



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Automatización Industrial de una  
Sección del Departamento de  
Soldadura para una Línea  
Manufacturera de Amortiguadores**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**Ingeniera Mecánica**

**P R E S E N T A**

María Matzayani Garcilazo Zepeda

**DIRECTOR DE TESIS**

M.C. Edgar Isaac Ramírez Díaz



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021**

## AGRADECIMIENTOS

*A mi madre por ser siempre mi pilar de apoyo y formación, ya que sin su guía no podría ser la mujer que soy hoy en día, debido a que siempre me ha brindado su apoyo incondicional en cada uno de los proyectos o aventuras que he deseado hacer, estando siempre a mi lado sin importar las consecuencias, dándome consejos a su manera y ayudándome a enfrentar cada obstáculo a los que nos hemos enfrentado, hoy y por siempre Te amo y te estaré infinitamente agradecida.*

*A mi padre que desde pequeña me inculco y me aventuro a ser diferente, mostrándome que siempre hay que dar lo mejor de uno sin importar el resultado, haciendo crecer esa chispa que hay dentro de mí y dándole un ritmo diferente a mi vida y corazón, recordándome que este cerca o lejos siempre estaremos juntos por la música que nos une Te amo.*

*A mis abuelos y que son como mis segundos padres, así como al resto de la familia que siempre de alguna u otra forma han estado presentes, Gracias.*

*A mi mejores amigas y amigos Kenny, Monse, Guppis y Armando ya que sin su apoyo en cualquier momento ya sea bueno o malo, pero principalmente este último siempre estuvieron ahí para mí, para apoyarme y escucharme, con cada uno de ellos he compartido momentos y aventuras que nunca olvidare.*

*A todos mis amigos y personas que he conocido a lo largo de mi vida ya que sin su aparición en mi camino no sería quien soy.*

*A mis amigos de Fórmula SAE que me enseñaron que en la escuela también encuentras una segunda familia.*

*A mis budoques de toda la vida mis canes de cuatro patas que me acompañaron Benny y Peques y a mis dos budoques actuales Darcy y Toby por darme paz y una patita de ayuda siempre.*

*A mi asesor, sinodales y mi querida Universidad por enseñarme tanto, así como algunas de las principales lecciones que he tenido y a nunca rendirme.*

*Por último, pero no menos importante a mi Matza de 18 años, ¡¡sí se pudo!! Recuerda que el límite eres tú Te amo.*

## Introducción

Como parte de la creciente ola de demanda de los productos fabricados en la empresa ThyssenKrupp Bilstein of America Inc.®, debido a su buena calidad, confort que brindan y alta ingeniería que poseen, es necesario optimizar los tiempos de producción, buscando a su vez mantener la calidad de los productos, para ello es necesario estudiar el ciclo de producción de un producto, desde que se obtiene como materia prima hasta su forma consolidada como producto.

Es por lo anterior, que este trabajo describe el proceso de automatización del área comprendida entre las máquinas Acro1® y Punch Machine®, ubicadas en el área de soldadura de la empresa con el fin de seguir con el desarrollo de la cuarta fase de transformación (automatización), buscando aumentar su producción y calidad, reduciendo tiempos de producción y costos debido al aumento de la demanda de sus productos, ya que al ser la primer área involucrada en el proceso de producción repercutirá en el tiempo que toma fabricar un amortiguador, de igual manera como parte la justificación de este trabajo se detectó una irregularidad en los tiempos del ciclo de trabajo en esta área y un aumento en las partes desperdiciadas fabricadas.

En el primer capítulo se introducirá a la compañía que brindó la oportunidad de trabajar en este proyecto, abarcando temas como historia y los robots universales utilizados en una de sus plantas. De igual forma se expondrá un poco de la historia de las compañías de robots con los que se trabajó a lo largo de este proyecto Universal Robots® y Mobile Industrial Robots®.

Lo que respecta al marco teórico se presentará a lo largo del capítulo dos, abarcando temas como etapas de industrialización de una empresa, métodos, procesos de soldadura y avellanado, así como las diferentes maquinarias existentes para realizar estos procesos, dado a que esto dio el soporte teórico del proyecto a desarrollar en esta tesis.

A lo largo del capítulo tres se expondrán los estudios de tiempos y procesos de producción comprendidos entre ambas máquinas, diseño de herramental de robots, simulaciones virtuales de los diferentes desplazamientos del robot, propuestas de reacomodo del Layout. Posteriormente se presentará la selección de herramental, Layout y programación del robot, para cumplir con las tareas asignadas en ambas máquinas.

Posteriormente se presentará la introducción al uso de robots móviles dentro de la empresa, lo cual involucra los primeros pasos para usarlo, su uso dentro del área de soldadura, pruebas, diseño de plataformas para transporte de material y las primeras misiones ejecutadas por el robot dentro del área.

Los resultados se presentarán a lo largo del capítulo cuatro, en dónde se encontrará la instalación final dentro del área de trabajo, así como las mejoras obtenidas al implementar este proyecto dentro de la empresa.

Por último, las conclusiones obtenidas se desarrollarán en el capítulo cinco, así como el trabajo a futuro dentro de la empresa, iniciando el uso de robots móviles para el transporte de material a lo largo de las diferentes zonas de producción y futuros proyectos de automatización dentro del área de soldadura.

## Índice

1. Sobre la empresa.....	1
1.1 ThyssenKrupp.....	1
1.1.1 Thyssenkrupp Bilstein of America Inc.	
1.1.2 Primeros proyectos de automatización	
2. Marco teórico.....	6
2.1 Automatización de procesos industriales.....	6
2.1.1 Historia de la automatización	
2.1.2 Revolución Industrial	
2.1.3 Niveles de automatización	
2.1.4 Grados de automatización	
2.1.5 Elementos básicos de la automatización	
2.2 Proceso industriales.....	13
2.2.1 Tipos de procesos industriales	
2.3 Amortiguadores.....	14
2.3.1 Partes de un amortiguador	
2.3.2 Tipos de amortiguadores	
3. Desarrollo del proyecto.....	19
3.1 Descripción del proceso de producción comprendido entre las máquinas Acro1® y Punch Machine ® .....	19
3.1.1 Amortiguadores traseros	
3.1.2 Amortiguadores delanteros	
3.2 Estudio de trabajo de las máquinas.....	21
3.3 Estudio de tiempos de trabajo.....	22
3.3.1 Amortiguador trasero	
3.3.2 Amortiguador delantero	
3.4 Re-Diseño del <i>Layout</i> .....	24
3.4.1 Propuesta de <i>Layout</i>	
3.5 Simulaciones virtuales.....	27
3.5.1 Análisis de secciones del programa	
3.6 Diseño de herramental del robot.....	30
3.7 Primeras pruebas de campo.....	32
3.7.1 Segunda iteración de rediseño de <i>Layout</i>	
3.8 Selección de materiales para el herramental.....	34

3.9	Diseño final del herramental.....	36
3.10	Manufactura del herramental.....	37
3.11	Instalación del robot y maquinaria.....	38
	3.11.1 Soporte del robot	
	3.11.2 Banda transportadora	
	3.11.3 Glass Gun Machine ®	
	3.11.4 Conexión eléctrica	
3.12	Introducción al uso de robots móviles.....	40
	3.12.1 Primero pasos	
	3.12.2 Diseño de la plataforma transportadora	
	3.12.3 Introducción al uso del robot dentro del área de soldadura	
3.13	Pruebas de la instalación.....	45
	3.13.1 Mejoras y cambios	
3.14	Instalación Final.....	46
4.	Conclusiones.....	48
5.	Bibliografía.....	50

# Capítulo 1

## Sobre la empresa

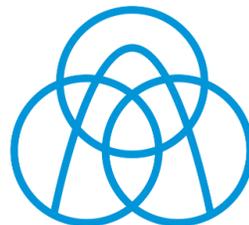
### 1.1 Thyssenkrupp®

Es una industria siderúrgica alemana, la cual en sus inicios empezó siendo la empresa más importante en Alemania dedicada a la fundición y forja de acero. Fue creada a partir de la fusión de dos empresas alemanas en 1999, una recopilación de los antecedentes históricos de cada una se encontrará a lo largo de la *Tabla 1.1*, Thyssen & Co® y Krupp® (*Imagen 1.1*).

*Tabla 1.1 Breve historia de las compañías Thyssen & Co® y Krupp®.*

Krupp	Thyssen
<ul style="list-style-type: none"><li>• Su historia se remota hasta 1811 cuando Friedrich Krupp fundó la fábrica de acero, comenzando producciones en 1816 de herramientas para curtidores, en 1833 desarrolló las primeras máquinas de laminación siendo sus principales competidores aquellas empresas dentro de Alemania, para después en 1834 expandirse al mercado internacional. Posteriormente en 1847 se dedica a la producción de ejes y muelles debido a su alta demanda y calidad que brinda la compañía.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En 1867 se funda Thyssen, Fossoul &amp; Co® en Duisburgo por August Thyssen, en ella se fabricaban aros de hierro para barriles y laminadoras de hierro, en 1891 August Thyssen se convierte propietario de la mina Gewerkschaft Deutscher Kaiser en Hamborn la cual sigue siendo su mayor área de producción en la actualidad de acero.</li></ul>

Se le considera una empresa transnacional con sedes alrededor del mundo, estableciendo en Alemania su sede matriz, la cual opera mediante 3 divisiones: producción de acero, fabricación de ascensores e ingeniería automotriz y manufactura de productos de ingeniería, las cuales se desarrollan en 6 áreas de producción *Diagrama 1.1*.

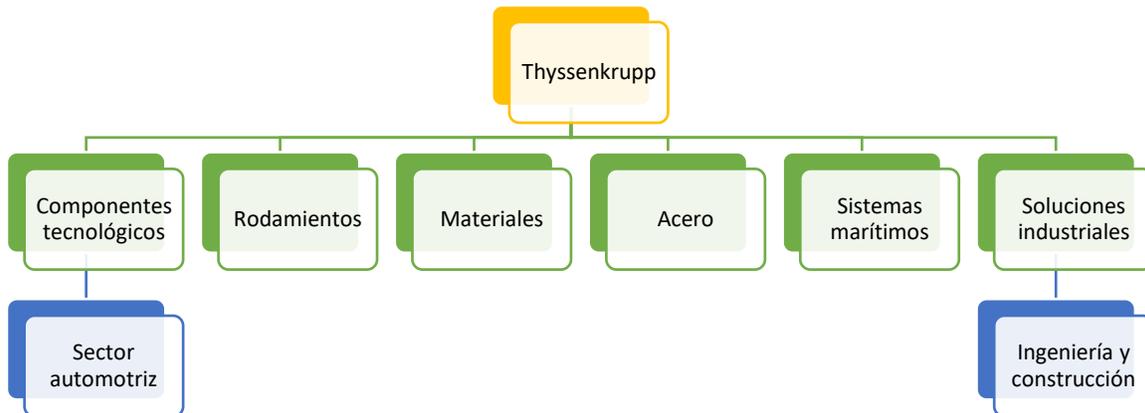


thyssenkrupp

*Imagen 1.1 Logo de Thyssenkrupp®.*

Actualmente cuenta con un número de 106,000 empleados alrededor del mundo, de 140 países diferentes, fomentado el trabajo en equipo, aprendizaje colectivo y el crecimiento, apoyandose de valores como el respeto, tolerancia y la comunicación entre sus trabajadores, cumpliendo siempre con sus compromisos ante la sociedad.

Diagrama 1.1 Organigrama de ThyssenKrupp®.



### 1.1.1 Bilstein of America Inc.

Es una de las subdivisiones de la compañía ThyssenKrupp® (*imagen 1.2*), fundada en 1873 por August Bilstein en Ennepetal, Alemania, en sus inicios se dedicó a la producción de herrajes de ventanas. En 1927 empezó a inspeccionar en el ámbito automotriz produciendo un parachoques para automóviles y gatos hidráulicos, sin embargo no fue hasta 1957 en donde produjo su primer amortiguador, siendo un parte aguas al ser el introductor del amortiguador de monotubo de gas a presión, sin tener idea del impacto que tendría en el futuro para brindar confort y seguridad a los ocupantes de un vehículo, teniendo como principales compradores a diferentes marcas automotrices como: Aston Martin®, Audi®, BMW®, Ford®, Jaguar®, Land Rover®, Lotus®, Mercedes®, Mitsubish®i, Nissan®, Opel®, Subaru® y Volkswagen®.

Hasta el día de hoy debido a su objetivo de brindar confort y teniendo a su vez un compromiso con los deportes de motor, se ha enfocado en impulsar su desarrollo brindando amortiguadores más sofisticados y con mayor ingeniería, provocando a su vez un aumento en su demanda y por lo tanto en su producción. Actualmente cuenta con 7 plantas alrededor del mundo, asignando a cada una de ellas un sector automovilístico en general así como diferentes marcas automotrices.



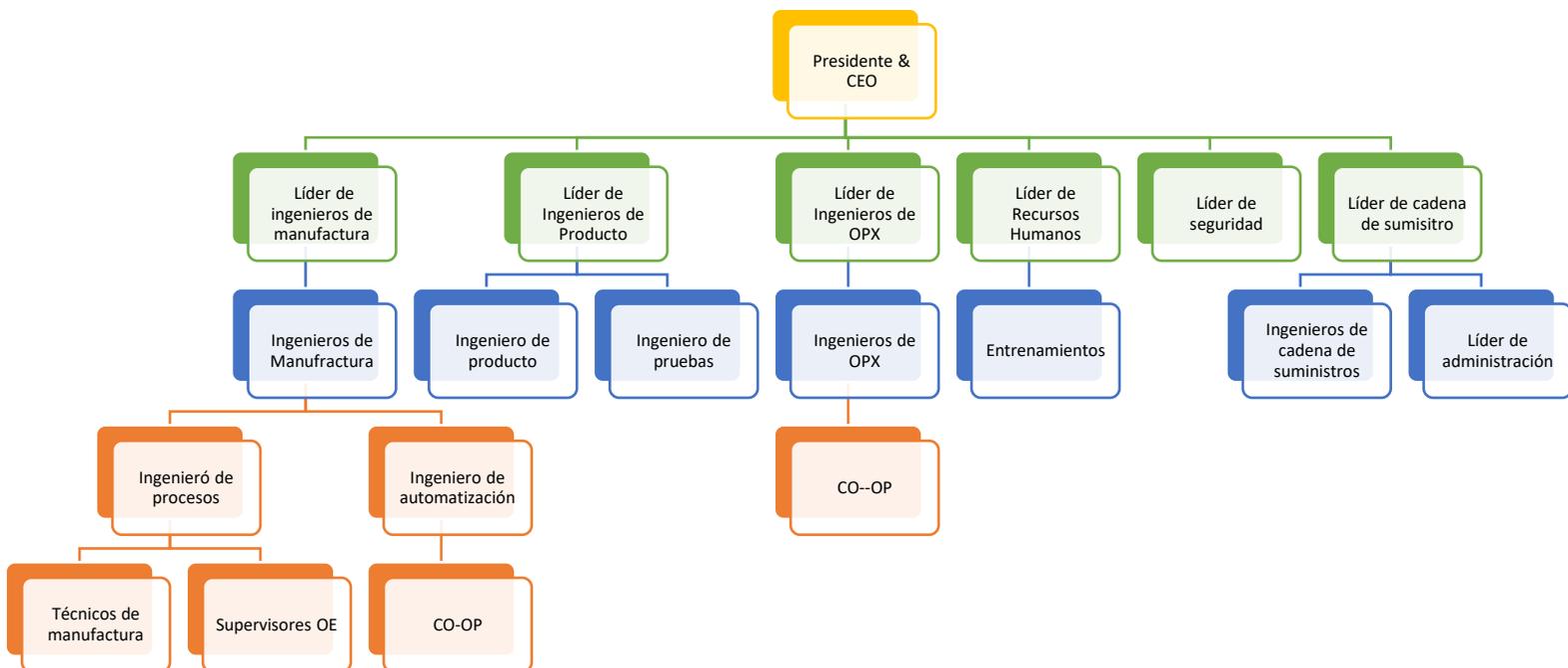
Imagen 1.2 Logo de Bilstein of America Inc. ®.

(thyssenkrupp Bilstein of America, Inc. | MANUFACTURING /  
PROCESSING / MACHINING - Greater Hamilton Chamber of Commerce,  
OH (hamilton-ohio.com))

## 1.1.2 Primeros proyectos de automatización

Debido a la alta demanda surgida en la planta ubicada en Ohio que la compañía posee, la ha orillado a agilizar su transformación de una industria 3.0 a una industria 4.0 la cual incluye la producción automatizada e interconectada, basada en el uso de sistemas cibernéticos CPS. Es por ello que a finales del 2017 e inicios del 2018, surge el equipo de automatización de la empresa dentro del área de ingeniería de manufactura *diagrama 1.2*, comandada principalmente por Herman Baker Jr, enfocando principalmente este trabajo en el área de soldadura, debido a que es el área mayormente operada por personas y la etapa inicial en la fabricación de un amortiguador.

Diagrama 1.2 Organigrama de Bilstein of America Inc.®.



Inicialmente en este equipo se incorporan CO-OP de las diferentes Universidades de Ohio, quienes se encargan de desallorar los diferentes proyectos dentro del área, ya sean mejoras de procesos de producción o automatización de áreas determinadas, sin embargo en el 2018 se extendió la invitación a la Universidad Nacional Autónoma de México para participar en uno de los proyectos comandándolo.

