo, este concepto tiene sus orígenes en la matemática. En [20] se definen los grados de libertad como: *“el concepto de grados de libertad se puede entender desde un punto de vista geométrico, algebraico e incluso intuitivo. La geometría nos describe a los grados de libertad como espacios e hiperespacios de libertad a través de los cuales una medida de resumen puede moverse y tomar diferentes valores. El punto de vista algebraico los describe como el número de ecuaciones que se establecen usando los datos.”*

La figura 9 es un ejemplo de un sistema robótico con 6 grados de libertad, donde se ilustran con flechas las diferentes direcciones que pueden tomar las respectivas articulaciones del sistema que generan el movimiento del robot.

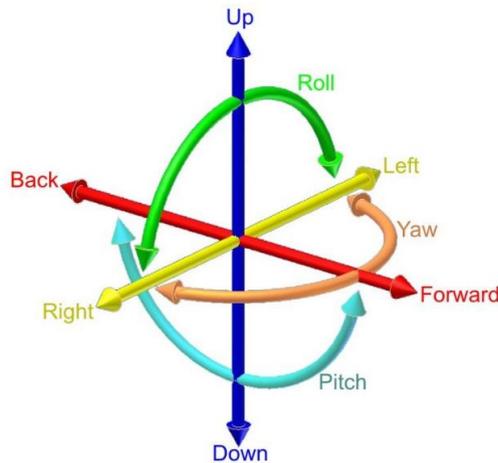


Figura 9. Desplazamientos posibles con 6 grados de libertad. [3]

Donde cada una de las líneas de color define un grado de libertad, siendo

1. Adelante – atrás
2. Arriba - abajo
3. Izquierda – derecha
4. Rotación lateral (Roll)
5. Rotación Vertical (Pitch)
6. Rotación horizontal (Yaw)

### 3.5 **Sistemas de Accionamiento.**

Los actuadores son los elementos capaces de entregarle movimiento al robot, estos determinan la velocidad de los movimientos y su rendimiento dinámico, Además, pueden determinar el tipo de aplicación que puede tener el robot [14].

Para seleccionar el actuador adecuado se debe tener en cuenta el tipo de energía que utiliza, además de otros factores tales como: potencia, controlabilidad, peso y volumen, precisión, velocidad, mantenimiento y costo [14]. En Locería Colombiana los actuadores más comunes en los procesos de automatización son los neumáticos.

### 3.6 **Espacio de trabajo o zona de trabajo**

El espacio de trabajo se puede definir como el volumen de espacio o el conjunto completo de poses que puede alcanzar el robot, además, se encuentra limitado por los grados de libertad que el robot tiene, así como por los tipos de coordenadas bajo las cuales se rige su desplazamiento. [16], en la figura 10, se muestran los espacios de trabajo de algunas de las configuraciones más comunes de robots en la industria.

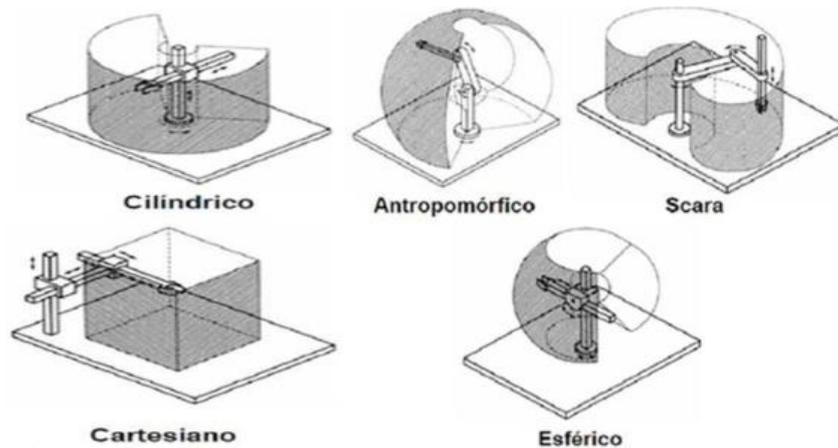


Figura 10. Espacios de trabajo de robots industriales [17].

### 3.7 Precisión.

Es la distancia que hay entre el punto programado y el punto realmente alcanzado por el robot; en una serie de movimientos repetidos, es el grado de ajuste del valor del punto medio de estos movimientos al valor programado. [16]

### 3.8 Tipos de robots

En la actualidad es posible encontrar muchos tipos de robot en la Industria que permiten realizar trabajos en los cuales no se recomienda que los realice una persona, lo tales como, transporte de cargas pesadas, trabajos en zonas de difícil acceso, y alta precisión en los procesos.

A continuación se nombran algunos tipos de robots que se pueden encontrar fácilmente en la industria y cuáles pueden ser las ventajas o desventajas que tienen frente al problema existente en el sistema de descarga de la esmaltadora.

#### 3.8.1 Robots de configuraciones básicas.

Este tipo de robots son muy utilizados en la industria, debido a su bajo costo y a la simpleza de su funcionamiento, se utilizan generalmente para levantamiento y/o desplazamiento de objetos pesados, o para trabajos de alta precisión como colocar microchips en la elaboración de tarjetas electrónicas. En la figura 11 se ilustra las configuraciones básicas de robots más comunes en la industria.

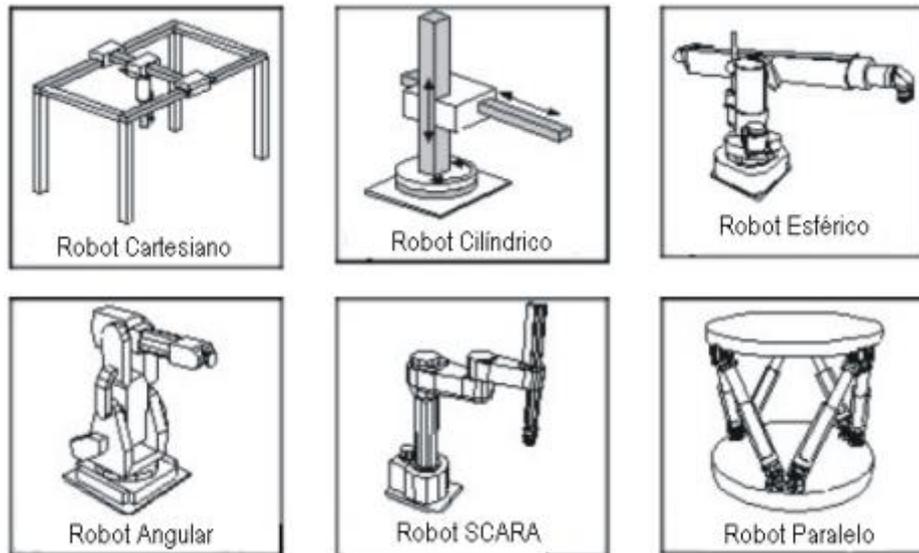


Figura 11. Ejemplos de configuraciones básicas de robots.

- **Robots Cartesianos.**

Tienen un diseño muy simple conformado por motores paso a paso y motores lineales, que se encargan de dar movimiento al robot y por tanto los grados de libertad que tiene. En la figura 12 se evidencian los elementos y grados de libertad que tiene el robot cartesiano.

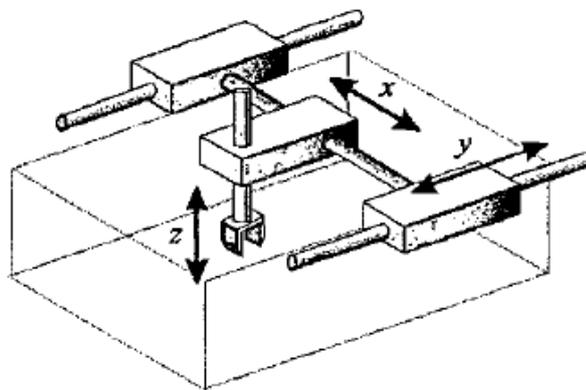


Figura 12. Grados de libertad del robot cartesiano. [9]

Los motores se encargan de dar el movimiento horizontal y vertical al robot con ayuda de correas dentadas a lo largo de las vigas de aluminio que generan los ejes X, Y y Z del robot [9], los motores paso a paso son utilizados porque tienen una buena precisión de: posición, frenado y cambios de dirección, la principal desventaja de los motores paso a paso es su falta de durabilidad [4].

Sin embargo los robots cartesianos tienen varias limitaciones en cuanto al caso de estudio ya que solo actúan sobre un eje a la vez y siguen únicamente trayectorias lineales, permitiendo ubicar puntos específicos y limitados sobre determinadas coordenadas del plano [4].

- **Robots cilíndricos**

Utiliza un giro en la base y dos desplazamientos perpendiculares entre sí, para determinar la posición de los puntos por medio de coordenadas cilíndricas, este tipo de robot tiene la característica de que no se desplaza linealmente como el robot cartesiano, sin embargo este robot también sigue el principio de funcionamiento de un solo eje de coordenadas a la vez, lo cual limita su desplazamiento y hace que solo se puedan instalar en casos donde no se presenten obstáculos sobre su espacio de trabajo.

