

¡ POSGRADOS !

Maestría en **PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES**

RPC-SO-30-NO.506-2019

Opción de Titulación:
PROYECTOS DE DESARROLLO

Tema:
PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO PRODUCTIVO
DE FRENTES Y PUERTAS CALIENTA PLATOS A TRAVÉS
DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN UNA EMPRESA
DE LÍNEA BLANCA

Autores:
ANDY FABRICIO ROMAN CARREÑO
JONNATHAN JOSÉ VÁSQUEZ SALAMEA

Director:
LUIS MARCELO LÓPEZ LÓPEZ

CUENCA – Ecuador
2023

Autores:



Andy Fabricio Roman Carreño

Ingeniero Industrial

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

andy.roman@outlook.com



Jonnathan José Vásquez Salamea

Ingeniero Industrial

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca.

jonnathan.vasquez94@gmail.com

Dirigido por:



Luis Marcelo López López

Ingeniero Mecánico

Máster en Sistemas Integrados

Doctor en Ingeniería Industrial

llopez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

2023 © Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA– ECUADOR – SUDAMÉRICA

ANDY FABRICIO ROMAN CARREÑO

JONNATHAN JOSÉ VÁSQUEZ SALAMEA

PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE FRENTES Y PUERTAS CALIENTA PLATOS A TRAVÉS DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL EN UNA EMPRESA DE LÍNEA BLANCA

Dedicatoria

Andy

A mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo y guía durante mi vida y especialmente durante estos años. Gracias por brindarme su ayuda incondicional en los momentos más difíciles, por su amor, paciencia y constante motivación que me han impulsado a seguir adelante.

Jonnathan

A DIOS, por que nunca me ha desamparado en ningún momento de mi vida, me da fortaleza y con él todo lo podemos lograr.

A mis padres y hermanos, por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos que fue este proceso, porque ellos son mi inspiración para seguir superándome y cumplir todas mis metas.

A mi novia, quien me apoyó y me supo entender en este proceso, con su amor y ayuda lo podía lograr.

Agradecimientos

Andy

Un agradecimiento especial al tutor PhD. Luis López, por su invaluable orientación, guía y apoyo en el desarrollo de este trabajo. Gracias por compartir su conocimiento, su experiencia y su tiempo, y por brindarme la confianza para llevar a cabo este proyecto de manera exitosa.

Jonnathan

Un gran agradecimiento muy sincero a mi tutor PhD. Luis López, él cual ayudo de guía y soporte para poder encaminar este proyecto de una manera satisfactoria, compartiendo sus conocimientos y tiempo para llevar el proyecto de la mejor manera y poderlo culminar.

Tabla de contenido

Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Resumen	X
Abstract	XI
1. Introducción	1
2. Determinación del problema	3
2.1. Situación problemática	3
2.2. Formulación del problema	7
2.2.1. Problema general	7
2.2.2. Problemas específicos	7
2.3. Justificación	7
2.4. Objetivos	8
2.4.1. Objetivo general	8
2.4.2. Objetivos específicos	8
2.5. Hipótesis	9
2.5.1. Hipótesis general	9
2.5.2. Hipótesis específicas	9
3. Marco teórico referencial	10
3.1. Mejoras de productividad	10
3.2. Operaciones de formado de láminas	12
3.2.1. Embutido	12
3.2.2. Troquelado	13
3.3. Automatización industrial	14
3.4. Unidades automáticas de producción	15
3.4.1. Tipo de robots y características	15

3.4.2. Aplicaciones y criterios de selección	17
3.5. Mantenimiento	21
3.6. Seguridad industrial	21
3.7. Simulación	22
3.7.1. Software de simulación	23
3.8. Costos y evaluación de proyectos	24
3.8.1. Costos de infraestructura y seguridad	24
3.8.2. Costos de implementación y capacitación	24
3.8.3. Evaluación de proyectos	25
4. Metodología	26
4.1. Metodología de la investigación	26
4.2. Determinación de la situación actual del proceso de fabricación para frentes y puertas caliente platos de una cocina doméstica por medio de la recopilación de datos	26
4.2.1. Flujo del proceso	26
4.2.2. Área de trabajo	29
4.2.3. Maquinaria y equipos utilizados en la fabricación	29
4.2.4. Tiempos de producción	32
4.2.4.1. Estudio de tiempos de frentes	32
4.2.4.2. Estudio de tiempos de puertas caliente platos	37
4.2.5. Costos de producción	42
4.2.5.1. Materia prima	42
4.2.5.2. Mano de obra	43
4.2.5.3. Costos de fabricación	44
4.3. Propuesta de un sistema de automatización en el proceso de fabricación de frentes y puertas caliente platos de una cocina doméstica para mejorar el proceso	50
4.3.1. Línea de producción automática	50
4.3.2. Análisis de la implementación de los robots en piso - línea	54
4.3.2.1. Análisis de costos de las instalaciones	54
4.3.2.2. Análisis de costos del brazo robot y sus componentes	55
4.3.2.3. Análisis de costos intangibles	62
4.3.3. Análisis de tiempos de producción	63
4.3.4. Análisis de costos de producción	65
4.3.4.1. Materia prima	65

4.3.4.2.	Costos de fabricación	65
4.3.5.	Evaluación de costos de la propuesta	68
4.3.5.1.	Alternativas de costos de brazos robot	69
4.4.	Evaluación mediante una simulación el sistema de automatización en el proceso de fabricación para frentes y puertas caliente platos de una cocina doméstica para comparar el proceso propuesto respecto al inicial	70
4.4.1.	Recursos utilizados en el modelo	71
4.4.1.1.	Fuente	72
4.4.1.2.	Cola	74
4.4.1.3.	Procesador	76
4.4.1.4.	Brazos robot	78
4.4.1.5.	Recibidor	79
4.4.2.	Modelo	81
5.	Resultados y discusión	83
5.1.	Resultados de la situación actual del proceso de fabricación de frentes y puertas caliente platos de una cocina doméstica.	83
5.2.	Resultados de la propuesta de automatización de frentes y puertas caliente platos de una cocina doméstica.	85
5.3.	Resultados de la evaluación del proceso de fabricación propuesto comparado con el actual	88
5.4.	Análisis de resultados	92
6.	Conclusiones y recomendaciones	94
6.1.	Conclusiones	94
6.2.	Recomendaciones	95
	Referencias bibliográficas	98
	ANEXOS	99

Lista de Tablas

2.1. Evolución de la producción de electrodomésticos	3
4.1. Rutas de fabricación de frentes y puertas calienta platos	27
4.2. Composición química y propiedades mecánicas	28
4.3. Datos técnicos de las prensas	30
4.4. Matrices del proceso	32
4.5. Estudio de tiempos de frentes	35
4.6. Numero recomendado de ciclos	37
4.7. Estudio de tiempos puertas calienta platos	40
4.8. Costo de materia prima	43
4.9. Costo de mano de obra directa	43
4.10. Asignación de costo de mano de obra directa	44
4.11. Consumo de energía eléctrica	45
4.12. Costo de maquinaria	45
4.13. Matrices frentes 30	46
4.14. Matrices frentes 24	46
4.15. Matrices puertas calienta platos 30	47
4.16. Matrices puertas calienta platos 24	47
4.17. Participación de volumen de producción	48
4.18. Resumen de costos de fabricación mensual	48
4.19. Costos de fabricación asignados	49
4.20. Costo total de producción	49
4.21. Flujo del proceso propuesto	53
4.22. Tiempos propuestos	64
4.23. Brazos robots	66
4.24. Amortización de otros gastos	66
4.25. Costos de fabricación asignados	67

4.26. Costos de fabricación asignados	68
4.27. Costo total de producción de la propuesta	68
4.28. Resumen de evaluación del proyecto	69
4.29. Alternativas de inversión	70
5.1. Resumen del estudio de tiempos de frentes	83
5.2. Resumen del estudio de tiempos de puertas calienta platos	84
5.3. Resumen costo total de producción actual	84
5.4. Resumen producción situación actual	85
5.5. Resumen de tiempos de la propuesta de frentes	85
5.6. Resumen de tiempos de la propuesta de puertas calienta platos	86
5.7. Resumen de la producción de la propuesta de automatización	86
5.8. Resumen costo total de producción de la propuesta de automatización	87
5.9. Resumen alternativas de inversión	88
5.10. Diferencia de tiempos de producción	89
5.11. Diferencia de producción	90
5.12. Diferencia de costos	91

Lista de Figuras

1.1. Producción de la industria manufacturera	2
1.2. Participación de marcas de cocinas en el mercado ecuatoriano	2
2.1. Diagrama SIPOC de frentes	4
2.2. Frente de cocina	5
2.3. Diagrama SIPOC de puertas calienta platos	5
2.4. Puerta calienta platos	6
2.5. Proceso de ensamble de cocinas	8
3.1. Etapas de un programa de ingeniería de procesos	11
3.2. Elementos de embutido	13
3.3. Elementos para el troquelado	14
3.4. Tipos básicos de robot	17
3.5. Robot de 6 grados de libertad	19
4.1. Layout del área de trabajo	29
4.2. Prensa marca Ona Pres	30
4.3. Prensa marca Heifi	31
4.4. Entorno de FlexSim	71
4.5. Recurso fuente de FlexSim	72
4.6. Configuración de la fuente	73
4.7. Configuración de la materia prima	74
4.8. Recurso de almacenamiento de FlexSim	74
4.9. Configuración de la cola	75
4.10. Recurso del procesador de FlexSim	76
4.11. Configuración del procesador	77
4.12. Recurso ejecutor de tareas robot de FlexSim	78
4.13. Configuración del brazo robot	79

4.14. Recurso receptor de FlexSim	80
4.15. Configuración del receptor	80
4.16. Modelo de la simulación	81
4.17. Ejecución de simulación del modelo	82
5.1. Estado de uso de los brazos robot en la simulación	87
5.2. Mejora en los tiempos de producción	89
5.3. Variación de unidades de producción	90
5.4. Variación de costos de producción	91

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo elaborar una propuesta para mejorar el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos a través de la automatización industrial disminuyendo los costos de producción, dado que el proceso actual tiene una capacidad limitada y a futuro se prevé que la demanda de las cocinas domésticas crecerá, y la capacidad del proceso actual no podrá cumplir con dicha demanda. La propuesta consiste en un sistema de automatización por medio de brazos robot que sustituirán a los trabajadores y eliminarán los tiempos improductivos que se generan, se pretende además revisar la inversión que será necesaria para el proyecto de automatización del proceso. Finalmente, la propuesta será simulada mediante un software especializado, en este caso FlexSim, que nos permitirá analizar de manera detallada el proceso propuesto de automatización en comparación con el proceso actual.

Palabras clave: Automatización, procesos, simulación, producción.

Abstract

The object of this thesis is to create a suggestion to improve the production of front sides and doors of warming drawers by automating the process. This reduces the costs as the current process has a limited capacity and in the future, the demand of electrical household appliances will grow and the current process will not be able to meet this need. The suggestion consists of an automatic system with robotic arms which replaces the manual labourers and eliminates unproductive moments. Also, the necessary financial investment for the project of automating the process will be shown. The suggestion will be simulated by a specialized software, in this case FlexSim, which allows us to analyze the suggested process comparing it to the current process in a detailed way.

Keywords: Automation, process, simulation, production

1. Introducción

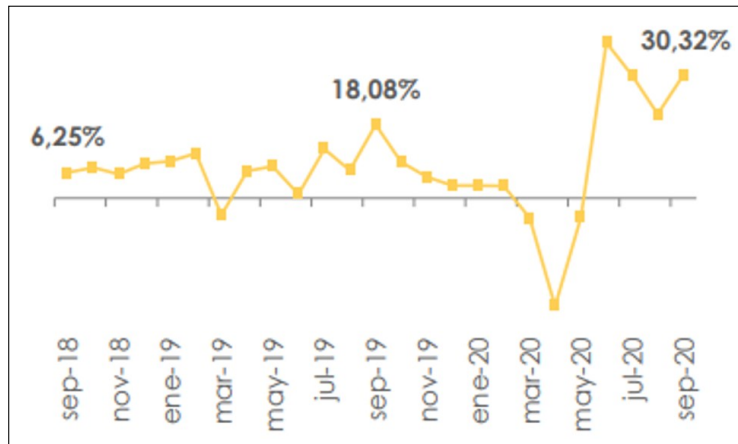
En el Ecuador el índice de producción de la industria manufacturera (IPI-M), que corresponde a las empresas manufactureras a nivel nacional, ha tenido un incremento en los últimos tres años, llegando hasta un 30.32% en el año 2020; sin embargo, en los meses de marzo a mayo se obtuvo un pico negativo del -16% ocasionado por la paralización de la producción debido a la pandemia por Covid-19. En el mes de mayo el Comité de Operaciones Emergentes (COE) autorizó la producción aplicando los protocolos de bioseguridad con sus trabajadores, lo que permitió una reactivación en los niveles de producción, como se observa en la Figura 1.1 (El Universo, 2020; Jara, Romero, Bravo, Vélez, y García, 2022). Para el año 2023 se tiene previsto un aumento en ventas del 6% dentro de este sector productivo (Primicias, 2021).

Uno de los sectores que presentó un crecimiento en sus operaciones fueron los electrodomésticos, considerando que en el mercado nacional existen varias empresas dedicadas a este sector industrial y otras donde su actividad económica se basa en la importación de estos productos y su posterior comercializan en el mercado; en concreto, el ámbito ecuatoriano de cocinas está conformado por la participación mayoritaria de cuatro marcas, donde más del 80% del mercado está abarcado por dos marcas de acuerdo con la evolución de los últimos tres años como se observa en la Figura 1.2 (Fajardo y Dubán, 2022; S. Martínez y Zambrano, 2019).

Con el crecimiento de la producción y un entorno altamente competitivo es necesario buscar alternativas que puedan reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, reducir costos y aumentar la rentabilidad para seguir siendo competitivos y satisfacer las necesidades crecientes de los clientes. Una de las alternativas que se ha desarrollado en los últimos tiempos es la automatización de los procesos, acompañado con la implementación de la industria 4.0 que permite controlar maquinarias, sustituyendo la intervención de operadores humanos, aumentando la productividad y reduciendo los riesgos (Ovalle, Ocampo, y Acevedo, 2013).

Figura 1.1

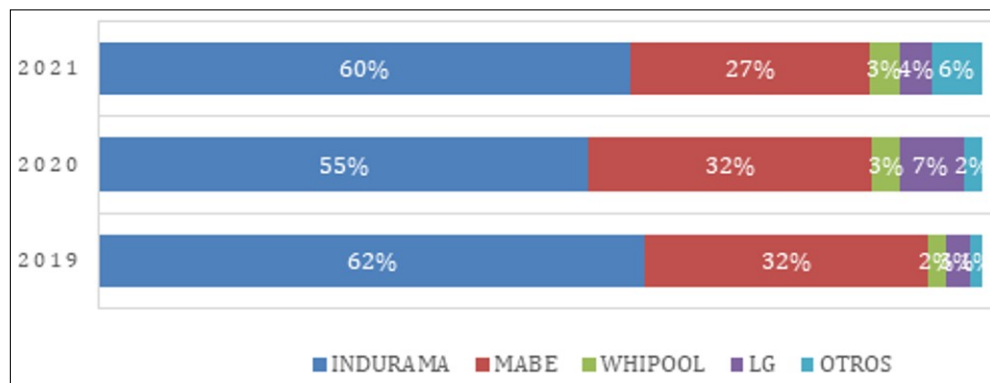
Producción de la industria manufacturera.



Nota: En la Figura se observa el índice de producción de la industria manufacturera en el Ecuador, desde septiembre del 2018 hasta septiembre del 2020, siendo el mes de mayo que presenta el mayor incremento (Jara y cols., 2022).

Figura 1.2

Participación de marcas de cocinas en el mercado ecuatoriano.



Nota: En esta Figura se observa la participación de mercado que tienen las empresas fabricantes de cocinas en el mercado nacional donde Indurama tiene la mayor participación hasta el 2021, no existe datos de participación en el mercado nacional para estos últimos años (Economía, 2021).

2. Determinación del problema

2.1. Situación problemática

En la producción de cocinas domésticas se manejan varios procesos productivos, que generan semielaborados de diferentes materiales como el plástico y el metal en su gran mayoría. El área objeto de estudio fue la sección de metalmecánica de una empresa de fabricación de electrodomésticos, considerada esta sección una de las más relevantes en el proceso productivo, donde se ven involucradas una serie de actividades para la transformación de la materia prima en semielaborados, existiendo actividades como corte, perforación, troquelado, embutido, entre otros. Esta sección alberga una gran cantidad de maquinaria como cizallas, prensas hidráulicas y excéntricas que cuentan con una gran variedad de matrices que se utilizan para la transformación de láminas metálicas a piezas semielaboradas necesarias para el ensamble de cocinas domésticas.

Tabla 2.1

Evolución de la producción de electrodomésticos.

Líneas de ensamble	2019 (unidades)	2020 (unidades)	2021 (unidades)	Total (unidades)
Ensamble cocinas	361,088	318,792	443,655	1'123,535
Ensamble encimeras	17,207	11,178	12,303	40,688
Ensamble refrigeradoras	200,986	150,994	207,782	559,762
Total General	579,281	480,964	663,740	1'723,985

Nota: La Tabla presenta la evolución de las unidades producidas de electrodomésticos desde el año 2019 hasta el 2021, donde se evidencia el crecimiento de la producción en el último año de estudio.

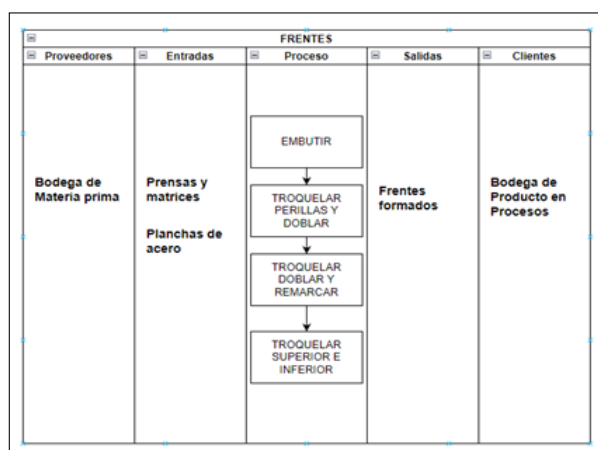
En los últimos años, la producción de electrodomésticos en la empresa objeto de estudio, se ha visto un aumento a pesar de diversos factores por los cuales atravesó, como el Covid-19 que tuvo efectos de ralentizar la economía a nivel mundial, el país en el año 2021 tuvo una recuperación en general de la producción de cocinas en un 39.17% respecto al año 2020 como se indica en la Tabla 2.1.

En el año 2022 se da paso a una nueva línea de cocinas domésticas con diseños y presentaciones mejores que su línea predecesora, al ser nuevos los procesos que se implementan, existen ciertas áreas que se rediseñan para dar paso a esta nueva producción. Dado esto, ciertos procesos no son los óptimos y existen áreas que demanda mayor trabajo en horas, una de estas secciones es la de metalmecánica.

En la actualidad la capacidad de las líneas de ensamble es de 1400 unidades día, de las cuales se fabrican 930 unidades de esta nueva línea y con las nuevas proyecciones de ventas se estima que para el próximo año esta demanda será de 1200 unidades al día de las 1400 unidades de la capacidad total del ensamble, lo cual implica mayor trabajo en secciones predecesoras que demandará más número de horas de trabajo en el área de metalmecánica especialmente en la línea de prensas donde se producen los frentes y puertas calienta platos, el proceso de fabricación se observa en las Figuras 2.1 y 2.3.

Figura 2.1

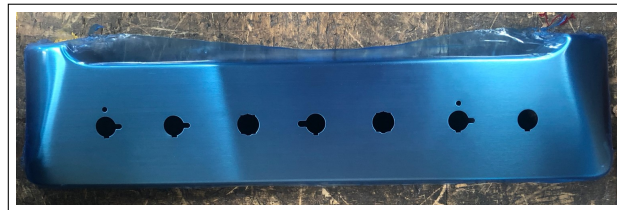
Diagrama SIPOC de frentes.



Nota: En la Figura se muestra los elementos clave y actividades en la fabricación de frentes.

Figura 2.2

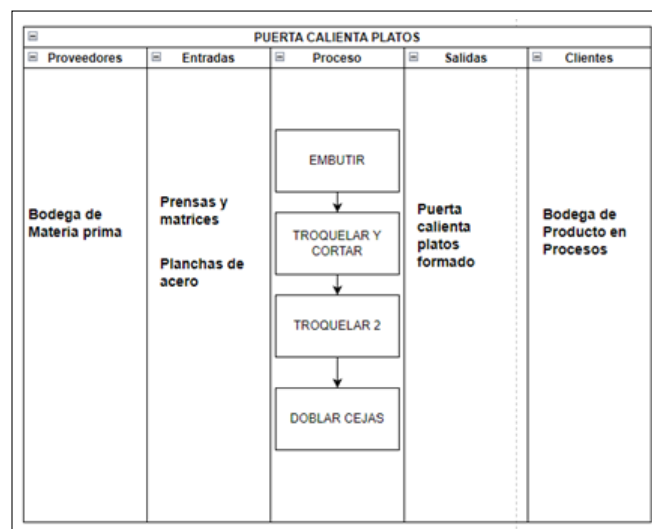
Frente de cocina.