Los robots que fueron seleccionados para lograr la transformación a una industria 4.0 son los proveídos por Universal Robots® ya que poseen una plataforma interactiva de programación, dando la oportunidad de programar el robot sin tener que tener conocimientos amplios en lenguajes de programación de igual forma la misma compañía ofrece asistencia, cursos de capacitación, compatibilidad con otros proveedores de maquinaria y una gran diversidad de modelos que se adaptan a las diferentes aplicaciones dentro de la industria.

El primer modelo UR-10® utilizado dentro de la empresa se colocó en el área de tubos en la máquina T700®, ya que solía ser un área que requería de dos operadores para operar 3 máquinas, al empezar a utilizar este tipo de robot e inspeccionar en el ámbito de conectividad entre máquinas se logró operar la zona completa con 1 solo robot, y operador; aumentando la productividad del área, y reduciendo la cantidad de material desperdiciado al dar la oportunidad de realizar pruebas de calidad constantes.

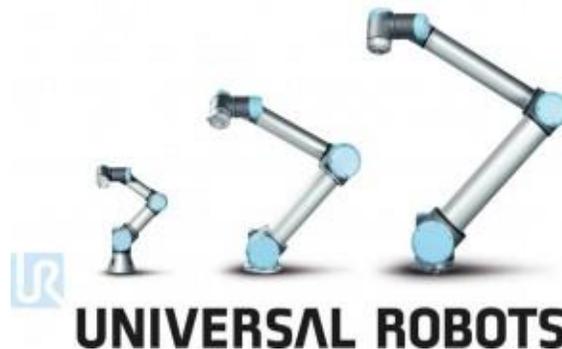
El comprobar la eficacia de los robots y compatibilidad con las personas abrió las puertas para seguir introduciendo su uso dentro de las diferentes áreas de la empresa como la de ensamble principal, a lo largo del año 2018 se abrieron 5 proyectos que implican la implementación de robots, 3 en la zona de soldadura y 2 en la zona de ensamble principal.

El desarrollo de cada uno de estos proyectos tiene una duración aproximada de 4 a 6 meses, debido a los diferentes procesos que implica su instalación como: rediseño de *layout*, diseño y manufactura de herramental de robot, reinstalación de máquinas, pruebas de calidad, estudio de tiempos de trabajo para fijar una meta, programación de máquinas y robot, pruebas y en algunos casos implican la adquisición de nueva maquinaria o bandas transportadoras para poder lograr el objetivo.

Uno de los objetivos planteados a mediados del 2018 fue la implementación de robots móviles, los cuales apoyan a los operadores de las máquinas con el suministro y desplazamiento de material en las diferentes máquinas de la zona de soldadura, en orden con los requerimientos de cada máquina, por medio de una aplicación móvil. Evitando la necesidad de parar la producción y la generación de cuellos de botella en la zona. Para ello fue seleccionada la compañía de robots Mobile Industrial Robots®, la cual a su vez cuenta con una compatibilidad con los robots de la compañía Universal Robots®, así como diferentes sistemas de seguridad, rastreo y la oportunidad de ser manejados desde algún dispositivo móvil.

## ***Universal Robots* ®**

Es una compañía fundada en el 2005 en Dinamarca por Esben Østergaard, Kasper Støy y Kristian Kassow, con el objetivo de brindar robots colaborativos (*Imagen 1.3*) para pequeñas y medianas empresas, vendiendo su primer robot en el 2008 caracterizado por ser ligero, flexible y principalmente por su fácil e interactiva plataforma de programación, así como de simulación 3D.



*Imagen 1.3 Universal Robots ® logo y ejemplos de modelos.*

([Universal Robots \(bakeryandsnacks.com\)](http://UniversalRobots.com))

En el 2012 lanza la primera generación de robots UR10 enfocados en brindar una mayor capacidad de carga y alcance, para posteriormente lanzar uno de sus elementos más pequeños el UR3 el cual es un brazo robótico enfocado en ensamble ligero con una capacidad de carga máxima de 3 kg.

## **Mobile Industrial Robots ®**

El primer modelo de MiR Robots® fue presentado en el 2011 por su fundador Niels Jul Jacobsen usando bloques de LEGO®, sin embargo, no fue fundada hasta Mayo del 2013 en Dinamarca. En el 2015 fueron producidos y vendidos los primeros MiR100® robots, siendo este el inicio de la comercialización y aparición en los mercados de los productos de la compañía.

Esta empresa se caracteriza por ser de las primeras en brindar robots autónomos móviles (*imagen 1.4*) para optimizar la productividad en operaciones que conciernen actividades de manufactura y producción. Teniendo diferentes sistemas de seguridad, tamaño, velocidades y siendo caracterizados principalmente por su eficiencia en toma de decisiones, fácil incorporación al ambiente de trabajo y su interactiva plataforma de programación.



*Imagen 1.4 Mobile industrial robots® logo y ejemplos.*

(MOBILE INDUSTRIAL ROBOTS (MiR) IRRUMPE CON FUERZA EN EL MERCADO  
MEXICANO – MNI NOTICIAS)

Una característica principal de estos robots es su amplia compatibilidad con diferentes proveedores de accesorios para su uso, o el fácil diseño de estos para las diferentes aplicaciones, de igual forma posee una interfaz que les permite comunicarse con robots de la línea Universal Robots®, brindando la oportunidad de poder colocar uno de estos robots sobre los robots móviles y poder realizar tareas que implican el desplazamiento de estos.

# Capítulo 2

Marco Teórico

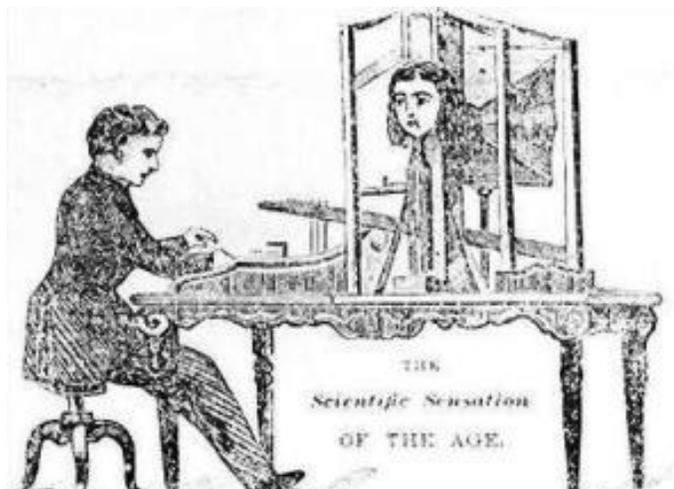
## 2.1 Automatización de procesos industriales

La automatización industrial es un método de control a cargo de todo o una parte en específico de un proceso de manufactura, reduciendo la intervención humana en los procesos, utilizando en su lugar principalmente sistemas: mecánicos y eléctricos.

### 2.1.1 Historia de la automatización

Su historia se remonta al antiguo Egipto, en donde existían estatuas las cuales eran capaces de emitir fuego a través de sus diferentes orificios, en otros casos algunas estatuas tenían la capacidad de mover sus brazos con ayuda de los sacerdotes argumentando que era el deseo de sus dioses, por otra parte, los griegos construían estatuas que a diferencia de los egipcios podrían ser operadas con sistemas hidráulicos, los cuales cautivaban a los adoradores de los templos.

Posteriormente en 1280 Alberto Magno poseía uno de los primeros autómatas de los que se tienen registros, dicho ser estaba hecho de metal y ayudaba con las labores caseras, otro ejemplo de entre sus varias posesiones era una cabeza parlante (*Imagen 2.1*).



*Imagen 2.1 Cabeza parlante de Alberto Magno.*

[Una cabeza parlante en Quito | Ciencia Ficción en Ecuador \(wordpress.com\)](#)

Sin embargo, no fue hasta 1482 en dónde Leonardo Da Vinci , quién es considerado el más famoso inventor del renacimiento, así como un genio universal, realizo grandes aportaciones a la historia de la arquitectura, ciencia, botánica, ingeniería, entre otras, ya que fue él el primero que diseño dos autómatas de los que se tenga registro, el primero estaba formado por una armadura medieval con mecanismos internos que le permitían moverse y el segundo era un león mecánico.



*Imagen 2.1 Autómata de Leonardo Da Vinci.*

[Pin en miscelanea \(pinterest.es\)](#)

Posteriormente a lo largo de los siglos XVII y XVIII se construyeron muñecos mecánicos los cuales simulaban ser robots, entre los que destacan los creados por Jacques de Vaucanson quien era un relojero, pero también poseía conocimientos de música, anatomía y mecánica, facilitándole el trabajo de crear músicos autómatas de tamaño humano con los que buscaba divertir a las personas.

En 1721 Pierre Jaquet – Droz, quién es considerado como el mejor inventor de autómatas de la historia, creo tres de sus principales trabajos: el pianista, el dibujante y el escritor (*Imagen 2.3*) los cuales causaron asombro en más de un continente, y fueron presentados en La Chaux de Fonds en 1774.



*Imagen 2.3 Autómatas de Pierre Jaquet – Droz.*

[Autómatas de Jaquet-Droz | IDIS \(proyectoidis.org\)](http://proyectoidis.org)

Las próximas aportaciones a lo largo del siglo XVII iniciaron con la muñeca mecánica de Henri Maillardet, la cuál era capaz de hacer dibujos, en ella se utilizaban levas para lograr dicha acción, a lo largo de este siglo la mayores aportaciones giraban en torno a la mecanización la cuál fue de las mayores aportaciones a la historia de la automatización, ya que tenía como objetivo la simplificación del trabajo, siendo aplicadas por primera vez en las máquinas de tejido controladas por tarjetas perforadas, estas fueron creadas por Basile Bouchon y Jean Baptiste Falco, y las máquinas especiales para el corte de metal.

En la década de 1920 la industria automotriz fue el parteaguas entorno a los conceptos de un sistema de automatización integrado, ya que el objetivo de los sistemas de línea de montaje era reducir precios siendo este el sistema de producción con la que la mayoría de las personas asocia con el termino automatización.

En 1940 surgen los controles hidráulicos, neumáticos y electrónicos para máquinas de corte automáticas los cuales fueron grandes aportaciones y los primeros indicios para las máquinas y computadoras que se poseen hoy en día, por último 1945 John Parsons comienza una investigación sobre el control numérico, el cual es un concepto que está en continua evolución.

### **2.1.2 Revolución Industrial**

Fue un proceso iniciado en el siglo XVIII con origen en Inglaterra, el cuál obligo a la humanidad a cambiar la mano de obra para la realización de tareas como la agricultura, ganadería o producción artesanal a métodos mecanizados con el fin de fomentar la producción industrial. Esto debido al acelerado proceso de urbanización dentro del país, aumentando la demanda de recursos y a su vez alterando las estructuras económicas y sociales. Posteriormente este movimiento se extendió por otros países y continentes a lo largo del siglo XIX y XX, convirtiéndose en un movimiento que marco la historia de los países considerados como grandes potencias económicas del momento.

Antes que el proceso de industrialización iniciara, la manera de elaborar las diferentes tareas de producción se seguían haciendo de la misma forma que la habían hecho los antepasados, para que se produjera la revolución industrial era necesario que las máquinas no solo sustituyeran el trabajo manual, sino que también abrieran las puertas a la creación y ampliación de las fábricas (*Imagen 2.4*), su principal factor fue el acelerado crecimiento de la población, lo que significaba que habría más gente para trabajar en la industria y por ende la demanda de artículos básicos, sería mayor, las razones de este crecimiento se debieron al descenso de la tasa de mortalidad, debido a los avances en medicina e higiene así como las mejoras en la alimentación de las poblaciones.



*Imagen 2.4 Inglaterra con algunas de sus fábricas.*  
[Segunda Revolución Industrial - Wikipedia, la enciclopedia libre](#)

### **2.1.3 Niveles de automatización**

Para conocer el grado o nivel de automatización que se ha de aplicar a un proceso de manufactura se toman en cuenta dos factores principales : factor económico y tecnológico los cuales comparten como punto de partida el objetivo a alcanzar, existen 4 niveles (*Imagen 2.5*) fundamentales de la automatización que son:

## **Nivel 1**

Se trata del nivel más bajo de automatización. En ella se encuentran los actuadores, sensores y otros elementos de hardware que forman una máquina, en él se adquieren los datos del proceso mediante los sensores y actuadores a los cuales se les conoce como dispositivos de campo.

## **Nivel 2**

A diferencia del nivel 1, este nivel está formado por las máquinas individuales que intervienen en el proceso productivo, por lo tanto, aquí se encuentran los controladores lógicos programables (PLCs), los sistemas de control numérico de las máquinas, los robots industriales, los computadores industriales, etc.

## **Nivel 3**

El nivel 3 se encuentran los sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), así como las interfases hombre-máquina (HMI). En él, los datos de proceso se supervisan a través de interfases de usuario, y se almacenan en bases de datos. El SCADA se utiliza típicamente para controlar múltiples máquinas en procesos complejos, incluyendo procesos que involucran múltiples sitios.

## **Nivel 4**

El cuarto nivel se le llama nivel de operación o de planificación. En él se monitoriza todo el proceso de fabricación en una planta o fábrica desde las materias primas hasta el producto acabado. Esto permite ver exactamente lo que está sucediendo y les permite tomar decisiones basadas en esa información, dando la oportunidad de ajustar los pedidos de materias primas o los planes de envío basándose en datos reales recibidos de los sistemas, en este nivel se suele utilizar un sistema de gestión informática conocido como MES (Manufacturing Execution System).

## **Nivel 5**

Este nivel de gestión utiliza el sistema de gestión integrado de las empresas que se conoce como ERP (Enterprise Resource Planning) o planificación de recursos empresariales. Aquí es donde la alta dirección de una empresa puede ver y controlar sus operaciones. El ERP suele ser un conjunto de aplicaciones informáticas que pueden ver todo lo que sucede dentro de una empresa. Utiliza toda la tecnología de los niveles anteriores y algunos programas más para lograr este nivel de integración. Esto permite a la empresa ser capaz de monitorear todos los niveles del negocio desde la fabricación, las ventas, las compras, las finanzas y la nómina, entre muchos otros. Mientras que el MES supervisa y controla una sola planta, ERP proporciona supervisión, informes y control para corporaciones enteras.

Es importante recalcar que todos los niveles dependen uno de otro es por ello que será necesario pasar por cada uno hasta alcanzar el nivel de gestión.

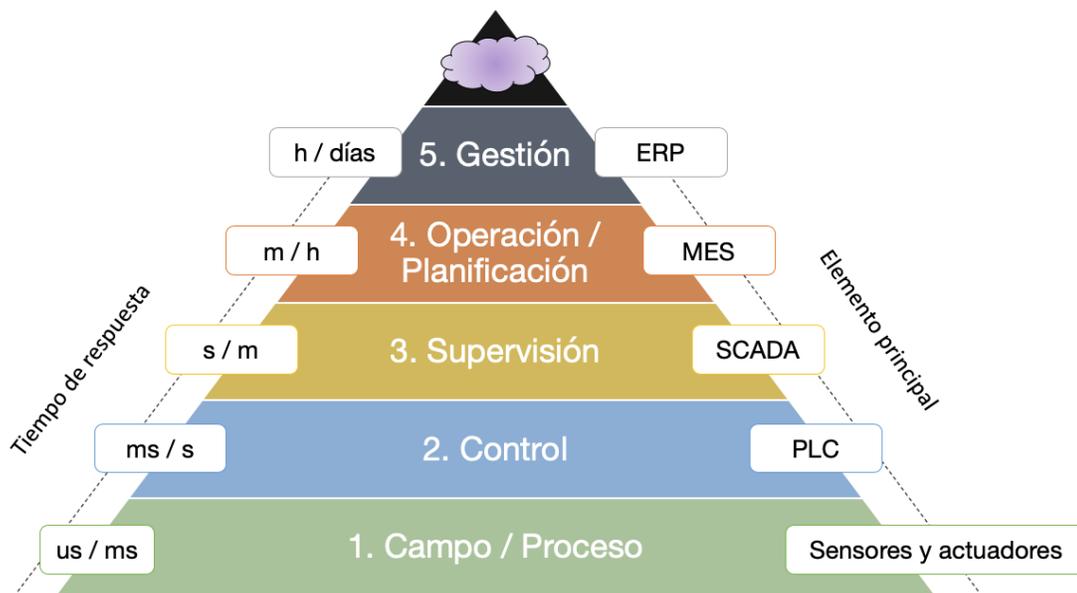


Imagen 2.5. Niveles de automatización.

[1.3 Automatización industrial | Introducción a la Automatización Industrial \(bookdown.org\)](#)

### 2.1.4 Grados de automatización

La automatización industrial se realiza en orden con el grado de producción y tipo de sistema con el que se trabaja, por ello se le considera como fija o rígida, flexible y programable, de igual manera el grado de automatización depende de la variedad de productos que se buscan manufacturar.

La automatización industrial rígida es aquella en la que la secuencia de las operaciones es determinada por la configuración de los equipos utilizados, suele ser rentable para la producción de grandes series de productos iguales (normalmente productos de gran demanda) y se asocia a una distribución basada en el producto, opera con series altas o muy altas de piezas con altos valores de productividad y pocos cambios en el proceso de producción.

Por otra parte, la automatización flexible, también denominada programable, permite cambiar el producto fabricado mediante un cambio en las ordenes de control del sistema, con alteraciones mínimas o nulas en el sistema de fabricación, por tanto, los equipos se adaptan a la fabricación de productos diferentes modificando la secuencia de operaciones mediante el cambio de un programa, normalmente opera productos en las que la fabricación es organizada por lotes de producto.