- **Robots esféricos**

El robot esférico tiene 3 ejes de movimiento perpendiculares los 2 primeros, la tercera es prismática; así pues el robot esférico tiene dos giros y un desplazamiento que permiten posicionar un punto en el espacio mediante coordenadas polares. Los primeros robots fueron de este tipo y tenían accionamientos hidráulicos, ahora se usan poco, debido a que es complicado controlar sus movimientos de traslación y a la flexión que se produce en su brazo cuando está extendido con cargas de cierta magnitud, aun así son apropiados para mover cargas elevadas que no precisen mucha exactitud o movimientos complejos.

Las condiciones de funcionamiento de estos tipos de robots los hacen ser de fácil funcionamiento y sobretodo de montaje sencillo. Sin embargo, son estas mismas condiciones las que hacen que sus movimientos sean muy limitados para el tipo de trabajo que se requiere en el sistema de descarga de la esmaltadora ya que al seguir un solo eje a la vez necesitan de una gran velocidad para realizar el descargue de los platos hacia la posición que se desea.

### **3.8.2 Robot en delta.**

El robot tipo delta (también llamado robot paralelo), está conformado por dos bases paralelas entre sí unidas por cadenas. La base superior se encuentra siempre fija y sirve de soporte al robot, mientras que la parte inferior es móvil y siempre se encuentra paralela a la base fija [5] como se ilustra en la figura 13. El robot delta es un tipo de robot de solo tres grados de libertad y ocupa un amplio espacio de trabajo en el cual los elementos a los que el robot debe intervenir deben actuar en paralelo con las bases superior a inferior del robot debido a sus pocos grados de libertad, el desplazamiento del robot delta depende de la posición en la que se coloque la base móvil con respecto a la base fija (existen dos posiciones: sobre la base fija, o debajo de la base fija), ya que como se muestra en la figura 114, el espacio de trabajo del robot delta es una semicircunferencia con radio igual al brazo del robot.

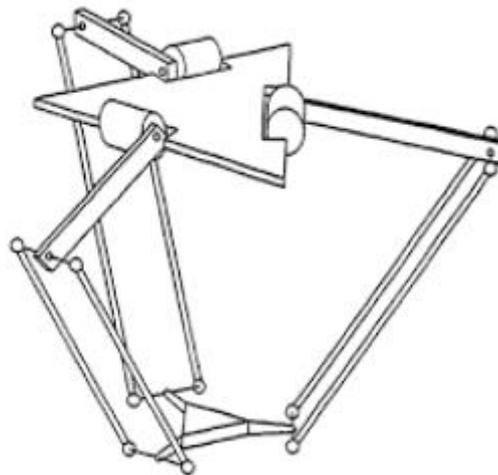


Figura 13. Esquema de un robot tipo delta [15]

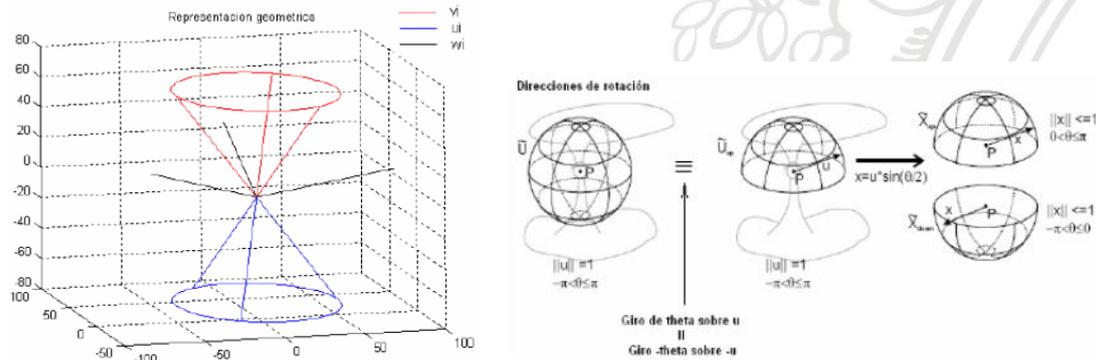


Figura 14. Espacio de trabajo robot delta [15]

Los robots paralelos se caracterizan porque tienen grandes capacidades de velocidad y rigidez, además de que se pueden utilizar para levantar grandes cargas sin necesidad de que el robot sea muy robusto. Sin embargo, el espacio de trabajo que requiere el robot tipo delta es amplio ya que la parte superior del robot, que permanece fija debe estar posicionado sobre una plataforma que lo soporte.

En el caso del proceso de descarga de la esmaltadora es necesario que el brazo del robot sea mínimo de 1m de largo para que pueda realizar la recepción del plato sobre los moldes y pasarlo sobre el sistema de intercambio con la banda transportadora (figura 8), finalmente, descargar el plato sobre la banda transportadora. El robot solo podría estar ubicado sobre la línea de descarga, debido a que al lado izquierdo del punto donde se desea ubicar un robot se encuentra el tablero de control a tan solo 1.05 m de distancia, y al lado derecho de la línea solo 0.6 m como se ilustra en la figura 15. Luego, la semicircunferencia que genera el espacio de trabajo del robot interfiere con la zona de desplazamiento del operario de la línea de esmaltado.

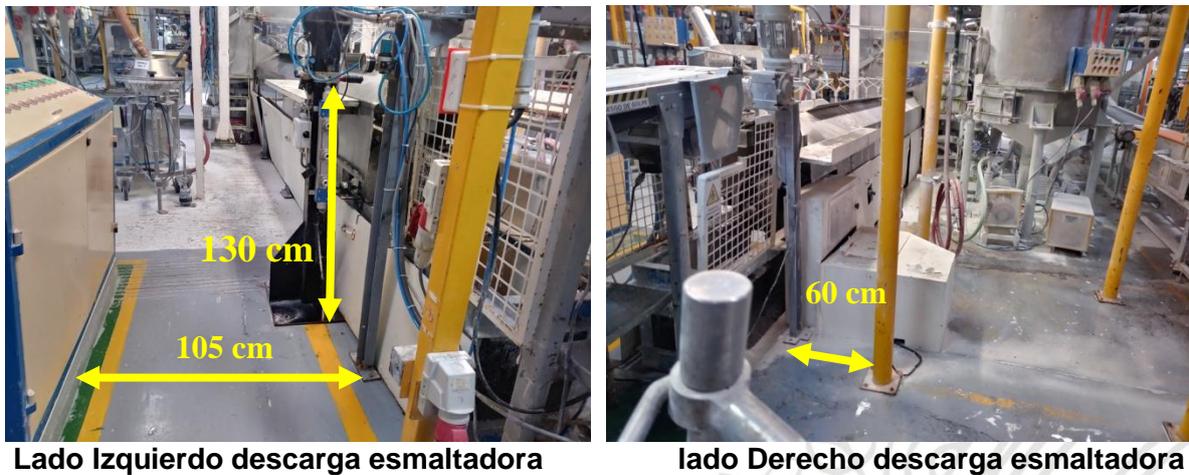


Figura 15. Espacio de trabajo a ambos lados de la esmaltadora. [7]

Por tanto, a pesar de que este tipo de robot cumple con las condiciones de precisión, alta velocidad y gran soportabilidad de carga [2], para poder implementar un robot tipo delta en el proceso de descarga de la esmaltadora, sería necesario la construcción de una estructura de gran altura que situó el robot sobre la línea de descarga, lo cual incrementa los costos de implementación del proceso y el espacio de trabajo del robot, representa un obstáculo para el personal, generando así una situación de inseguridad.

### 3.8.3 Robot antropomórfico.

Este tipo de robots tratan de simular algunas de las funciones que cumplen ciertas partes del cuerpo humano, como las manos [11]. Los robots antropomórficos son utilizados con el objetivo de prevenir el riesgo laboral en la intervención de un proceso industrial, además de que permiten mejorar la eficiencia de los procesos porque permiten mantener una velocidad programable sobre todo el ciclo de trabajo, lo cual no es posible lograr con la utilización de un operario.

En el caso de un robot antropomórfico tipo brazo robótico, el movimiento se logra debido a seis articulaciones o grados de libertad, que permiten simular los movimientos humanos, donde cuatro articulaciones son para el posicionamiento y dos son para orientación, si se comparan los grados de libertad con las respectivas partes humanas entonces: la primera articulación o base del robot corresponde con el giro de la cintura, la segunda con el del hombro, la tercera con el del codo y el resto están en la muñeca [13], en la figura 16 se pueden observar las partes de un robot antropomórfico y sus correspondientes grados de libertad.