Nota: En la Figura se observa el frente formado de una cocina doméstica, esta pieza se coloca en la parte superior donde van las perillas que sirven para dar paso al gas.

Figura 2.3

Diagrama SIPOC de puertas caliente platos.



Nota: La Figura se muestra los elementos clave y actividades utilizadas en la fabricación de puertas caliente platos.

Figura 2.4

Puerta caliente platos.



Nota: En la Figura se observa la puerta caliente platos, esta pieza es colocada en la parte inferior y su función es netamente estética.

El proceso de transformación más afectado será la producción de frentes y puertas caliente platos, ya que sus unidades por hora (UPH) actual es de 124, trabajando 2 turnos con 4 prensas, en las cuales laboran dos operarios en cada una, teniendo como resultado 930 unidades al día de frentes y 930 de puertas caliente platos, se requiere una unidad de cada elemento para ensamblar una cocina doméstica y como se menciona la demanda crecerá para el próximo año a 1200 unidades al día de las 1400 de su capacidad, para cumplir con esa necesidad se tendrá que trabajar 3 turnos al día con un total de 24 operarios con un sueldo aproximado de \$750 mensuales por operario, esto afectara al costo de producción el cual está conformado por materia prima, mano de obra y costos de fabricación.

Actualmente las prensas son operadas por trabajadores, lo cual implica un riesgo de seguridad por atrapamiento de extremidades, a pesar de que las prensas cuentan con sensores para evitar estos riesgos, siempre está latente que ocurran errores, debido a que el operario frecuentemente tiene que introducir sus manos para la colocación de la lámina metálica y el posterior retiro del semielaborado.

Para el mantenimiento de las prensas existe un plan de mantenimientos preventivos con base en especificaciones del proveedor, el cual detalla una lista de partes críticas con sus respectivos tiempos de reposición, estos inputs ayudan a generar el plan de mantenimiento en horas el cual está sujeto al programa de producción, con el fin de que el personal de mantenimiento disponga de dichas prensas en los días planificados o las horas asignadas para el mantenimiento, adicional se mantiene una relación cercana con los proveedores de las prensas para tener un soporte cuando se lo requiera ya sea vía remota o con soporte

presencial para casos en los que no se pueda solucionar con el personal de mantenimiento propio.

En la fabricación de frentes y puertas calienta platos con el proceso actual se tiene un porcentaje de desperdicios del trimestre (mayo, junio y julio del 2022) por temas de incumplimiento en parámetros de calidad predefinidos por la empresa del 12.5% en frentes y 2.5% en puertas calienta platos.

2.2. Formulación del problema

2.2.1. Problema general

- ¿Es posible elaborar una propuesta para mejorar el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos a través de automatización industrial disminuyendo los costos de producción?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Es posible determinar la situación actual del proceso de fabricación para frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica por medio de la recopilación de datos?
- ¿Es posible proponer un sistema de automatización en el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica para mejorar el proceso?
- ¿Es factible evaluar mediante una simulación el sistema de automatización en el proceso de fabricación para frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica para comparar el proceso propuesto respecto al inicial?

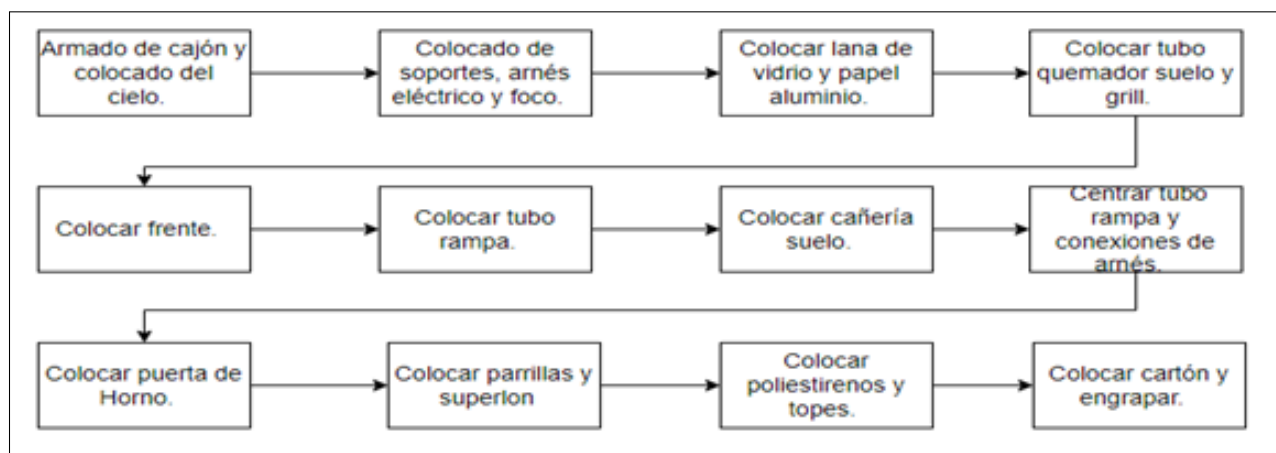
2.3. Justificación

Dentro de la empresa de electrodomésticos la producción de cocinas tiene un volumen mayor que las otras categorías, debido al incremento en ventas de los últimos años se ha venido priorizando en innovación y reducción de costos para mejorar la producción y aumentar sus ingresos económicos; en la Figura 2.5 se observa el proceso macro del ensamble de una cocina de uso doméstico.

La propuesta de mejora en el proceso productivo pretende aumentar los ingresos económicos, reduciendo los tiempos y costos de producción, de acuerdo a la demanda pronosticada con referencia a los volúmenes de ventas y sus proyecciones, además del lanzamiento de una nueva línea de cocinas domésticas comprometerá el proceso restrictivo de la sección de metalmecánica, por lo que se requiere mejorar con una propuesta de automatización industrial que permita mantener un proceso controlado de acuerdo a los niveles de producción proyectados.

Figura 2.5

Proceso de ensamble de cocinas.



Nota: En la Figura se muestra las actividades para el proceso de ensamble final de una cocina doméstica.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

- Elaborar una propuesta para mejorar el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos a través de automatización industrial disminuyendo los costos de producción.

2.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la situación actual del proceso de fabricación para frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica por medio de la recopilación de datos.

- Proponer un sistema de automatización en el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica para mejorar el proceso.
- Evaluar mediante una simulación el sistema de automatización en el proceso de fabricación para frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica para comparar el proceso propuesto respecto al inicial.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

- Se elaborará una propuesta para mejorar el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos a través de automatización industrial disminuyendo los costos de producción.

2.5.2. Hipótesis específicas

- Se determinará la situación actual del proceso de fabricación para frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica por medio de la recopilación de datos.
- Un sistema de automatización en el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica podrá mejorar el proceso.
- Mediante una simulación el sistema de automatización en el proceso de fabricación para frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica evaluará el proceso propuesto respecto al inicial.

3. Marco teórico referencial

A continuación se presentan los conceptos teóricos utilizados para el cumplimiento de los objetivos planteados.

3.1. Mejoras de productividad

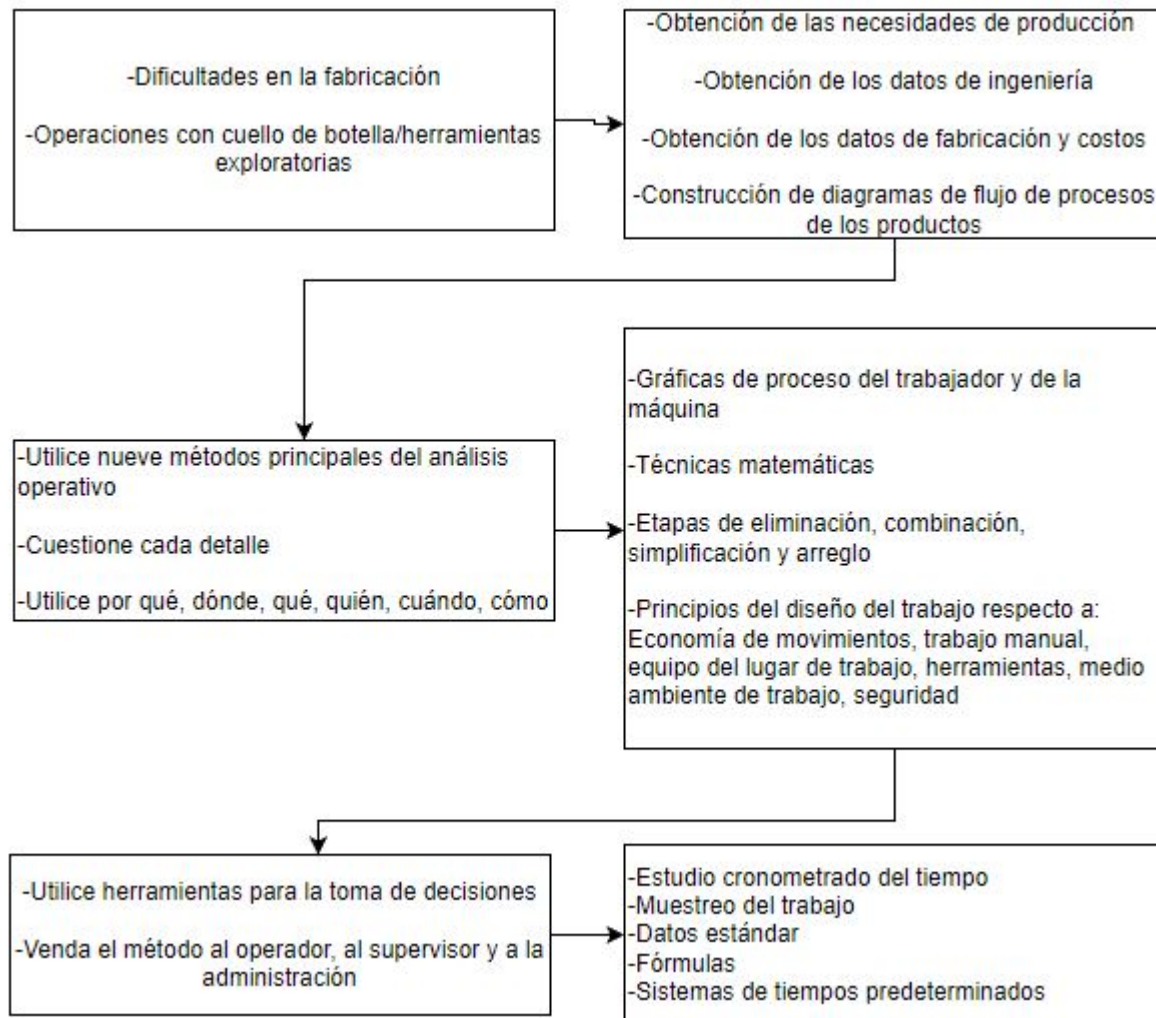
Las empresas de carácter industrial dan mucha importancia a sus procesos productivos dado que estos son fundamentales para cumplir sus objetivos. Además si se encuentran en constante crecimiento es necesario explorar nuevas alternativas para satisfacer las necesidades que se van presentando.

La ingeniería de métodos, también conocida como análisis de operaciones, diseño de trabajo, entre otros nombres, en general se refiere a técnicas que ayuda a incrementar la productividad con el enfoque de reducir el tiempo o los costos de producción. Se debe tener presente que, a fin de que las operaciones de una empresa sigan siendo rentables se debe mejorar continuamente y adaptarse a los cambios de manera ágil, por lo tanto, un estudio de métodos puede ayudar analizando la situación para proponer mejoras. La mejora de los procesos productivos que resultan de la innovación tecnológica es un factor clave para que las empresas mantengan su competitividad, por esto el desarrollo de tecnología se considera fundamental en la ingeniería de métodos (Niebel y Freivalds, 2014).

En la actualidad es importante considerar el uso de sistemas de automatización en las áreas de manufactura, por lo general en las áreas de producción el ensamblado comúnmente está conformado por un alto uso de mano de obra directa, lo que representa gran parte del costo de fabricación. Una de las ventajas de la automatización es la personalización y flexibilidad que se le puede dar al sistema de acuerdo con las necesidades. A continuación la Figura 3.1 muestra las etapas que se podrían seguir para el levantamiento de datos de ingeniería de procesos.

Figura 3.1

Etapas de un programa de ingeniería de procesos.



Nota: En la Figura se observa el procedimiento para el levantamiento de datos para su procesamiento y análisis (Niebel y Freivalds, 2014).

El estudio del trabajo representa una mejor forma de establecer estándares de producción, los cuales si son establecidos con precisión permiten incrementar la eficiencia del equipo y personal operativo, el método que nos ayuda a esto es el estudio de tiempos el cual se realiza de la siguiente manera; es necesario seleccionar una operación estándar o, en caso de ser una nueva, asegurarse de que el operario conozca y domine el procedimiento de trabajo correspondiente, separar la operación en actividades para que sea más fácil de proceder a

tomar los tiempos por etapas, es recomendable que la tarea a realizar el estudio sea repetitiva en la jornada laboral, se debe seleccionar al operador quien va a realizar la actividad el cual mencionamos que debe ser un trabajador que conozca el proceso, por lo general se procede a tomar los datos con un cronómetro, luego de tener algunas muestras se deberá determinar el número de ciclos o muestras recomendables para el estudio esto se lo puede hacer mediante fórmulas estadísticas o tablas previamente definidas, se continúa con la toma de datos con el número de muestras seleccionadas, el promedio de esta toma de datos se la conoce como tiempo observado el cual se debe de multiplicar por la eficiencia a la cual trabajó el operario que realizó el proceso, esto se le conoce como tiempo normal y finalmente a este tiempo se le multiplica por un factor de holgura el cual puede ser por necesidades personales del trabajador y una serie de factores que influyen en el porcentaje de esta holgura, a este tiempo se lo conoce como tiempo estándar el cual es el resultado del estudio (Niebel y Freivalds, 2014).

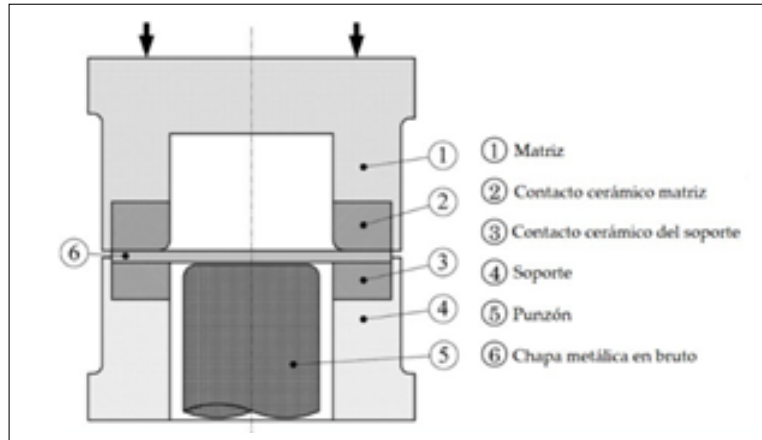
3.2. Operaciones de formado de láminas

3.2.1. Embutido

El embutido es un procedimiento de conformado que consiste en transformar una chapa plana en una pieza tridimensional mediante el uso de un conjunto de punzón y matriz. La chapa en bruto se sujeta sobre el orificio de la matriz y se empuja el punzón hacia ella, lo que obliga a la chapa adoptar la forma de la cavidad de la matriz. Este proceso se divide en varias etapas si la forma de la pieza lo requiere. Las prensas hidráulicas son las máquinas empleadas para ejecutar este procedimiento. Una desventaja importante del embutido de chapa es que ejerce una gran tensión sobre el material, lo que puede provocar defectos como arrugas o fracturas en la pieza. Para solucionar este problema, es necesario asegurarse de que se trabaje con una velocidad de embutido óptima y que se aplique una buena lubricación entre la chapa y la matriz. De esta forma, se pueden evitar los defectos en la pieza y lograr una alta calidad y precisión en el proceso de fabricación (Gestión de compras industrial sourcing, 2022).

Figura 3.2

Diagrama de embutido.



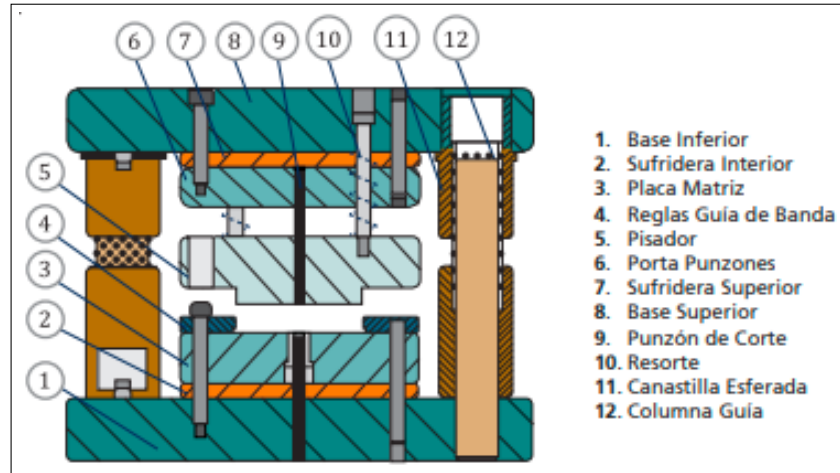
Nota: Se observa los elementos que conforman el embutido entre la matriz y láminas metálicas (Gestión de compras industrial sourcing, 2022).

3.2.2. Troquelado

El proceso de troquelado se describe como una técnica mecánica de producción industrial que emplea una herramienta llamada troquel, compuesta por un punzón y una matriz, también conocidos como macho y hembra, respectivamente. Esta técnica se aplica a láminas metálicas que generalmente son trabajadas en frío con el objetivo de dar forma a piezas completas o parciales. La maquinaria que se utiliza en este proceso de conformado de metales pueden funcionar a través de sistemas mecánicos o hidráulicos, con construcciones horizontales o verticales. En el caso de las prensas mecánicas, se utilizan diversos tipos de mecanismos de transmisión para convertir el movimiento rotatorio del motor en movimiento lineal del ariete estas prensas realizan un movimiento que transmite la fuerza a la base superior del troquel, permitiendo que este penetre en la matriz, que se encuentra sujeta a la mesa de la máquina, y así transforme la lámina metálica (Marin, 2022).

Figura 3.3

Elementos para el troquelado.



Nota: Se observa los elementos que intervienen en el troquelado entre la matriz y lámina metálica (Marin, 2022).

3.3. Automatización industrial

Durante las últimas décadas, se ha observado una tendencia creciente hacia la automatización industrial en una variedad de industrias. Esta tendencia se ha traducido en una mayor eficiencia y productividad en los procesos productivos, esto ha sido respaldado gracias al desarrollo y abaratamiento de la tecnología asociada a la automatización. Los objetivos de la automatización industrial incluyen mejorar la productividad reduciendo costos, facilitar los cambios en la producción y mejorar la calidad. Estos objetivos se han convertido en requisitos para mantener la competitividad en el campo industrial actual. La automatización industrial puede implementarse en diferentes niveles, desde una sola máquina hasta toda la organización. A nivel de máquina, se automatiza una sola máquina. A nivel de célula, se automatiza un conjunto de máquinas que trabajan juntas para llevar a cabo un proceso. A nivel de planta, se automatiza toda la planta para alcanzar objetivos de producción globales. A nivel de empresa, se automatiza toda la organización, incluyendo sus diversos departamentos, como ventas, gestión y producción. La implementación de la automatización en cada nivel depende de las necesidades y objetivos específicos de la industria y la organización (Sanchis, Romero, y Vicent, 2010).

La automatización de los procesos industriales es uno de los objetivos más importantes en las empresas para estar a la vanguardia competitiva del mercado que muchas veces es cambiante, se puede definir la automatización de un proceso como la incorporación de dispositivos tecnológicos que mejoren el proceso asegurando el control y comportamiento, sustituyendo a los recursos que se disponen para mejorar la situación (Moreno, 2001).

Para plantear un sistema de automatización, se debe comenzar por construir un diagrama del proceso que muestre las conexiones entre las variables del objeto de estudio, incluyendo las entradas y salidas correspondientes. Es importante que el diagrama sea claro y detallado, pero sin entrar en demasiado detalle sobre los lazos del proceso. Una vez completado el diagrama, se procederá a diseñar el sistema automático, evaluando las tecnologías de automatización, las prácticas de trabajo, las reglas comerciales que respaldan el diseño y la ingeniería específica (como mecánica, eléctrica, química, entre otras). De esta forma, se garantizará un diseño eficiente y adecuado para las necesidades específicas del proceso de automatización (Escaño, Garcia, y Garcia, 2019).