Por último, la automatización programable es asociada con lotes pequeños de piezas, por lo cual el proceso puede ser modificado en orden con la demanda, modelos y necesidades del cliente.

## **2.1.5 Elementos básicos de la automatización**

### **Sensores**

Son elementos que proveen información sobre el estado de un sistema (señales de entradas), y la entregan al sistema de control para que pueda ser procesada y lograr tomar una decisión según sea el caso, pueden clasificarse en diferentes grupos:

Sensores de presencia: Se clasifican en dos tipos, con contacto los cuáles responden a la acción de una fuerza externa ( directa o indirectamente), y sin contacto, quienes permiten realizar la detección a distancia de un objeto, en función de algunas de sus propiedades. Algunos ejemplos sería los micro switches, finales de carrera sensores piezoeléctricos, entre otros.

Activos.- Emiten energía a partir de la transformación realizada, dentro de este tipo de sensores se pueden citar a los termopares, cristales piezoeléctricos, etc.

Pasivos.- Reciben energía para realizar la transformación, en este grupo están los termistores (su resistencia varía en función de la temperatura), micrófonos de condensador, los fotodiodos, etc.

### **Actuadores**

Son dispositivos, que realizan acciones siguiendo las órdenes del sistema de control, dichos dispositivos transforman energía eléctrica en energía mecánica. Su principio de funcionamiento se fundamenta en el efecto que produce una espira conductora que se encuentra dentro de la acción de un campo magnético y por la que circula una corriente eléctrica, generando una fuerza electromagnética, la cual induce un desplazamiento perpendicular a las líneas de acción del campo magnético.

### **Máquinas de herramienta**

Es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a piezas sólidas, principalmente metales, su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias.

### **Máquinas transfer**

Son máquinas especialmente construidas para fabricar una pieza determinada, a una alta velocidad de producción, constan de varias estaciones de mecanizado sucesivas, en donde las piezas van siendo mecanizadas, de manera que los tiempos de cada estación se superponen. También hay una estación de carga y de descarga, cuya operación se lleva a cabo al mismo tiempo que las operaciones de mecanizado.

### **Robot industrial**

Es un manipulador programable en tres o más ejes con varios propósitos, controlado automáticamente y reprogramable. Permite utilizar varias herramientas de forma secuencial y es adaptable, así como movable para los distintos procesos de producción que se realizan.



*Imagen 2.6. Robots industriales.*

[Menor demanda de robots industriales en México | Plastics Technology México \(pt-mexico.com\)](http://pt-mexico.com)

## **2.2 Procesos industriales**

Un proceso industrial es un conjunto de operaciones de transporte y transformación que se llevan a cabo en mayor o menor tiempo para poder crear, fabricar materias primas para obtener un producto final, siendo dividido en diferentes fases, entre las cuales destacan 5 principales:

- Contacto con la materia prima y manipulación de esta.
- Trabajos de acondicionamiento para transformar la materia prima en cuestión.
- Proceso de transformación propiamente dicho con las técnicas correspondientes.
- Separación de la materia prima para convertirla en producto.
- Creación de los productos finales.



*Imagen 2.7. Procesos industriales.*

[Procesos industriales, conceptos generales obligatorios \(infaimon.com\)](http://infaimon.com)

### **2.2.1 Tipos de procesos industriales**

Procesos continuos : Son procesos ininterrumpidos en el tiempo en los que se manipulan básicamente variables analógicas. En ellos las variables miden y regulan de manera continua, se utilizan principalmente en las industrias de la energía o química.

Procesos discontinuos: Son muy parecidos a las anteriores, aunque el proceso de transformación se realiza en un menor tiempo, ya que se cambia de producto con frecuencia y facilidad, son empleados en la industria del papel o de los alimentos en donde se suelen hacer uso en mayor medida de estas operaciones.

Procesos por lotes: Es el proceso más antiguo que existe, debido a que se lleva a cabo a través de una secuencia claramente definida. En el primero se mezclan primero la materia prima y posteriormente transformarla con unas condiciones específicas. Se sacan los productos en lotes y luego, se extraen de manera individual, suele ser aplicada con mayor frecuencia en la industria farmacéutica o la textil suelen utilizar estas operaciones.

Procesos discretos: El producto de salida se obtiene a partir de una serie de acciones que suceden de acuerdo con las reglas lógicas preestablecidas, y se utilizan para crear un solo producto a la vez, usualmente son aplicados en productos de grandes dimensiones, como los aviones.

## **2.3 Amortiguadores**

El amortiguador es uno de los elementos más importantes del vehículo, ya que es el encargado de brindar confort a los pasajeros, adaptándose a las irregularidades del camino. La historia del amortiguador va ligada con la evolución del automóvil, sin embargo, este surge a partir de la necesidad de mejorar el confort, el cual se ve afectado conforme los automóviles adquieren mayores velocidades e implementan más elementos a sus diseños.



*Imagen 2.8 Amortiguador de fricción.*

(Amortiguadores y suspension.pdf)

El primer amortiguador surge en los años 1898 y 1899, cuando se empleaban sistemas de suspensión basados en ballestas, las cuales generaban vibraciones que alteraban la maniobrabilidad del vehículo y disminuían su confort, en sus inicios el amortiguador era un mecanismo de dos brazos unidos (*Imagen 2.8*) mediante un tornillo con un disco de fricción entre ellos, en el su resistencia podría ser ajustada apretando o aflojando el tornillo, sin embargo, una de sus grandes desventajas era su corto tiempo de vida, ya que, al tener materiales constantemente sometidos a fuerzas de fricción muy grandes, se desgastaba rápidamente alterando su comportamiento en orden con su desgaste.

Posteriormente surgió el amortiguador de Gabriel Snubber (*Imagen 2.9*), el cual empleaba una correa y frenos ajustables para producir una resistencia que se oponía a la elevación vertical de la llanta, sin embargo, este tipo de amortiguador solo funcionaba a extensión por lo cual no era un sistema muy convencional.



*Imagen 2.9 Amortiguador de Gabriel Snubber.*

Historia de los amortiguadores – Cabra Suspension  
Development

Sin embargo, fue hasta 1901 que CL Horock creo el amortiguador telescópico (*Imagen 2.10*), el cual es el concepto básico de los amortiguadores comerciales, su funcionamiento se basa principalmente en un cilindro que tiene adentro un pistón el cual, con ayuda de una válvula principal con orificios, con aceite en una de sus cámaras y gas en la otra; permitirá generar la relación de compresión y elongación en función a las fuerzas generadas en la llanta al deformarse al transitar por la vía.



*Imagen 2.10 Amortiguador Telescópico.*

Grupo De Los Deportes Automovilísticos Amortiguadores Con Resortes Rojos, Aislados En  
Fondo Blanco Fotos, Retratos, Imágenes Y Fotografía De Archivo Libres De Derecho. Image  
43858274. (123rf.com)

### 2.3.1 Partes de un amortiguador

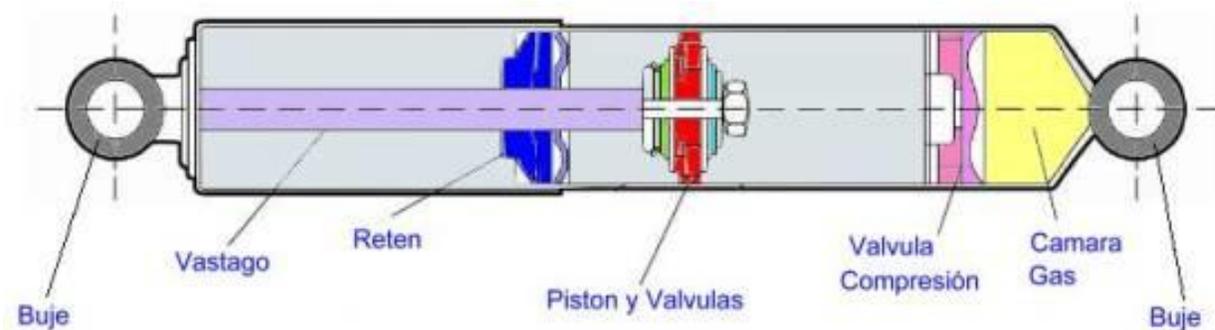


Imagen 2.11 Parte de un amortiguador.

[Amortiguadores y Resortes notas tecnicas \(centrocapemi.com\)](http://centrocapemi.com)

Actualmente todos poseen los mismos elementos que el amortiguador monotubo (*Imagen 2.11*), dichas partes se enlistan a continuación:

**Parachoques** – Prevén el contacto metal con metal, cuándo el amortiguador está completamente extendido, evitando ruidos y vibraciones.

**Cojinetes** - Es un caucho moldeado con funda de metal, el cual está sujeto a la parte de metal del amortiguador junto con el conjunto del cuerpo, dicho caucho aísla al vehículo de las vibraciones.

**Bujes** – Es un anillo o agarradera de metal soldados en la parte externa del tubo en sus extremos, sirven para montar el amortiguador en el vehículo, se encuentran en los extremos del amortiguador.

**Guardapolvo** – Protege al vástago del pistón del amortiguador del medio ambiente.

**Vástago** – Es un eje de acero cromado de alta resistencia, provee el eje de montaje para el ensamble principal, y debe de ser capaz de resistir las fuerzas de impacto a las que el amortiguador es sometido.

**Pistón divisor** – Se encarga de separar las cámaras en dónde se coloca el aceite de las cámaras de gas.

**Cámara de gas** – Es la cámara en dónde se coloca el nitrógeno presionado.

**Cámara de aceite** – Es la cámara en dónde se coloca el aceite .

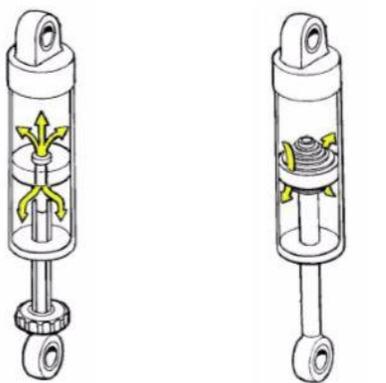
**Ensamble de conjunto de válvulas** – Está formado por el pistón, las válvulas de compresión y rebote, tuercas y rondanas, las cuales generan la fuerza de amortiguamiento por medio de la resistencia de flujo de aceite a través del pistón mientras este se mueve.

### 2.3.2 Tipos de amortiguadores

A partir de que el amortiguador telescópico brindó las bases necesarias para el desarrollo y uso de amortiguadores en los automóviles, son muy pocos los cambios significativos a través de los años que se han implementado en el modelo inicial, uno de ellos fue el origen de dos tipos de amortiguadores:

#### Amortiguadores Monotubo

Son básicamente el primer diseño de amortiguadores telescópicos, en donde sus componentes principales, son un cilindro el cual tiene un pistón en la parte de adentro, en donde a su vez se encuentra aceite hidráulico (*Imagen 2.12*).



*Imagen 2.12. Ilustración del funcionamiento de un amortiguador Monotubo.*  
[Sistema de Suspensión en los Vehículos \(ingemecanica.com\)](http://ingemecanica.com)

En el pistón existen orificios y válvulas comprimidas, las cuales permiten y regulan el paso del aceite de un extremo al otro a lo largo del tubo, estos orificios representan el paso permanente, los cuales son orificios fijos por donde circula el aceite cuando el amortiguador se comprime, por otro lado las válvulas de paso de apertura por presión son aquellas que requieren que se ejerza una fuerza sobre ellas para abrirse, siendo proporcional a la cantidad de aceite que pasa a través de ellas.

#### Amortiguadores Bi- tubo

Una de las principales ventajas de este tipo de amortiguadores (*Imagen 2.13*) es que brinda las mismas condiciones de operación que un monotubo, con la diferencia que posee dimensiones más pequeñas, ideales para vehículos con un espacio reducido para su colocación o mantenimiento; a pesar de que el principio de funcionalidad es el mismo, en este tipo de amortiguadores se involucra el uso de dos tubos o cilindros ( uno dentro de otro), dos cámaras y una válvula en la base del amortiguador conocida como “válvula de pie”; en donde su funcionamiento de compresión y extensión es el siguiente:



*Imagen 2.13. Amortiguador Bi-tubo.*

Kit de amortiguadores BITUBO delante y detrás | SIP-  
Scootershop.com (sip-scootershop.com)

**Compresión:** Cuando el pistón penetra, se va a desplazar al lado opuesto de donde se encontraba, continuando su camino a través de la válvula de pie hasta llegar a la cámara de reserva que se encontraba en el contorno del tubo principal, desplazando el gas que se encuentra en ella.

**Extensión:** Cuando el vástago tira del pistón hacia arriba, el aceite que se quedó en la cámara principal se comprimirá y pasará a través de las válvulas fijas, provocando un vacío el cual tenderá a absorber el aceite que se había dirigido a la válvula de reserva y regresará sin hallar resistencia por la válvula de pie a la cámara inferior del tubo principal compensando el volumen liberado por el vástago.

# Capítulo 3

## Desarrollo del proyecto

El área de soldadura comprende la primera fase de las 3 etapas comprendidas para la fabricación de un amortiguador, en ella se llevan a cabo procesos de preforma y soldadura, de acuerdo con el proceso de manufactura asignado a cada departamento de la empresa, este trabajo se enfoca en la sección comprendida entre las máquinas Acro I® y Punch Machine®, como primera justificación se analizaron los procesos de manufactura que se llevan a cabo en cada máquina, los tiempos de trabajo, así como los modelos fabricados.

Todos los tubos utilizados en la fábrica son abastecidos por un proveedor en específico el cual los entrega cortados en un calibre y tamaño determinado para los diferentes modelos de amortiguadores fabricados, una vez que llegan son llevados a una máquina localizada dentro del área de soldadura, en donde son sometidos al proceso de cierre de un extremo del tubo por compresión, para ser distribuidos posteriormente a las diferentes zonas de soldadura y avellanado dentro de la empresa.

Una vez hecho esto los tubos son llevados al área de lavado para ser limpiados por dentro y fuera, eliminando residuos generados en cualquiera de los procesos anteriores, posteriormente son transportados al área de ensamble principal, en donde es colocado un ensamblé interno encargado de dar las propiedades de amortiguamiento, de igual manera son llenados de aceite y gas, por último, son cerrados en el extremo faltante.

Antes de ser pintados se llevan al área de pruebas de calidad en donde se verifica que el rango de amortiguamiento este dentro de los parámetros, en caso de estarlo se trasladarán al área de pintura y por último al departamento de empaquetado y distribución (Diagrama 3.1).

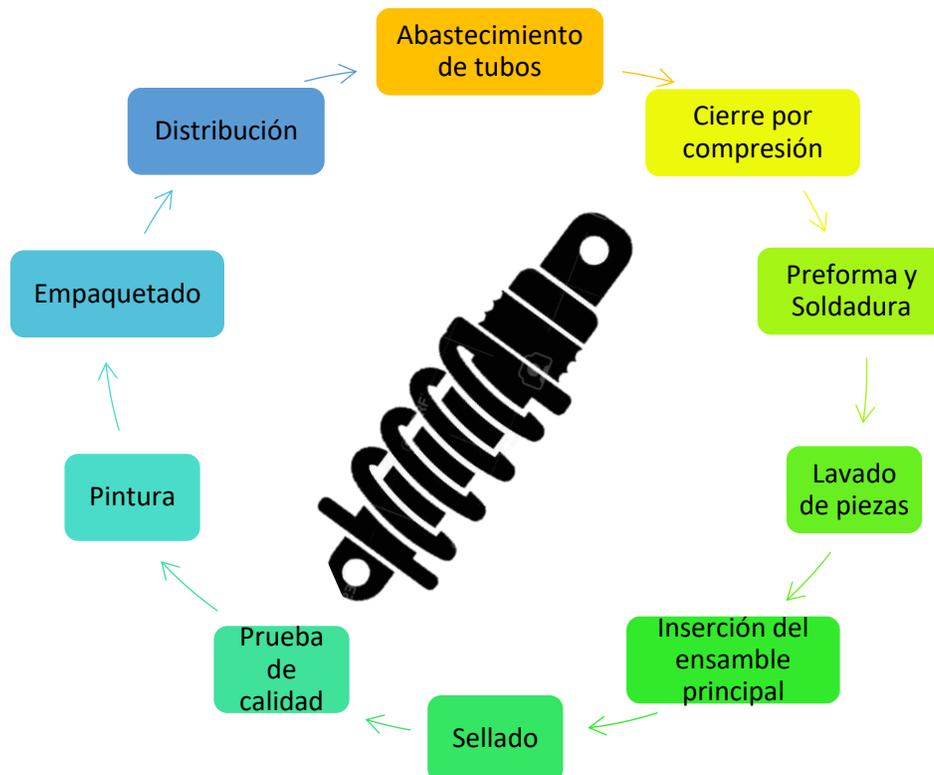
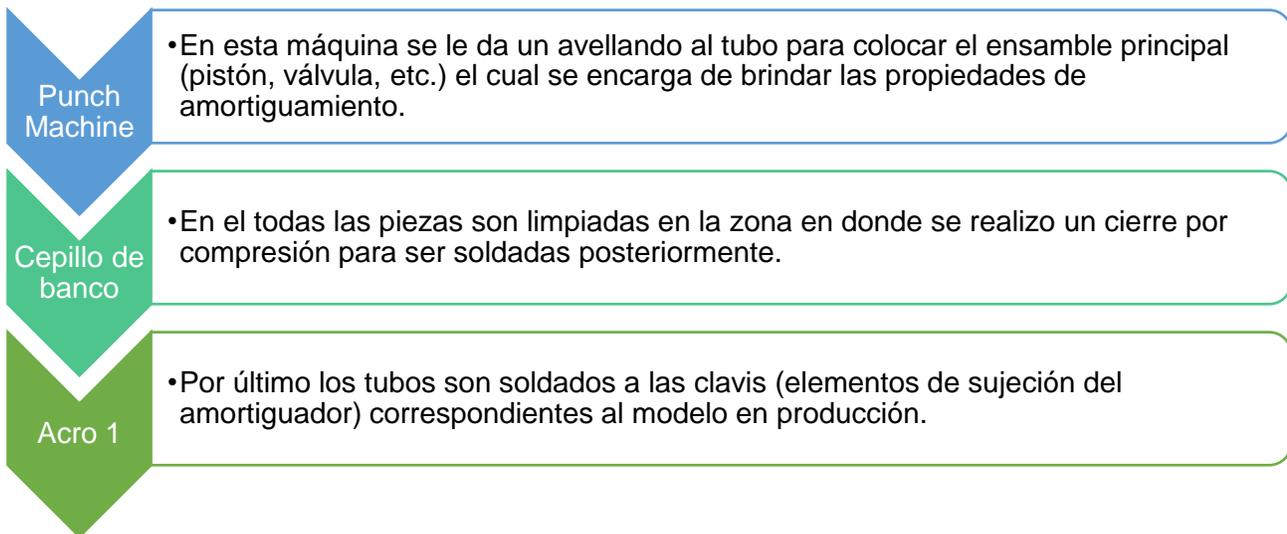


Diagrama 3.1 Ciclo de producción de un amortiguador.