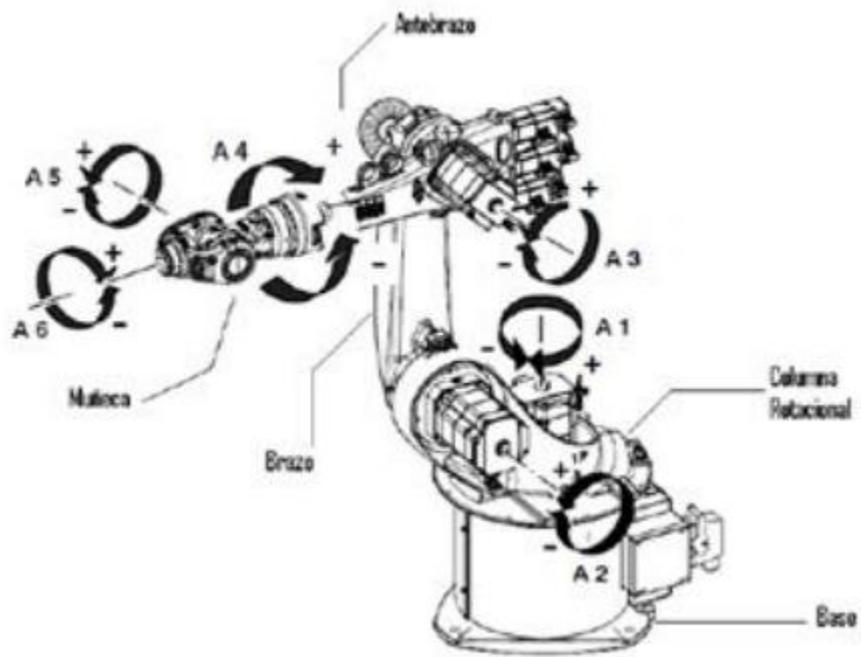


Figura 16. Brazo robótico y grados de libertad. [12]

Este robot tiene gran accesibilidad y maniobrabilidad, es de gran rapidez, además, en la figura 17 se puede apreciar que tiene un amplio espacio de trabajo y ocupa poco espacio en relación al campo de trabajo que abarca [13], lo cual le permite alcanzar aéreas de difícil acceso o de alto riesgo para los operarios, con una alta rapidez de desplazamiento lo que permite optimizar los procesos industriales para los cuales sea instalado.

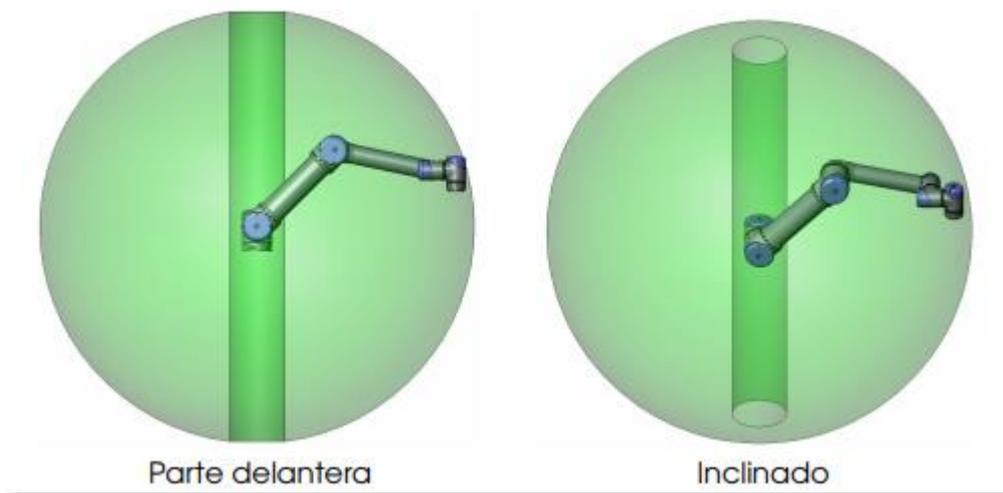


Figura 17. Espacio de trabajo del robot antropomórfico UR5. [11]

Como se había definido anteriormente, el sistema de descarga requiere:

1. Que el sistema robótico tenga una longitud mínima de 1 m, teniendo en cuenta que el espacio de trabajo del robot no ponga en riesgo la integridad del operario, debido al angosto espacio que se tiene para su instalación (figura 15).
2. Que el sistema robótico tenga gran adaptabilidad de maniobra para poder programarse a las diferentes referencias que pasan por la línea.
3. Que tenga amplio rango de velocidades de reacción para poder ajustarse a los requerimientos de producción de la planta.
4. Finalmente que sea económica su instalación.

El brazo antropomórfico cumple con los cuatro requisitos descritos y se cuenta con uno de ellos disponible en la planta de locería colombiana para su instalación en la línea, por tanto, el brazo antropomórfico es el sistema robótico elegido para acoplarse al sistema de descarga de la esmaltadora lineal 02 de la empresa.

## **4 Metodología**

En esta etapa del presente informe se enuncian los procesos que fueron necesarios para realizar el planteamiento y posible solución al problema de descarga, de la esmaltadora lineal de la línea 02 de porcelana en la planta de Locería Colombiana.

### **4.1 Proceso de capacitaciones en la empresa:**

Esta etapa se realiza con el objetivo de permitir una adecuada adaptación a la política interna de la empresa y a los diferentes procesos en los que se debe desempeñar. Esta etapa consta de dos tipos de capacitaciones, unas teóricas, tales como: aprendizaje de la política del mantenimiento productivo total (TPM), manejo de integral de los residuos sólidos, entre otros. Y otras prácticas, como son las labores de mantenimiento diario dentro de la empresa.

### **4.2 Identificación del problema:**

Durante los procesos de mantenimiento eléctrico dentro de la empresa se identifica el proceso enunciado en el literal 1.1.1 del informe.

### **4.3 Construcción de una base de datos.**

Debido a que uno de los mayores retos del proyecto es el hecho de que no todas las referencias de platos que pasan por la línea de la esmaltadora son iguales, esto por el hecho de que en locería colombiana se generan diferentes tipos de productos de acuerdo a las necesidades del cliente.

En esta etapa del proyecto se resaltan: los diámetros de los productos, tipos de productos, el material en el cual está hecho el producto y velocidades por las cuales se transportan en la línea, así como del número de serie que se le otorga en la

compañía con el objetivo de utilizar dicha información para poder programar el robot que dará solución al problema planteado en el literal 1.1, en las tablas 1- 3, se ilustran algunas de las especificaciones más relevantes conforman la base de datos.

DATOS BASE DE LAS LINEAS DE LAS ESMALTADORAS	
Distancia entre centro de soportes	45 cm
Altura de soportes	7 cm
Distancia desde salida de cabina hasta robot	3.6 m
Numero de pistolas en las cabinas	8

Tabla 1. Especificaciones a importantes de la línea de esmaltado.

ESPECIFICACIONES DEL ROBOT	
Movimiento horizontal del robot con la banda como eje	1.55 mts
Distancia desde la posición 0 hasta captación del plato	24 cm
Distancia movimiento formtal con el eje del brazo como posición 0	30 cm

Tabla 2. Distancias a considerar en el desplazamiento del robot.

ESPECIFICACIONES DE LOS PLATOS							
Referencia del plato	Tipo de plato	Tipo de pasta	Diámetro externo del plato			Velocidad de esmaltado Maquina (Piezas/Min)	Velocidad de esmaltado Maquina (Piezas/hora)
			MENOR	MEDIA	MAYOR		
6001	DULCERO	Americana	13	14	14.1	18	1080
6003	DULCERO	Americana	16.6	16.8	17	18	1080
6015	TORTERO	Americana	20.8	21	21.2	18	1080
6024	PANDO	Americana	23.8	24	24.2	17	1020
6025	PANDO	Americana	27.1	27.4	27.7	16	960
6027	PANDO	Americana	29.8	30.1	30.4	16	960
6031	HONDO	Americana	30.7	31	31.3	17	1020
6032	HONDO	Americana	19.6	19.8	20	18	1080
6036	HONDO	Americana	22.3	22.5	22.7	17	1020
6015	ENSALADERA	Americana	25.3	25.2	25.5	18	1080
7001	DULCERO	Americana	24.1	24.3	24.5	18	1080
7003	DULCERO	Americana	18.2	18.4	18.6	18	1080
7014	TORTERO	Americana	19.2	19.4	19.6	18	1080
7015	TORTERO	Americana	20.6	20.8	21.0	18	1080
7022	TORTERO	Americana	25.9	26.2	26.5	18	1080
7025	PANDO	Americana	26.3	27.2	27.5	17	1020
7027	PANDO	Americana	30.6	30.7	31	17	1020
7030	HONDO	Americana	13.3	14	14.1	18	1080
7031	HONDO	Americana	18.4	18.6	18.8	18	1080
7032	HONDO	Americana	21.4	21.6	21.8	18	1080
7033	HONDO	Americana	16.1	16.3	16.5	18	1080
7036	PASTA	Americana	26.1	26.4	26.7	18	1080
7037	HONDO	Americana	19	19.2	19.4	18	1080
7076	BANDEJA	Americana	36.6	37	37.4	11	660
7103	DULCERO	Americana	18.5	18.7	18.9	18	1080
7117	TORTERO	Americana	20	20.2	20.4	18	1080
7123	PANDO	Americana	26.8	27.1	27.4	18	1080
7128	PANDO	Americana	32.1	32.4	32.7	17	1020
7136	HONDO	Americana	23.7	23.9	24.1	18	1080
8076	BANDEJA	Americana	29.4	29.7	30	11	660
8077	BANDEJA	Americana	33.3	34.2	35	16	960
8078	BANDEJA	Americana	38.6	39	39.4	11	660
9020	TORTERO	Americana	23	23.4	24	18	1080
9025	PANDO	Americana	28.5	28.8	29.1	17	1020
9029	PANDO	Americana	35.7	36.1	36.5	16	960
9033	PASTA	Americana	34.4	34.7	35	11	660

Tabla 3. Algunas referencias de platos que pasan por el sistema de esmaltado Y sus características.