3.4. Unidades automáticas de producción

Las unidades automáticas de producción son sistemas de producción que utilizan maquinarias y equipos automatizados para fabricar productos sin la necesidad de intervención humana. Estos sistemas de producción suelen utilizarse en procesos de producción en masa, donde se requiere una alta eficiencia y una producción constante de productos idénticos.

3.4.1. Tipo de robots y características

De acuerdo a Kalpakjian y Schmid (2020) los robots se pueden clasificar de acuerdo a los siguientes tipos.

- **Los robots de secuencia fija y variable.** El robot de secuencia fija, también denominado robot de selección y colocación se configura para seguir una secuencia predeterminada de operaciones. Su funcionamiento se basa en movimientos precisos de punto a punto, con ciclos continuos que se repiten. Estos robots se caracterizan por su simplicidad y su coste relativamente bajo. Por otro lado, el robot de secuencia variable tiene la capacidad

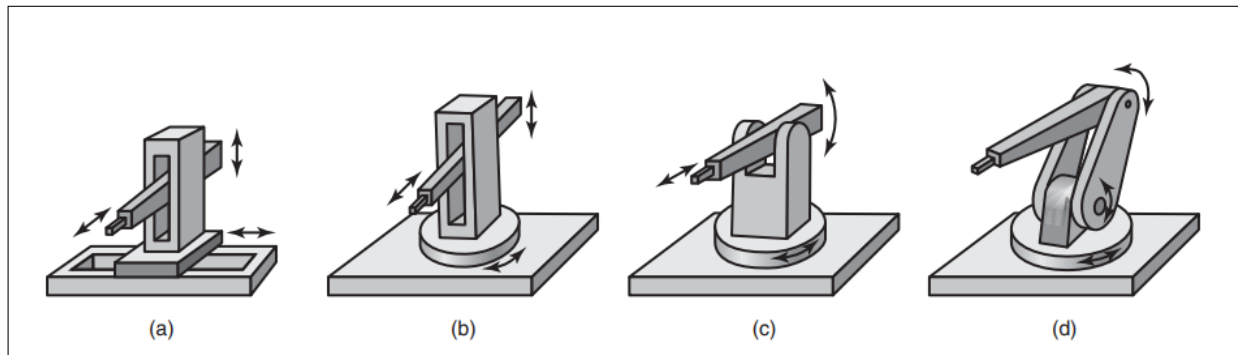
de ser programado para llevar a cabo una secuencia específica de operaciones, además se le puede reprogramar para ejecutar una secuencia diferente.

- **El robot reproductor de movimientos.** Es aquel el que un operador dirige o guía al robot y a su efector final a lo largo de una trayectoria deseada. En esencia, el operador enseña al robot mediante la demostración de las acciones requeridas. El robot registra tanto la trayectoria como la secuencia de movimientos, permitiéndole repetirlos de forma continua sin necesidad de ninguna intervención o guía adicional por parte del operador. Otro tipo de robot en esta categoría es el terminal de control remoto, conocido como teach pendant, el cual utiliza botones manuales conectados a una consola de control. Estos dispositivos se emplean para controlar y guiar al robot y sus herramientas durante las tareas a realizar. Posteriormente, los movimientos son almacenados en la memoria del controlador del robot y pueden ser ejecutados automáticamente en cualquier momento requerido.
- **El robot controlado numéricamente.** Se programa y opera de manera similar a una máquina controlada numéricamente (NC). El robot se autogobierna mediante datos digitales y su secuencia de movimientos puede modificarse con relativa facilidad. Al igual que en las máquinas NC, existen dos tipos principales de control: punto a punto y trayectoria continua. Los robots de control punto a punto son fáciles de manejar y tienen una mayor capacidad de carga y un alcance de trabajo más amplio, que se refiere a la máxima extensión o alcance de la mano o herramienta del robot en todas las direcciones. Por otro lado, los robots de trayectoria continua ofrecen una mayor precisión en comparación con los de control punto a punto, pero tienen una capacidad de carga más limitada.
- **El robot inteligente.** El cual es capaz de desempeñar diversas funciones y tareas que normalmente son llevadas a cabo por seres humanos. Este tipo de robot está equipado con una variedad de sensores, que incluyen capacidades visuales mediante la visión por computadora, así como sensores táctiles o de contacto. De manera similar a los seres humanos, el robot es capaz de observar y evaluar su entorno inmediato y la proximidad de otros objetos, especialmente maquinaria, a través de la percepción y el reconocimiento de patrones, el robot puede tomar decisiones adecuadas para su próximo movimiento y procede en consecuencia. Dado que su funcionamiento es más complejo, se requieren computadoras de alto rendimiento para controlar este tipo de robot.

Adicional a esto los robots usados en la industria manufacturera se pueden clasificar de una manera básica como se observa en la Figura 3.4, el cual muestra cuatro tipos de clasificaciones.

Figura 3.4

Tipos básicos de robot.



Nota: En la figura se observa los cuatro tipos de robots industriales: (a) cartesiano (rectilíneo); (b) cilíndrico; (c) esférico (polar), y (d) articulado (de revolución, geometría unida, o antropomorfo) (Kalpakjian y Schmid, 2020).

3.4.2. Aplicaciones y criterios de selección

Las aplicaciones principales de los robots industriales son diversas y abarcan una amplia gama de funciones de acuerdo a Kalpakjian y Schmid (2020) a continuación se detallan las más relevantes:

- **Manejo de materiales.** Los robots son utilizados para cargar, descargar y transferir piezas de trabajo en instalaciones de manufactura. Esto incluye operaciones como el movimiento de materiales en procesos de fundición, moldeo, tratamiento térmico y formado, entre otros. Los robots permiten realizar estas tareas de manera confiable y repetitiva, mejorando la calidad y reduciendo las pérdidas por desperdicios.
- **Soldadura.** Los robots son ampliamente utilizados en aplicaciones de soldadura, como soldadura por puntos, soldadura por arco, corte por arco y remachado. Estos procesos

son fundamentales en la unión de componentes en la fabricación de automóviles, camiones y otros productos metálicos.

- **Procesamiento y acabado.** Los robots son capaces de realizar operaciones de rebabeo, rectificado, pulido y otras tareas de procesamiento y acabado utilizando herramientas adecuadas en sus efectoras finales. Esto permite obtener resultados precisos y consistentes en la mejora de la calidad de las piezas.

- **Aplicación de adhesivos y selladores.** Los robots se utilizan para la aplicación precisa de adhesivos y selladores en diferentes industrias, como la automotriz y la electrónica. Esto garantiza una distribución uniforme y controlada de los materiales, mejorando la eficiencia y calidad del proceso.

- **Limpieza y pintado.** Los robots son empleados en operaciones de limpieza y pintado, especialmente en piezas de formas complejas. Su capacidad de movimiento preciso y repetitivo permite realizar estas tareas de manera eficiente y garantizar una cobertura uniforme.

- **Ensamblaje automatizado.** Los robots desempeñan un papel clave en el ensamblaje automatizado de productos, donde pueden realizar tareas de montaje de componentes con precisión y velocidad. Esto aumenta la productividad y la eficiencia en las líneas de producción.

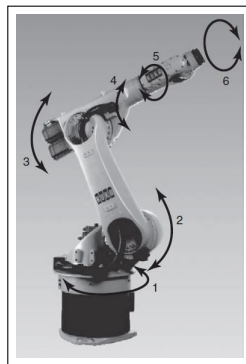
- **Inspección y calibración.** Los robots son utilizados para llevar a cabo inspecciones de calidad y calibraciones en procesos industriales. Gracias a su precisión y capacidad de movimiento controlado, los robots pueden realizar estas tareas a velocidades más altas que las alcanzadas por los humanos, mejorando la eficiencia y reduciendo los errores.

El componente más evidente y reconocible es el que comúnmente llamamos “Robot”. Se trata de un manipulador de propósito múltiple reprogramable que puede mover piezas, materiales y herramientas siguiendo diferentes trayectorias. Este dispositivo está controlado

automáticamente y puede constar de 3 o más ejes como se observa en la Figura 3.5 para realizar movimientos específicos y llevar a cabo tareas diversas. Además, en los extremos del robot pueden colocarse herramientas intercambiables según se requiera, como pinzas, agarres, sensores u otros tipos de herramientas (Equinlab, 2021).

Figura 3.5

Robot de 6 grados de libertad.



Nota: Se observa los grados de libertad que tiene un brazo robot (Kalpakjian y Schmid, 2020).

En los criterios de selección la combinación de consideraciones económicas y de seguridad impulsa la selección de robots en el ámbito industrial. A medida que los costos se reducen y la tecnología avanza, se espera que los robots desempeñen un papel aún más prometedor en la manufactura, optimizando la eficiencia y mejorando la seguridad en los entornos de trabajo. Sin embargo, es fundamental garantizar un enfoque equilibrado que maximice los beneficios económicos sin comprometer la seguridad de los operadores, los factores más relevantes que influyen en la selección de robots para la manufactura son los siguientes:

- **Capacidad de carga.** Se refiere a la máxima carga que puede soportar durante su operación, aquí se debe considerar el peso que tiene la herramienta de sujeción más el peso de la pieza que se pretende transportar.
- **Velocidad de movimiento.** La velocidad máxima de movimiento del robot debe estar en función de la actividad que se pretende realiza. Es importante asegurarse de que el

robot pueda completar la tarea dentro de los tiempos requeridos.

- **Confiabilidad.** Es un criterio importante a considerar al seleccionar un brazo robot. La confiabilidad se refiere a la capacidad del robot para funcionar de manera consistente y sin problemas durante un período prolongado de tiempo, sin fallas o interrupciones significativas.

- **Repetibilidad.** Es la capacidad del robot para finalizar tareas de trabajo de rutina cada vez que llega a la misma ubicación, es decir se usan para trabajos que requieran altas precisiones que garantice la correcta ejecución del trabajo cada vez que se lo realice.

- **Configuración de los brazos.** Algunos robots pueden ser programados mediante lenguajes de programación específicos, mientras que otros pueden ofrecer interfaces más intuitivas o basadas en gráficos.

- **Grados de libertad.** Se refiere al número de movimientos independientes que puede realizar a través de sus articulaciones, los movimientos que realizan con los grados de libertad son: rotacional, prismática, cilíndrica, planar y esférica.

- **Sistema de control.** Es responsable de la programación y supervisión de las acciones del robot, así como de la comunicación con otros dispositivos y sistemas en el entorno de trabajo.

- **Rango de operación máximo.** Al evaluar una aplicación, es importante conocer la distancia máxima que el robot debe alcanzar. La selección de un robot no se basa solo en su carga útil, sino que también requiere considerar la distancia exacta que puede cubrir. Cada fabricante proporciona un mapa del rango de movimiento del robot, lo cual permite determinar si es adecuado para una aplicación específica.

3.5. Mantenimiento

El mantenimiento industrial es el conjunto de actividades dirigidas a conservar las propiedades físicas de una organización por medio de la revisión y reparación indispensable para garantizar la disponibilidad de los equipos en funcionamiento, productividad y seguridad, el cual debe ser considerado como parte indispensable dentro de las organizaciones. Para llevar a cabo un mantenimiento efectivo, es fundamental tener un control y planificación adecuados de las tareas de mantenimiento, ya sea que se realicen diariamente, semanalmente o mensualmente. Una forma de lograrlo es a través de la planificación y programación de las tareas de mantenimiento utilizando un software especializado que facilite las actividades relacionadas con el mantenimiento. De esta manera, se puede garantizar una mayor eficiencia y eficacia en el mantenimiento, lo que a su vez contribuirá a incrementar la vida útil de los equipos y reducir los costos asociados con su reparación y reemplazo (Medrano, Ajuech, Leví, y Leon, 2017).

El mantenimiento se puede categorizar en tres tipos diferentes: el mantenimiento correctivo, el preventivo y el predictivo. El mantenimiento correctivo es el más antiguo y se centra en la reparación de los equipos después de que se hayan producido fallas, lo que puede provocar la no disponibilidad de las máquinas y, en consecuencia, afectar la producción. Por otro lado, el mantenimiento preventivo es un procedimiento programado previamente que tiene como objetivo reducir la ocurrencia de fallos en los equipos y aumentar su disponibilidad a través de actividades como la limpieza, lubricación y el cambio de piezas de forma regular. Finalmente, el mantenimiento predictivo utiliza técnicas como el análisis de vibraciones, termografía, mediciones eléctricas, entre otros, para anticipar y prevenir fallas en los equipos. Este tipo de mantenimiento se enfoca principalmente en máquinas críticas y ayuda a reducir el tiempo de inactividad de los equipos sin aumentar los costos de mantenimiento (Medrano y cols., 2017).

3.6. Seguridad industrial

Un factor importante que se debe tener en consideración es el tema de seguridad en el trabajo, en las organizaciones de carácter industrial siempre habrá diferentes máquinas, equipos y herramientas, por esto el personal presente está expuesto a varios riesgos mecánicos como golpes, cortes, atrapamiento entre objetos, proyección de fragmentos entre otros. Estos riesgos están presentes en dos escenarios, el primero se encuentra en el conjunto de elementos mecánicos del sistema de transmisión, en esta parte de la máquina el operario no debe tener

contacto durante la ejecución de su trabajo y el segundo está presente en la zona de ejecución donde el trabajador ejerce sus actividades diarias de alimentación y extracción de piezas o en procesos automáticos en corrección de funcionamiento en la secuencia a seguir (Sánchez, 2017).

La seguridad industrial es un aspecto importante que se debe tener en cuenta al momento de automatizar un proceso debido a que siempre se debe precautelar la seguridad de los operarios definiendo la secuencia de operaciones del proceso, se debe tomar las medidas de seguridad necesarias mientras se ejecuta la secuencia del proceso automático, adicional a esto incrementar los niveles de seguridad se debe instalar cortadores de corriente para que el proceso se detenga si el operario pasa líneas de seguridad para poder garantizar la seguridad en los mismos (Sanchis y cols., 2010).

3.7. Simulación

La simulación de procesos se la realiza a través de software computacional utilizado para recrear el comportamiento de un proceso productivo de una manera controlada, permitiendo manipular la operación fuera de sus condiciones o intervalos normales, abarcando información valiosa sin realizar modificaciones en el proceso real, con la simulación se obtiene los siguientes beneficios: experimentación económica, extrapolación de las condiciones del proceso que muchas veces son inviables en la planta real, repetición de experimentos donde se puede introducir o retirar con facilidad un error, control de cálculo, sensibilidad del sistema y estabilidad del sistema, todas estas ventajas de la simulación ayudan en la toma de decisiones en base científica y objetiva (Himmelblau y Bischoff, 2021).

En general, se pueden identificar tres tipos de aplicaciones para la simulación. La primera es la experimentación, que se aplica cuando el sistema implica gran cantidad de recursos económicos o cuando se diseña un nuevo sistema debido a la facilidad de modificar el modelo hasta obtener los comportamientos deseados. El segundo es la predicción que se utiliza para pronosticar el comportamiento de un sistema real cuando se aplican sobre el sistema ciertas variables que lo puedan modificar. El tercero es la enseñanza, que es usado para poder adiestrar ante posibles situaciones o condiciones como por ejemplo en los simuladores de vuelo. De acuerdo con estas tres aplicaciones generales se pueden derivar varias ramas, una de las más asociadas a los procesos productivos es el diseño, la planificación, control y pronóstico de la producción (Gonzales, Chaparro, y Ramirez, 2018).

3.7.1. Software de simulación

Los software de simulación son herramientas fundamentales para modelar y analizar sistemas complejos en distintos campos de ingeniería y las ciencias relacionadas. En este sentido, existen diversos software de simulación, cada uno con sus propias características, fortalezas y debilidades. A continuación se presenta una breve descripción de algunos de los software de simulación más populares, como Plant Simulation, Witness, Simio y FlexSim, y se mencionan sus ventajas y desventajas (M. Martínez, Zárate, y Román, 2018).

Plant Simulation es un software de simulación de eventos discretos utilizado para modelar sistemas de producción y logística. Tiene una interfaz gráfica intuitiva y una amplia biblioteca de objetos predefinidos que pueden ser personalizados según las necesidades del usuario. Además, puede integrarse con otros software como MATLAB, Excel y SAP. Entre sus desventajas, se encuentra que los usuarios pueden requerir habilidades avanzadas de programación para crear modelos con cierto grado de complejidad (Siemens Software., 2023).

Witness es un software de simulación de eventos discretos para modelar procesos de negocio y sistemas de producción. Tiene una interfaz de usuario amigable y permite la creación de modelos complejos con múltiples procesos. También permite la integración con otros sistemas, como CAD y sistemas de control de producción. Entre sus desventajas se encuentra que la licencia puede ser costosa, y no cuenta con una versión gratuita disponible para los usuarios.

Simio es un software de simulación de eventos discretos que utiliza modelado basado en objetos para diseñar y analizar sistemas. Tiene una interfaz gráfica fácil de usar y permite la creación de modelos complejos con múltiples procesos y recursos. Además, permite la integración con otros sistemas, como Excel y Visual Basic. Entre sus desventajas se encuentra que no hay muchos recursos disponibles en línea, y que la curva de aprendizaje es alta y la interfaz puede resultar confusa (Simio Simulation Partner, 2023).

FlexSim es un software de simulación de eventos discretos utilizado para modelar y analizar sistemas complejos en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo producción, logística, atención médica y servicios. Tiene una interfaz gráfica intuitiva y una amplia biblioteca de objetos predefinidos que pueden ser personalizados según las necesidades del usuario. Además,

FlexSim tiene una comunidad de usuarios activa y una amplia gama de recursos de aprendizaje disponibles en línea. Entre sus desventajas, se encuentra que la versión completa puede ser costosa y para procesos más complejos con datos más variables, se vuelve más difícil utilizar. En general, FlexSim es un software de simulación de procesos y sistemas muy completo que puede ser útil para una amplia variedad de aplicaciones (FlexSim , 2023).

Aunque todos ellos son útiles para la simulación y análisis de sistemas complejos, es importante considerar las necesidades específicas del usuario antes de elegir uno de ellos.

3.8. Costos y evaluación de proyectos

3.8.1. Costos de infraestructura y seguridad

Algunos de los costos que se deben considerar para la instalación son los de infraestructura que básicamente corresponde a la construcción de obra civil como adecuaciones al suelo y anclaje para la instalación de los brazos robots, se debe tener en cuenta la ubicación y el tamaño requerido en relación con la maquinaria y el espacio disponible en la sección de trabajo. Las fosas deben tener una profundidad adecuada para colocar los brazos robots y permitir su movimiento sin interferir con otras maquinarias o instalaciones en la sección. También deben contar con una base resistente y nivelada para evitar que los brazos robots se muevan o caigan durante su operación. Además, se deben considerar las normas de seguridad y tomar medidas adicionales, como la instalación de barreras de protección y la señalización clara de las zonas de operación de los brazos robots. También se deben proporcionar sistemas de emergencia para detener rápidamente los brazos robots en caso de una emergencia o un mal funcionamiento.

3.8.2. Costos de implementación y capacitación

En los costos de implementación se incluyen los costos de la instalación de los brazos robóticos, incluyendo los costos de mano de obra, los costos de materiales y cualquier otro costo asociado con la instalación como conexiones de energía eléctrica esta adecuación dependerá de la distancia entre los elementos a conectar y el panel eléctrico principal, así como del tipo de cableado y los componentes necesarios. También es necesario considerar los costos de instalación de una red de aire comprimido. Costos de mantenimiento los brazos robóticos requerirán mantenimiento periódico para garantizar un funcionamiento adecuado. Estos costos

incluyen el costo de los repuestos, la mano de obra necesaria para realizar el mantenimiento y cualquier otro costo asociado con el mantenimiento (López, 2019).

El personal de la empresa deberá ser capacitado en el uso de los brazos robóticos y en la programación necesaria para su funcionamiento. Es importante considerar estos costos de capacitación en el análisis que se debe realizar. La programación de robots es una habilidad especializada que requiere un conocimiento profundo del tema por lo cual al contratar a un instructor experto en programación de brazos robots se debe verificar que cumpla los requisitos para que el personal a capacitarse pueda aprender conocimientos técnicos necesarios para la operación de brazos robots como cinemática lo que incluye la geometría, la posición, la velocidad, la aceleración y el control de movimiento del robot, la dinámica de los brazos robots, incluyendo la fuerza, la inercia, el momento y la energía, los sistemas de control como el control de posición, el control de velocidad y el control de torque. El instructor debe estar familiarizado con los lenguajes de programación y software que se utilizan para programar los robots incluyendo el lenguaje propio de la cada marca de brazos robot que permitirá realizar las tareas requeridas.

3.8.3. Evaluación de proyectos

La evaluación de proyectos es un proceso que se utiliza para determinar la viabilidad y rentabilidad de un proyecto antes de su implementación. Se utiliza para tomar decisiones informadas sobre si un proyecto debe ser aprobado, modificado o descartado.