# 3. 1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN COMPENDIDO ENTRE LAS MÁQUINAS ACRO1® Y PUNCH MACHINE®

## 3.1.1 Amortiguadores traseros

En el área comprendida por las máquinas Acro 1® y Punch Machine® se manejan 3 diferentes modelos de amortiguadores traseros, lo que implica un cambio de adaptador en cada máquina para la producción de cada pieza, todos los tubos son trabajados primero en la Punch Machine® y después se llevan a Acro 1®, sin embargo, antes de esto se limpian para eliminar cualquier impureza (*Diagrama 3.2*).



*Diagrama 3.2 Descripción de procesos por máquina.*

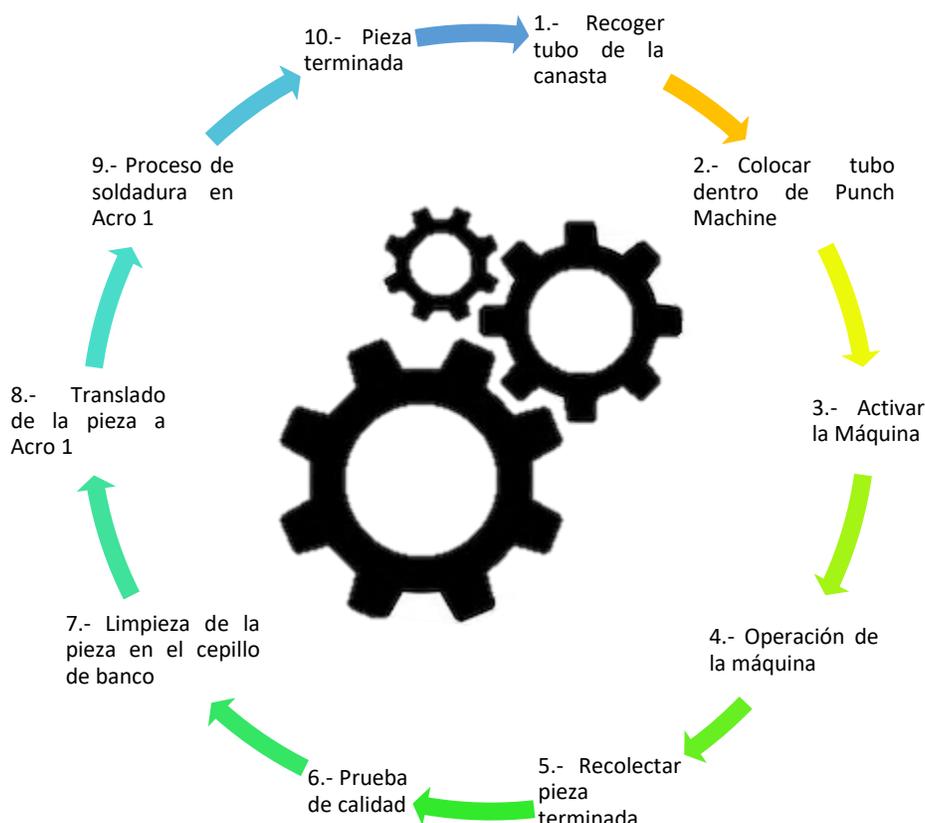
Como medidas de seguridad ambas máquinas cuentan con sensores y accionadores táctiles, ambos se encuentran en la parte frontal de la máquina permitiendo accionarla sólo cuando el operador se encuentra fuera del área de trabajo, cuando se requiere un cambio de adaptador o programa es necesario detener la máquina para poder realizarlo.

## 3.1.2 Amortiguadores delanteros

A diferencia de los amortiguadores traseros, los amortiguadores delanteros solo requieren ser limpiados en el cepillo de banco para ser soldados posteriormente en Acro 1®, trabajando solamente con dos modelos.

## 3.2 ESTUDIO DE TRABAJO DE LAS MÁQUINAS

Para dar inicio con el proceso de automatización fue necesario estudiar la manera de operación de las máquinas, para de esta forma plantear las posibles trayectorias de movimiento del robot, para ello fue necesario trabajar directamente con los operadores de mayor experiencia de cada turno encargados de operar las máquinas, de ellos se recibió la capacitación necesaria para conocer el proceso de operación (*Diagrama 3.3*), pruebas de calidad realizadas a las piezas, mantenimiento, cambio en la programación y adaptadores de las máquinas de acuerdo al modelo en producción. El aprender la manera de manejo de las máquinas ayudo también a realizar las pruebas presenciales con el robot dentro del área del trabajo.



*Diagrama 3.3 Ciclo de trabajo de producción.*

En esta etapa del estudio uno de los principales aspectos que se observaron fue la manera en la que los operadores tomaban el tubo de la canasta y lo colocaban dentro de la Punch Machine® para posteriormente sacarlo y probarlo en las donas de tolerancia diametral que se encuentran junto a la máquina. Este proceso se realizó con tres diferentes operadores, los cuales fueron grabados para lograr observar con mayor detenimiento la forma en que operaban la máquina y empezar a trabajar en el diseño del herramental que se colocó en la cabeza del robot para sujetar la pieza en producción.

## 3.3 ESTUDIO DE TIEMPOS DE TRABAJO

### 3.3.1 AMORTIGUADOR TRASERO

Para saber si era necesario incorporar el uso de robots UR-10®, se realizó un estudio de tiempo de producción para analizar los tiempos reales respecto a los esperados, de esta manera se justificaría la importancia de este proyecto. Esto se realizó en conjunto con los ingenieros de trabajo del área de OPX (departamento de control de calidad y logística) , teniendo dos casos de estudio: el primero implica tener un operador por cada máquina y el segundo un operador para ambas máquinas.

En la *Tabla 3.1* se presentan las tareas asignadas a cada operador y el tiempo que les tomó completarlas dependiendo el caso de estudio, en estas tareas se contempló la presencia predeterminada del material, de igual forma la presencia nula de distracciones externas.

Tabla 3.1 Tareas realizadas por operadores para amortiguadores traseros.

No. Operador \ Tiempos	Caso 1	Caso 2
<b>Operador 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opera máquina PM</li> <li>- limpieza de tubos</li> <li>- Traslada el material a Acro1®</li> <li>- Pruebas de calidad diametral</li> <li>- Cambio de programas y adaptadores de la máquina en caso de cambio de pieza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opera máquina PM</li> <li>- Limpieza de tubos</li> <li>- Traslada el material a Acro1®</li> <li>- Pruebas de calidad diametral</li> <li>- Cambio de programas y adaptadores de la máquina en caso de cambio de pieza</li> <li>- Opera Acro1®</li> <li>- Pruebas de calidad longitudinales</li> </ul>
<b>Operador 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opera Acro 1®</li> <li>- Pruebas de calidad longitudinales</li> </ul>	
<b>Tiempo</b>	33 s	56 s

De acuerdo con el estudio realizado por OPX® el ciclo de producción debería tener una duración de 22 s, en donde 15s contemplan el proceso comprendido entre Acro1® y la Punch Machine®, el cepillo de banco y la prueba de calidad realizada en PM, al observar los resultados arrojados por el estudio, se puede concluir en primera instancia que el ciclo de trabajo no cumple con el tiempo esperado, siendo necesario el empleo de un operador por máquina para reducir los tiempos de producción, sin embargo esto no es posible ya que a veces la demanda de producción es mayor en otras áreas, por lo cual los operadores son rotados entre las diferentes máquinas y áreas de producción, siendo este un factor que repercute en el empleo de una máquina, ya que a veces los operadores no tienen la completa noción del proceso para realizar el cambio de adaptadores de las máquinas u operación provocando que soliciten ayuda a operadores de mayor experiencia lo que a su vez provoca un aumento en el tiempo de producción en otras áreas.

Por otra parte, a pesar de que en el estudio no se contempló el factor de movilidad del material, es algo a considerar ya que en caso de ser necesario el operador tendría que parar la producción de la máquina para ir por más material ya que no se cuenta con un personal en específico para proveer a las máquinas de material, es por ello que igual se observó un área de oportunidad para introducir el uso de otro tipo de robots para cumplir con esta tarea.

### 3.3.2 AMORTIGUADOR DELANTERO

Como se mencionó anteriormente la producción de los amortiguadores delanteros solo comprende el uso del cepillo de banco y Acro 1®, por lo cual haciendo el mismo estudio que con los amortiguadores traseros y tomando las mismas consideraciones se llegó a los resultados mostrados en la *Tabla 3.2*.

Tabla 3.2 Tareas realizadas por operadores para amortiguadores delanteros.

NO. OPERADOR\TIEMPOS	CASO 1	CASO 2
<b>OPERADOR 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LIMPIEZA DE TUBOS</li> <li>- TRASLADO DE PIEZAS LIMPIAS A ACRO 1®</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- LIMPIEZA DE TUBOS</li> <li>- TRASLADO DE PIEZAS LIMPIAS A ACRO 1®</li> <li>- OPERA ACRO 1®</li> <li>- PRUEBAS DE CALIDAD LONGITUDINALES</li> </ul>
<b>OPERADOR 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- OPERA ACRO 1®</li> <li>- PRUEBAS DE CALIDAD LONGITUDINALES</li> </ul>	
<b>TIEMPO</b>	<b>7s</b>	<b>8.56 s</b>

Debido a que el proceso que se lleva a cabo en Acro 1® se encuentra dentro del rango de tiempo esperado, se determinó que el área de mayor oportunidad para incorporar el uso de robots UR-10® será el área comprendida entre la Punch Machine® y el cepillo de banco, por lo que solo existirá un solo operador y estará operando solamente la máquina Acro 1®.

### 3.4 RE – DISEÑO DEL LAYOUT

La recolocación de una máquina en cualquier planta de producción no solo tiene un costo muy alto si no también implica un análisis de las medidas y zonas de seguridad dentro de la empresa para recolocarlas, es por ello por lo que en el rediseño se buscará la opción más viable para realizarlo.

En orden con el *Layout* actual (*Imagen 3.1*) la distancia entre el sensor de activación de Acro 1® y la Punch Machine® es de 1.7 metros, esto también ocurre entre el área comprendida entre la Punch Machine® y el cepillo con la diferencia que la distancia entre las máquinas es de 1.05 metros.

Estas medidas son importantes debido a que el robot que se implemento tiene un alcance máximo de operación de 1.3 metros, por lo cual esta será la distancia máxima de desplazamiento y operación del robot en ambas máquinas. De igual manera es importante contemplar la ubicación de las canastas con material terminado o suministrado, ya que estas repercuten en las medidas de seguridad de la empresa y movilidad de los operadores.

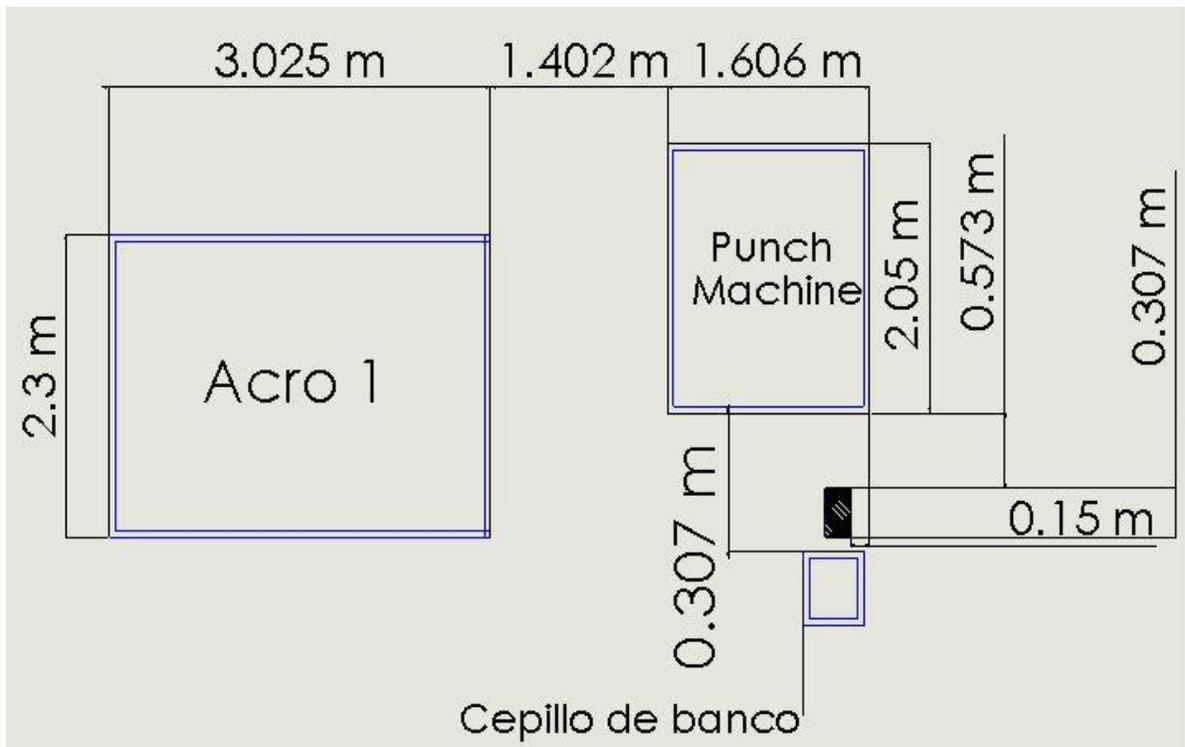


Imagen 3.1 Layout original del área comprendida entre Acro 1, Punch Machine y el cepillo de banco.

Debido a que se determinó que el área donde operará el robot será entre el cepillo de banco y la Punch Machine® se plantearon dos opciones (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Opciones de incorporación de UR-10 robot® para la operación del área.

1	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mover Acro 1® cerca del área comprendida entre el cepillo de banco y la Punch Machine® para reducir la distancia de desplazamiento del operador para la recolección del material producido en las máquinas operadas por un robot.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incorporar el uso de una banda transportadora para mover el material terminado en la Punch Machine® y el cepillo de banco a Acro 1®.</li> </ul>

Analizando las opciones planteadas en la Tabla 3.3, la opción 1 representa una opción muy costosa ya que implica el desplazamiento de una máquina, por otra parte, la opción 2 implica un nulo desplazamiento de las máquinas y un gasto menor al tener que realizar la adquisición de una banda transportadora y su instalación.

Analizando esto se optó por comprar una banda transportadora, por otra parte, fue necesario mover la ubicación del cepillo de banco ya que, de acuerdo con el manual de operación del robot se encuentra fuera de los límites, esto da la oportunidad ya sea de seguir ocupándolo o reemplazarlo por una Glass Gun machine® la cual garantiza una limpieza más eficaz y rápida del tubo.

Tabla 3.4 Comparación entre el cepillo de banco® y la Glass Gun Machine®.

Máquina	Ventajas	Desventajas
<b>Cepillo de banco®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No deja residuos en el tubo</li> <li>- Solo requiere de corriente eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debe de cambiarse el cepillo después de cierto tiempo</li> <li>- Requiere de un equipo de seguridad</li> <li>- Contacto directo con las manos</li> </ul>
<b>Glass Gun Machine®</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo reutilizable</li> <li>- Se puede accionar con el pie</li> <li>- No requiere de un equipo de seguridad en específico</li> <li>- Mayor rapidez</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede dejar residuos en el tubo</li> <li>- Requiere de corriente eléctrica y aire a presión</li> </ul>

Realizando una comparación entre el cepillo de banco y la Glass Gun Machine® mostrada en la *Tabla 3.4* se determinó que la mejor opción para realizar la limpieza de los tubos será la Glass Gun Machine® ya que brinda mayor rapidez al realizar la limpieza del tubo en comparación con el cepillo de banco, por lo cual el CAD del cepillo de banco será reemplazado con el CAD de la Glass Gun Machine®, el cual al igual que el del resto de las máquinas, se realizó con sus medidas esenciales.