#### **4.4 Implementación del robot.**

Una vez analizado en el marco teórico del presente informe se encuentra que el robot antropomórfico es el que mejor se acopla al funcionamiento y a los requerimientos de la línea, permite dar solución al problema y cumple con las condiciones de seguridad y calidad que se requiere en la planta de lojería colombiana, se procede con las siguientes etapas del proyecto:

##### **4.4.1 Desarrollo del montaje.**

4.4.1.1 La primera etapa del montaje requiere definir la ubicación del robot y la instalación de una base de soporte del robot.

- a) La ubicación del robot se opta por instalarlo entre el sistema de descarga de la esmaltadora y el tablero de control de la línea, esto con el objetivo de que el robot se encuentre posicionado en un lugar de fácil acceso, además de una sencilla adecuación al tablero.
- b) La estructura de soporte del robot (ilustrada en la figura 18) que tiene una altura aproximada de 1.30 m, un diámetro aproximado de 10 cm en su parte superior, la cual se encarga de brindar estabilidad a la base del robot, además de una referencia al plano de trabajo del robot.

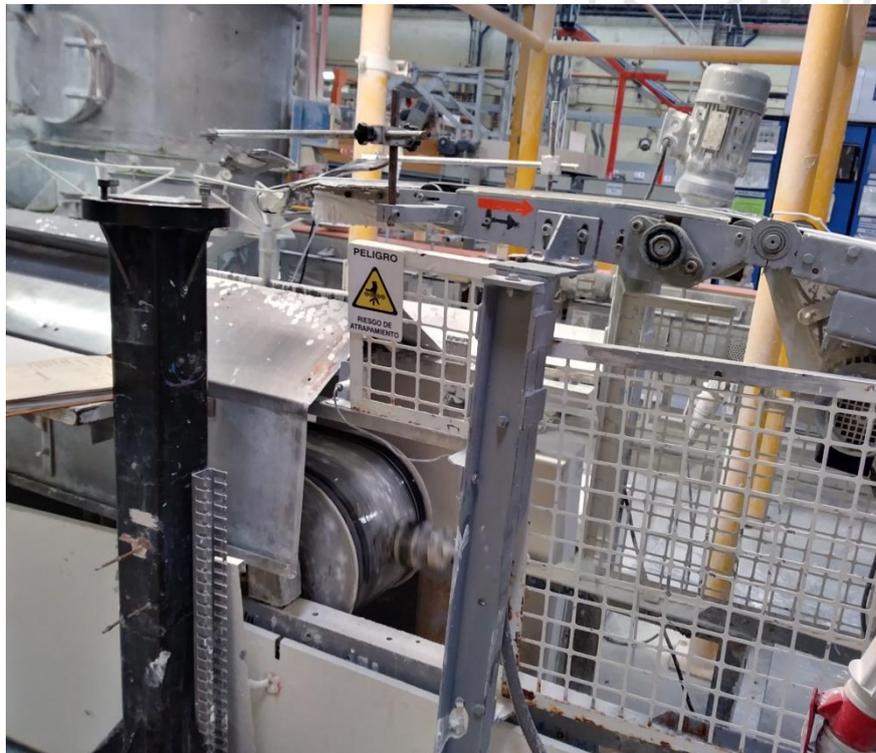


Figura 18. Base del robot antropomórfico junto al Sistema de descarga de la esmaltadora. [7]

4.4.1.2 La segunda etapa del montaje consta de la instalación del sistema neumático del robot que funciona de la siguiente manera:

- a) Se toma de una red que se encuentra en la empresa el aire comprimido que servirá como elemento actuador para el soplido y la succión del robot.
- b) Un conjunto de mangueras de poliuretano son las encargadas de conducir el aire comprimido desde los ductos de aire la empresa, a través del sistema neumático hasta la chupa del robot.
- c) Un regulador de presión (ilustrado en la figura 19), permite ajustar un rango de presiones en la red de aire comprimido, permitiendo con esto variar fuerza de succión o soplido del robot.



Figura 19. Regulador de presión sistema neumático robot [7].

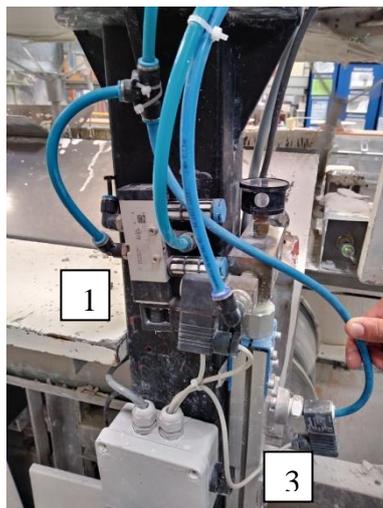
- d) Una electroválvula biestable de 5 puertos (también llamada 5 a 2 e ilustrada en la figura 20), se encarga de accionar el soplido del robot; esto con el objetivo de que en el momento de descargar el plato desde el robot hacia la banda transportadora, se elimine el vacío acumulado en la chupa del robot y el plato no se quede pegado a esta.



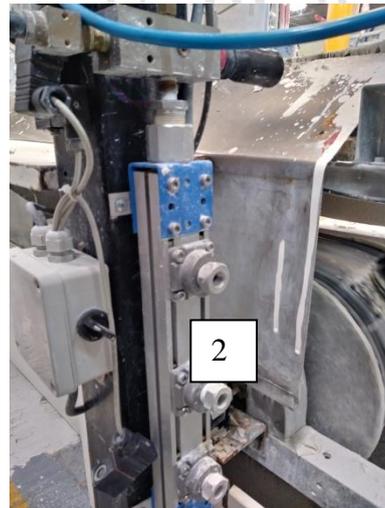
Figura 20. Electroválvula de soplido del robot [7].

e) Un sistema de generación de vacío (ilustrado en la figura 21) conformado por:

- Una electroválvula monoestable (1), se encarga de permitir el paso al generador de vacío.
- Un generador de vacío (2), tiene un puerto de entrada y tres de salida, utiliza el principio Venturi (indica que “un fluido en movimiento que circula por un ducto cerrado, disminuye su presión al aumentar la velocidad cuando el fluido pasa por una sección menor” [18]), recibe el aire comprimido proveniente de la electroválvula de paso, he inyecta el vacío hacia una segunda electroválvula.
- Una electroválvula monoestable (3), recibe el vacío desde el generador y habilita su paso hacia el robot.



Vista lateral



Vista frontal

Figura 21. Sistema de generación de vacío del robot [7].

- Un acople de 2 entradas y una salida recibe el aire de soplido del robot y a su vez el vacío del generador, y de acuerdo a la programación de las respectivas electroválvulas (soplido o succión), permite el paso del uno y otro hacia la chupa del robot, la figura 22 se puede observar que la línea amarilla simboliza el flujo del aire comprimido para realizar el soplido y la línea negra simboliza el flujo del vacío para realizar la succión.



Figura 22. Acople de aire hacia entre el soplido y el vacío hacia el robot [7].

- Dos manómetros análogos que permiten la visualización de la presión existente en el sistema neumático ubicados en el regulador de presión y en el generador de vacío como se ilustra en la figura 23.

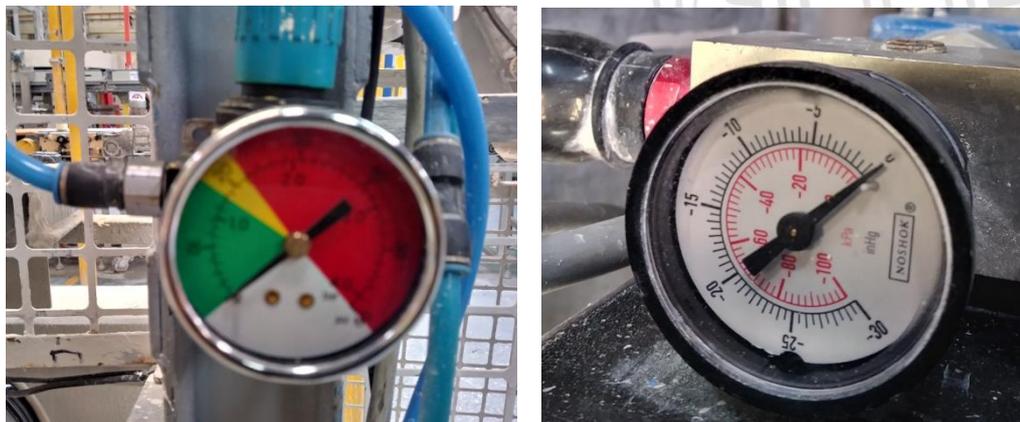


Figura 23. Manómetros de presión y de vacío (presión negativa) [7].