La evaluación de proyectos basada en costos es una técnica que se utiliza para determinar si un proyecto es rentable o no. Esta técnica implica la estimación de los costos asociados con el proyecto y la comparación de estos costos con los beneficios esperados del proyecto. Si los beneficios superan los costos, el proyecto se considera rentable y puede ser aprobado. El proceso de evaluación de proyectos basado en costos generalmente implica los siguientes pasos: (i) identificar los costos asociados con el proyecto, esto incluye los costos directos, como los materiales y la mano de obra, así como los gastos generales. (ii) Estimar los costos, se deben estimar los costos para cada actividad o elemento del proyecto, y luego sumar los costos para obtener el costo total del proyecto. (iii) Identificar los beneficios del proyecto, esto incluye los ingresos generados por el proyecto, así como cualquier otro beneficio que se pueda esperar, como el aumento de la productividad (García y Herrera, 2017).

4. Metodología

4.1. Metodología de la investigación

La presente investigación fue de un enfoque cuantitativo porque se basó en valores numéricos de la cantidad de productos elaborados en la línea de prensado de láminas metálicas en función del tiempo y costos de producción. Es de alcance descriptivo porque se aplicó conceptos de producción como costos, tiempos, diseños entre otros, donde se complementa con un tipo de investigación aplicada a una realidad empresarial de manufactura de productos de línea blanca, además el alcance de la investigación es de carácter explicativo debido a que se presentó el escenario de propuesta en función de las variables antes expuestas de costos y tiempos de producción. El presente estudio es de tipo retrospectivo debido a que se analizaron datos del pasado como tiempos, niveles de producción, costos, mantenimiento y seguridad. La investigación fue de tipo aplicada debido a que se utilizaron conocimientos ya existentes, además enfocó su atención en la solución de un problema más que en la formación de teorías.

4.2. Determinación de la situación actual del proceso de fabricación para frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica por medio de la recopilación de datos

A continuación, se presenta la situación actual del proceso productivo de la fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica.

4.2.1. Flujo del proceso

Actualmente los procesos de fabricación de frentes y puertas calienta platos se realiza a través de cuatro operaciones siguiendo la siguiente ruta, se empieza realizando el embutido en

una prensa hidráulica, el siguiente paso es el troquelado de perillas y doblado de cejas esta operación se realiza en una prensa excéntrica, la siguiente operación consiste en el doblado y remarcado de la pieza para finalmente realizar el troquelado superior e inferior, en todas las prensas se requiere de dos operarios en cada una, la función de los operarios consiste en que uno coloca la plancha metálica y acciona para que inicie el ciclo de operación, el otro operario realiza la operación de retiro del semielaborado donde se realiza una inspección visual y se almacenan temporalmente en una cesta hasta completar el lote para proceder a realizar la siguiente operación hasta obtener la pieza formada de un frente o una puerta caliente platos.

Se trabajan durante 2 turnos de 8 horas al día, las horas efectivas son 14 por día debido a que se realiza durante 7.5 horas los frentes y 6.5 horas las puertas caliente platos, el resto del tiempo se realizan cambios de matrices en la línea de prensas dos al que duran 40 minutos cada uno, 15 minutos del traslape del turnos y el tiempo restante se usa para adelantar producción para tener tiempo cuando se requiera realizar mantenimientos.

Tabla 4.1

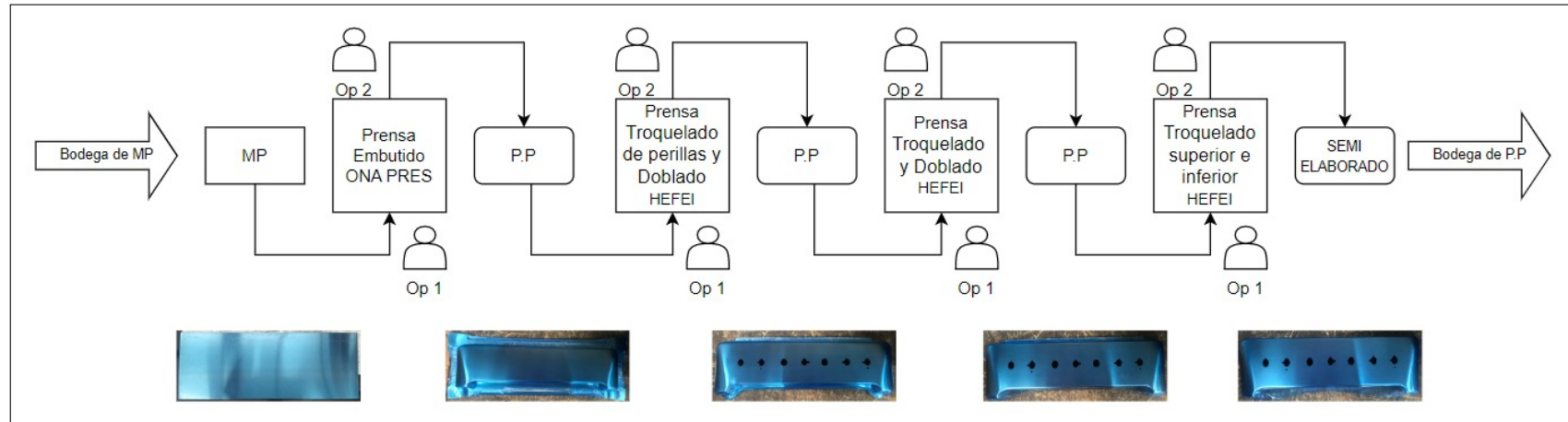
Rutas de fabricación de frentes y puertas caliente platos.

Material	Proceso	Maquinaria	Personal
FRENTE 24 y 30 PULGADAS INOX FORMADO	EMBUTIR	PRENSA ONA PRES	2
	TROQUELAR PERILLAS Y DOBLAR	PRENSA HEIFI	2
	TROQUELAR DOBLAR Y REMARCAR	PRENSA HEIFI	2
CALIENTAPLATOS 24 y 30 PULGADAS INOX FORMADO	TROQUELAR SUP E INF	PRENSA HEIFI	2
	EMBUTIR	PRENSA ONA PRES	2
	TROQUELAR Y CORTAR	PRENSA HEIFI	2
	TROQUELAR 2	PRENSA HEIFI	2
	DOBLAR CEJAS	PRENSA HEIFI	2

Nota: En la Tabla se detalla las operaciones para la fabricación del semielaborado y los recursos que se emplean en el proceso.

Tabla 4.2

Composición química y propiedades mecánicas.



<u>Composición Química (%)</u>										<u>Propiedades Mecánicas</u>				
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Ti	N	TS (Mpa)	YS (Mpa)	EL(%)	HRB	HV
0.01	0.29	0.17	0.03	0.002	18.3	0.25	0.014	0.175	0.137	441	270	37	74	138

Materia prima (MP): lámina metálica de acero inoxidable para alimentos 439 de 0.6 mm de espesor, con un largo de 705 mm y de 250 mm de ancho.

Producto en proceso (PP): las láminas que previamente han sido recortadas, perforadas y dobladas en las diferentes prensas del proceso o en las diferentes operaciones, como se observa en la Figura.

Operadores (Op): el número de operadores por prensa.

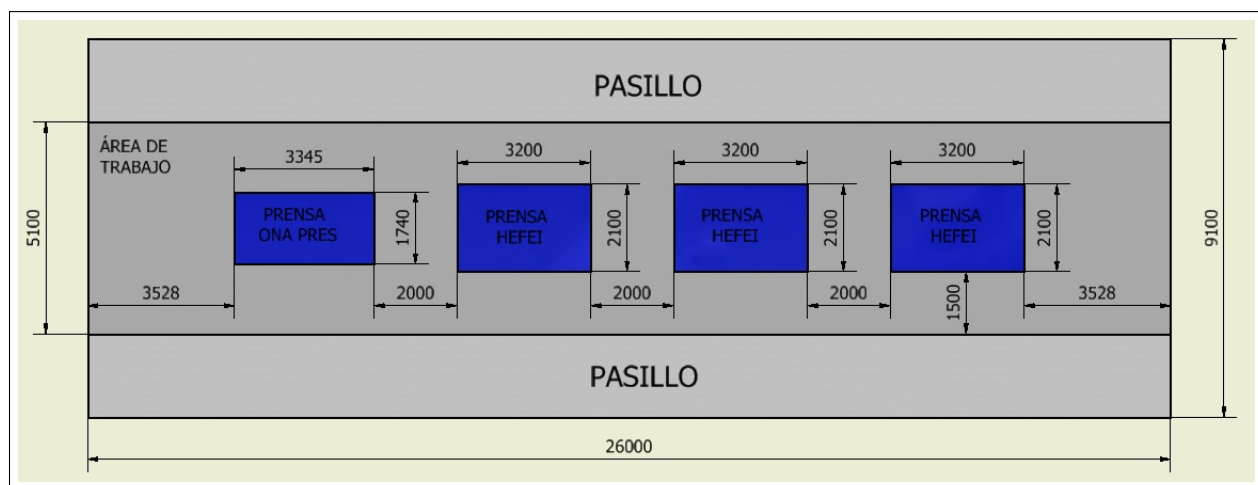
Nota: La Tabla indica la composición química y las propiedades mecánicas del acero inoxidable 439 que se utiliza para la fabricación, la tabla sirve como referencia tanto para los frentes y puertas calienta platos de 30 y 24 pulgadas.

4.2.2. Área de trabajo

La distribución de las prensas está establecida en línea donde previamente se consideraron aspectos como espacio disponible para el movimiento de las piezas y el personal, en la distancia entre las prensas se consideró condiciones de acceso de los operadores para facilitar labores de mantenimiento y limpieza. Así mismo el material debe estar colocado cerca de la prensa correspondiente para evitar el transporte innecesario y reducir el tiempo de procesamiento. Esta distribución ya se estableció pensando en el futuro un sistema de alimentación automático. A continuación, se muestra la distribución en la Figura 4.1 donde se indican las áreas correspondientes al área de trabajo.

Figura 4.1

Layout del área de trabajo.



Nota: En la Figura se presenta las dimensiones en milímetros donde se ubican las prensas que se utiliza en el proceso.

4.2.3. Maquinaria y equipos utilizados en la fabricación

La maquinaria y equipos que se utiliza en el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos está conformada principalmente por prensas y matrices que son las que le dan forma a las láminas metálicas según se requiera como se observa en las Figuras 4.2, 4.3 y en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3

Datos técnicos de las prensas.

Marca	Tipo	Capacidad (Kilonewtons)	Capacidad producción por hora	Dimensiones Mesa interior (mm)
ONA PRES	HIDRÁULICA	2500	127	2340x1020
HEIFI	EXCÉNTRICA	2500	135	2400x1100
HEIFI	EXCÉNTRICA	2500	135	2400x1100
HEIFI	EXCÉNTRICA	2500	135	2400x1100

Nota: En la Tabla se detallan las las características técnicas de las prensas tipo H que se utilizan en el proceso.

Figura 4.2

Prensa marca Ona Press.



Nota: Se observa la prensa tipo H hidráulica de marca Ona Pres.

Figura 4.3

Prensa marca Heifi.



Nota: Se observa la prensa tipo H excéntrica de marca Heifi.

En cada una de las 4 prensas se utiliza una matriz por cada prensa, que son exclusivas para el proceso de formado de frentes y puertas calienta platos las matrices que ayuda a formar la pieza deseada, las matrices de embutido se utilizan para crear formas cóncavas o convexas en una pieza, matrices de troquelado se utilizan para cortar piezas de metal en formas específicas y las matrices que se utilizan para doblar piezas de metal en ángulos específicos, en la Tabla 4.4 nos muestra todas las matrices ocupadas en el proceso.

Tabla 4.4

Matrices del proceso.

Prensa	Matrices Frentes 30	Matrices Frentes 24	Matrices puerta Caliente platos 30	Matrices puerta Caliente platos 24
ONA PRES	Embutido	Embutido	Embutido	Embutido
HEIFI	Troquelar perillas	Troquelar perillas	Troquelar y cortar	Troquelar y cortar
HEIFI	Doblar y remarcar	Doblar y remarcar	Troquelar 2	Troquelar 2
HEIFI	Troquelar	Troquelar	Doblar cejas	Doblar cejas

Nota: En la Tabla se detallan las matrices ocupadas en el proceso de formar los frentes de 30 y 24 pulgadas como las puertas caliente platos de 30 y 24 pulgadas en cada prensa.

4.2.4. Tiempos de producción

El estudio de tiempos se realiza en la línea de prensas para frentes y puertas caliente platos de la sección de metalmecánica, el proceso a estudiar sigue un trabajo estandarizado previamente establecido que sirve para tanto en los frentes y puertas caliente platos de 24 y 30 pulgadas.

Para realizar el estudio se separaron en actividades considerando los procesos que se realizan en las 4 prensas, con los procesos que realiza cada operario en cada una de ellas.

4.2.4.1. Estudio de tiempos de frentes

A continuación, se describe las actividades para la toma de tiempos en el proceso de formar el semielaborado de frentes de 24 y 30 pulgadas.

- **Proceso de embutido**

Operador 1:

1. Revisión visual de la lámina metálica.
2. Lubricación de la lámina metálica en partes críticas del embutido.
3. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.

4. Accionar el ciclo de prensado.

Operador 2:

1. Extraer el semielaborado en proceso.
2. Revisión de la pieza.
3. Coloca sobre un medio de almacenamiento.

■ **Proceso de troquelado de perilla y doblado**

Operador 1:

1. Tomar y revisar el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
4. Acciona el ciclo de prensado.

Operador 2:

1. Extraer el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Revisión de la pieza.
4. Coloca sobre un medio de almacenamiento.

■ **Proceso de troquelar y doblar**

Operador 1:

1. Tomar y revisar el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
4. Acciona el ciclo de prensado.

Operador 2:

1. Extraer el semi elaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Revisión de la pieza.
4. Coloca sobre un medio de almacenamiento.

■ **Proceso de troquelado superior e inferior**

Operador 1:

1. Tomar y revisar el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
4. Acciona el ciclo de prensado.

Operador 2:

1. Extraer el semielaborado terminado.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Revisión de la pieza.
4. Colocar sobre un medio de almacenamiento.

Para proceder con el estudio de tiempos se usará como herramienta de campo un cronómetro para tomar los tiempos de las operaciones detalladas anteriormente.

La recomendación de ciclos a tomar o muestras se puede observar en la Tabla 4.6 que de acuerdo al tiempo promedio de las operaciones nos indica la cantidad de ciclos a tomar, para este caso el tiempo promedio es 1.75 minutos el cual se aproxima más a los 2 minutos por lo cual guiándonos en la Tabla 4.6 la recomendación es realizar 20 ciclos para el estudio de tiempos como se observa en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5

Estudio de tiempos de frentes.

Proceso	Operador 1	Sub Proceso	Actividad	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7	Toma 8	Toma 9
Embutido	Operador 1	1	Revisión visual de la lámina metálica	3.05	3.02	2.99	3.04	3.16	3.81	3.02	3.31	3.42
		2	Lubricación en las zonas críticas de la lámina para el embutido	4.89	5.53	4.50	5.24	5.43	4.50	5.36	5.40	5.44
		3	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	3.50	3.50	3.41	4.07	3.40	3.85	3.10	3.64	2.90
		4	Accionar el ciclo de prensado	4.02	4.10	4.35	3.99	3.78	4.35	3.78	4.14	4.20
	Operador2	5	Extraer el semi elaborado en proceso	3.05	2.99	3.57	3.49	3.10	3.60	3.30	3.20	3.24
		6	Revisión de la pieza en base al trabajo estandarizado	3.98	3.99	4.12	4.20	4.33	4.21	4.14	4.22	4.02
		7	Coloca sobre un medio de almacenamiento	3.50	3.33	3.21	3.50	3.25	3.45	3.71	3.64	3.96
Proceso de Troquelado de perilla y doblado	Operador 3	8	Tomar y revisar el semi elaborado en proceso	3.00	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
		9	Limpiar matriz de viruta film de protección	4.00	3.67	4.05	4.09	3.94	4.47	3.96	3.75	4.07
		10	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	3.50	3.17	3.73	3.32	3.70	3.41	3.31	3.70	3.98
		11	Acciona el ciclo de prensado	4.00	4.45	4.45	4.28	4.45	3.71	4.45	4.41	3.66
	Operador 4	12	Extraer el semi elaborado en proceso	3.00	3.38	3.15	2.99	2.83	3.07	2.93	3.11	2.96
		13	Limpiar matriz de viruta film de protección	3.00	3.27	2.68	3.24	2.56	2.66	3.09	2.79	2.69
		14	Revisión de la pieza en base al trabajo estandarizado	3.50	4.27	4.24	4.14	4.03	3.47	3.68	3.40	3.71
15	Coloca sobre un medio de almacenamiento	2.98	3.47	3.45	2.72	3.00	2.88	2.93	2.67	3.06		
Proceso de troquelar y doblar	Operador 5	16	Tomar y revisar el semi elaborado en proceso	2.95	2.95	3.40	3.13	3.04	3.34	2.82	2.76	2.74
		17	Limpiar matriz de viruta film de protección	2.99	2.66	2.98	3.49	3.53	3.18	2.79	3.60	2.89
		18	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	3.50	3.81	3.46	3.89	3.32	3.88	3.38	3.25	3.13
		19	Acciona el ciclo de prensado	3.50	3.93	3.73	3.58	3.83	3.38	3.89	3.35	3.95
	Operador 6	20	Extraer el semi elaborado en proceso	2.98	3.24	2.88	2.94	3.01	3.03	3.23	3.17	3.35
		21	Limpiar matriz de viruta film de protección	3.06	2.75	3.57	2.88	3.35	3.52	3.03	3.08	2.91
		22	Revisión de la pieza en base al trabajo estandarizado	3.07	2.71	2.77	2.76	2.95	2.78	3.11	3.37	2.79
23	Coloca sobre un medio de almacenamiento	3.10	3.31	3.43	3.31	2.97	2.64	3.37	2.68	3.11		
Proceso de Troquelado superior e inferior	Operador 7	24	Tomar y revisar el semielaborado en proceso	2.98	3.36	2.78	3.49	3.39	2.79	3.37	2.77	3.49
		25	Limpiar matriz de viruta film de protección	3.09	2.55	3.18	3.47	2.70	2.80	2.55	2.82	3.06
		26	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	3.50	3.99	3.38	3.48	3.12	3.56	3.77	3.54	3.13
		27	Acciona el ciclo de prensado	3.50	3.67	3.44	3.82	3.01	3.57	3.38	3.74	3.31
	Operador 8	28	Extraer el semielaborado terminado	3.00	2.83	3.55	3.18	3.43	2.80	2.91	3.31	2.93
		29	Limpiar matriz de viruta film de protección	3.06	3.12	2.86	2.92	2.78	2.63	2.89	2.93	3.48
		30	Revisión de la pieza en base al trabajo estandarizado	2.95	3.14	2.88	2.98	3.00	2.74	2.69	2.90	2.47
31	Colocar sobre un medio de almacenamiento	3.00	3.03	3.14	3.59	3.02	3.57	3.70	2.83	3.68		

Continuación de la Tabla 4.5

Toma 10	Toma 11	Toma 12	Toma 13	Toma 14	Toma 15	Toma 16	Toma 17	Toma 18	Toma 19	Toma 20	Promedio	T.Observado	T.Normal	T.Estandar	UPH
3.11	3.11	3.33	3.08	3.96	3.93	3.42	3.81	2.99	3.32	3.45	3.29	26.9	25.6	28.4	127
5.10	4.50	5.38	4.50	5.21	5.24	5.44	4.50	4.74	4.78	5.00	5.08				
3.50	3.68	3.51	3.50	3.69	3.45	2.90	3.85	2.80	3.40	3.20	3.51				
4.31	4.18	4.20	4.37	4.19	3.90	4.20	4.35	4.05	2.69	2.64	4.12				
3.65	3.27	2.80	3.05	3.20	3.08	3.24	3.60	3.87	3.30	2.86	3.24				
3.88	3.95	4.86	4.18	4.20	4.06	4.02	4.21	3.88	2.57	2.90	4.16				
3.52	3.45	3.95	3.45	3.55	3.45	3.96	3.45	2.88	3.42	2.95	3.53				
2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.04	3.05	2.79	2.81	27.55	26.18	29.06	124
4.27	4.17	4.08	3.74	4.25	4.46	4.07	4.47	3.75	2.95	3.22	4.07				
3.43	3.77	3.57	3.94	3.13	3.65	3.98	3.41	3.65	2.95	2.81	3.55				
3.86	4.31	4.29	4.46	3.91	4.27	3.66	3.71	3.95	3.27	2.84	4.20				
3.01	3.21	3.49	3.07	3.19	3.47	2.96	3.07	3.03	3.45	3.30	3.12				
3.19	3.18	2.63	3.29	2.89	3.07	2.69	2.66	2.52	3.33	3.41	2.95				
4.16	3.85	3.43	3.57	3.60	3.99	3.71	3.47	2.71	2.57	2.97	3.80				
3.45	2.88	3.10	2.86	3.11	3.21	3.06	2.88	3.11	2.95	2.75	3.05	25.72	24.44	27.13	133
3.49	3.43	2.86	3.14	3.11	3.33	2.74	3.34	3.30	2.82	2.61	3.10				
2.97	3.09	3.54	3.03	3.59	3.64	2.89	3.18	3.03	2.89	2.66	3.20				
3.94	3.28	3.78	3.99	3.71	3.56	3.13	3.88	2.87	3.02	3.06	3.59				
3.98	3.58	3.53	3.59	3.15	3.92	3.95	3.38	2.77	2.57	3.39	3.66				
2.81	3.12	2.84	2.83	3.25	2.88	3.35	3.03	2.56	3.49	3.09	3.04				
3.28	3.53	3.18	2.64	3.44	3.52	2.91	3.52	2.76	3.39	3.34	3.18				
2.51	2.59	2.78	2.80	3.42	2.95	2.79	2.78	2.60	3.11	3.19	2.89	25.24	23.98	26.61	135
3.05	3.21	3.00	2.70	2.92	3.13	3.17	2.85	3.50	3.21	3.32	3.06				
2.83	2.90	2.93	2.52	3.22	2.69	3.49	2.79	3.50	2.68	3.20	3.03				
2.69	2.68	3.29	2.96	3.28	3.25	3.06	2.80	3.14	2.97	2.73	2.96				
3.83	3.84	3.36	3.08	3.71	3.80	3.13	3.56	3.28	2.84	3.11	3.54				
3.27	3.42	3.41	3.15	3.98	3.85	3.31	3.57	3.19	2.71	3.15	3.50				
2.84	2.84	3.24	2.83	3.13	3.48	2.93	2.80	2.54	3.41	2.57	3.09				
3.27	2.63	2.76	3.02	3.25	2.78	3.48	2.63	3.44	2.96	3.07	2.96	105.45	105.45	100.18	111.20
3.20	2.78	2.96	2.98	2.52	3.07	2.47	2.74	2.52	2.71	2.69	2.88				
3.47	3.58	2.97	2.98	3.61	3.00	3.68	3.57	2.50	2.96	3.41	3.28				

Nota: En la Tabla se detalla el estudio de tiempos que hace referencia a los frentes de 30 como a los frentes de 24 pulgadas debido a que el proceso es el mismo y sus tiempos iguales, los tiempos en la Tabla están en segundos.