### 3.4.1 Propuesta de Layout

Limitantes:

- Radio de trabajo del robot.
- Posición de Acro 1® y Punch Machine®.
- Medidas de la Glass Gun Machine®.
- Un operador en el área de trabajo.

En función de las limitaciones planteadas anteriormente se propuso el *Layout* mostrado en la *Imagen 3.2*, el cual brinda la conectividad entre las tres máquinas y la opción de implementar el uso de un robot UR-10® en dos de ellas. Una vez teniendo esto se podrán empezar hacer simulaciones virtuales del desplazamiento del robot a lo largo de las máquinas para comprobar su factibilidad.

De igual forma se pudo observar que este tipo de distribución ayudaría a la manufactura de los amortiguadores delanteros, ya que al darle la oportunidad al robot de operar la Glass Gun Machine®, podrá limpiar los tubos para los amortiguadores delanteros, los cuales serán proveídos y devueltos al operador a través de la banda transportadora que conecta ambas zonas de trabajo.

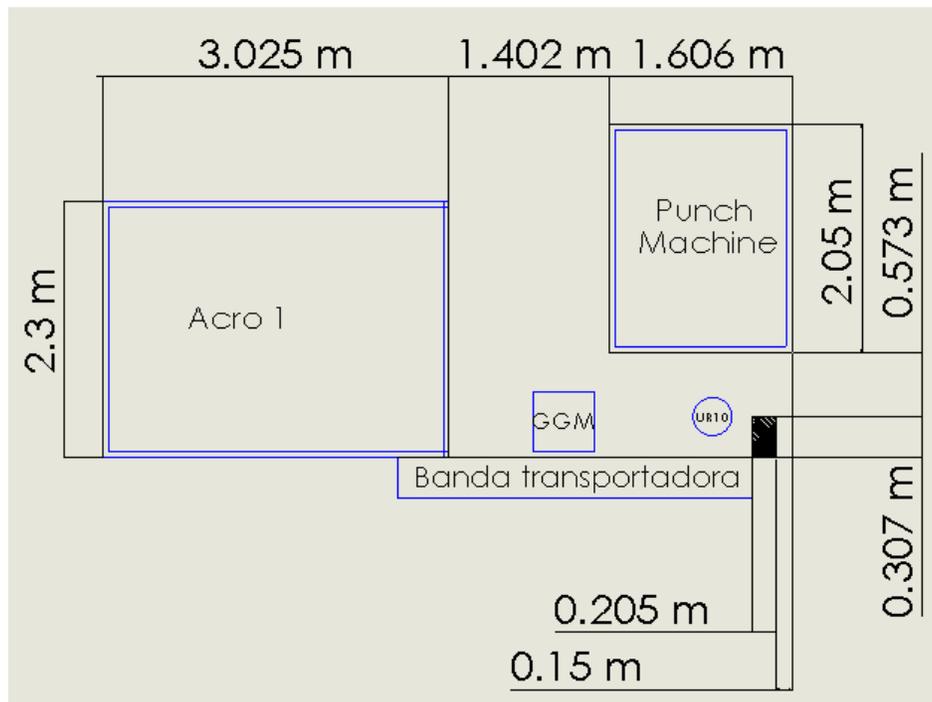


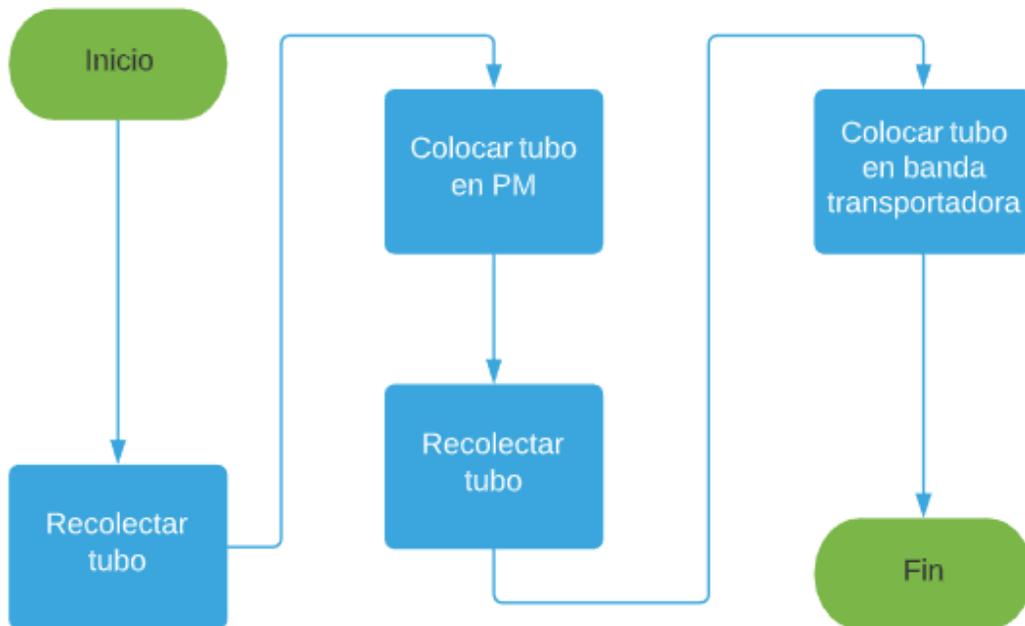
Imagen 3.2 Propuesta de reacomodo de Layout (GGM – Glass Gun Machine®).

### 3.5 Simulaciones virtuales

Para realizar la simulación se utilizó el Software RoboDk®, ya que posee los diferentes modelos que ofrece la marca Universal Robots®, entre ellos el UR-10®. Este Software permite realizar simulaciones virtuales de los movimientos del robot, así como incorporar el uso del CAD general de las máquinas y la banda transportadora para una simulación más cercana a la realidad.

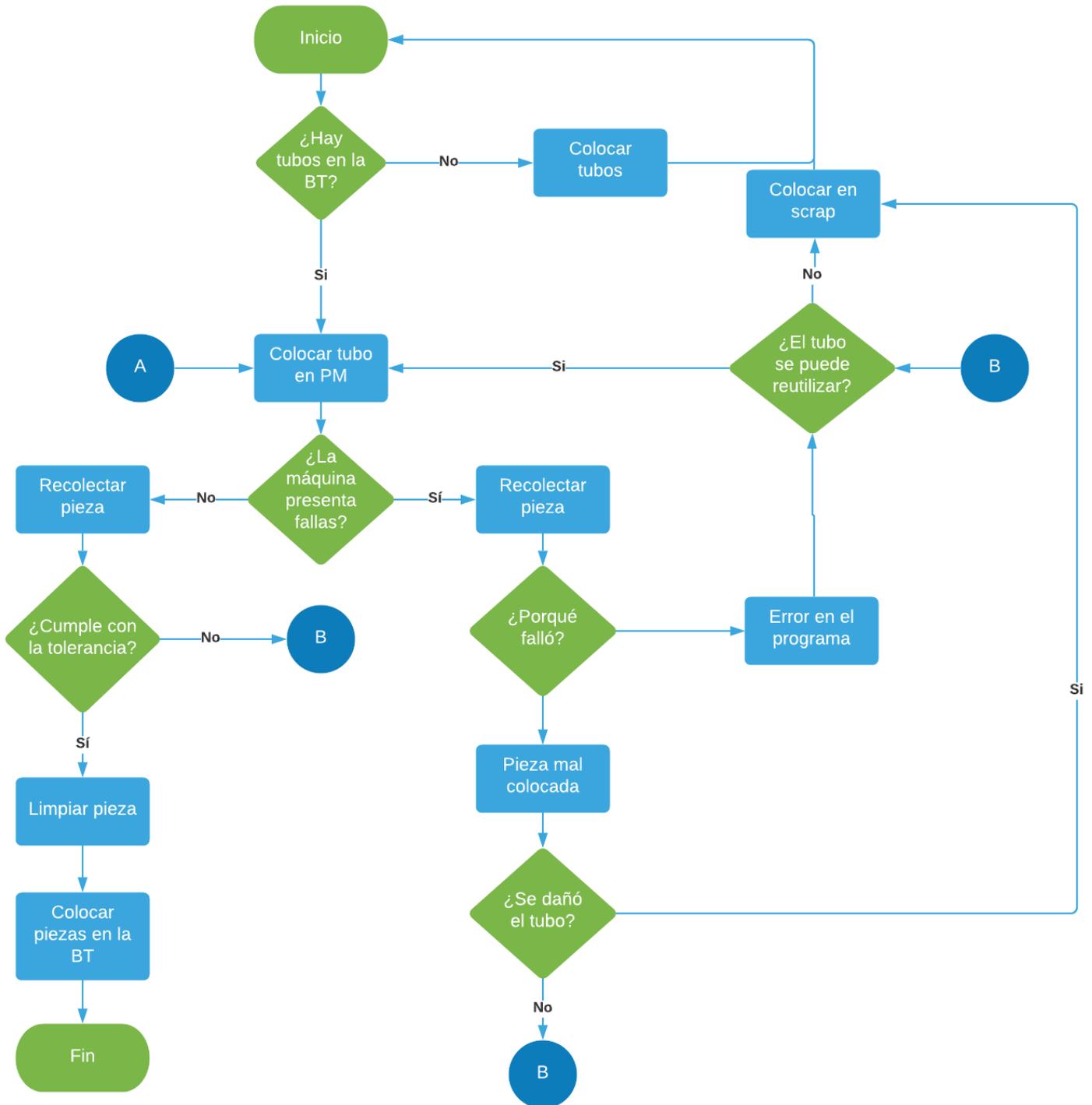
Debido a que no se poseía el CAD de la Punch Machine®, se utilizó el Software SolidWorks® para realizarlo, utilizando las medidas del ancho, largo y alto de la máquina, así como las medidas de la zona dónde se lleva a cabo el avellanado del tubo. En lo que respecta al CAD de la banda transportadora, fue brindado por el proveedor quien solo requirió de las medidas esenciales de ancho, largo y alto de la banda; debido a que en otras áreas se emplean bandas transportadoras con un uso similar, se utilizaron sus medidas generales, lo que respecta al ancho del carril de la banda se obtuvo de las medidas de los tubos, aprovechando el uso de la transportadora se colocaron unas extensiones a la estructura en la parte superior de la banda para colocar las donas diametrales de tolerancia. Una vez que se tienen los CAD de todos los elementos se insertan en un nuevo programa de simulación en RoboDk® junto con el robot a utilizar, colocando cada elemento en la posición planteada en el rediseño de *Layout*. Como primera parte de la validación se realizó un programa basado en el *Diagrama 3.3* el cual no consideró fallas en la producción de piezas para cumplir con el tiempo de producción el cual será de 15s, realizando la simulación se obtuvo un tiempo de producción de 5s lo cual está dentro del rango de tiempo meta. Para poder seguir con las simulaciones virtuales se realizó un diagrama de flujo el cual contempla los posibles errores o fallas que se presentan en el proceso (*Diagrama 3.4*).

*Diagrama 3.3 Diagrama de flujo básico del ciclo de producción.*



De acuerdo con el *Diagrama 3.4* a lo largo del programa se presentaron secciones en dónde el paso siguiente que dé el robot dependerá de un resultado previo, para ello fue necesario evaluar el resultado obtenido en el proceso anterior a ejecutar.

*Diagrama 3.4 Diagrama de ciclo de trabajo de producción con toma de decisiones.*



### **3.5.1 Análisis de secciones del programa**

Como se muestra en el *Diagrama 3.4* a lo largo del programa se presentarán diferentes tomas de decisiones las cuáles influyeron en los movimientos del robot, por lo cual para poder determinar la acción a seguir del robot según sea el caso, se analizaron las tomas de decisiones en diferentes secciones para garantizar un buen funcionamiento del programa y cumplir con los tiempos de producción estimados.

Sección 1: Es la primera toma de decisión del robot para iniciar el ciclo de producción, la cual dependerá de la presencia de material en la banda transportadora para que el robot pueda iniciar a trabajar.

Sección 2: En el estudio realizado, se observó, a lo largo del ciclo, que a veces la máquina presenta errores en el programa por lo cual no ejecuta el proceso de avellanado, para poder detectar esta falla será necesario trabajar con la computadora de la máquina y la del robot. Esta sección depende de dos tipos de errores en el programa los cuales son:

2A Pieza mal colocada: Este caso se presenta cuando el robot no logra recolectar el tubo de la manera correcta de la banda transportadora, evitando que su colocación sea la correcta en la máquina, en caso de presentarse este error será necesario evaluar si la pieza es reutilizable o no.

2B El sensor no detecta la presencia del tubo: En ocasiones los sensores no detectan la presencia del tubo por lo cual se tiene que recolectar y volver a colocar.

Sección 3: Una vez que la pieza ha sido terminada será necesario comprobar si cumple con el diámetro de tolerancia en la parte deformada, en caso de no hacerlo será considerada como desecho y reiniciará el ciclo, de lo contrario será limpiada y por último devuelta en la banda transportadora para ser soldada.

Para ayudar al robot con los diferentes tipos de decisiones que tuvo que tomar a lo largo del ciclo fue necesario incorporar al programa partes de validación sujetas a un resultado, las cuales dependerán de señales externas transmitidas a la computadora del robot, dichas señales serán emitidas por sensores que están conectados a la computadora del robot por medio de outputs o inputs según sea el caso.

Las señales que son consideradas inputs son señales de lectura las cuales sirven para que el robot infiera las acciones de retirar o colocar tubos, en lo que respecta a los outputs serán aquellas señales que el robot emitirá para ejecutar acciones inferidas activando las máquinas, estas señales se presentan en la *Tabla 3.5* de acuerdo con el tipo de decisión.

Tabla 3.5 Relación de toma de decisiones con señales asociadas a un elemento eléctrico.

No. Sección	Problema	Señal	Conexión
1	¿Ausencia de material?	Sensor infrarrojo	Sensor – Computadora robot
2	Pieza mal colocada Sensor no detecta material	Sensores de la Punch Machine	Computadora Punch Machine® – Computadora Robot
3	¿Diámetro dentro de la tolerancia?	Sensor táctil	Sensor - Computadora robot

### 3.6 DISEÑO DE HERRAMENTAL DEL ROBOT

Para realizar las iteraciones de diseño del herramental del robot, se utilizó como punto de partida el material grabado en la sección de estudio del proceso, en el cual se observaron las diferentes formas en las que se sujeta, coloca y retira el tubo de la máquina. Este herramental deberá de cumplir con los siguientes requerimientos:

- Sujeción del tubo.
- Altura máxima de 15 cm.
- Ancho máximo de 50 cm.
- Profundidad máxima de 60 cm.
- Peso máximo de 10kg contando el peso de los tubos.
- Resistencia a la corrosión.

Como primera instancia para solucionar el problema de sujeción se utilizarán *grippers*, los cuales se activarán en orden a señales emitidas por el robot para sujetar o colocar un tubo según la etapa del proceso en el que se encuentre.

Debido a que la banda transportadora posee un carril de alimentación para la Punch Machine® y otro para Acro 1® cuando el material ha sido deformado, el herramental deberá de ser capaz de sujetar dos tubos a la vez para agilizar el proceso, las medidas de esta pieza están limitadas por la distancia de separación de los carriles de la banda transportadora, los diámetros de los tubos y el ancho del área de avellanado. En lo que respecta al ancho de la pieza se verá afectado por el ancho de los *grippers*, y el diámetro máximo de los tubos.

De acuerdo con las restricciones expuestas anteriormente se realizó el siguiente herramental de sujeción en Solid Works® (*Imagen 3.3 e Imagen 3.4*), para posteriormente introducirla al programa previamente hecho para realizar simulaciones y revisar colisiones y tiempos de trabajo, en ella también se consideraron las medidas del cabezal del robot para su correcta instalación al mismo. Al introducir el herramental en el programa de simulación se obtuvo un tiempo de producción de 14s el cual sigue siendo un tiempo dentro del previsto.