4.4.1.3 La tercera etapa del montaje consta de la instalación física, eléctrica y de comunicación del robot, conformada por:

- i. Un brazo antropomórfico U10 (ilustrado en la figura 25) de la marca Universal robots [11] que tiene las siguientes características:
  - i.1. Cuenta con una capacidad de carga útil en su punto de máxima extensión (1,10 m) de 10 kg lo cual permite manipular perfectamente cualquiera de los platos de la línea ya que ninguno supera este peso aun si se requiere trabajar en esta condición de máxima extensión.
  - i.2. Un controlador (PLC) proporcionado por el fabricante que tiene: una fuente de tensión interna alimentada con 110 V ac que entrega 24 V dc para controlar la comunicación del robot por medio de: 16 entradas y salidas (E/S) digitales, 2 E/S analógicas y 2 E/S de emergencia y cuenta con modos de comunicación TCP/IP 100 Mbit, Ethernet socket, modbus TCP y EtherNet/IP.
  - i.3. Un tiempo de detección mínimo de 100 ms y máximo de 250 ms, además de un tiempo de reacción mínimo de 1100 ms y máximo de 1250 ms.
  - i.4. El robot permite una programación utilizando un método de “aprendizaje” en el cual el operario puede guiar al robot con un modo de movimiento libre, hasta el punto en el que se desee posicionar, y posteriormente grabar su posición en la memoria del tablero de control y utilizarla en un código en el modo de movimiento programado:
    - i.4.1. modo de movimiento “libre” o manual: funciona manipulando directamente el brazo robótico (apretando un botón que se encuentra en la parte de atrás de la pantalla como se ilustra en la figura 20 y a su vez desplazando el robot hacia la posición deseada), o utilizando los modos de desplazamiento que se muestran en la pantalla del robot y se utiliza generalmente para guiar el robot hacia un punto que se desee que “aprenda”, o para utilizar en el modo de “recuperación” del robot que se genera cuando se incumplen alguno de los limites de seguridad de movimiento, por ejemplo, cuando se intenta llevar al robot a una distancia mayor a 1,10 mts.



Figura 24. Vista posterior de la pantalla del robot UR5 [7].

i.4.2. Un modo de movimiento programado, que permite al robot ejecutar movimientos de forma repetitiva y confiable, por medio de un código generado previamente utilizando el método de aprendizaje del robot.



Figura 25. Robot antropomórfico UR5 [7].

i.5. Un selector de dos posiciones (ilustrado en la figura 26), permite habilitar o deshabilitar el funcionamiento del robot mientras se realizan labores de mantenimiento o mientras se hacen cambio de referencias en la línea.



Figura 26. Selector de encendido y apagado del robot [19].

- i.6. Un encoder rotativo de 6 hilos se encarga de comunicar al PLC del robot sobre el posicionamiento de los platos que pasan por la línea para que el robot pueda realizar el seguimiento del respectivo desplazamiento y captar con facilidad el plato, evitando así fracturas o caídas de la línea.



Figura 27. Encoder rotativo de 6 hilos [7].

- i.7. Dos sensores, un sensor capacitivo ubicado en la base de la línea (figura 28) que permite establecer una referencia de distancia al encoder para realizar el seguimiento del plato, y una foto celda ubicada sobre el sensor capacitivo que se encarga de detectar la presencia de plato sobre el soporte, debido a que en algunas referencias de gran tamaño, se requiere dejar un soporte vacío entre platos para que no se dañen por rozamientos entre sí.

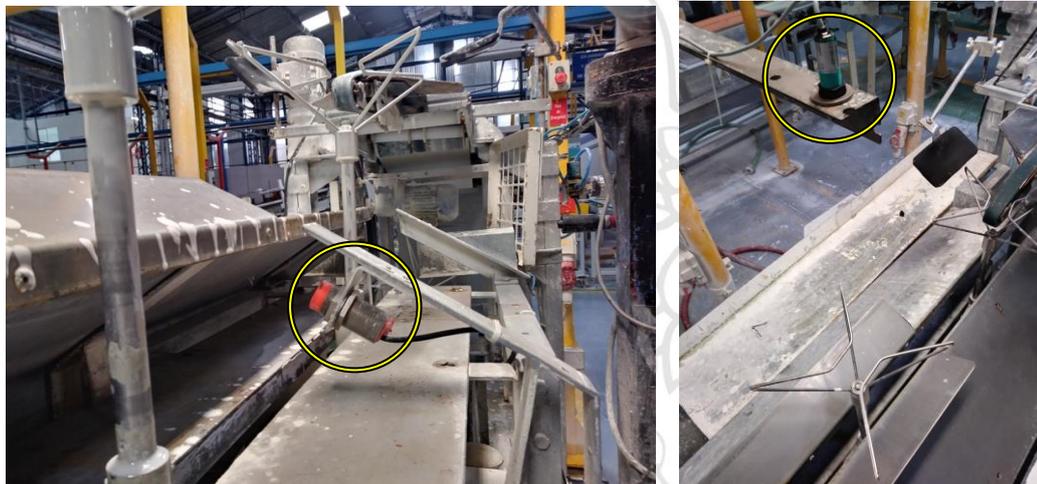


Figura 28. Sensor capacitivo y foto celda sobre la línea de descarga [7].

- i.8. Una pantalla táctil (figura 24) propia del robot UR5, que permite visualizar la interfaz programación y manipulación del robot.

#### 4.4.2 Programación del robot

Todo proceso de programación requiere definir una serie de parámetros o variables a intervenir, estas pueden ser: distancias, señales de sensores, alturas, velocidades, entre otras. En la tabla 4, se enuncian las variables que se van a utilizar en la programación del robot:

Parámetro	Función
Posición 0	Define la posición inicial de robot y es el punto de partida de la secuencia lógica. Esta posición varía de acuerdo a la referencia del plato debido a la variedad de diámetros y alturas que pasan por la línea de esmaltado.
Distancia entre soportes	Distancia fija que sirve para predecir el movimiento del plato en la banda y por ende el desplazamiento del robot. Esta distancia es de 45 cm (tabla 1)
Velocidad de movimiento de la banda	El desplazamiento del robot debe cumplir la secuencia de la carga y la descarga de los platos con una rapidez mayor a la velocidad de movimiento de la banda esta velocidad varía de acuerdo a la referencia de los platos. (tabla 3)
Señal del sensor capacitivo	Advierte la presencia de soporte en la en la línea de esmaltado.
Señal de la foto celda	Advierte la presencia de plato en el soporte.
Selector de encendido/apagado	Permite al operario detener la secuencia de forma manual, sin necesidad de intervenir el código del programa.
Generar vacío	Se da apertura a la electroválvula de generación de vacío
Realizar succión	Se da apertura a la electroválvula de entrada de vacío hacia el robot
Realizar soplado.	Se da apertura a la electroválvula de aire comprimido hacia el robot.
Señal de posición del encoder	El encoder entrega una señal de 2 pulsos que se interpreta para dar la posición de los platos en la banda.

Tabla 4. Parámetros requeridos para la programación del robot.

En colaboración con la empresa JH S.A.S se realiza el diseño de un plano de conexiones eléctricas para el control del robot UR5, el cual, es ilustrado en la figura 29 donde se observan las entradas y salidas que se utilizarán en la programación del robot.