Para la obtención del tiempo normal y tiempo estándar se observó al trabajador y se consideró el trabajo a un 95% de su capacidad, para el tiempo estándar se aplican los porcentajes de las holguras como se puede observar en el anexo A, el cual nos señala que se debe aplicar un 11% de holgura la cual esta dividida en 5% holgura personal, 4% holgura por fatiga básica y 2% holgura por estar parado.

Tabla 4.6

Numero recomendado de ciclos.

Tiempo de ciclo (minutos)	Numero recomendado de ciclos
0.1	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	15
40.00 o más	3

Nota: Se observa el tiempo en minutos y la recomendación de los ciclos en función del tiempo de la operación (Niebel y Freivalds, 2014).

4.2.4.2. Estudio de tiempos de puertas calienta platos

A continuación se describe las actividades para la toma de tiempos en el proceso de formar el semielaborado de puertas calienta platos de 24 y 30 pulgadas.

- **Proceso de embutido**

Operador 1:

1. Revisión visual de la lámina metálica.
2. Lubricación de la lámina metálica en partes críticas del embutido.

3. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
4. Accionar el ciclo de prensado.

Operador 2:

1. Extraer el semielaborado en proceso.
2. Revisión de la pieza.
3. Coloca sobre un medio de almacenamiento.

■ **Proceso de troquelar y cortar**

Operador 1:

1. Tomar y revisar el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
4. Acciona el ciclo de prensado.

Operador 2:

1. Extraer el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Revisión de la pieza.
4. Coloca sobre un medio de almacenamiento.

■ **Proceso de troquelar 2**

Operador 1:

1. Tomar y revisar el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
4. Acciona el ciclo de prensado.

Operador 2:

1. Extraer el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Revisión de la pieza.
4. Coloca sobre un medio de almacenamiento.

■ **Proceso de doblado de cejas**

Operador 1:

1. Tomar y revisar el semielaborado en proceso.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
4. Acciona el ciclo de prensado.

Operador 2:

1. Extraer el semielaborado terminado.
2. Limpiar matriz de viruta film de protección.
3. Revisión de la pieza.
4. Colocar sobre un medio de almacenamiento.

La recomendación de ciclos a tomar o muestras se puede observar en la Tabla 4.6 la cual nos indica los tiempos de la operación de acuerdo al tiempo promedio de la operación, en este caso el tiempo promedio de la operación es 1.46 minutos el cual se aproxima a los 2 minutos y guiándonos por la Tabla 4.6 recomienda realizar 20 ciclos para el estudio de tiempos de este proceso como se observa en la Tabla 4.7.

Tabla 4.7

Estudio de tiempos puertas caliente platos.

Proceso	Operador	Sub Proceso	Actividad	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	Toma 6	Toma 7
EMBUTIR	Operador 1	1	Revisión visual de la lámina metálica	3.05	3.13	3.22	3.32	2.72	2.79	2.95
		2	Lubricación de la lámina metálica en partes críticas del embutido	4.08	3.81	3.94	4.45	3.84	4.39	4.60
		3	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	3.10	2.89	3.34	3.57	2.71	3.40	3.11
		4	Accionar el ciclo de prensado	3.99	3.49	3.94	4.17	3.31	4.00	3.71
	Operador 2	5	Extraer el semi elaborado en proceso	3.24	3.68	3.52	3.11	3.79	3.14	2.92
		6	Revisión de la pieza en base al trabajo estandarizado	3.01	2.87	2.51	3.24	2.73	2.72	3.18
		7	Coloca sobre un medio de almacenamiento	3.53	3.16	3.16	3.53	3.21	3.77	3.59
TROQUELAR Y CORTAR	Operador 1	8	Tomar y revisar el semi elaborado en proceso	2.05	1.63	2.27	2.33	2.35	2.59	2.60
		9	Limpiar matriz de viruta film de protección	2.10	2.00	2.57	2.36	2.26	1.71	2.46
		10	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	2.30	2.65	2.52	2.90	1.99	2.05	2.21
		11	Acciona el ciclo de prensado	3.80	3.28	3.53	3.27	4.11	3.70	3.33
	Operador 2	12	Extraer el semi elaborado en proceso	2.60	2.81	2.70	2.45	2.80	3.11	2.67
		13	Limpiar matriz de viruta film de protección	2.10	1.76	2.09	1.69	1.78	2.37	2.05
		14	Revisión de la pieza en base al trabajo estandarizado	2.75	2.64	2.36	2.24	2.54	2.25	3.13
15	Coloca sobre un medio de almacenamiento	2.30	2.69	2.17	2.19	2.98	3.05	2.74		
TROQUELAR 2	Operador 1	16	Tomar y revisar el semi elaborado en proceso	2.74	3.01	2.12	2.11	2.40	2.66	2.31
		17	Limpiar matriz de viruta film de protección	2.90	2.94	2.73	2.31	3.17	2.69	2.26
		18	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	2.60	2.39	2.86	3.29	2.67	2.44	3.26
		19	Acciona el ciclo de prensado	3.66	4.16	4.00	4.24	3.55	4.21	3.88
	Operador 2	20	Extraer el semi elaborado en proceso	2.60	2.75	2.70	2.70	2.27	2.30	2.93
		21	Limpiar matriz de viruta film de protección	2.40	2.67	2.58	2.37	2.30	2.67	2.34
		22	Revisión de la pieza en base al trabajo estandarizado	2.50	2.57	2.22	2.60	2.52	2.69	2.97
23	Coloca sobre un medio de almacenamiento	2.60	2.74	2.42	2.89	2.71	2.38	2.78		
DOBLAR CEJAS	Operador 1	24	Tomar y revisar el semielaborado en proceso	2.50	2.62	2.05	2.31	2.49	2.91	2.24
		25	Limpiar matriz de viruta film de protección	2.10	2.07	2.31	2.65	2.14	2.61	2.06
		26	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	3.00	2.86	3.14	2.98	3.07	2.37	2.94
		27	Acciona el ciclo de prensado	3.50	3.83	3.18	3.98	3.39	3.93	3.12
	Operador 2	28	Extraer el semielaborado terminado	2.60	2.24	2.45	3.13	2.89	2.31	3.18
		29	Limpiar matriz de viruta film de protección	2.30	1.94	2.15	2.83	2.59	2.01	2.88
		30	Revisión de la pieza en base al trabajo estandarizado	2.10	2.13	2.60	2.48	2.16	2.18	2.07
31	Colocar sobre un medio de almacenamiento	2.90	3.17	3.02	2.51	2.33	2.98	2.51		

Continuación de la Tabla 4.7

Toma 8	Toma 9	Toma 10	Toma 11	Toma 12	Toma 13	Toma 14	Toma 15	Toma 16	Toma 17	Toma 18	Toma 19	Toma 20	Promedio	T.Observado	T.Normal	T.Estandar	UPH
3.35	3.08	2.78	3.05	2.97	2.79	3.47	3.46	3.14	3.13	2.78	2.67	3.44	3.07	24.0	22.8	25.3	142
4.06	3.88	4.51	4.06	4.51	4.37	4.23	4.25	3.87	4.68	4.15	4.58	4.60	4.20				
2.90	3.25	3.30	3.18	2.94	3.51	3.22	3.44	3.22	2.96	3.58	2.93	3.18	3.19				
3.50	3.85	3.90	3.78	3.54	4.11	3.82	4.04	3.82	3.56	4.18	3.53	3.78	3.81				
3.14	3.05	3.04	2.87	3.52	3.18	3.52	3.42	3.12	2.81	3.66	3.16	2.92	3.28				
2.93	3.21	3.25	2.54	3.26	3.39	3.47	2.67	2.58	3.24	3.06	3.06	3.01	3.00				
3.71	3.35	3.26	3.19	3.85	3.18	3.39	3.79	3.20	3.21	3.74	3.10	3.71	3.44				
1.86	1.90	2.37	1.95	2.25	2.46	2.03	1.75	2.33	1.91	2.23	1.63	1.65	2.16				
2.00	2.25	1.77	2.06	2.45	1.74	1.62	2.56	1.61	2.57	1.65	1.87	2.02	2.13				
2.23	2.60	2.53	2.10	2.58	2.45	2.53	2.25	2.50	2.67	2.66	2.45	2.66	2.39				
3.74	3.31	3.52	3.25	3.95	3.53	3.58	4.02	3.85	4.18	3.63	3.87	4.17	3.59				
2.58	2.53	2.25	2.96	2.39	2.96	2.33	3.04	2.65	2.44	3.09	2.19	2.44	2.68				
1.88	1.91	1.70	2.57	2.58	2.00	2.33	2.28	1.75	1.82	2.10	2.36	1.98	2.07				
3.00	2.34	2.39	2.76	2.88	3.05	2.84	3.23	2.74	3.09	2.28	2.73	2.91	2.69				
2.20	2.29	2.74	2.48	2.24	2.23	2.30	2.53	2.55	2.71	2.25	2.60	3.03	2.48				
2.89	2.96	2.15	2.56	2.17	2.61	2.66	3.03	2.91	2.48	2.19	2.94	2.67	2.56				
2.29	2.51	2.87	2.78	2.41	2.65	2.66	3.02	2.53	2.30	2.82	2.25	2.32	2.68				
3.08	2.76	2.67	2.89	2.85	2.34	2.65	3.09	3.15	3.26	2.74	2.44	2.53	2.79				
3.93	4.00	3.93	3.77	3.51	3.82	4.24	3.46	4.18	4.17	4.22	4.22	3.60	3.89				
2.58	2.72	3.08	2.42	2.81	2.23	2.40	2.49	2.72	2.25	2.49	2.20	3.05	2.60				
2.78	2.59	2.23	2.85	2.65	2.85	2.99	2.90	2.16	2.77	3.12	2.87	2.94	2.61				
2.75	2.64	2.92	2.53	2.17	2.23	2.87	2.62	2.87	2.99	2.32	3.02	2.20	2.59				
2.45	2.14	2.37	2.40	2.91	2.47	2.63	2.29	2.15	2.15	2.83	2.18	2.45	2.54				
2.71	2.57	2.51	2.80	2.44	2.42	2.68	2.32	2.96	2.11	2.62	2.28	2.50	2.50				
2.46	1.94	1.97	2.37	2.50	2.36	1.97	2.12	2.27	1.75	1.93	2.26	2.15	2.24				
2.77	3.16	2.85	2.20	2.52	2.91	2.56	2.39	2.64	2.21	3.02	2.72	2.43	2.78				
3.12	3.35	3.43	4.06	3.75	3.36	3.71	3.77	4.01	3.76	3.40	3.66	3.20	3.56				
2.79	2.59	2.67	3.19	2.37	2.47	3.16	3.19	2.49	2.62	2.28	2.25	2.57	2.75				
2.49	2.29	2.37	2.89	2.07	2.17	2.86	2.89	2.19	2.32	1.98	1.95	2.27	2.45				
2.58	2.10	2.32	2.17	2.35	2.17	1.93	2.49	1.98	1.88	2.42	2.10	2.35	2.25				
2.60	2.67	3.18	3.06	2.42	2.51	2.39	3.18	2.89	2.48	2.46	2.20	2.20	2.76				
87.75														87.75	83.36	92.53	

Nota: En la Tabla se detalla el estudio de tiempos para las puertas calienta platos de 30 como las puertas calienta platos de 24 pulgadas debido a que el proceso es el mismo y sus tiempos iguales, los tiempos en la Tabla están en segundos.

Para la obtención del tiempo normal y tiempo estándar se observó al trabajador y se consideró que trabajó a un 95% de su capacidad, para el tiempo estándar se aplican los porcentajes de las holguras como se observa en el anexo A, el cual nos señala que se debe aplicar un 11% de holgura la cual esta dividida en 5% holgura personal, 4% holgura por fatiga básica y 2% holgura por estar parado.

Mediante el estudio de tiempos realizado se logró determinar que los frentes tienen un tiempo estándar total de operación de 111.20 segundos, siendo el segundo paso un proceso restrictivo que corresponde al troquelado de perilla y doblado con un tiempo estándar de 29.06 segundos el cual puede realizar 124 unidades la hora, por lo cual la línea de prensa se subordinara a la capacidad de esta prensa. Para el caso de la fabricación de puertas caliente platos el tiempo estándar total de la operación es de 92.53 segundos, siendo el proceso de embutido un proceso restrictivo con un tiempo estándar de 25.30 segundos con una capacidad por hora de 142 unidades, de igual manera la línea de prensas para la fabricación de este material se verá limitada a este proceso.

Debido a las restricciones presentadas y al tiempo de producción que se detalló anteriormente para los frentes es de 7.5 horas del turno y puertas caliente platos 6.5 horas del turno teniendo en cuenta que se laboran durante 2 turnos de 8 horas, se realizan en un día de producción normal alrededor de 930 frentes y 930 puertas caliente platos teniendo un total de 1860 semielaborados al día, para la fabricación entre cocinas de 30 y 24 pulgadas depende de planificación de la producción y debido al cambio de matriz no se puede fabricar en un mismo día entre cocinas de 30 y 24 pulgadas debido a los cambios de matrices que nos ocasionarían tiempos muertos adicionales a los ya establecidos para el cambio de matriz entre frentes y puertas caliente platos, por este motivo se fabrican en días separados dichos modelos de cocinas, en general la producción mensual de cocinas de 30 pulgadas es del 70% del total y las cocinas de 24 pulgadas es un 30% del total.

4.2.5. Costos de producción

4.2.5.1. Materia prima

Los costos de materia prima de las láminas metálicas que se utiliza para realizar los frentes y puertas caliente platos se maneja mediante promedio ponderado y el método que se utiliza para la administración del inventario es el primero entrar primero en salir (PEPS). El costo promedio de las láminas metálicas se detalla en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8

Costo de materia prima.

Material	Costo por unidad
Lámina metálica Inox 439 de Frentes 30	\$3.37
Lámina metálica Inox 439 de Frentes 24	\$2.65
Lámina metálica Inox 439 de Puertas caliente Platos 30	\$4.43
Lámina metálica Inox 439 de Puertas caliente Platos 24	\$3.82

Nota: Costos promedio de láminas metálicas de acero inoxidable 439 en el año 2022.

4.2.5.2. Mano de obra

Los costos de mano de obra vienen dado por el tiempo empleado para convertir la materia prima en una pieza de semielaborado, en el proceso intervienen 8 personas por turno, en la Tabla 4.9 se detallan todos los rubros que se incurren en la del pago de un operario.

Tabla 4.9

Costo de mano de obra directa.

Detalle de Prestaciones	Valor
Sueldo	\$550.00
Décimo tercero	\$45.83
Décimo cuarto	\$35.42
Fondos de reserva	\$45.83
Vacaciones	\$22.92
Aporte patronal (IESS)	\$61.33
Total Beneficios Sociales	\$211.33
Costo Total por Operario	\$761.33

Nota: El detalle de las prestaciones se calcula en base al salario básico unificado del trabajador en general situado en \$425 en el Ecuador en el año 2022.

Tabla 4.10

Asignación de costo de mano de obra directa.

Material	Costo
Frente 30 Inox formado	\$0.31
Frente 24 Inox formado	\$0.31
Calienta plato 30 Inox fomado	\$0.31
Calienta plato 24 Inox formado	\$0.31

Nota: Asignación por material del costo de mano de obra directa se considera un promedio de producción mensual de 19530.

El valor mensual que se paga en mano de obra por los 16 operarios asciende a un monto de \$12,181.28 y al año representa un total de \$146,175.36.

4.2.5.3. Costos de fabricación

Los costos indirectos que se genera en el proceso de producción de frentes y puertas calienta platos se realiza mediante un proceso de asignación de los diferentes gastos que se dan en el proceso, a continuación se detallan lo montos que se asignan.

- **Mantenimiento**

Para el caso de los rubros que se incurre en el mantenimiento se obtuvo mediante un histórico el valor promedio año es de \$13,892.00 los tipos de mantenimientos que son más representativos para las prensas corresponden al cambio de mangueras por fugas de aceite, cambio de intercambiadores y arreglos en el sistema eléctrico y electrónico.

- **Energía eléctrica**

En la tabla 4.11 se muestra el detalle del consumo individual de energía de las 4 prensas utilizadas en el proceso, el consumo mensual de energía representa \$4,510.80 y anualmente es de \$54,129.60.

Tabla 4.11

Consumo de energía eléctrica.

Descripción de la Prensa	kW	Consumo Mes kW	Costo Mensual
Consumo Prensa ONA PRES	69.7	21955.5	\$2195.55
Consumo Prensa HEIFI	24.5	7717.5	\$771.75
Consumo Prensa HEIFI	24.5	7717.5	\$771.75
Consumo Prensa HEIFI	24.5	7717.5	\$771.75

Nota: Consumo de energía eléctrica de las prensas en kW se considera un trabajo de 315 horas al mes con un costo de kWh de \$0.10.

■ **Depreciación de maquinaria y equipos**

En el caso de maquinaria se considera una depreciación de 10 años en la Tabla 4.12 se muestra el valor de las 4 prensas que se utilizan en el proceso productivo.

Tabla 4.12

Costo de maquinaria.

Descripción de la prensa	Costo	Depreciación anual	Depreciación mensual
Prensa ONA PRES	\$230,894.00	\$23,089.40	\$1,924.12
Prensa HEIFI	\$134,474.00	\$13,447.40	\$1,120.62
Prensa HEIFI	\$134,474.00	\$13,447.40	\$1,120.62
Prensa HEIFI	\$134,474.00	\$13,447.40	\$1,120.62
Total General	\$635,216.00	\$63,431.60	\$5,285.97

Nota: Costo de cada prensa con la depreciación anual y mensual que se genera, la prensa Ona Pres que se utiliza para el embutido de las piezas es la que tiene un costo más alto.

A continuación se presenta el detalle de los costos de las matrices que se utilizan en el proceso de fabricación como su depreciación anual y mensual, para cada prensa se utiliza una matriz diferente, la depreciación de las matrices se considera para 10 años

como se observa en las Tablas 4.13, 4.14, 4.15 y 4.16.

Tabla 4.13

Matrices frentes 30.

Matriz	Costo	Depreciación anual	Depreciación mensual
Embutido	\$147,700.00	\$14,770.00	\$1,230.83
Troquelar Perillas	\$142,316.00	\$14,231.60	\$1,185.97
Doblar y Remarcar	\$111,709.00	\$11,170.90	\$930.91
Troquelar superior e inferior	\$152,074.00	\$15,207.40	\$1,267.28
Total General	\$553,799.00	\$55,379.90	\$4,614.99

Nota: Costo de matrices utilizadas en los diferentes procesos para la fabricación de frentes de 30 pulgadas.