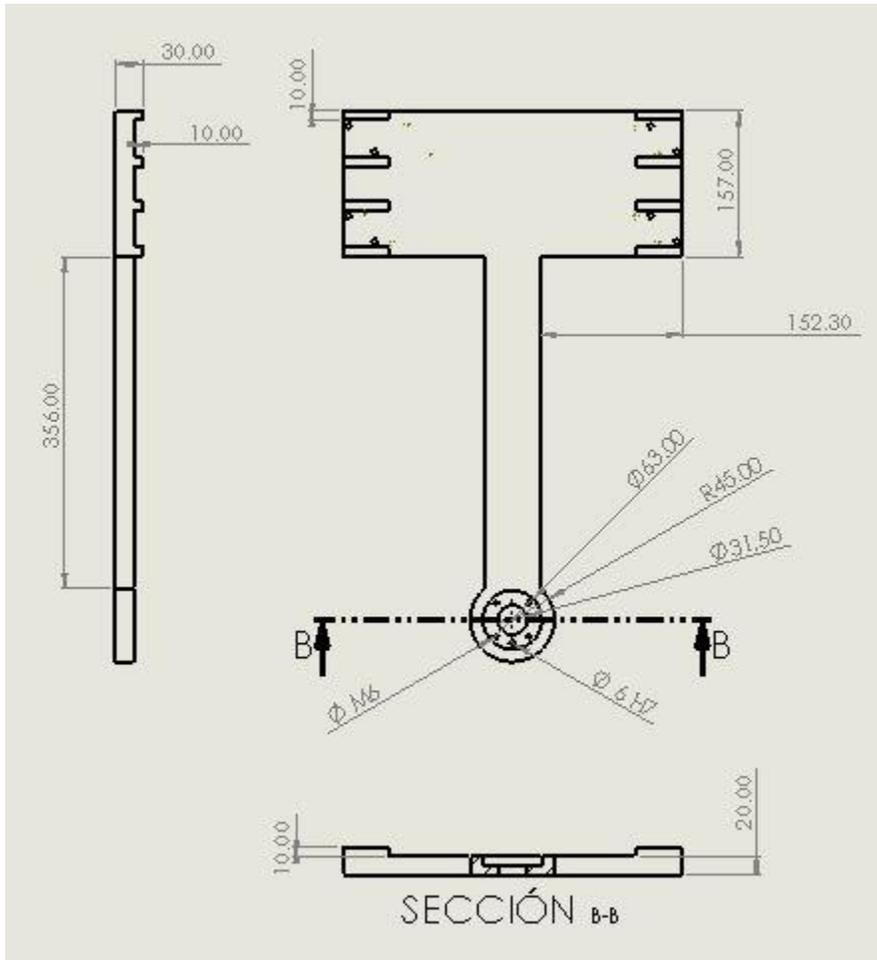


Imagen 3.3 Plano del Herramental.

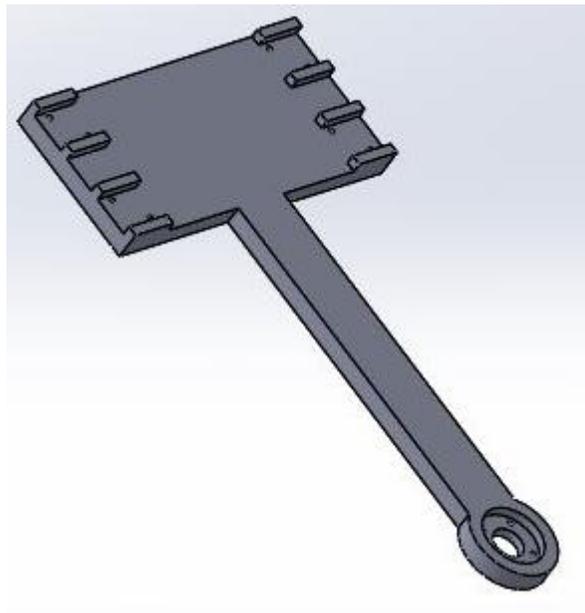


Imagen 3.4 Primera iteración de diseño del herramental.

## 3.7 PRIMERAS PRUEBAS DE CAMPO

Para realizar las primeras pruebas directamente en la máquina fue necesario llevar un robot de pruebas y tener el herramental, este se fabricó mediante impresión 3D (*Imagen 3.4*) ya que al ser un diseño que probablemente presentaría cambios sería menos costoso y tardado reimprimirlo que volverlo a manufacturar en cualquier otro tipo de material.



*Imagen 3.4 Impresión en 3D del herramental.*

Antes de empezar con la programación fue necesario conectar los grippers al robot para activarlos o desactivarlos por medio del programa de acuerdo con la etapa del proceso en el que se encuentre laborando, una vez conectados se montaron junto con el herramental en el cabezal del robot (*Imagen3.5*), de igual forma se colocaron referencias para representar la ubicación de la banda transportadora y la Glass Gun Machine®.



*Imagen 3.5 Herramental impreso en 3D montado al cabezal del robot.*

Para programar el robot se usó Universal Core® Training para aprender a dar instrucciones básicas, para acciones más complejas se utilizó un lenguaje de programación más complejo. De igual manera como punto de partida se utilizaron algunas de las instrucciones previamente indicadas en el simulador virtual , para después ser modificadas con el fin de mejorar el desempeño del robot, al realizar las simulaciones se obtuvo un tiempo de trabajo de 20s el cual es un tiempo que sobrepasa el tiempo meta esperado.

Analizando el problema se observó que las trayectorias del robot podían ser modificadas ya que la Glass Gun Machine® era demasiado alta y lo ideal sería que estuviera a la misma altura que la banda transportadora disminuyendo la distancia recorrida entre Punch Machine® - Glass Gun Machine® y Glass Gun Machine® – banda transportadora, de igual manera se detectó la oportunidad de reducir el ancho de la banda transportadora para poder ser colocada dentro de Acro 1® y reducir el diámetro de operación del robot, este último cambio modificará el ancho del herramental previamente diseñado para el robot. Todos estos cambios ayudarían a disminuir el tiempo que le toma al robot cumplir con las trayectorias marcadas entre la máquina.

### 3.7.1 SEGUNDA ITERACIÓN DE REDISEÑO DE LAYOUT

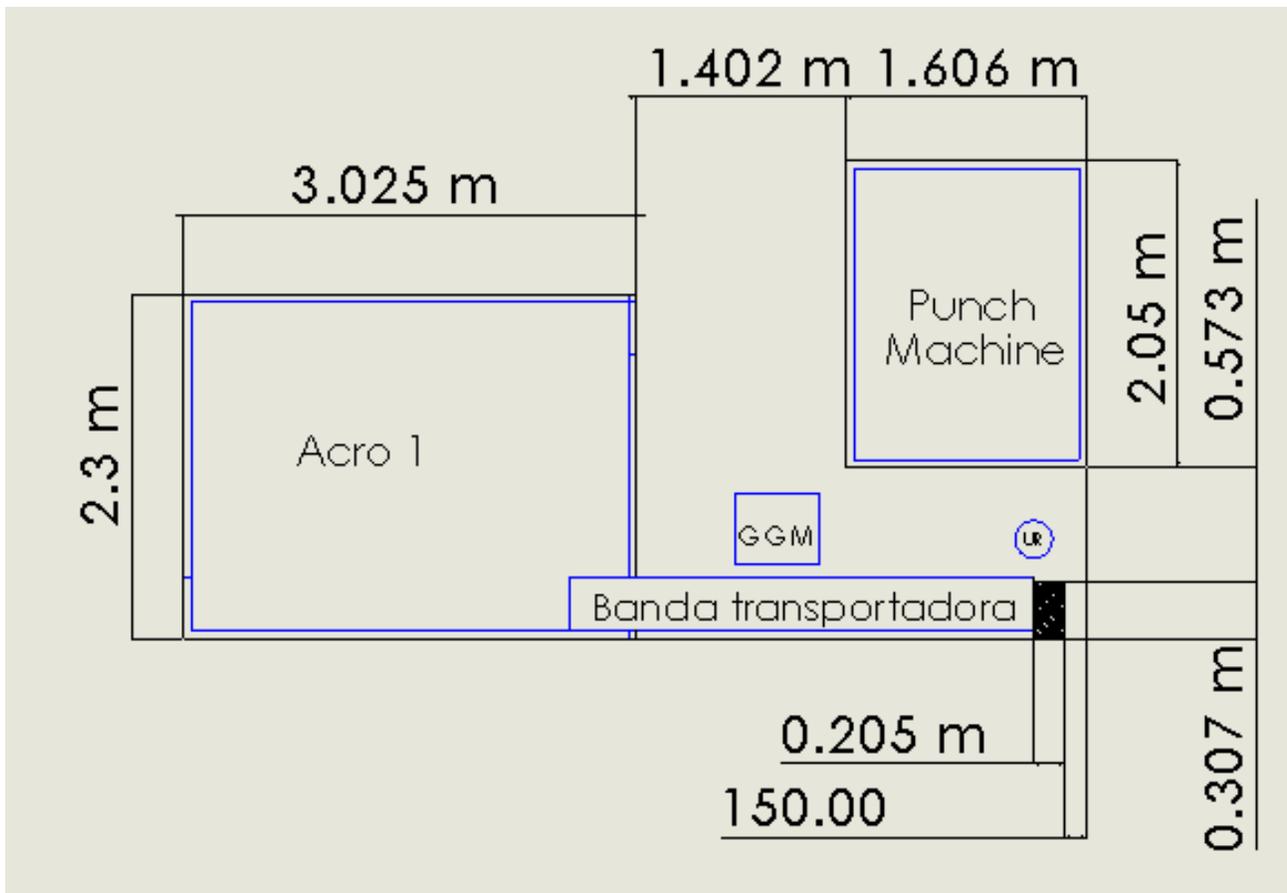


Imagen 3.6 Layout final.

En el *Layout* presentado en la *Imagen 3.6* se considera la nueva altura de la Glass Gun Machine® la cual solo redujo su altura 10 cm. Una vez hecho estos cambios en los planos del *Layout*, se actualizo el programa en el cual se hizo la primera simulación virtual obteniendo un tiempo de 15 s para realizar todo el proceso; ya que este tiempo coincide con el tiempo esperado para el proceso, se prosiguió a hacer las modificaciones en las pruebas directas en la máquina obteniendo como resultado un tiempo de 13s el cual se encuentra por debajo del tiempo meta, cumpliendo con el objetivo planteado.

### 3.8 SELECCIÓN DE MATERIALES PARA EL HERRAMENTAL

Para seleccionar el material del cual está hecho el herramental se utilizó una matriz de decisión para encontrar el que más se apegue a las necesidades, las características que se tomaron en cuenta para la selección se exponen en la *Tabla 3.6*, en dónde de igual forma por medio del uso de decisiones positivas se le asigno un puntaje  $\alpha$  de acuerdo con su importancia en el proceso de selección.

*Tabla 3.6 Tabla de selección de materiales y decisiones positivas.*

Propiedades	Número	1/2	1/3	1/4	1/5	2/3	2/4	2/5	3/4	3/5	4/5	Decisiones positivas	$\alpha$
Densidad	1	1	1	0	0							2	0.2
Maquinabilidad	2	0				1	0	1				2	0.2
Módulo de Young	3		0			0			1	0		1	0.1
Resistencia a la corrosión	4			1			1		0		0	2	0.2
Precio	5				1			0		1	1	3	0.3
												10	

Una vez que el puntaje fue asignado , se buscaron las propiedades de los distintos posibles materiales (*Tabla 3.7*) a usar para la manufactura del herramental, dichos materiales fueron propuesto en orden con la disponibilidad del material.

*Tabla 3.7 Propiedades mecánicas de los materiales propuestos.*

Material	Densidad	Maquinabilidad	Módulo de Young	Resistencia a la Corrosión	Costo
Unidades	$\frac{kg}{m^3}$	IM	GPa	Mpy	MXN
Aluminio 6063	2700	3.2	65.5	0.3557	1240.79
Acero A36	7860	1	200	1.0027	2324.74
Acero Inoxidable 304	7999	0.64	187	0.0071	3051.52

Hecho esto se prosiguió a obtener la  $\beta$  máxima y mínima de acuerdo con el comportamiento deseado y características que se buscan en el material, para ello se utilizaron las siguientes fórmulas y se obtuvieron los datos expuesto en la *Tabla 3.8*.

$$\beta \text{ máxima} = \frac{\text{Valor numérico de la propiedad}}{\text{Valor máximo de la lista}} \times 100$$

$$\beta \text{ mínima} = \frac{\text{Valor mínimo de la lista}}{\text{Valor máximo Valor numérico de la propiedad}} \times 100$$

*Tabla 3.8  $\beta$  máxima y mínima de los distintos materiales.*

Material	Densidad	Maquinabilidad	Módulo de Young	Resistencia a la Corrosión	Costo
$\beta$	Mínimo	Máximo	Máximo	Mínimo	Mínimo
<b>Aluminio 6063</b>	100	100	32.75	2	100
<b>Acero 1018</b>	34.35	31.25	100	0.71	74.88
<b>Acero Inoxidable 304</b>	33.75	20	93.5	100	57.05

Por último, se multiplicaron las  $\beta$  por sus respectivos un puntajes de  $\alpha$  para posteriormente sumarlos entre sí y obtener el valor numérico de la factibilidad de cada uno de los materiales (*Tabla 3.9*).

*Tabla 3.9 Valor numérico de la factibilidad de los materiales seleccionados.*

Aluminio 6063	73.67
Acero 1018	45.73
Acero Inoxidable 304	57.21

Al revisar los resultados mostrados en la *Tabla 3.9*, se determinó que el material ideal para manufacturar el herramental será el aluminio 6063.

### **3.9 DISEÑO FINAL DEL HERRAMENTAL**

Una vez que se seleccionó el material con el cual se manufacturó la pieza, en el diseño CAD se asignó el material a la pieza para verificar el cumplimiento del peso máximo que el robot es capaz de soportar, debido a que el peso del herramental afectará directamente la fuerza que utilizará el robot para mover la pieza se buscó obtener el menor peso posible para el diseño final del herramental.

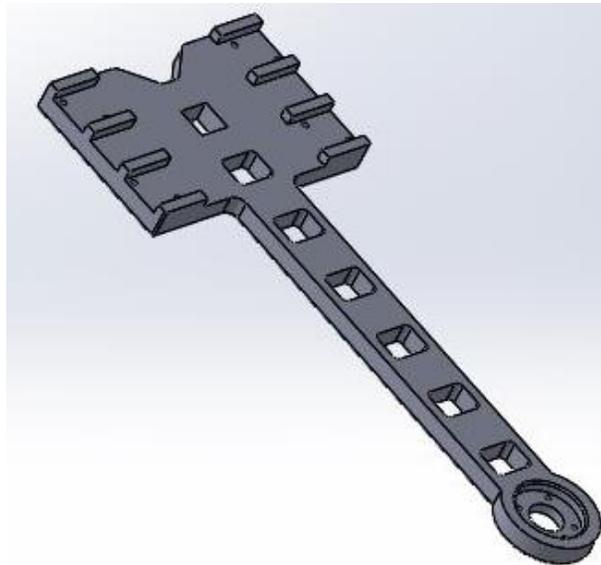
Para obtener el peso máximo del herramental se restará el peso máximo del peso de los tubos, el cual se obtuvo a partir del peso del tubo de mayor dimensión que se utiliza en Punch Machine®, el cual tiene un peso de 1.35kg, este peso deberá multiplicarse por dos debido ya que en algún momento del programa el robot sostendrá dos tubos a la vez.

$$\text{Peso tubos} = 1.35 \text{ kg} \times 2$$

$$\text{Peso tubos} = 2.7 \text{ kg}$$

$$\text{Peso herramental} = 10 \text{ kg} - 2.7 \text{ kg} = 7.3 \text{ kg}$$

Al asignarle el material al herramental se obtuvo un peso de 3.7 kg, por lo cual no fue necesario retirar material del herramental, sin embargo debido a que el peso total afectará la eficacia con la que el robot realizará las diferentes tareas, se realizó un análisis CAE del herramental para determinar áreas en dónde se podría retirar material, unas de ellas fue del mango y de los laterales de la pieza, de igual forma se podría reducir el espesor de la placa a 1.5 milímetros obteniendo un peso final de 2.6 kg. Por lo cual el peso final del herramental junto con los dos tubos será de 5.3 kg.



*Imagen 3.5 Diseño final del Herramental.*

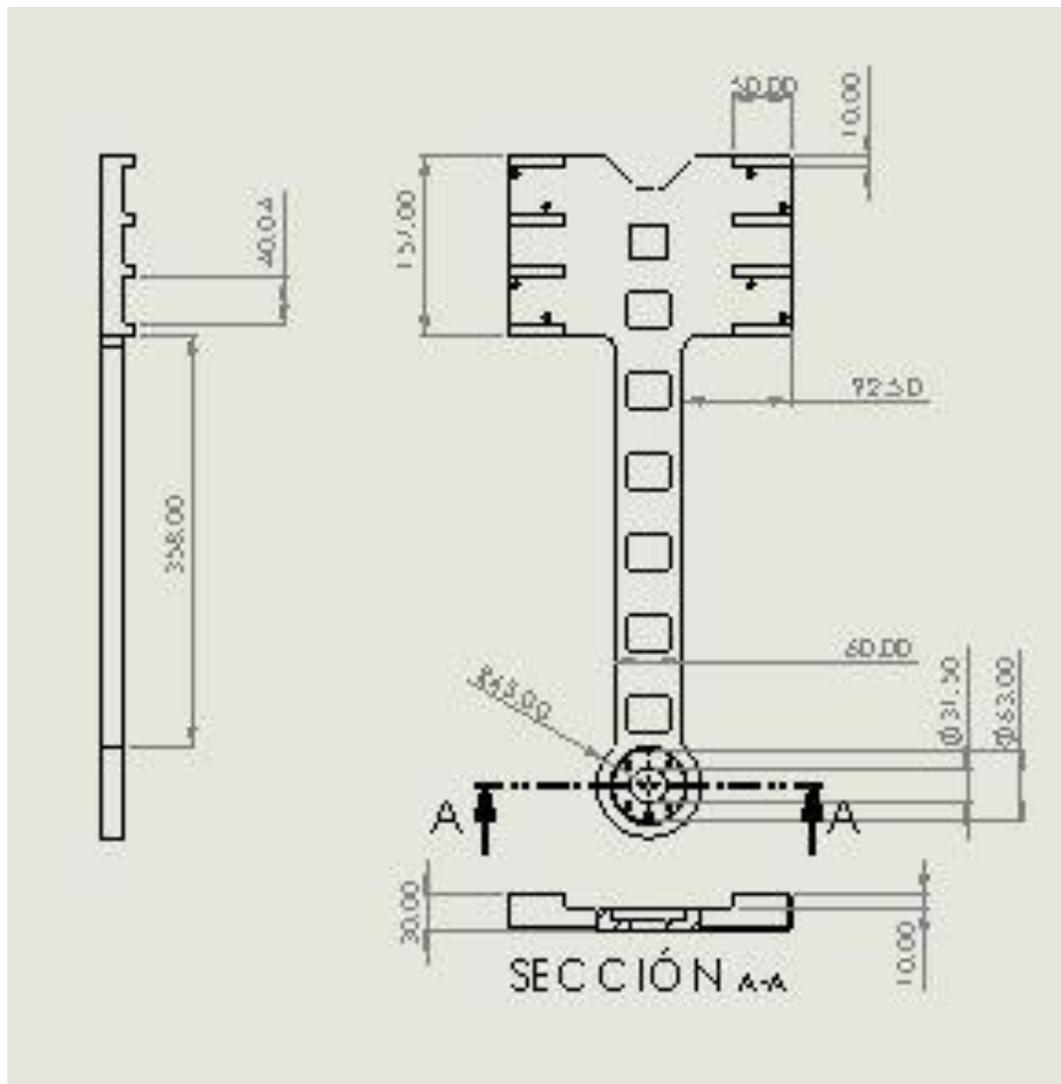


Imagen 3.6 Plano del diseño final del herramental.