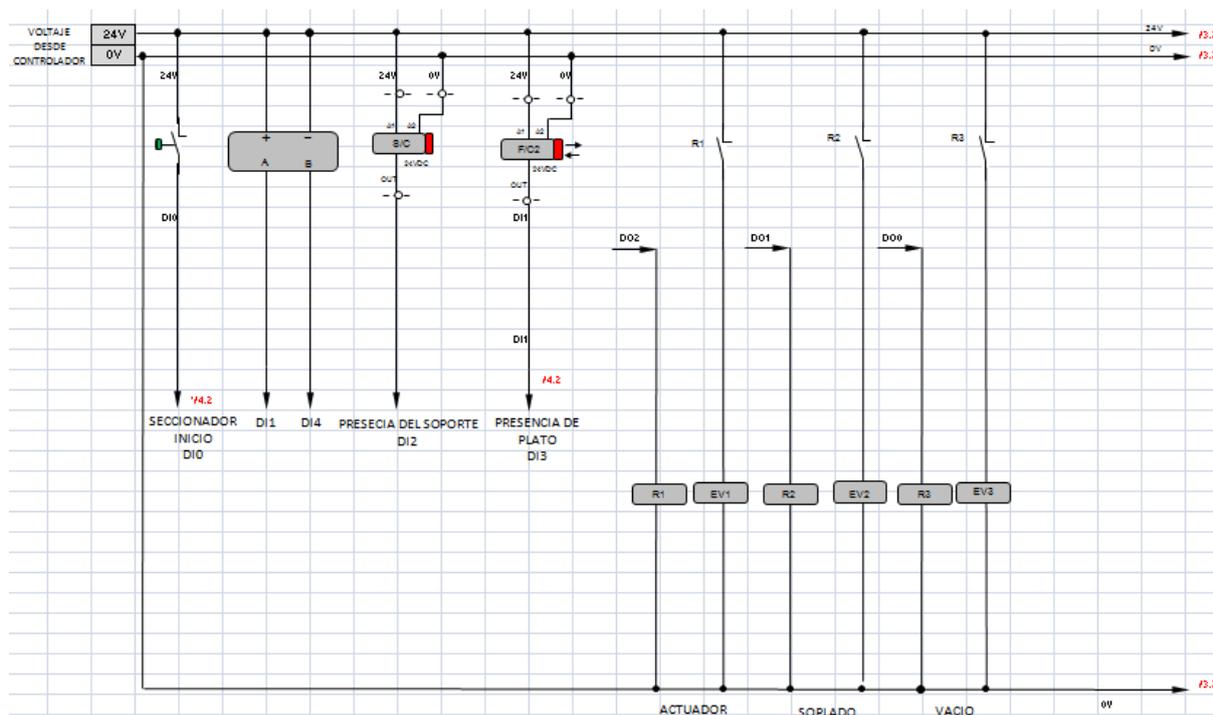


Figura 29. Plano de conexiones del UR5

El proceso lógico que se debe seguir en la programación del robot es:

- I. Se habilita el selector de encendido para permitir el movimiento del robot (DI0).
- II. El robot se sitúa en la posición 0.
- III. Se espera hasta confirmar señal de sensor capacitivo que indica presencia de soporte (DI2).
- IV. Se espera hasta confirmar señal de foto celda que indica la presencia de plato en el soporte (DI3).
- V. Una vez se dan las dos señales (pasos II y III) se enciende electroválvula de generación de vacío.
- VI. Se enciende la electroválvula de paso de vacío generando la succión en el punto de agarre del plato (DQ2 – DQ0).
- VII. El robot recibe las señales del encoder que indica la posición del plato en la banda (DI1 – DI4).
- VIII. El robot recoge el plato siguiendo una trayectoria lineal, en dirección tangencial a la cadena de soportes, en un punto establecido de acuerdo a la referencia del plato (figura 30).
- IX. El robot transporta el plato sobre la nariz del sistema de descarga, describiendo una trayectoria parabólica en dirección paralela a la banda y se posiciona con el plato sobre la banda, en un punto establecido de acuerdo a la referencia del plato (figura 30).
- X. Se apaga la electroválvula de generación de vacío (DQ0).
- XI. Se apaga la electroválvula de paso de vacío (DQ2).
- XII. Se enciende la electroválvula de paso de aire comprimido, generando el soplo en el punto de agarre del plato (DQ1).
- XIII. El robot vuelve a la posición 0 y espera nuevamente la confirmación del sensor capacitivo y de la foto celda para reiniciar la secuencia.

## 5 Resultados esperados.

El robot debe adaptar su funcionamiento a las exigencias que se requieren en las diferentes referencias de los platos que pasan por la línea 02 de la esmaltadora de porcelana como son: cambio de posición inicial, velocidad de desplazamiento, distancia sobre la banda para realizar la descarga, regular presión de succión y soplado (se debe regular de forma manual) para no evitar deterioro del esmalte del plato.

El funcionamiento del robot no debe intervenir con el área de desplazamiento del personal tanto operativo, de limpieza, administrativo o visitante que se encuentre en la zona de esmaltado de porcelana.

La trayectoria que debe seguir el robot para la carga y descarga de los platos se muestra en la figura 30 y está definida por una serie de puntos establecidos con el objetivo de que el robot no colisione con la nariz que se encuentra en la esmaltadora actualmente y continuará funcionando en caso de ser requerida.

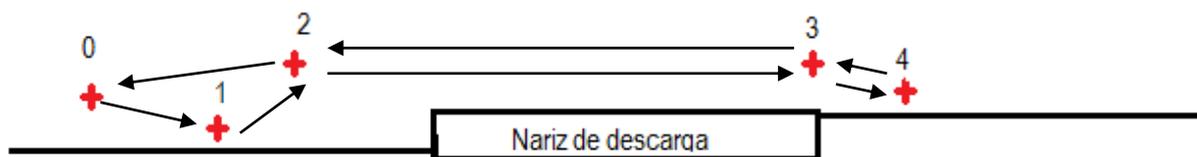


Figura 30. Trayectoria del robot sobre la línea de descarga.

Tomando como eje de referencia  $X=0$ ;  $Y=0$ ;  $Z=0$  la base del robot [11], las coordenadas de los puntos que definen la trayectoria que deberá seguir el robot son:

Posición Inicial (posición 0):  $X= 506.66$  mm;  $Y = -403.33$ mm;  $Z= 310.21$  mm

Posición de toma de platos (Posición 1):  $X= 414.53$  mm;  $Y = -393.5$  mm;  $Z= 262.67$  mm

Levantamiento del plato (Posición 2):  $X= 273.92$  mm;  $Y = - 364.94$ mm;  $Z= 324.53$  mm

Cerca de la descarga y salida de la descarga (Posición 3):  $X= -301.41$  mm;  $Y = -- 413.59$  mm;  $Z= 326.63$  mm

Posición de descarga (Posición 4):  $X= - 313.00$  mm;  $Y = - 421.85$  mm;  $Z= 295.83$  mm

## 6 Resultados obtenidos.

### 6.1 Instalación finalizada del robot antropomórfico en el sistema de descarga de la línea.

En la figura 31 se observa la instalación completa del sistema robot antropomórfico en la esmaltadora línea 02 de porcelana que se encuentra dentro de la planta de Locería Colombiana.

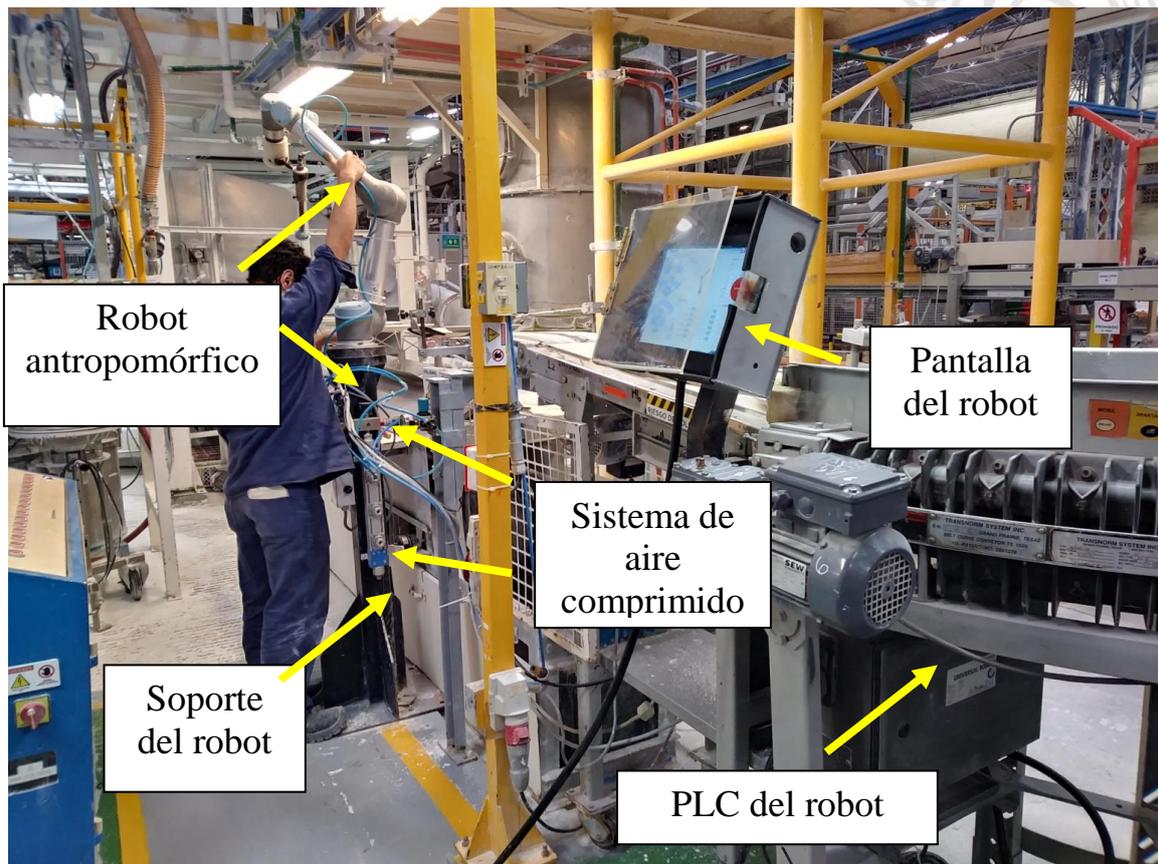


Figura 31. Sistema de robot antropomórfico

## 6.2 Proceso de carga del plato.

En esta etapa se dan las secuencias I – VIII del proceso lógico descrito en el ítem 4.4.2 del presente informe, en las cuales: el robot parte de una posición de reposo (posición 0) en el momento en que confirma la presencia de soporte en la línea y a su vez que sobre el soporte se encuentre un plato, se direcciona hacia un punto en la trayectoria del soporte y con ayuda de una ventosa recoge el plato utilizando vacío, en la figura 32 se observa al robot recogiendo el plato de referencia 19036 (descrita en la base de datos) que se encuentra en el soporte.