Tabla 4.14

Matrices frentes 24.

Matriz	Costo	Depreciación anual	Depreciación mensual
Embutido	\$135,350.00	\$13,535.00	\$1,127.92
Troquelar Perillas	\$126,995.00	\$12,699.50	\$1,058.29
Doblar y Remarcar	\$103,628.00	\$10,362.80	\$863.57
Troquelar superior e inferior	\$132,123.00	\$13,212.30	\$1,101.03
Total General	\$553,799.00	\$49,809.60	\$4,150.80

Nota: Costo de matrices utilizadas en los diferentes procesos para la fabricación de frentes de 24 pulgadas.

Tabla 4.15

Matrices puertas caliente platos 30.

Matriz	Costo	Depreciación anual	Depreciación mensual
Embutido	\$120,262.00	\$12,026.20	\$1,002.18
Troquelar y cortar	\$87,050.00	\$8,700.00	\$725.00
Troquelar 2	\$90,800.00	\$9,080.00	\$756.67
Doblar cejas	\$102,308.00	\$10,230.80	\$852.57
Total General	\$400,370.00	\$40,037.00	\$3,336.42

Nota: Costo de matrices utilizadas en los diferentes procesos para la fabricación de puertas caliente platos de 30 pulgadas.

Tabla 4.16

Matrices puertas caliente platos 24.

Matriz	Costo	Depreciación anual	Depreciación mensual
Embutido	\$118,060.00	\$9,838.33	\$819.86
Troquelar y cortar	\$81,300.00	\$6,775.00	\$564.58
Troquelar 2	\$72,500.00	\$6,041.67	\$503.47
Doblar cejas	\$98,500.00	\$8,208.33	\$684.03
Total General	\$400,370.00	\$30,863.33	\$2,571.94

Nota: Costo de matrices utilizadas en los diferentes procesos para la fabricación de puertas caliente platos de 24 pulgadas.

Para el caso de la asignación de los costos de fabricación se va a considerar los costos que se incurren de manera mensual, para efectos del análisis en este caso se considerara una producción mensual de 19,530 unidades donde 13,678 corresponde a cocinas de 30 pulgadas y 5,852 a cocinas de 24 pulgadas como se observa en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17

Participación de volumen de producción.

Segmento	Producción	Participación
Cocinas de 30 pulgadas	13,678	70.04 %
Cocinas de 24 pulgadas	5,852	29.96 %
Total General	19,530	100 %

Nota: Porcentaje de producción mensual de cocinas según su tamaño en relación al total de unidades fabricadas.

Para el caso la asignación de energía eléctrica, mantenimiento y depreciación de prensas se asigna de manera proporcional a los frentes y puertas calienta platos de 24 y 30 pulgadas respectivamente de la siguiente forma como se observa en la tabla 4.18.

Tabla 4.18

Resumen de costos de fabricación mensual.

Material	Costos de fabricación mensual
Consumo de energía eléctrica	\$4,510.80
Mantenimiento	\$1,157.67
Depreciación de prensas	\$5,285.97
Depreciación de matrices frentes 30	\$4,614.99
Depreciación de matrices frentes 24	\$4,150.80
Depreciación de matrices puertas calienta platos 30	\$3,336.42
Depreciación de matrices puertas calienta platos 24	\$2,571.94

Nota: Se muestra los diferentes rubros que forman parte del proceso de fabricación que se deben asignar a los semielaborados.

Para asignar los costos de fabricación se debe considerar la producción promedio donde se le asigna a cada pieza de 24 y 30 pulgadas.

Tabla 4.19

Costos de fabricación asignados.

Material	Costos de fabricación
Frente 24 Inox formado	\$1.27
Frente 30 Inox formado	\$0.90
Calienta plato 24 Inox formado	\$1.00
Calienta plato 30 Inox formado	\$0.80

Nota: Asignación de costos de fabricación considerando una producción promedio de 19530 unidades.

A continuación se presenta el resumen con los componentes del costo de producción unitario, por cada una de las piezas como se observa en la Tabla 4.20.

Tabla 4.20

Costo total de producción.

Material	Materia prima	Mano de obra	Costos de fabricación	Costo total
Frente 24 Inox formado	\$2.65	\$0.31	\$1.27	\$4.23
Frente 30 Inox formado	\$3.37	\$0.31	\$0.90	\$4.58
Calienta plato 24 Inox formado	\$3.82	\$0.31	\$1.00	\$5.13
Calienta plato 30 Inox formado	\$4.43	\$0.31	\$0.80	\$5.54

Nota: Componentes del costo total de producción de los semielaborados formados.

4.3. Propuesta de un sistema de automatización en el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica para mejorar el proceso

La automatización se ha convertido en una tendencia clave en la industria metalme-cánica, ya que permite integrar tecnologías avanzadas en los procesos de producción. Los brazos robóticos son una herramienta esencial en este proceso, ya que pueden realizar tareas repetitivas y precisas de manera eficiente. Asimismo, la combinación de brazos robóticos con prensas y otros equipos permite una producción más rápida y consistente, lo que a su vez mejora la seguridad de los trabajadores al reducir los riesgos de atrapamiento en las prensas.

La presente propuesta de un sistema de automatización industrial se basa en la implemen-tación de brazos robots para sustituir a los operarios disminuyendo o eliminando los tiempos muertos que se generan por el trabajo del hombre, con el fin de aumentar la producción y disminuir el tiempo de fabricación.

4.3.1. Línea de producción automática

El sistema de automatización busca un proceso lineal como se observa en la Tabla 4.21 se presenta el flujo del proceso de la propuesta del sistema de automatización, donde se observa que el flujo del proceso de producción es continuo, los semielaborados pasan por cada prensa trasportados por los brazos robots hasta finalizar el proceso y tener un frente o puerta calienta platos lista para ser usada en el ensamble de una cocina doméstica a comparación con el flujo actual presentado en la Tabla 4.2.1 que es un proceso en donde los semielaborados se van almacenado cuando pasa por cada prensa del proceso.

La propuesta consiste en eliminar las tareas que no agregan valor en la transformación de los semielaborados realizadas por los operarios que van a ser sustituidos por los brazos robots, las tareas que se quedaran son las siguientes como se muestran a continuación, se puede observa que el flujo del proceso se reduce comparado con el proceso inicial.

Proceso de embutido

- Brazo robot 1:
1. Tomar la lámina metálica de la mesa alimentadora.
 2. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
 3. Se retira brazo de matriz y acciona el ciclo de prensado.

- Brazo robot 2:
1. Extraer el semielaborado del proceso.

Proceso de Troquelado de perilla y doblado

- Brazo robot 2:
1. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
 2. Se retira brazo de matriz y acciona el ciclo de prensado.

- Brazo robot 3:
1. Extraer el semielaborado en proceso.

Proceso de Troquelar y doblar

- Brazo robot 3:
1. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
 2. Se retira brazo de matriz y acciona el ciclo de prensado.

- Brazo robot 4:
1. Extraer el semielaborado en proceso.

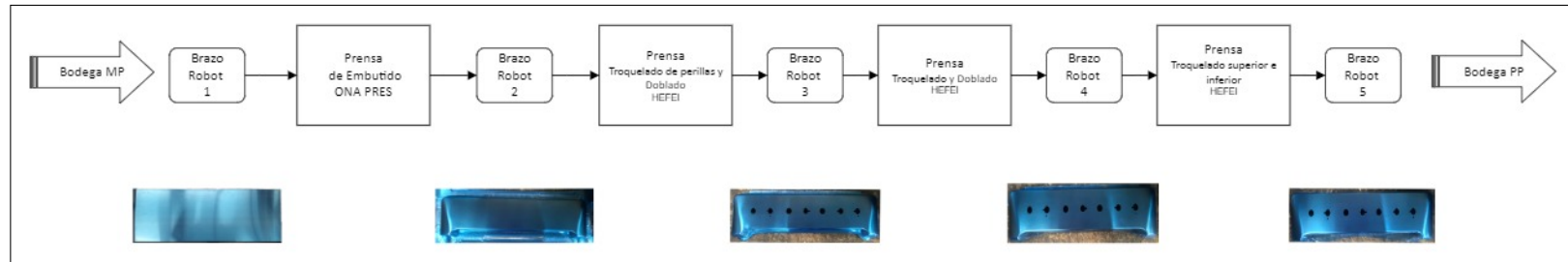
Proceso de Troquelado superior e inferior

- Brazo robot 4:
1. Alimentar la prensa centrando en topes de matriz.
 2. Se retira brazo de matriz y acciona el ciclo de prensado.

- Brazo robot 5:
1. Extraer el semielaborado terminado.
 2. Colocar sobre un medio de almacenamiento.

Tabla 4.21

Flujo del proceso propuesto.



Composición Química (%)										Propiedades Mecánicas				
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	N	Ti	N	TS (Mpa)	YS (Mpa)	EL(%)	HRB	HV
0.01	0.29	0.17	0.03	0.002	18.3	0.25	0.014	0.175	0.137	441	270	37	74	138

Materia prima (MP): lámina metálica de acero inoxidable para alimentos 439 de 0.6 mm de espesor, con un largo de 705 mm y de 250 mm de ancho.

Producto en proceso (PP): las láminas que previamente han sido recortadas, perforadas y dobladas en las diferentes prensas del proceso o en las diferentes operaciones, como se observa en la Figura.

Brazo Robot: conocido como un robot articulado, es un tipo de máquina que se parece mucho a un brazo humano. Puede incluir entre dos y 10 juntas rotativas que actúan como puntos de eje y habilitan el movimiento.

Nota: La Tabla indica la composición química y las propiedades mecánicas del acero inoxidable 439 que se utiliza para la fabricación de frentes y puertas calienta platos, como la propuesta de un proceso con brazos robots que permite tener un proceso lineal.

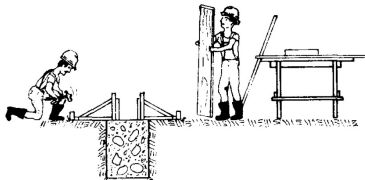
4.3.2. Análisis de la implementación de los robots en piso - línea

A continuación, se presenta los diferentes análisis de costos, considerados para la implementación de un sistema automatizado en la línea de producción.

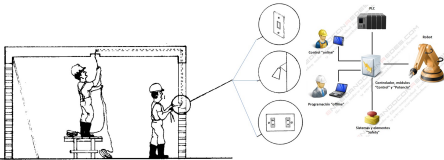
4.3.2.1. Análisis de costos de las instalaciones

Para los costos de las instalaciones se consideró las obras: civiles, eléctricas, comunicación y seguridad, que son parte fundamental para el funcionamiento en piso de los equipos. En seguida se presenta los costos generales de las principales instalaciones, los siguientes costos se obtuvieron por medio del departamento de infraestructura de la misma empresa quien se encargo de las cotizaciones y validación de los trabajos requeridos.

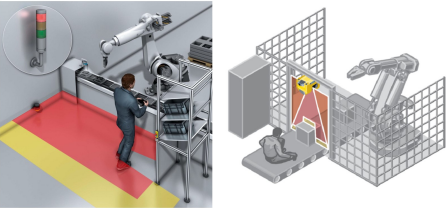
1. **Instalaciones de obra civil.-** El costo que representa la cimentación adecuada para el robot que evitará el efecto de las vibraciones producidas por las prensas sobre la funcionalidad del equipo.

Item	Descripción	Costo
Obra civil	El costo de la cimentación, que consiste en preparar el lugar donde el robot realizará sus operaciones.	\$5000
		

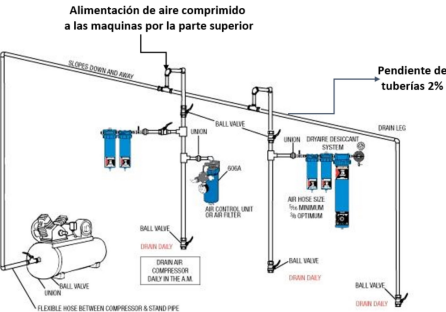
2. **Instalaciones de redes.-** El costo de instalaciones eléctricas y comunicación.

Item	Descripción	Costo
Eléctrica	El costo de las instalaciones eléctricas, protección de ruidos eléctricos, regulador de tensión, módulo potencia.	\$2000
Comunicaciones	El costo de las instalaciones de comunicación, caja de mandos y equipos de telecomunicación entre máquina - máquina y máquina - hombre (centro de información).	\$4000
		

3. **Instalaciones de seguridad.-** El costo que representa colocar las guardas alrededor del equipo para evitar accidentes con el movimiento de los robots y las personas alrededor y que son normas de acuerdo a las leyes de seguridad industrial.

Item	Descripción	Costo
Seguridad	El costo de la colocación de guardas y señalética en el área de instalación de los robots.	\$3000
		

4. **Instalaciones de aire comprimido.-** El costo de esta adecuación dependerá de la presión requerida para cada elemento en la línea de producción por parte de cada brazo robot que define la longitud y el diámetro de la tubería, así como de la cantidad de conexiones y accesorios neumáticos necesarios.

Item	Descripción	Costo
Aire	El costo de un sistema de aire comprimido en función del requerimiento de la presión de aire para el agarre de las piezas en los robots.	\$6000
		

4.3.2.2. Análisis de costos del brazo robot y sus componentes

Al seleccionar un robot para la automatización, hay varios parámetros clave que se debe considerar para garantizar que el robot elegido sea adecuado para la tarea específica que se va automatizar. Algunos de los parámetros importantes a tener en cuenta es el tipo de robot que se requiere, en este caso se necesita de un brazo robot de alimentación de máquinas para

introducir las piezas en las máquinas y retirar una vez finalizada la operación. Un ciclo típico consiste en que un brazo robótico coja una pieza de un medio de almacenaje y la coloque en la prensa, espere a que se complete la operación y, a continuación, retire la pieza formada y la coloque en el siguiente medio de almacenamiento para continuar la línea del proceso, el brazo robot es el que se ajusta más para esta operación. Luego se establece la carga útil, es importante evaluar la carga útil máxima que el robot puede manejar, aquí se considera el peso de las piezas que el robot va a manipular durante el proceso, se selecciona un robot con una carga útil máxima de 5 kg, adecuada para evitar problemas de rendimiento y garantizar la seguridad en el lugar de trabajo. De igual manera se evalúa el alcance y movilidad necesario del robot para acceder a todas las áreas relevantes del proceso, se considera la longitud del brazo y la capacidad de movimiento del robot, incluyendo la cantidad de ejes y la amplitud de movimiento en cada uno, se selecciona el robot de 6 grados de libertad dado los movimientos que se requiere para las tareas previamente levantadas, esto permitirá garantizar que el robot puede alcanzar todas las ubicaciones requeridas y realizar las tareas necesarias. Se debe evaluar la precisión y repetibilidad del robot, la repetibilidad se refiere a la capacidad del robot para volver a colocarse en la misma posición con precisión después de múltiples ciclos, dado la alta repetibilidad se ha seleccionado un robot que es capaz de volver a posiciones específicas con una precisión de ± 0.02 mm. También se evalúa la velocidad máxima de movimiento del robot y su capacidad para cumplir con los ciclos de trabajo requeridos, se considera el tiempo máximo permitido para realizar cada paso de la tarea y se compara con las capacidades de velocidad y aceleración del robot. Es importante asegurarse de que el robot pueda completar la tarea dentro de los tiempos requeridos por lo cual la elección que se ha realizado tiene una velocidad máxima resultante de 9000 mm/s que tiene un rango de operación.

Adicional de la selección del brazo robot se necesita un complemento para dicho brazo el cual depende de la tarea a realizar la cual puede ser de sujeción, soldaduras, inspecciones o transporte de materiales, para la automatización se usaron ventosa para la tarea de transporte de las láminas metálicas de una prensa hacia la otra, siendo el complemento más utilizado para dicha tarea.

A continuación se presenta los costos considerados para los brazos robots necesarios en la línea de producción, que de acuerdo a los movimientos a realizar son de 6 grados de libertad, también se consideró el costo de los accesorios necesarios para el funcionamiento correcto en línea de producción.

1. **Brazo robótico de seis grados de libertad.**- el costo de fábrica representa la adquisición del equipo de acuerdo al valor en sus páginas comerciales.

Item	Descripción	Costo
Robot 6 gl	Los robots de 6 ejes van desde el ultraligero YA-RJ con una carga útil de 1 kg hasta el YA-R6F con una carga útil de 6 kg y el alcance más largo de su clase (1422 mm).	\$45000
	Puesto en puerto	\$53000
	Puesto en la ciudad	\$55500

	<p>Características:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ultraligero y compacto. ▪ Accesorio flexible. ▪ Largo alcance. ▪ Tiempo de ciclo muy rápido. ▪ El tiempo de respuesta del manipulador de seis ejes, acción rápida, velocidad rápida, el robot en el proceso de operación sin pausa, mejora la eficiencia de la producción de automatización. ▪ El proceso puede modificarse para adaptarse a la producción de diferentes piezas, acortar el período de modificación y reemplazo del producto y la inversión de los equipos de aplicación. ▪ El proceso puede modificarse para adaptarse a la producción de diferentes piezas, acortar el período de modificación y reemplazo del producto y la inversión de los equipos de aplicación.
--	---

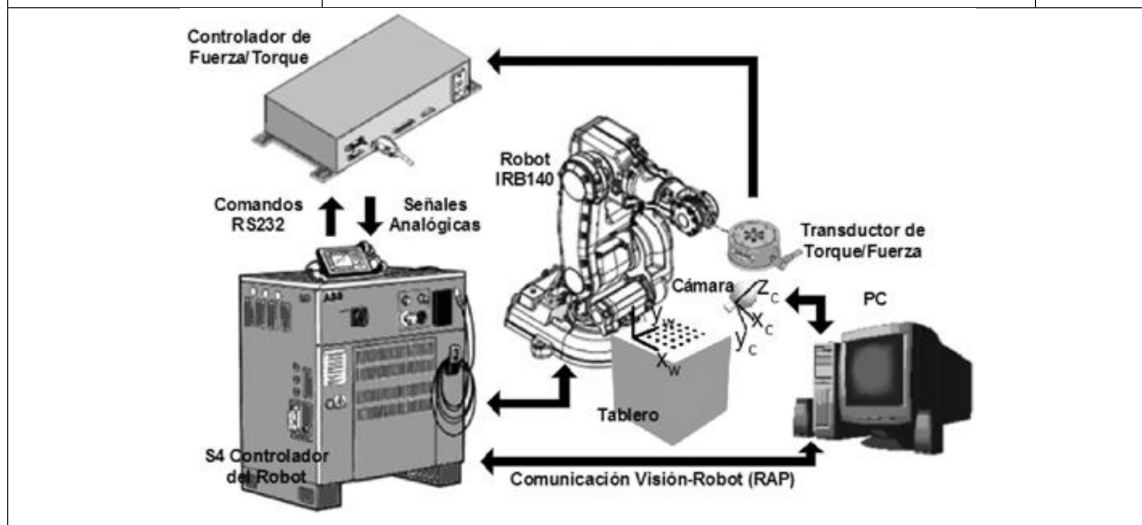
Especificaciones técnicas:

Modelo CA05L
 Formato de brazo Multi-articulación vertical


Ejes controlados	6 ejes	
Carga útil máxima (kg)	5kg	
Rango de movimiento máximo (°)	Rotación	$\pm 180^\circ$
	Brazo horizontal	+ 135° a -80°
	Brazo vertical	+ 118° a -172°
	Muñeca interna	$\pm 360^\circ$
	Curva de muñeca	$\pm 145^\circ$
	Vuelta de muñeca	$\pm 360^\circ$
Velocidad máxima (°/s)	Rotación	355 °/s
	Brazo horizontal	355 °/s
	Brazo vertical	410 °/s
	Muñeca interna	460 °/s
	Curva de muñeca	460 °/s
	Vuelta de muñeca	740 °/s
Momento admisible (N · m)	Muñeca interna	12.3 N.m
	Curva de muñeca	12.3 N.m
	Vuelta de muñeca	7 N.m
Momento de inercia admisible (kg · m ²)	Muñeca interna	0.4 kg · m ²
	Curva de muñeca	0.4 kg · m ²
	Vuelta de muñeca	0.12 kg · m ²
Repetibilidad (mm)	$\pm 0.02\text{mm}$	
Alcanzar	1422 mm	
Velocidad máxima resultante	9000 mm/s	
Peso	34 kg	
Posiciones de montaje	Piso superior	
Potencia nominal	3 kVA	
Controlador correspondiente	EC01	
Temperatura ambiente	0 ° - 45 °	
Humedad relativa	35 - 85 %, sin condensación	

2. **Tablero de control.-** es un tablero o una caja metálica que contiene todos los dispositivos eléctricos, electrónicos, computador y en especial el dispositivo de control que gobierna al robot (Equinlab, 2023). En él podemos identificar dos subsistemas denominados “módulos” que se encargan de actuar sobre distintas áreas del mismo. Dependiendo de los fabricantes y modelos, esto puede cambiar en cuanto a formatos o arquitecturas, pero en general podremos encontrarnos con:

Item	Descripción	Costo
Módulo de Potencia	Este costo ya esta considerado en las instalaciones eléctricas.	-
Módulo de Control	Contará con el computador principal que gobernará el sistema. En él podremos localizar distintos elementos como el mecanismo de paro de emergencia, selector de modo de operación (Manual/Automático), conexiones con otros módulos, leds de estado, etc. También será capaz de gestionar la seguridad en lo que a “Safety” se refiere, recibiendo las señales de sensores o mecanismos que permitirá el paro del robot en caso de error o accidente. Dispondrá de interfaces de entrada y salida de tal manera que los técnicos o ingenieros puedan llevar a cabo la carga de la configuración y parametrización, así como otros elementos tipo PLCs, HMIs, vinculados a procesos.	\$4000

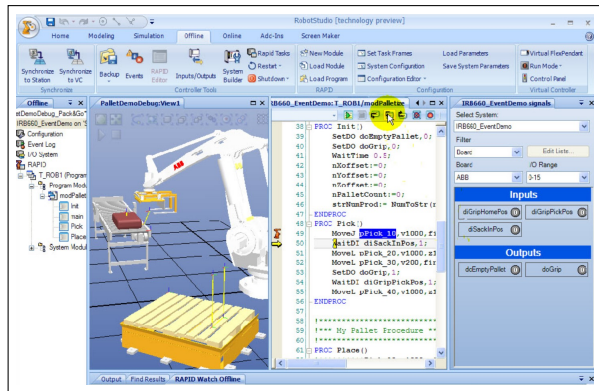


3. **Consola Hombre-Máquina.-** es una unidad conectada al módulo de control con el que se podrá operar el robot. Se trata de pequeñas consolas dotadas con una pantalla, teclado, joystick y accionador de emergencia con el fin de manipular y ajustar parámetros en el brazo robótico de forma manual. Por esta razón, y con el fin de evitar accidentes contra personas, cuentan con sistemas que obligan, por ejemplo, a tener presionados simultáneamente dos pulsadores para poder manipularlo. Están dotados de sistemas operativos embebidos, como Windows CE .NET en el caso del fabricante ABB para su componente Flexpendant. Esto permite la programación “online” a diferencia como veremos más adelante de otra “offline” (Equinlab, 2023).