### 3.10 MANUFACTURA DEL HERRAMENTAL

Una vez determinado el diseño final del herramental y el material se pasó al área de manufactura, dentro de la empresa existe un taller asignado a la manufactura de herramientas para las máquinas, observando el tipo de pieza a fabricar y el tipo de máquinas que se tienen dentro de la empresa para su manufactura, se determinó que se utilizará una fresa programable.

Para utilizar la fresa es necesario tener el plano de la pieza y asignarle un origen, el cual fue asignado en el centro del mango donde se une al cabezal del robot, a partir de este punto por medio de coordenadas se removió el material necesario para cumplir con el diseño de la pieza.

Lo que respecta a los chaflanes se realizaron con una lija de banco ya que estos no requieren de una medida en específica y no influirán en el desempeño de la pieza.

## **3.11 INSTALACIÓN DEL ROBOT Y MAQUINARIA**

Entre los últimos pasos para llevar a cabo el proceso de automatización del área seleccionada, se prosiguió a realizar la instalación de todos los aditamentos del proceso de producción, para ello fue necesario instalar el robot primero, seguido por la banda transportadora y por último la Glass Gun Machine®.

### **3.11.1 Soporte del robot**

En orden con el diseño final del Layout mostrado en la *Imagen 3.6* para poder instalar el robot fue necesario utilizar una base para fijarlo en su posición ya establecida, para ello se utilizaron soportes prediseñados por uno de los ingenieros del equipo de automatización, estos soportes brindan la oportunidad de colocar el panel de control en la base, para tener un mejor acceso.

Para realizar la instalación se siguió el siguiente procedimiento:

- a) Impresión del nuevo *Layout* con las cotas de referencia de cada elemento.
- b) Toma de medidas entre los diferentes elementos.
- c) Marca la posición del robot.
- d) Posicionar el soporte en el área asignada, para marcar las perforaciones a realizar.
- e) Mover el soporte para realizar la perforación.
- f) Utilizar los diferentes tamaños de brocas para realizar los agujeros .
- g) Posteriormente se colocó el soporte en su lugar y se atornillo al piso.
- h) Por último, se instaló el robot en la parte superior del soporte con tornillos, rondanas y tuercas de seguridad.

### **3.11.2 Banda transportadora**

A diferencia del robot la banda transportadora no requirió de ser atornillada al piso, ya que sus movimientos quedan limitados por la columna de la planta y Acro1® ya que se encontrará dentro de la máquina. Para realizar el corte dentro de la máquina, se utilizaron las medidas de ancho y alto de la banda las cuales se marcaron en la parte externa de la pared de la máquina , posteriormente se cortó el área marcada con un esmeril, por último, se limaron los bordes para quitar las astillas que pudieron haberse generado a la hora de realizar el corte.

### **3.11.3 Glass Gun Machine®**

Para la instalación de la Glass Gun Machine® fue necesario colocar una toma de aire comprimido extra en el área, y una nueva instalación eléctrica ya que no se contaban con el número suficiente de las tomas eléctricas preinstaladas, para ello se recurrió al equipo de mantenimiento.

En lo que respecta a la fijación de la máquina al piso, se realizará cuando se apruebe el inicio de la producción ya que el tener la máquina dentro del área de producción evitará que un operador opere las máquinas en lo que autoriza el uso del nuevo sistema.

### 3.11.4 Conexión eléctrica



*Imagen 3.9 Controlador Universal Robots®.*

(Encuentre las soluciones de automatización que mejor respondan a sus desafíos ([universal-robots.com](http://universal-robots.com)))

Para realizar la conexión eléctrica del robot, se utilizó el manual de instalación, en él se indican la localización de las entradas y salidas del robot dentro de su controlador (*Imagen 3.9*), el cual se colocó en la parte inferior de la banda transportadora usando el soporte de instalación que Universal Robots® proporciona. Una vez hecho esto se realizó la conexión eléctrica del robot con el resto de las máquinas involucradas en el área: la banda transportadora, Glass Gun Machine®, la Punch Machine1® y los *grippers* del robot.

En lo que respecta a la Glass Gun Machine® las pistolas de aire a presión se conectaron a válvulas individuales y estas a la caja de control del robot, las válvulas por medio de aire comprimido se activarán en orden con las instrucciones preestablecidas en el programa del robot.

La conexión de la Punch Machine1® se realizó por medio de un subprograma el cual se programó en esta máquina y se ejecutará cuando el robot la llame desde su propia interfaz, para ello fue necesario conectar ambas máquinas, para este procedimiento se recurrió al equipo de mantenimiento de máquinas.

Los *grippers* igual que la Glass Gun Machine® se conectaron directamente a válvulas individuales y a la caja de control para poder ser activados de acuerdo con la etapa del proceso en dónde se encuentre el robot.

La activación de los carriles de la banda se realizará solo cuando los sensores infrarrojo no detecten la presencia de un tubo dependiendo del carril de suministro, dichos sensores fueron conectados junto con la banda a la caja de control, para ejecutar esta tarea de igual forma se realizó un subprograma llamado “banda” dentro del programa del robot.

## 3.12 INTRODUCCIÓN AL USO DE ROBOTS MÓVILES

Previamente en la sección 3.3 referente a estudios de tiempo de trabajo, se planteó la problemática en torno al suministro de material a las diferentes áreas de la planta como un factor en los tiempos de producción, el cuál en ocasiones debido a la falta de personal orilla a los operadores de las máquinas a detener la producción para ir a recolectar material o mover material terminado en un área de trabajo al siguiente proceso.

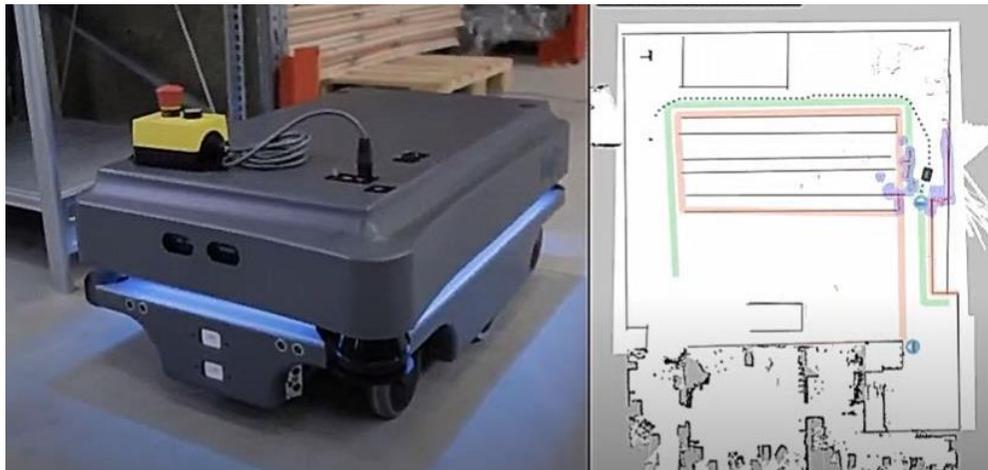
Para hacer frente a esta problemática se plantearon dos soluciones (*Tabla 3.9*):

*Tabla 3.9 Cuadros comparativos ventaja y desventaja.*

Solución	Ventajas	Desventajas
<b>Contratar personal específico para mover el material</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal asignado para suministrar o mover material</li> <li>Evitar el detenimiento de los procesos producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sueldo</li> <li>Capacitación</li> <li>Equipo de seguridad</li> <li>No todo el tiempo se está moviendo material</li> <li>Tiempos muertos</li> <li>Mayor cantidad de personas en los pasillos y áreas de las plantas</li> <li>Las canastas para transportar el material en ocasiones son del mismo ancho de un pasillo</li> </ul>
<b>Empleo de robots móviles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tienen una amplia autonomía de batería</li> <li>En caso de no usarse se pueden cargar</li> <li>Se pueden solicitar por medio de una app en las máquinas</li> <li>No ocupan mucho espacio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento</li> <li>Toma de decisiones</li> <li>Costosos</li> <li>Implementar medidas de seguridad</li> <li>Requieren de un espacio en específico cuando no se usan</li> <li>Requiere de aditamentos para tareas en específico</li> </ul>

Analizando los puntos expuestos en la *Tabla 3.6*, así como la situación de los diferentes tamaños de canastas que se utilizan dentro de la empresa y las medidas de seguridad que requieren, se determinó que la mejor opción para solucionar el problema respecto al suministro de material en las diferentes áreas será la adquisición de 2 robots móviles, ya que al revisar su ficha de datos, poseen un sistema de escáner para memorizar y guardar el mapa de la planta (*Imagen 3.10*), mismo que puede ser usado ya sea por los operadores para conocer su ubicación o por el robot para ubicarse dentro de la misma y desplazarse.

De igual forma posee un sistema de sensores de proximidad los cuales les ayudan a detectar caminos obstruidos o lograr posicionarse en un lugar en específico, por otra parte, su interfaz de programación le permite determinar un mapa propio del robot para delimitar áreas restringidas, velocidades y rutas ideales para desplazarse. Este último punto es de suma importancia, ya que dentro de la empresa existen rutas predeterminadas en los pasillos principales para mover material en grandes cantidades. Por otra parte, estos robots tienen la capacidad de adaptarse a las diferentes necesidades o aplicaciones, ya que poseen secciones de ensamble en dónde pueden ser colocadas o ensamblados elementos que le ayuden a realizar sus tareas.



*Imagen 3.10 Ejemplo de mapeo del robot alrededor de la empresa.*  
(Mapping 2: Finishing the map - YouTube)

### **3.12.1 Primeros pasos**

Una vez que fueron adquiridos los robots, el primer paso que se realizó fue el escaneo de una pequeña sección de uno de los pasillos de la zona de pintura, ya que al ser un pasillo con menor tendencia a la concurrencia facilitaba la realización de pruebas y conocer los comandos básicos de programación y la realización de misiones las cuales sirven para mover el robot de una zona a otra.

Una vez conociendo el correcto funcionamiento de los diferentes comandos indicadores, se realizó un escaneo de la zona de Main Assembly, área de soldaduras y los pasillos principales para la navegación del robot, posteriormente se realizó una limpieza del mapa, la cual consiste en recorrer el mapa junto con el robot sin realizar escaneo alguno y remover del mapa pre escaneado aquellas impurezas que el robot detectó y fueron registradas como las zonas rojas mostradas en la *Imagen 3.11*, de igual forma con el uso del comando

“Muros” se realizó un mejor marcaje de los mismos y aquellos estantes que se encuentren dentro de la empresa, de igual forma se marcaron zonas de seguridad, velocidad, zonas preferenciales y prohibidas.

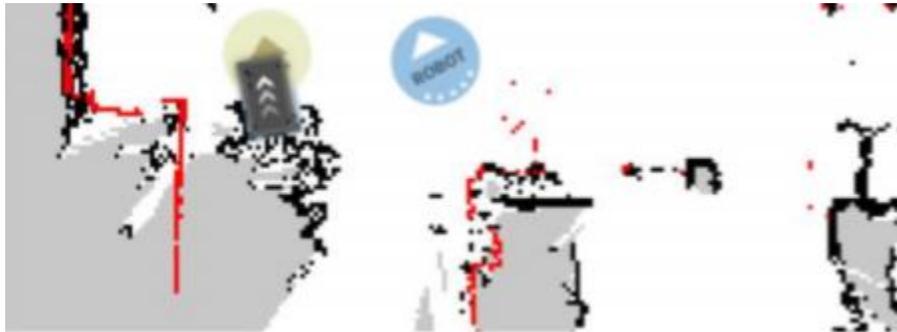


Imagen 3.11 Colocación de marcadores de robot dentro de un mapa.

Una vez hecho esto se comenzaron a realizar pruebas más específicas, las cuales consistían en utilizar el mapa corregido y colocar puntos de estacionamiento para el robot a lo largo del mismo, para observar su capacidad de desplazarse a lo largo de los diferentes departamentos de ensamble de la empresa, esto se realizó utilizando el comando “misiones”, ya que con él se podrían trazar rutas específicas del robot sin necesidad de hacerlo paso por paso.

A lo largo de las diferentes misiones se observó que el robot requeriría un aditamento especial para poder soportar el peso de la canasta con o sin materiales, ya que de igual forma los operadores utilizan una plataforma para elevar las canastas, evitando agacharse y recoger el material, por lo cual se buscó un aditamento que le ayude al robot a levantar el material y evitarles a los operadores la necesidad de agacharse lo cual les provoca una acción extra de trabajo.

### 3.12.2 Diseño de la plataforma transportadora

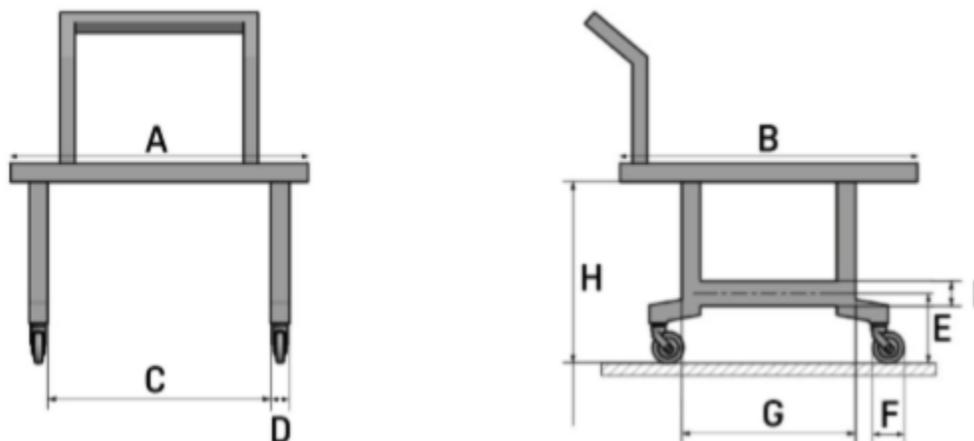
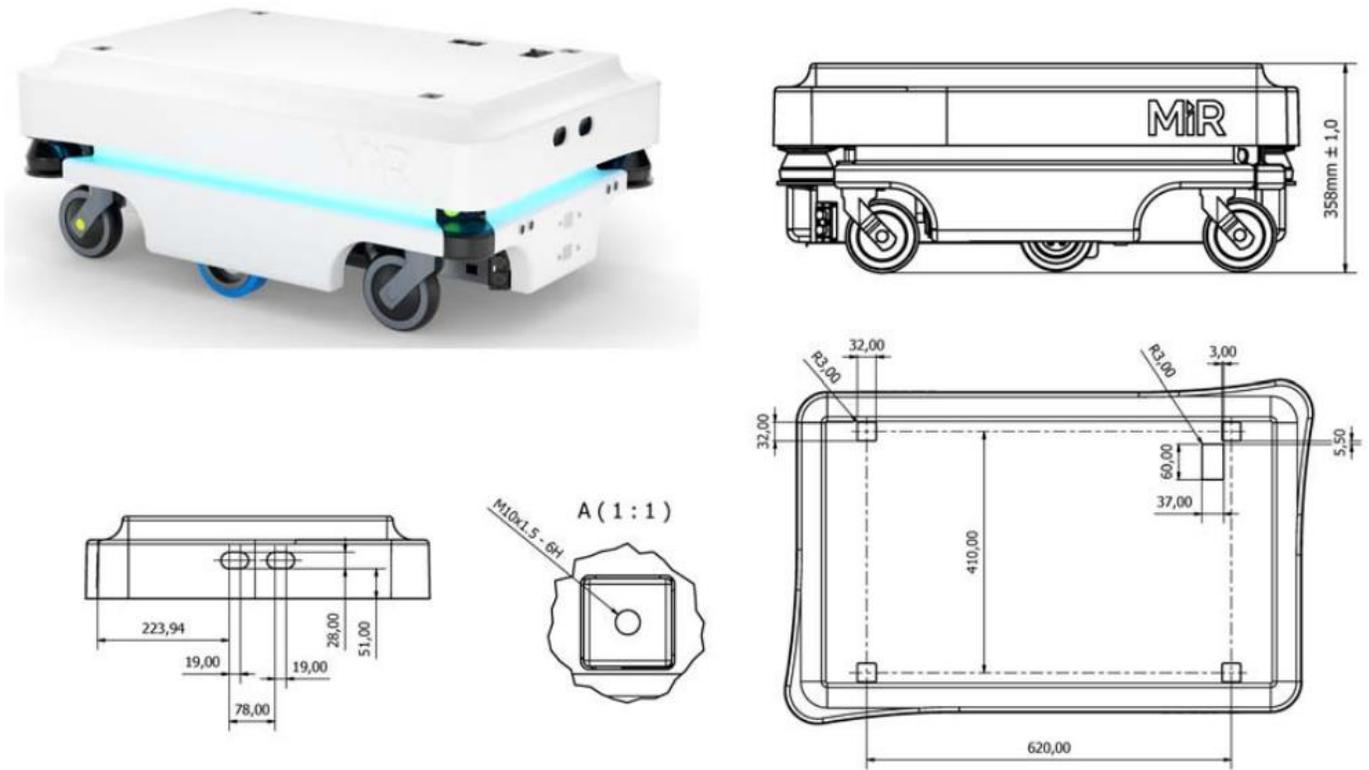


Imagen 3.12 Carro transportador.