Figura 32. Captación del plato desde el soporte.

### **6.3 Transporte del plato sobre la banda transportadora.**

En esta etapa se da la secuencia IX del proceso lógico descrito en el ítem 4.4.2 del presente informe, donde: la trayectoria (figura 30) descrita por el robot para realizar la descarga del plato en la banda transportadora, se programa de forma manual con el modo de “aprendizaje”, es decir, se le especifica al robot la coordenada deseada a la cual debe llegar y se guarda en la memoria para que el robot siempre descargue el plato en el mismo punto. En cuanto al desplazamiento, se programan 3 puntos después de recoger el plato para que el robot siga una trayectoria parabólica y no golpee contra ninguna parte de la línea de esmaltado. En la figura 33 se observa al robot transportando el plato de referencia 9101 (descrita en la base de datos) sobre la nariz de descarga de la línea.



Figura 32. Transporte del plato sobre sistema de descarga.

#### **6.4 Descarga del plato sobre la banda transportadora.**

En esta etapa se da las secuencias X - XIII del proceso lógico descrito en el ítem 4.4.2 del presente informe, en las cuales: el robot se posiciona sobre la banda en el punto donde se desea descargar el plato, posteriormente, se intercambia utilizando electroválvulas (figuras 20-22) el vacío en la chupa que sostiene el plato por aire comprimido que se empuja al plato sobre la banda. En la figura 34 se observa al robot sobre la banda transportadora y el estado final del esmalte plato.

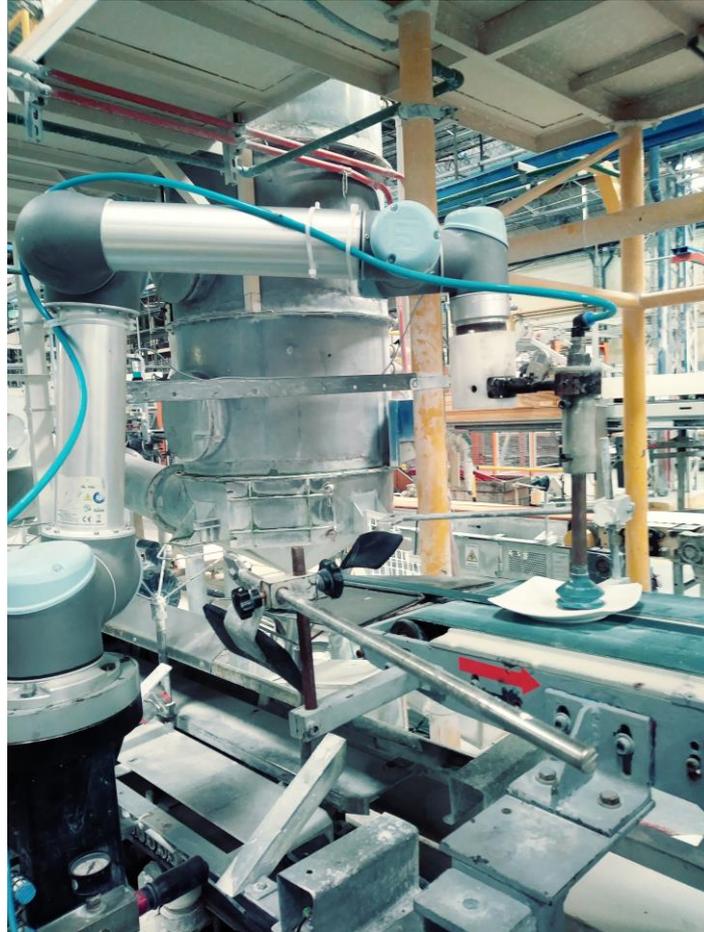


Figura 34. Disposición final del plato sobre la banda transportadora.

Finalmente, se realiza una inspección visual del plato transportado sobre el sistema de descarga con el objetivo de verificar que el sistema robótico instalado sobre la línea de descarga de la esmaltadora 02 cumpla con los criterios de calidad exigidos por la empresa. En la figura 35 se puede observar que las dos referencias de platos utilizadas en la elaboración del presente informe, no presentan deterioro físico perceptible luego de ser transportadas por el robot.



Figura 35. Condiciones físicas de los platos.

Es necesario resaltar que los platos utilizados han sido tomados de los almacenes de la empresa debido a que en el momento de realizar los ensayos enunciados en el presente informe la línea se encuentra en mantenimiento general y no es posible utilizar la producción real, debido a esto, los platos ilustrados en la figura 35 presentan suciedad y fracturas en una de las esquinas que no causadas por el sistema robótico.

## **7 Implementaciones adicionales en la empresa.**

En el área de mantenimiento eléctrico se generan gran variedad de retos en la cotidianidad, ya sea, un desabastecimiento momentáneo de energía en la empresa, un cambio en la producción, o incluso una nueva adaptación de maquinaria en la empresa, en algunos de los casos es necesario intervenir procesos de una maquina, con el objetivo de mejorarlas haciéndolas más seguras para el personal operativo, o haciéndolas menos propensas a averías, a continuación se nombran algunos de los procesos que se han intervenido en la empresa:

### *7.1 Sistema de seguridad en la impresora semiautomática de serigrafía.*

En el área de serigrafía de lojería colombiana, se encuentran los procesos de impresión y estampado de diseños de los platos. El área de impresión de serigrafía cuenta con 2 impresoras semiautomáticas, encargadas de imprimir diseños especiales solicitados en algunas referencias de platos, por ejemplo, diseños navideños, marcas promocionales, diseños para fechas especiales, entre otros.

En la impresora semiautomática se realizó el diseño, he implementación de un sistema de seguridad contra atrapamientos de las manos del operario que interviene la maquina, conformado por una foto celda, un selector de 3 posiciones, un paro de emergencia y 2 relés de estado sólido. En la figura 36 se ilustra la maquina intervenida.

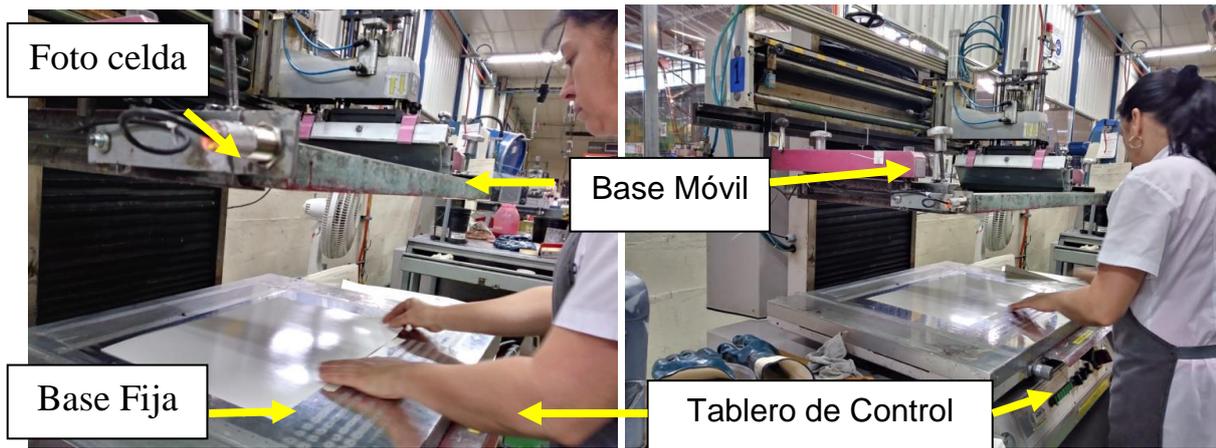


Figura 36. Sistema de seguridad impresora semiautomática.