Item	Descripción	Costo
Consola	El costo de la consola es independiente al equipo y es un accesorio adicional donde el brazo robótico se puede programar en aspectos básicos y comandar de forma remota.	\$1500
		

4. **Programación.-**

Como resulta evidente al robot hay que parametrizarlo y configurarlo para que realice los movimientos y tareas para los que ha sido pensado. Si bien desde la consola manual pueden llevarse a cabo ciertas tareas, a esta se le reservan más a la precisión o corrección. El resto de labores se editarán en software destinado a tal efecto como puede ser KUKA.WorkVisual del fabricante KUKA, o RobotStudio en ABB, aunque uno de los problemas es que estos software son de configuración cerrada, por lo que dependerá del proveedor para su mantenimiento (Equinlab, 2023).

Item	Descripción	Costo
Programación	El costo de la programación para la interfase gráfica de los comandos de los actuadores, sensores y la secuencia de operaciones.	\$1500
		

5. **Sistema de sujeción.-** Es el costo de la herramienta adecuada para la sujeción de las láminas metálicas y su traslado desde cada celda unitaria de trabajo (InfoPLC, 2019).

Item	Descripción	Costo
Ventosas	Los sistemas de ventosas deben poder integrarse de forma rápida y sencilla y permitir una monitorización continua del estado.	\$2500
Bomba	Una bomba de vacío inteligente e independiente del aire comprimido con interfaz integrada para la conexión de la garra y el robot.	\$2500
		

4.3.2.3. Análisis de costos intangibles

De acuerdo a Aquino (2023) se debe de considerar que existen costos ocultos más comunes que se debe tener presente antes de adquirir un robot móvil automatizado:

1. **Planeación.-** son los gastos intangibles que se asocian históricamente a los costos de la propiedad a largo plazo como costos de planeación, donde intervienen diferentes actores del proceso, desde el personal de gerencia, administrativo y operacional.

Item	Descripción	Costo
Planeación	El costo de armar el proyecto y establecer la viabilidad del estudio. Se debe considerar un rubro que se refiera a los gastos necesarios para la presentación, a la licitación y todos los derivados a los procesos de contratación (pliegos de contratación).	\$6000

2. **Configuración inicial.-** incluye la creación de planos del espacio físico de la fábrica, puntos de referencia para almacenaje, transporte y posicionamiento, lista de personal requerido y equipos necesarios. Esto significa tiempo perdido para adaptar el robot al edificio, contratar a un ingeniero para configurar y capacitación a los empleados.

Item	Descripción	Costo
Configuración	El costo de levantamiento de planos, y preparación de equipo y personal para el montaje.	\$6000

3. **La dependencia de la red.-** la integración con otro hardware y software junto con la curva de aprendizaje de los empleados que generan más riesgos y costos al proyecto en general.

Item	Descripción	Costo
Dependencia	El costo de integración del hardware y software al proceso, y el aprendizaje por los operadores (capacitación).	\$2000

4. **Cambio de trabajo en la línea.-** los robots deben reconfigurarse de acuerdo a los elementos que están produciendo (frentes y puertas), lo que implica volver a gastar tiempo y recursos en reprogramación, pruebas y capacitación.

Item	Descripción	Costo
Trabajo	El costo de cambiar de operación en el proceso, que involucra nueva programación y capacitación.	\$1000

4.3.3. Análisis de tiempos de producción

Para establecer los tiempos necesarios para la automatización, se llevó a cabo una identificación exhaustiva de las actividades involucradas y los pasos requeridos. A partir de este análisis detallado, se determinaron los tiempos de ejecución manual del proceso como se observa en la Tabla 4.5, teniendo en cuenta diversos factores como los tiempos de espera, los movimientos involucrados y las actividades adicionales realizadas. El objetivo principal de la automatización es reducir los tiempos de ciclo, minimizar los errores, aumentar la eficiencia y mejorar la precisión eliminando las tareas que no agregan valor por parte de los operarios de las prensas en la situación actual.

Con todos estos datos y consideraciones, se plantea una solución de automatización que se adapte de manera óptima a las necesidades específicas del proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina domestica. Esto implicó seleccionar un brazo robot de 6 grados de liberta adecuado para las actividades con el propósito de que sea capaz de realizar las tareas requeridas de manera eficiente y sin interrupciones a lo largo de todo el proceso.

Es fundamental asegurar que la lamina metálica se desplace correctamente a lo largo de todo el sistema automatizado sin interrupciones. Para lograrlo, se han determinado tiempos óptimos que garantizan un desplazamiento adecuado y preciso dependiendo de las características de velocidad que presenta el robot seleccionado.

Además de considerar las velocidades, la configuración de los tiempos de automatización se basa en la producción diaria requerida, en la Tabla 4.22, se establecen los tiempos necesarios para cumplir de manera adecuada con el programa de producción. Esto implica tener en cuenta los volúmenes de producción, los plazos y las demandas del mercado, asegurando así que la automatización sea capaz de cumplir con los objetivos planteados.

Las configuraciones para un brazo robot, generalmente se pueden modificar según sea necesario para adaptarse a nuevos requisitos o incrementos en la producción. Es importante tener en cuenta que los sistemas de brazos robot pueden tener cierta holgura o tolerancia incorporada para permitir una adaptabilidad y flexibilidad en la producción. Estos ajuste o compensaciones se deben realizar dentro de ciertos límites sin comprometer la calidad de la producción.

Tabla 4.22

Tiempos propuestos.

Proceso	Robot	Sub Proceso	Actividad	Tiempo
Proceso de embutido	Brazo Robot 1	1	Tomar la lámina metálica de la mesa alimentadora	5,50
		2	Alimentar la prensa centrando en los topes de la matriz	6,50
		3	Accionar el ciclo de prensado	3,50
Proceso de Troquelado de perillas y doblado	Brazo Robot 2	4	Extraer el semielaborado en proceso	5,50
		5	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	6,50
Proceso de Troquelar y doblar	Brazo Robot 3	6	Acciona el ciclo de prensado	3,50
		7	Extraer el semielaborado en proceso	5,50
		8	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	6,50
Proceso de troquelado superior e inferior	Brazo Robot 4	9	Acciona el ciclo de prensado	3,50
		10	Extraer el semielaborado en proceso	5,50
	Brazo Robot 5	11	Alimentar la prensa centrando en topes de matriz	6,50
		12	Acciona el ciclo de prensado	3,50
		13	Extraer el semielaborado terminado de la prensa	5,50
		14	Colocar sobre un medio de almacenamiento	5,50
Total del tiempo en segundos				73

Nota: Se observa los tiempos propuestos de las operaciones en segundos con los brazos robot, estos tiempos propuestos se consideran para frentes y puertas calienta platos de 24 y 30 pulgadas.

Se compara el tiempo actual del estudio de tiempos de la Tabla 4.5 debido a que es el semielaborado que demora más tiempo en su fabricación, el cual muestra el tiempo del proceso de fabricación con operarios, comparado con una propuesta de tiempos de fabricación con brazos robot que está en la Tabla 4.2, como se puede observar, se han eliminado las tareas de revisión visual realizadas por los trabajadores, ya que no agregan valor al proceso propuesto. Solo se han incluido un estimado de las operaciones que tendrán que realizar los brazos robots

en la propuesta de automatización. Además, no se han agregado holguras para los tiempos de los robots, como se hace en el caso de las personas.

4.3.4. Análisis de costos de producción

4.3.4.1. Materia prima

Para el caso de la materia prima, que concierne a las láminas metálicas el tipo de material de acero 439 no cambia, de igual manera las dimensiones de la láminas se mantiene igual que en el levantamiento del proceso actual por lo cual el costo de las láminas se considera el mismo que el de la tabla 4.8

4.3.4.2. Costos de fabricación

- **Mantenimiento**

Para el caso de mantenimiento de las prensas se considera los mismos costos del promedio histórico que en el levantamiento actual que fue \$13,892.00. Adicional para el mantenimiento de los brazos robot se considera un valor mensual de \$275.00 por robot que son para revisiones de sistema eléctrico, electrónico y mecánico, también para el sistema hidráulico y para partes que cumplan su vida útil

- **Energía eléctrica**

La energía eléctrica de las prensas se toma como referencia el valor del levantamiento actual que se encuentra en la Tabla 4.11 y mensualmente representa \$4,510.80. Además con la instalación de los brazos robot se tendrá un consumo adicional de energía de 3,780 kW que representa un costo total por los 5 brazos robots \$378.00 mensualmente

- **Depreciación de maquinaria y equipos**

La depreciación de un brazo robot para 10 años puede calcularse utilizando el método de depreciación lineal, que es uno de los métodos más comunes de depreciación. Este método se basa en la suposición de que el valor del activo disminuye a una tasa constante durante su vida útil. Para calcular la depreciación anual del brazo robot, se debe dividir el costo del activo por el número de años de vida útil como se observa en la Tabla 4.23.

Tabla 4.23

Brazos robots

Descripción	Cantidad	Costo	Depreciación anual	Depreciación mensual
Robot yamaha YA-RJ	5	\$277,500.00	\$ 27,750.00	\$2,313.00
Modulo de control	1	\$4,000.00	\$400.00	\$33.00
Consola	1	\$1,500.00	\$150.00	\$13.00
Sistema de sujeción	5	\$25,000.00	\$2,500.00	\$208.00
Total General		\$308,000.00	\$30,800.00	\$2,567.00

Nota: Se muestra la depreciación anual y mensual que tendrá la inversión de los brazos robot

Tabla 4.24

Amortización de otros gastos

Descripción	Valor	Amortización Mensual
Obra civil	\$5,000.00	\$416.67
Eléctrica	\$2,000.00	\$166.67
Comunicaciones	\$4,000.00	\$333.33
Seguridad	\$3,000.00	\$250.00
Aire comprimido	\$6,000.00	\$500.00
Programación	\$1,500.00	\$125.00
Planeación	\$6,000.00	\$500.00
Configuración	\$6,000.00	\$500.00
Dependencia (capacitación)	\$2,000.00	\$166.67
Cambios de trabajo	\$1,000.00	\$83.33
Total General	\$36,500.00	\$3,041.67

Nota: Se muestra la amortización mensual de los rubros que se incurren en la implementación de los brazos robot.

Para efectos de análisis la amortización de los gastos asociados a la implementación de brazos robot se realiza a un año, a continuación en la tabla 4.24 se detallan los gastos de manera mensual.

Tabla 4.25

Costos de fabricación asignados.

Descripción	Costos de fabricación mensual
Consumo de energía eléctrica prensas	\$4,510.80
Consumo de energía eléctrica brazos robot	\$378.00
Mantenimiento prensas	\$1,157.67
Mantenimiento brazos robot	\$1,375.00
Depreciación de prensas	\$5,285.97
Depreciación de brazos robot	\$2,567.00
Depreciación de gastos	\$3,042.00
Depreciación de matrices frentes 30	\$4,614.99
Depreciación de matrices frentes 24	\$4,150.80
Depreciación de matrices puertas caliente platos 30	\$3,336.42
Depreciación de matrices puertas caliente platos 24	\$2,571.94

Nota: Asignación de gastos de fabricación considerando una producción promedio mensual de 25200 unidades.

A continuación, se detallan los costos asignados con la propuesta de automatización, donde se consideran los costos ya existentes mas los costos que se generan en la propuesta de automatización. Para el tema de la asignación ahora se considera un una producción de 25200, debido a que con la la automatización se puede realizar mas unidades con el mismo tiempo que se usaba en la situación actual.

Tabla 4.26

Costos de fabricación asignados.

Material	Costos de fabricación
Frente 24 Inox formado	\$1.24
Frente 30 Inox formado	\$0.95
Calienta plato 24 Inox formado	\$1.03
Calienta plato 30 Inox formado	\$0.88

Nota: Asignación de costos de fabricación considerando una producción promedio de 25200 unidades.

Tabla 4.27

Costo total de producción de la propuesta.

Material	Materia prima	Costos de fabricación	Costo total
Frente 24 Inox formado	\$2.65	\$1.24	\$3.89
Frente 30 Inox formado	\$3.37	\$0.95	\$4.32
Calienta plato 24 Inox formado	\$3.82	\$1.03	\$4.85
Calienta plato 30 Inox formado	\$4.43	\$0.88	\$5.31

Nota: Asignación de gastos de fabricación considerando una producción promedio de 25200 unidades.

4.3.5. Evaluación de costos de la propuesta

Para realizar una evaluación es necesario llevar a cabo una serie de pasos que permitan obtener una visión clara de la rentabilidad y viabilidad del mismo. Para la evaluación se comparó los costos y los beneficios. Si los beneficios superan los costos, el proyecto se considera rentable y puede ser aprobado. Si los costos superan los beneficios, el proyecto no es rentable y se debe reconsiderar o descartar.

El tiempo para recuperar la inversión con un ahorro anual es un indicador financiero que se utiliza para evaluar la rentabilidad de un proyecto. Este indicador se utiliza comúnmente en proyectos que tienen un impacto en los costos de operación de una empresa y en los que se espera que el proyecto genere un ahorro anual. El cálculo del tiempo para recuperar la inversión con un ahorro anual se realiza dividiendo la inversión inicial del proyecto por el ahorro anual que se espera que genere el proyecto. Este indicador proporciona una medida del número de años que se requieren para que el ahorro anual generado por el proyecto compense la inversión inicial. Es importante tener en cuenta que la evaluación de proyectos basada en costos no es la única técnica de evaluación de proyectos disponible.

Tabla 4.28

Resumen de evaluación del proyecto.

	Valor
Inversión total	\$344,500.00
Ahorro de mano de obra anual	\$146,175.36
Depreciación anual	\$68,900.00
Ahorro total anual	\$-77,275.36
Tiempo de recuperación	2.36 años

Nota: Resumen de la evaluación de la propuesta de automatización, para efectos del análisis se considera la inversión total como una depreciación acelerada de 5 años por lo tanto el ahorro anual que se muestra es la diferencia entre la depreciación anual y el ahorro de mano de obra anual.

4.3.5.1. Alternativas de costos de brazos robot

En el mercado se pueden encontrar una gran variedad de brazos robot a diversos costos que van desde los \$20,000.00 hasta los \$100,000.00, en la propuesta del sistema se consideró uno de \$55,000.00 dado que este valor se encuentra en un rango medio del mercado, adicional se van a sugerir dos alternativas de costos de brazos robot debido a que una limitante para proyectos de inversión son los fondos de dinero disponibles, de esta forma se tiene alternativas para poder tomar una decisión , en la Tabla 4.29 se muestran la alternativas que se podrían considerar.

Tabla 4.29*Alternativas de inversión.*

	Alternativa Robot \$75,000.00	Alternativa Robot \$30,000.00
Inversión total	\$451,000.00	\$226.000,00
Ahorro de mano de obra anual	\$146,175.36	\$146,175.36
Depreciación anual	\$90,200.00	\$45,200.00
Ahorro total anual	\$-55.975,36	\$-100.975,36
Tiempo de recuperación	3.09 años	1.55 años

Nota: Resumen de la evaluación de alternativas, para efectos del análisis se considera la inversión total como una depreciación acelerada de 5 años por lo tanto el ahorro anual que se muestra es la diferencia entre la depreciación anual y el ahorro de mano de obra anual.

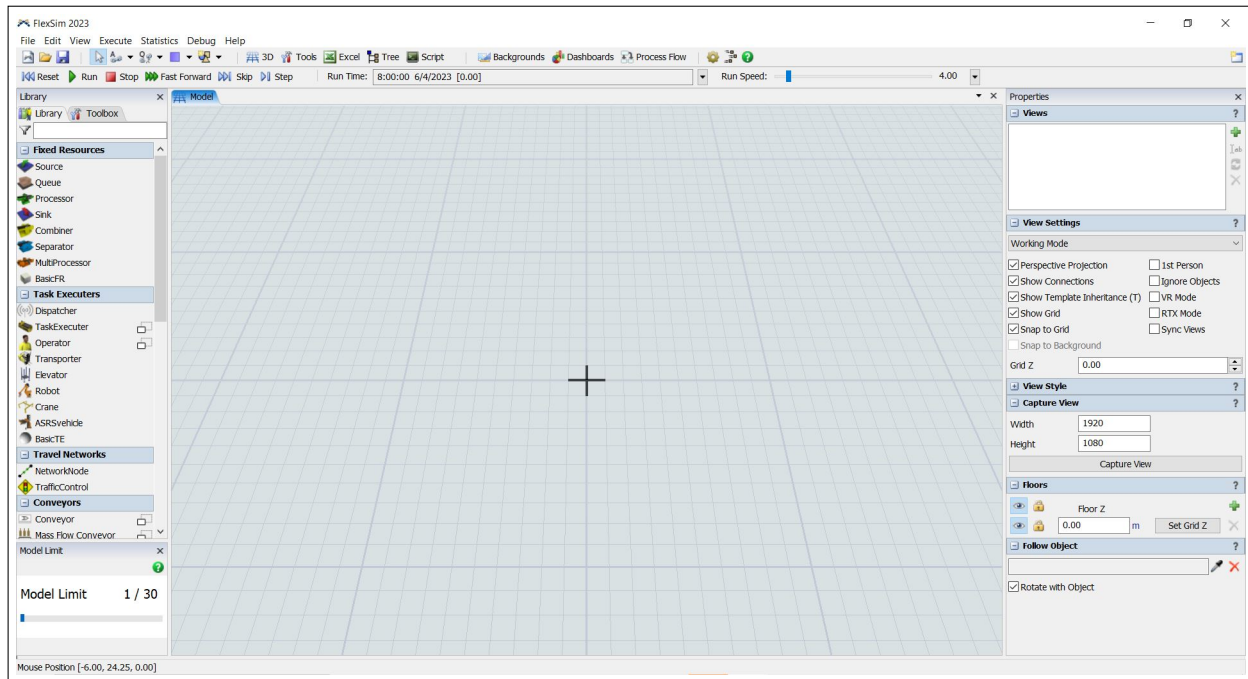
4.4. Evaluación mediante una simulación el sistema de automatización en el proceso de fabricación para frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica para comparar el proceso propuesto respecto al inicial

La simulación permite reproducir de manera controlada la línea de producción de los frentes y puertas calienta platos, basándose en una propuesta de automatización a través del software FlexSim. De esta forma, se logra recrear el comportamiento de los brazos robóticos y prensas que se utilizarán en la implementación de dicha propuesta.