Debido a que la colocación directa de la canasta sobre el robot presentaría un daño directo al mismo, así como sus elementos, se decidió diseñar una base la cual se colocaría sobre él, esto a su vez brindó la oportunidad de utilizar una plataforma elevadora, la cual evitará que los operadores tengan que cargar o agacharse para recoger el material que se encuentra dentro de la canasta y poder utilizarlo.

Para ello será necesario conocer las dimensiones básicas de robot (*Imagen 3.13*), así como la tolerancia de sensibilidad de los sensores que posee para evitar que al colocarlo encima afecte sus funciones, esta información se extrajo de los diferentes manuales de la página del proveedor, de igual forma se utilizó como punto de partida un carrito ya existente (*Imagen 3.12*) para adaptarlo a las necesidades de la empresa.



*Imagen 3.13 Dimensiones del robot.*

(MiR100™ | Mobile Industrial Robots ([mobile-industrial-robots.com](http://mobile-industrial-robots.com)))

Una vez que se tuvieron estos datos, se diseñó el carro transportador y se realizaron análisis de esfuerzos para determinar el material y comprobar la factibilidad del diseño, una vez aprobado el diseño se pidió a una compañía proveedora para su fabricación.



*Imagen 3.14 Carro transportador instalado en el MiR®.*

Una vez que el proveedor entregó el carro terminado, al igual que la plataforma elevable, se instalaron en el robot (*Imagen 3.14*) para realizar pruebas semejantes a las ya realizadas en la sección **3.12.1** que corresponde a los *primeros pasos*, con la diferencia que en estas pruebas se emplearán la plataforma elevable y posicionadores de robot más específicos para lograr estacionarlo debajo del carro transportador.

Para continuar con las pruebas fue necesario realizar stickers para el piso y evitar que los operadores colocaran material o algún artefacto en el área destinada para que el robot se estacione y coloque o recolecte material, de igual manera se diseñaron stickers para indicar las zonas de carga del robot.



*Imagen 3.15 MiR® robot con plataforma elevable y MiR® robot con Hook.*

### **3.12.3 Introducción al uso del robot dentro del área de soldadura**

Antes de empezar a usar el robot dentro del área de soldadura, se realizó una junta con todos los operadores del turno matutino y vespertino, para explicarles la función y las zonas en donde se encontrará trabajando el robot, así como las diferentes funciones y señales que tiene para indicar su presencia dentro del área.

La primera misión que se le asignó al robot fue la simulación del transporte de material terminado en Acro1® a la siguiente área de trabajo, la cual será el área de lavado de los tubos. Para ello dentro del mapa se colocaron marcadores tipo "ROBOT" para especificar la posición de partida y estacionado del robot cuando llegue al lugar indicado, evitando que los operadores colocaran material en su lugar de aparcamiento.

Al realizar la simulación se comprobó la eficacia del robot y precisión para cumplir con su misión, de igual forma se realizaron diferentes pruebas para cronometrar el tiempo que tardaba al robot en completarla y conocer un tiempo aproximado.

Antes de empezar a realizar pruebas más elaboradas y cercanas al comportamiento esperado del robot, se consultó al equipo de seguridad y a los supervisores del área de soldadura para establecer un horario de uso del robot y medidas de seguridad, en las que se determinó que era necesario marcar las zonas por las cual transita el robot de la misma manera en la que se marcó en el mapa del robot de la empresa, para incrementar medidas de seguridad y regular la recurrencia de tránsito en los pasillos, asegurando la seguridad del personal y la eficacia de trabajo del robot. Esto se logró mediante el uso de cintas de seguridad las cuales fueron colocadas en el piso, de igual manera se planteó la posibilidad de marcar estas zonas en los diferentes mapas de la planta colocados en lugares estratégicos una vez que se tengan rutas más específicas y se emplee el robot de forma permanente.

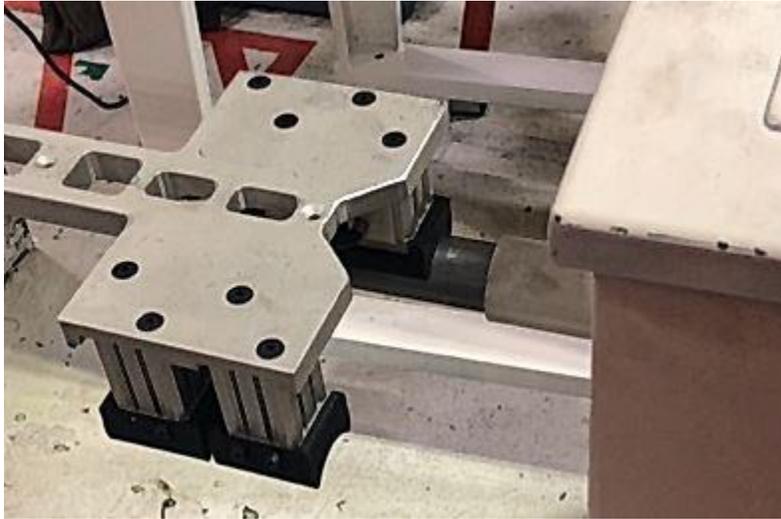
## **3.13 PRUEBAS DE LA INSTALACIÓN**

Una vez que se terminó de realizar la instalación del robot en el área comprendida entre Acro1® y la Punch Machine®, se realizaron las pruebas de la instalación total, las cuales tenían como objetivo: cumplir con el tiempo de producción meta, cumplir con el rango de calidad en las piezas fabricadas y reducir el número de piezas con defectos producidas.

A lo largo de las pruebas se observó que se cumplían con dos de los objetivos principales, sin embargo, entorno a la calidad de la piezas, el único defecto que se estaba presentando era la presencia de exceso del polvo de la Glass Gun Machine® en la parte externa y en la boca del tubo, lo cual, al ser un polvo a base de fibra de vidrio, podría lograr dañar los elementos o acumularse provocando alteraciones en el comportamiento ideal del producto final.

### **3.13.1 Mejoras y cambios**

Al momento de hacer el análisis para observar y detectar porque había un exceso de polvo en los tubos, se observó que se debería disminuir la sección de tubo introducida dentro de la máquina (*Imagen 3.16*) para limpiar el tubo, lo cual implicó modificar las posiciones de agarre del robot del tubo de la Punch Machine®, una vez hecho esto se realizaron pruebas de calidad para verificar la cantidad de polvo que se encontraba en el tubo, sin embargo al recibir los resultados, se verificó que la presencia era menor pero aún había demasiados residuos.



*Imagen 3.16 Robot realizando la limpieza del tubo en la Glass Gun Machine®.*

Para solucionar el problema de los tubos se plantearon diferentes soluciones, la primera fue insertar un rodamiento y unos sellos de presión para evitar que el tubo se llenara de polvo en zonas no requeridas, por otro lado, se planteó colocar una dona de aire a presión que limpiara el tubo al momento de salir.

Analizando ambas opciones se optó por realizar una pequeña caja con un sellador la cual evitaría la fuga de polvo evitando que llegue al resto del tubo, sin embargo, una vez preinstalado repercutía en el movimiento del robot ya que le hacía perder precisión y afectaba la velocidad con la que realizaba los movimientos, por lo tanto, se compró la dona de aire a presión la cual se instaló en la parte externa de la Glass Gun Machine®.

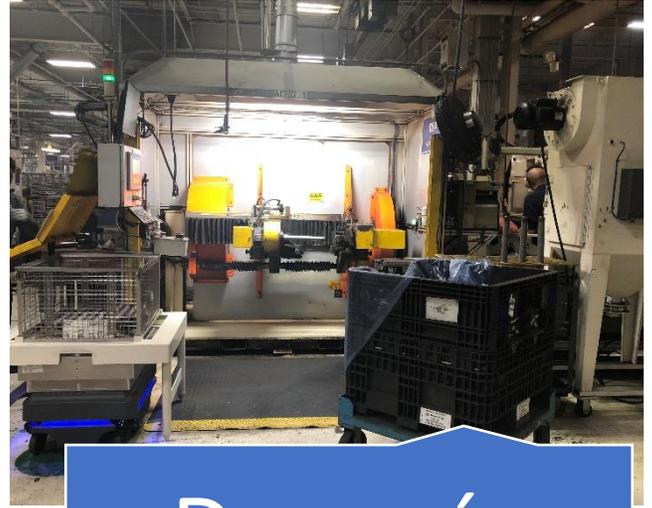
Una vez instalada la dona, se volvieron a realizar las pruebas de calidad, obteniendo como resultados, una mínima cantidad de residuo de polvo en una sección en específica del tubo, lo cual a su vez proporciono la aprobación de parte del equipo de calidad para implementar el robot y usarlo de manera permanente.

## **3.14 INSTALACIÓN FINAL**

Al tener toda el área involucrada en este proyecto funcionando, se observó una optimización de espacios y del proceso (*Imagen 3.17*), debido a que el uso del robot en el área provocó un aumento en la producción y evitó la interrupción de operaciones o de máquinas en caso de tener un solo operador dentro del área, de igual forma brindó la oportunidad de involucrar el uso de robots móviles dentro del área, ayudando al operador a desplazar el material sin tener la necesidad de recogerlo o suministrarlo a las diferentes secciones de producción dentro del área de soldadura o tener acumulación de material dentro de la misma.



Antes



Después

*Imagen 3.17 Comparación antes y después del área involucrada.*

Sin embargo, para utilizar los robots móviles de forma permanente dentro del departamento aún se requiere profundizar en su uso, realizando más pruebas, una programación más profunda para mejorar la posición en la que se estaciona el robot bajo el carro transportador, así como crear una conciencia dentro del departamento y capacitación para fomentar el trabajo entre humano- robot.

Es por lo que estos últimos puntos se quedaron como trabajo a futuro, ya que el tiempo del intercambio era insuficiente para terminar este proyecto, por lo que se dejaron registrados todos los avances para que el resto del equipo del área de automatización le diera continuidad.

# Capítulo 4

## Conclusiones

Al inicio de este trabajo se planteó la problemática entorno a la irregularidad en los tiempos de los ciclos de trabajo en el departamento de soldadura, específicamente entre las máquinas Acro1® y Punch Machine® y el cómo repercute en las actividades de producción de la empresa, este problema fue solucionado al finalizar este trabajo ya que el tiempo ideal de producción entre las máquinas Acro1®, Punch Machine®, el cepillo de banco y la prueba de calidad realizada en esta área debería ser de 15 s, y una vez después de implementar el uso de un robot universal, el cambio del cepillo de banco por la Glass Gun Machine® y el empleo de un solo operador para operar toda el área, se logró una reducción del tiempo de producción a 13s lo cual es 42s menos del tiempo que le tomaba a un solo operador realizar la producción de una sola pieza, aumentando la producción por turno a 2215 piezas logrando cumplir con el objetivo principal.

Como parte de los logros extra alcanzados, se introdujo el uso de robots móviles como apoyo de trabajo al transporte de material y piezas a lo largo de la empresa, dejando para trabajo a futuro el seguimiento de su implementación dentro del departamento de soldadura y la interacción con otros departamentos, ya que, al ser un elemento relativamente nuevo para la empresa, se requiere fomentar y establecer una nueva cultura de producción, así como algunas medidas adicionales por ejemplo: cursos introductorios lo cuales buscaran fomentar la cultura de trabajo hombre – máquina y robot, con el fin de plasmar la idea de que un robot es un elemento para facilitar el trabajo de los operadores, medidas de seguridad ya que se requiere designar y marcar áreas con stickers las zonas de aparcamiento, descanso y carga del robot, tanto en el piso de la planta como en los diversos mapas localizados a lo largo de la planta, el uso de tabletas para facilitar la comunicación entre los operadores y robots agilizando la producción y reduciendo los tiempos muertos, con el fin de poder utilizar más de un solo robot móvil dentro de la empresa para las diferentes tareas.

De igual manera se dio la base introductoria para la automatización de otra área dentro del departamento de soldadura la cual implica a las máquinas soldadoras principales Welder1® y Welder2®, las cuales son máquinas iguales y que cumplen con la misma función (soldar los ojillos o clavis a los tubos), este será un proyecto similar al desarrollado en este trabajo, ya que de igual manera se busca que un solo robot opere ambas máquinas con la opción de ser la primer área operada solamente por robots, debido a que ambas máquinas realizan el mismo proceso teniendo la factibilidad de ser operadas con un robot que posea un aditamento especial para cargarlas y descárgalas al mismo tiempo así como conectar la interfase de este robot con la de un robot móvil para automáticamente transportar material hacia dentro o fuera del área de trabajo de estas dos máquinas y llevarlo a la siguiente etapa del proceso.

El desarrollo de este trabajo se convirtió en uno de los proyectos de aplicación ingenieril más retador para mí, ya que no solo represento un reto para mis conocimientos y habilidades dentro de la rama, sino que también me ayudo a desarrollarme personal y profesional mente, debido a que en el pude aplicar la mayor parte de mis conocimiento adquiridos a lo largo de la carrera, demostrándome que no todo se aprende dentro del aula, ya que el haber estado en uno de los equipos de la facultad (Formula SAE – UNAM Motorsports) me ayudo a abrir mi panorama y lograr desempeñarme de mejor manera frente a un proyecto como el desarrollado en este trabajo.

Uno de los mayores desafíos de este proyecto fue el saber comunicar mis ideas con personas que no hablan mi idioma o que su nivel de pensamiento no es el mismo que yo he desarrollado gracias a mis estudios, demostrándome que la comunicación, el saber trabajar en equipo, la facilidad de palabra y el hablar un idioma extra abre las puertas a otro mundo, de igual forma comprobé que es bueno salir de la zona de confort, ya que en la mayor parte de este proyecto tuve que indagar en la rama de la programación la cual no está muy relacionada con mi carrera provocando que en la actualidad me llame la atención y quiera saber un poco más al respecto.

Por otra parte, el ser uno de mis primeros proyectos más completos que tuve no solo me causa satisfacción, sino que también orgullo ya que no solo participe en el desarrollo, sino que también se me dio la oportunidad de liderarlo, causándome una enorme satisfacción el ver el resultado producto de todos mis estudios y conocimientos aplicado en algo real y funcionando, dejando en alto el nombre de mi universidad y mi país.

Fue una experiencia muy amena el poder haber participado en este proyecto de intercambio, ya que no solo me lleve experiencias y conocimientos nuevos, también nuevos conocidos y amigos, que por grande o pequeña que fuera nuestra convivencia marcaron mi carrera profesional, ya que sin su ayuda, experiencia y colaboración no hubiera podido lograr cumplir el objetivo de este proyecto, por otro lado agradezco a mi universidad por fomentar este tipo de intercambio y experiencias al extranjero con el fin de fomentar el aprendizaje colectivo abriéndole las puertas a estudiantes como yo a nuevas oportunidades.

# Bibliografía

- [1] <https://www.bilstein.com/int/en/about-us/history-of-bilstein/>
- [2] <https://www.thyssenkrupp.com/en/company/history/the-founding-families/>
- [3] <https://www.universal-robots.com/mx/acerca-de-universal-robots/>
- [4] <https://www.mobile-industrial-robots.com/es/solutions/robots/>
- [5] [Microsoft Word - TESISMARGOT \(uson.mx\)](#)
- [6] [Historia de la Automatizacion.pdf \(ingenierovizcaino.com\)](#)
- [7] [1.1 Breve historia de la Automática | Introducción a la Automatización Industrial \(bookdown.org\)](#)
- [8] [Procesos industriales, conceptos generales obligatorios \(infaimon.com\)](#)
- [9] [3 \(uta.cl\)](#)
- [10] Introducción a la automatización industrial, abierto Brunete, Pablo San Segundo, Ingeniería y diseño industrial, Universidad Politécnica de Madrid, 2020.
- [11] Automatización industrial, sistemas de aprendizaje y servicios para la formación técnica, FESTO
- [12] Sensores y actuadores, aplicaciones con Arduino, Leonel G. Corona Ramírez, Griselda S. Abarca Jiménez, Jesús Mares Carreño. Grupo Editorial Patria.
- [13] Automatización de procesos industriales – Robótica y automática , Emilio García Moreno, Universitat Politècnica de València.
- [14] PLC automatización y control industrial, Pablo A. Daneri , Hasa
- [15] HOWBSBAMM, Eric. La era de la Revolución, 1789-1848. Crítica. Buenos Aires. 1997