## 7.2 Implementación del sistema de seguridad en esmaltadora lineal 02 de porcelana.

En la línea de esmaltado del sistema descrito en el proceso enunciado en el literal 1.1.1 del informe, se observa que existe un problema de seguridad entre las etapas 3 y 4 de la línea, que se presenta en el momento en que uno de los soportes que lleva los platos se quiebra por cualquier motivo y se queda enredado en la cadena que mueve la línea, generando acumulación y posterior ruptura de los soportes en la línea.

Se instaló un sistema de seguridad ilustrado en la figura 37, conformado por una foto celda un temporizador y un relé que detienen la línea de esmaltado siempre que pasado un tiempo establecido la foto celda no detecte soporte, previniendo así el problema enunciado.



Figura 37. Sistema de seguridad esmaltadora.

### 7.3 Ajustes del diagrama unifilar de la planta.

En las interventorias que se le realizan a la empresa, se evidenció la necesidad de actualizar el diagrama unifilar, al cual se le realizaron los siguientes ajustes:

- Corrección de simbología eléctrica del plano.
- Actualización de valores nominales de los elementos del plano.
- Inserción de elementos nuevos en la planta.
- Corrección de nombres de los tableros eléctricos para hacerlos coincidir con las respectivas tarjetas de identificación.

### 7.4 Implementación de sistema de seguridad en descarga del horno 3.

En la etapa de salida del horno 3 se presentó una avería con el coche que transfiere los platos desde el horno hacia la zona de secado, debido a un micro switch que se quedó accionado de forma permanente debido a desgaste mecánico causando daños materiales de gran costo, por lo cual fue necesario la implementación de un sistema de seguridad (ilustrado en la figura 38) paralelo al micro que funcionara como bloque en caso de que el micro falle

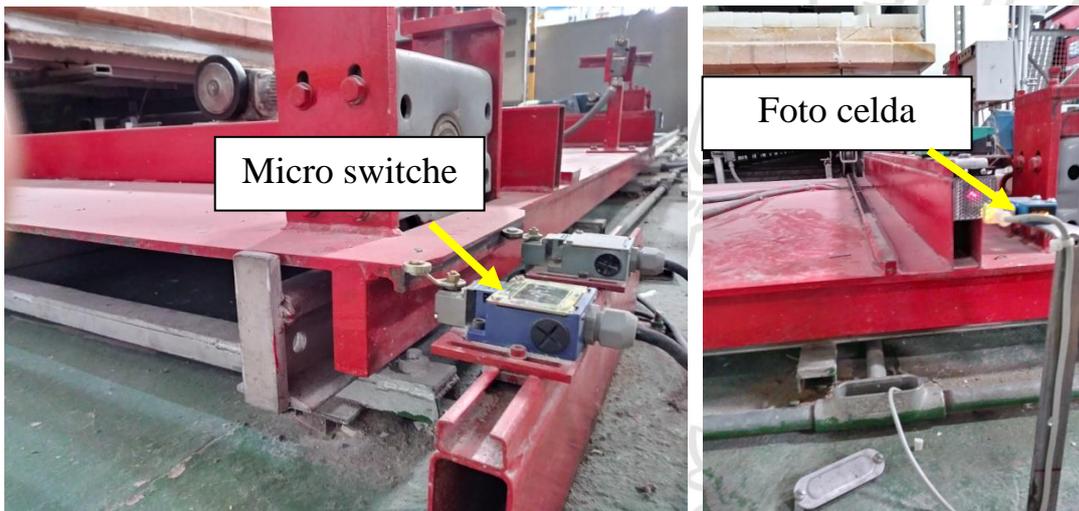


Figura 38. Sistema de seguridad descarga del horno 3.

## 8 Conclusiones

- La implementación de una base de datos para las diferentes referencias de los platos que se transportan por la línea de porcelana, permitió no solo conocer el proceso sino también facilitar la adecuación del robot antropomórfico a la línea.
- La adecuación del robot antropomórfico permite mejorar el proceso de esmaltado de los platos de porcelana, debido a que su implementación disminuye las imperfecciones que se generaban con el sistema de nariz, que se tenía implementado anteriormente.
- Realizar un estudio previo en forma de marco teórico, permitió analizar la opción adecuada de sistema robótico para intervenir la línea de esmaltado.
- Los robots colaborativos se adaptan óptimamente a los procesos como el analizado en el presente informe y su programación es sencilla debido a su modo de programación por “aprendizaje”.
- El proceso de práctica empresarial permite al estudiante familiarizarse con el campo laboral y asentar algunas las bases teóricas que adquirieron durante el periodo de formación.
- La labor de mantenimiento eléctrico es parte fundamental para el sostenimiento de una empresa. Donde día a día se experimentan nuevos desafíos, como reparar maquinaria, implementaciones nuevas, o procesos de maniobra que enriquecen el aprendizaje del estudiante que se encuentre realizando su práctica académica.

## 9 Bibliografía

[1] Autors, RidhaKelaiaiaab, OlivierCompanyb, Abdelouahab ZaatricCompany, Multiobjective optimization of a linear Delta parallel robot.

[2] Autors, Peña Cortés César Augusto, Martínez Oviedo Edison, Cárdenas Herrera Pedro Fabián, Dimentional optimiation of delta parallel robot based on a lower energy comsuption.

[3]Autor, Horia Ionescu, seis grados de libertad, imagen, descargada de [https://es.wikipedia.org/wiki/Seis\\_grados\\_de\\_libertad#/media/File:6DOF\\_en.jpg](https://es.wikipedia.org/wiki/Seis_grados_de_libertad#/media/File:6DOF_en.jpg).

[4]Autor, lopez Segovia jose luis, Misael alamilla Santiago, dominguez vasquez juan francisco, robot cartesiano: seguimiento de trayectorias irregulares arbitrarias mediante computadora.

[5] Autors, RidhaKelaiaiaab, OlivierCompanyb, Abdelouahab ZaatricCompany, Multiobjective optimization of a linear Delta parallel robot.

[6]Autors, Suzanne J.A.G.Cosijns, Maarten J.Jansen, HanHaitjema, Smart Sensors and MEMs (Second Edition) Intelligent Devices and Microsystems for Industrial Applications Woodhead Publishing Series in Electronic and Optical Materials 2018, Pages 245-290. Cap 10.

[7] Imagen tomada de la esmaltadora de la línea 02 de porcelana de lojería colombiana.

[8] Autores, Pacheco Velásquez Hamilton, Linares Cristian, Castro Jein, Casallas Edgar Principio de funcionamiento de Sistemas Neumáticos.

[9] Autor, T. Bojko, Educational Cartesian Robot Based on Linear Drives.

[10] Autores, Yanlin He , Shuxiang Guo , Liwei Shi, 3D Printing Technology-based an Amphibious Spherical Robot.

[11] Autor, Universal Robots, mayo 6 de 2015 Manual del usuario, descargado de <https://www.universal-robots.com/es/productos/robot-ur5/>.

[12] Autor, Escandón Cueva Rodrigo, Interfaz de control para un brazo robot articulado basado en software de desarrollo integral.

[13] Autores, Araujo Francisco, Ayala Luis, Bermeo Cristhian, Robots antropomórficos, Universidad Politécnica Salesiana.

[14] Autores, Godoy Hernández Rubén Darío, Rodríguez Quintero Willy, Diseño y modelamiento de un robot cartesiano para el posicionamiento de piezas.

[15] Autores, Carlos A. Jara Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal Universidad de Alicante, José M. Sabater, José M. Azorín, Nicolás M. García, Carlos Pérez Laboratorio de Robótica y Realidad Virtual Universidad Miguel Hernández, Roque Saltaren, Eugenio Yime DISAM Universidad Politécnica de Madrid, Análisis del espacio de trabajo de un robot paralelo 3RRR.

[16] Autor, Pedro José Sanz Valero, Introducción a la robótica inteligente.

[17] Autor, Castro Mantilla Slin Germán, Jiménez Almagro Fernando Esteban, Diseño, desarrollo e implementación de un sistema que permita controlar un brazo robótico Mitsubishi RV2AJ a través del periférico Kinect de Microsoft como interfaz de usuario.

[18] Autor, colaboradores de Wikipedia, Efecto Venturi, información tomada de [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Efecto\\_Venturi&oldid=111284312](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Efecto_Venturi&oldid=111284312).

[19] Imagen tomada de: <https://www.tuandco.com/selector-2-posiciones-schneider-d-22-1nang>.

[20] Autor, De La Cruz-Oré Jorge Luis, ¿Qué significan los grados de libertad?, Revista Peruana de Epidemiología, artículo descargado de <http://www.redalyc.org/pdf/2031/203129458002.pdf>

**Visto bueno del asesor interno y asesor externo**

Como asesor conozco el informe y avalo su contenido.

*Firma*

\_\_\_\_\_  
Nombre del asesor interno

*Wilfer Rueda.*

\_\_\_\_\_  
Firma del asesor externo