El software FlexSim cuenta con un entorno amigable como se observa en la Figura 4.4, en la parte superior se encuentra con la barra de tareas, en la parte derecha están las propiedades de simulación y en la parte izquierda están los recursos y ejecutores de tarea que permiten seleccionar y arrastrar para empezar con el proceso de simulación.

Figura 4.4

Entorno de FlexSim.



Nota: Entorno gráfico del programa de simulación FlexSim versión 2023.

Para este modelo en particular, se han utilizado algunos de los recursos y ejecutores de tareas que proporciona FlexSim, tales como una fuente, una cola, cuatro procesadores, cinco brazos robóticos y un receptor. Estos elementos se interconectan y se programan para representar el sistema de automatización propuesto para los frentes y puertas calienta platos, permitiendo simular el proceso y mejorarlo de acuerdo a las necesidades específicas.

4.4.1. Recursos utilizados en el modelo

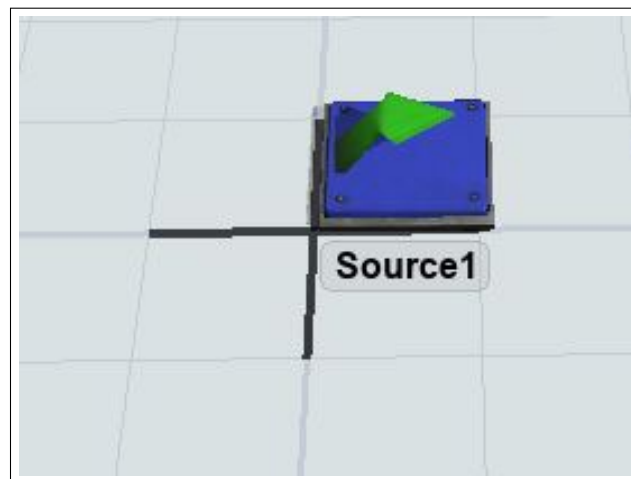
A continuación se detallan los recursos y ejecutores de tareas utilizados en la representación del modelo del sistema automatización de frentes y puertas calienta platos así como la configuración de cada recurso y ejecutor de tarea.

4.4.1.1. Fuente

El recurso de la fuente dentro de FlexSim se ocupa para la alimentación o salida de material, en el modelo sirve para representar la entrada de material, en este caso se usó como si fuera la bodega que alimenta al proceso proveyéndolos de láminas metálicas que es la materia prima que se usa en la transformación de frentes o puertas calienta platos como se observa en la Figura 4.5.

Figura 4.5

Recurso fuente de FlexSim.

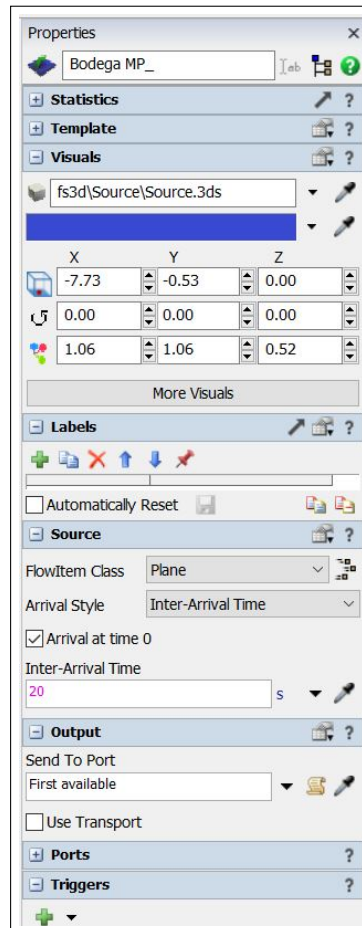


Nota: Se observa en la Figura el recurso de la fuente en el entorno de FlexSim que se usó para alimentar de materia prima al proceso.

La configuración de la fuente se la realiza dando un click sobre la misma y se nos despliega a la derecha unos campos como se observa en la Figura 4.6, los cuales podemos modificar desde las dimensiones y parámetros, en este caso para la propuesta se configuró para que las láminas lleguen desde el momento 0 y cada 20 segundos alimente continuamente. observa en la Figura 4.7.

Figura 4.6

Configuración de la fuente.

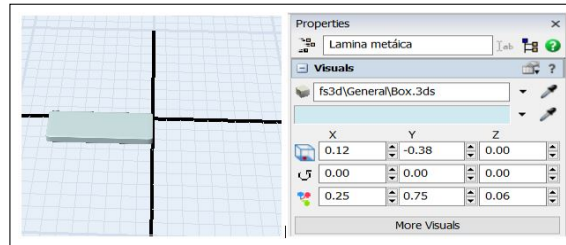


Nota: Se observa en la Figura la configuración de la fuente en el modelo que sirvió para alimentar de materia prima al proceso.

Para la configuración de la materia prima se la realizó dentro de las configuraciones de la fuente como se observa en la Figura 4.7, en la cual se modificó la forma de la materia prima, sus dimensiones y el color que tiene al principio del proceso de la simulación de frentes y puertas calienta platos.

Figura 4.7

Configuración de la materia prima.



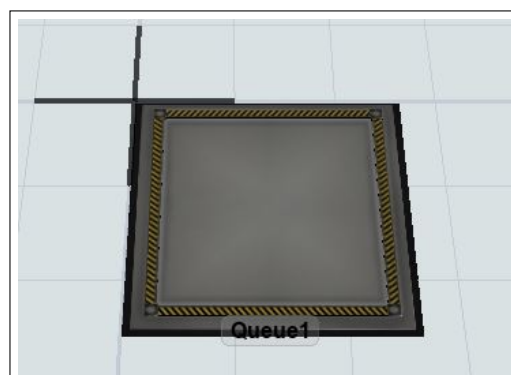
Nota: Se observa en la Figura la configuración de la materia prima que provee a la fuente y es ocupada para transformarla en frentes y puertas calientes platos.

4.4.1.2. Cola

Dentro de FlexSim, la cola es un recurso que puede utilizarse como buffer o área de almacenamiento. En el modelo que se está presentando, esta cola representa el espacio de almacenamiento para las láminas metálicas que se trasladan desde la bodega de materia prima hacia la línea de prensas de frentes y puertas calientes platos, tal como se observa en la Figura 4.8. Su función es servir como un espacio donde el brazo robot pueda tomar las láminas y llevarlas hacia las prensas para su posterior posicionamiento.

Figura 4.8

Recurso de Almacenamiento de FlexSim.

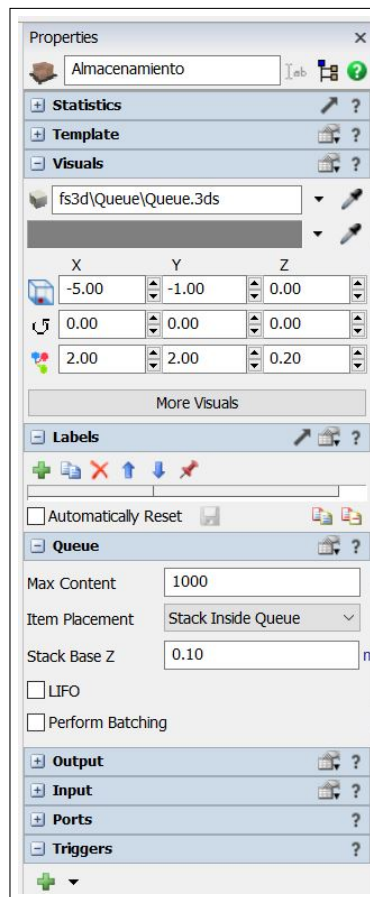


Nota: Se observa en la Figura el recurso de cola que es ocupado como almacenamiento de la materia prima para el proceso de fabricación de los semielaborados.

La configuración de la cola se realiza haciendo click sobre ella, lo que despliega una serie de campos en la parte derecha de la pantalla, tal como se muestra en la Figura 4.9. En esta sección, se pueden realizar diversas modificaciones, como cambiar el nombre del recurso, las dimensiones, la capacidad máxima de almacenamiento y la opción de habilitar el transporte que se utilizará para conectar la cola con el brazo robot.

Figura 4.9

Configuración de la cola.



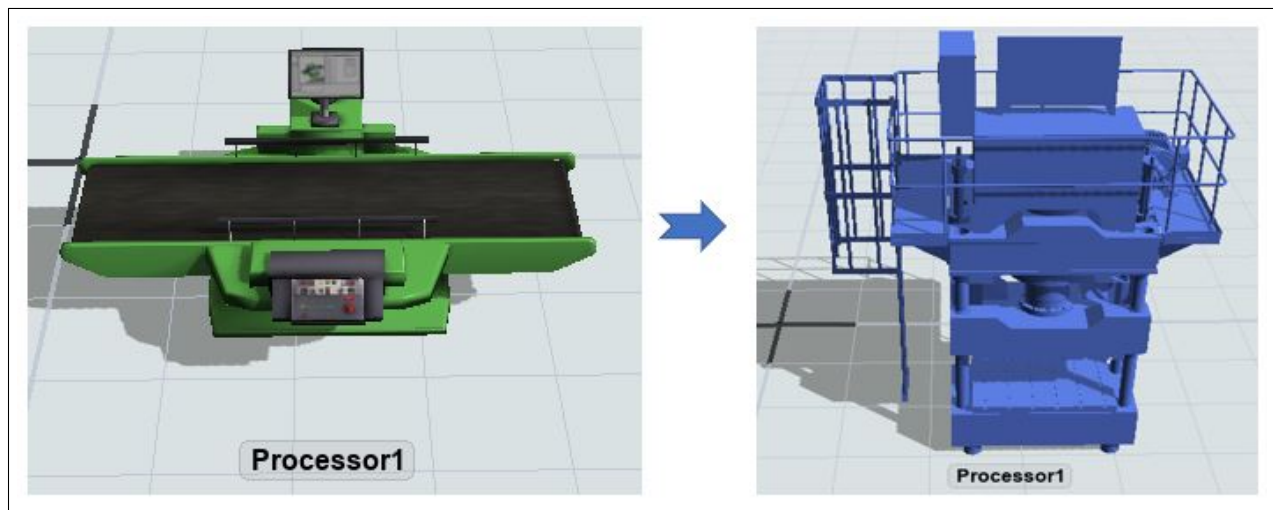
Nota: Se observa en la Figura como se configuró la cola del modelo que es usado para almacenar la materia prima.

4.4.1.3. Procesador

El procesador es otro recurso de FlexSim el cual simula un tiempo de demora o ejecución de un proceso, el objeto que nos ofrece FlexSim puede representar a una maquinaria de una fábrica o de servicios como el tiempo de atención al cliente, para el modelo se cambió el procesador que está predefinido por una representación gráfica de una prensa tipo H como se observa en la Figura 4.10 para que se asemejara más a la realidad de la propuesta de automatización a la realidad el cual va a simular el tiempo de prensado en cada una de las prensas del modelo.

Figura 4.10

Recurso del procesador de FlexSim.



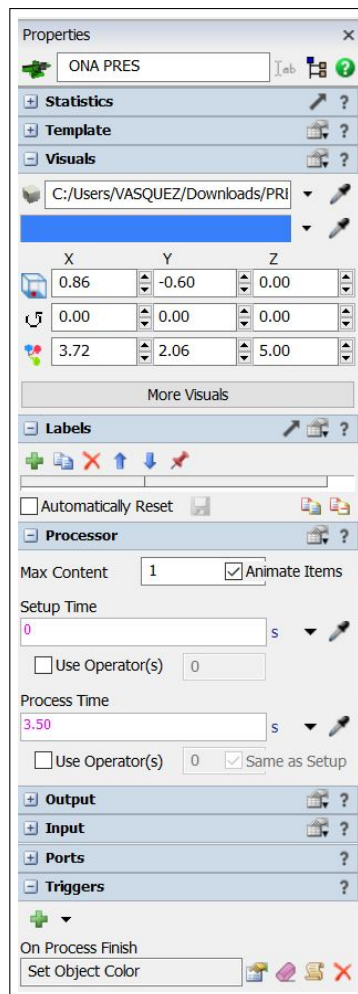
Nota: Se observa en la Figura el recurso de procesador como es cambiado de aspecto visual para que el modelo sea representado de una manera más gráfica a la realidad por una prensa tipo H.

La configuración del procesador se realiza haciendo click sobre él, lo que despliega una serie de campos en la parte derecha de la pantalla, como se muestra en la Figura 4.11. En esta sección se realizaron diversas modificaciones para que la propuesta simulada se asemejara gráficamente a la realidad. Entre las configuraciones realizadas se incluyen el cambio de la gráfica del procesador, la asignación de nombres a cada prensa en el procesador, la definición de las medidas de las prensas, el establecimiento del tiempo de procesamiento en 3.5 segundos (el tiempo real que tarda la prensa en ejecutar un ciclo de prensado), la configuración de

transporte para interconectar el recurso del procesador con el brazo robot, y la modificación del color de la materia prima al pasar por el proceso para simular el cambio en su aspecto al ser procesado. Estas configuraciones se realizaron para los cuatro recursos del procesador de la línea de prensado.

Figura 4.11

Configuración del procesador.



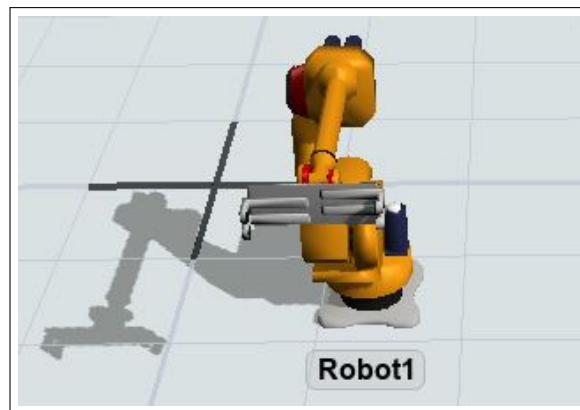
Nota: Se observa en la Figura la configuración del procesador del modelo, esta configuración es la misma para los cuatro recursos que en el modelo son las prensas tipo H que simulan el tiempo de prensado en transformar la materia prima en frentes y puertas calienta platos.

4.4.1.4. Brazos robot

Los brazos robots son ejecutores de tareas que sirven para transportar material de un punto al otro, estos brazos robots dentro del FlexSim son de 6 grados de libertad como se observa en la Figura 4.12 los cuales son los mismos del sistema de la propuesta de automatización el cual permite mayor movimiento y precisión al momento de ejecutar la tarea, los brazos robot están representado en el programa FlexSim con unas garras para sujetar y transportar pero en el caso del la propuesta se usarán ventosas que funcionan con aire comprimido para sujetar las láminas metálicas y se puedan transportar de un procesador al siguiente, en el modelo se usaron cinco brazos robots para transporte.

Figura 4.12

Recurso ejecutor de tareas robot de FlexSim.

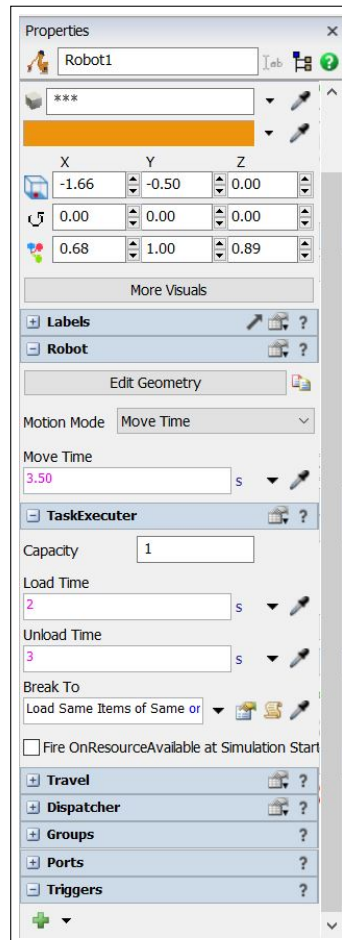


Nota: Se observa en la Figura el recurso ejecutor de tareas que es el brazo robot que transporta los semielaborados de un recurso procesador hacia otro, en el modelo son cinco brazos robot.

Para la configuración del brazo robot también se la realiza dando un click sobre la misma y se nos despliega a la derecha unos campos como se observa en la Figura 4.13, en la cual se configuró su nombre para cada brazo, dimensiones, tiempo de desplazamiento que es 3.50 segundos para cada lado y los tiempos de carga que es 2 segundos para sujetar las láminas metálicas por medio de las ventosas y el tiempo de descarga de 3 segundos para colocar los semielaborados en las prensa, centrar en los topes de la matriz y retirar el brazo robot para que pueda ejecutar el ciclo de prensado, esta configuración se aplicó para los 5 brazos robots ubicados entre prensas y al inicio y final del sistema de automatización del proceso frentes y puertas calienta platos.

Figura 4.13

Configuración del brazo robot.



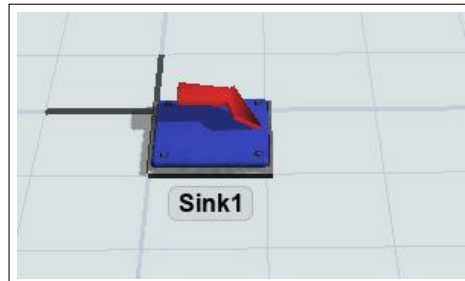
Nota: Se observa en la Figura la configuración del brazo que transporta el semielaborado de un recurso procesador hacia el otro, esta configuración es la misma para los cinco brazos robot.

4.4.1.5. Recibidor

El recibidor es un recurso ocupado como final de proceso en el cual los elementos que lleguen hacia él no se podrán recuperar, este recurso siempre está en estado de recepción, en el modelo este recurso se ocupó como la parte final donde el último brazo robot coloca los frentes y puertas calienta platos listos al final de su proceso como se observa en la Figura 4.14 para que sean llevados hacia la bodega de producto en proceso.

Figura 4.14

Recurso receptor de FlexSim.

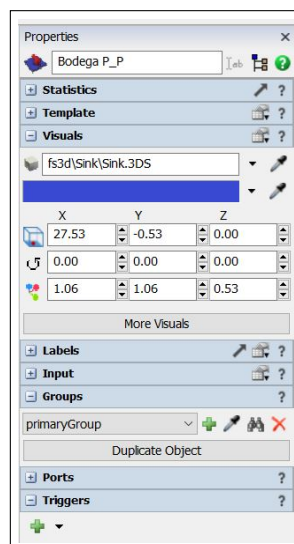


Nota: Se observa en la Figura el recurso receptor del modelo que es ocupado como fin del proceso.

Para la configuración del receptor también se la realiza dando un click sobre la misma y se despliega a la derecha unos campos como se observa en la Figura 4.15, lo único que se modificó fue el nombre y dimensiones el resto cumple su función básica de recibir los objetos.

Figura 4.15

Configuración del receptor.



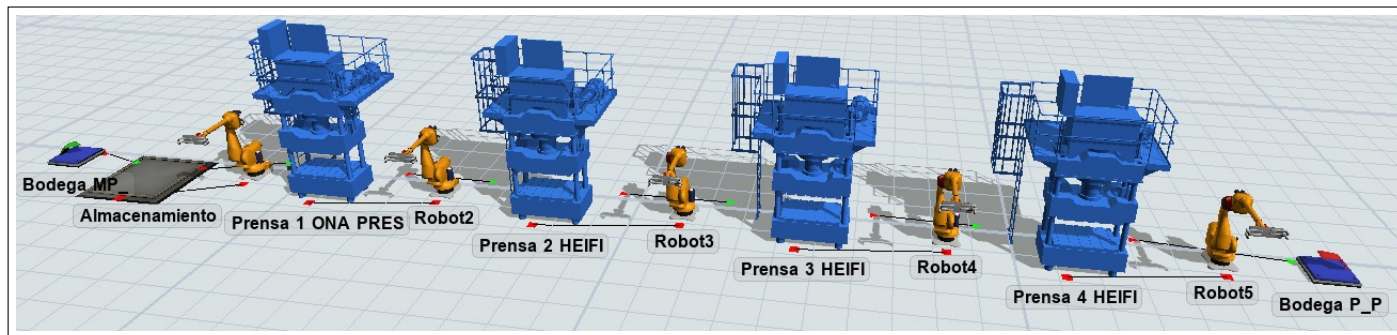
Nota: Se observa en la Figura la configuración del receptor que se lo ocupó como fin del proceso en el modelo.

4.4.2. Modelo

Una vez insertados todos los recursos y ejecutores de tarea que se explicaron anteriormente, ahora se deben de interconectar solo los recursos con la opción de conexión de objetos A que se encuentra en la parte superior en la barra de herramientas, comenzando desde la fuente hacia la cola siguiendo por cada uno de los cuatro procesadores hasta llegar al receptor, siempre se lo hace desde el proceso anterior hacia el proceso siguiente siguiendo la lógica del proceso establecido. Ahora se deben de interconectar los ejecutores de tareas que se lo realiza con la opción de conexión de puertos centrales S ubicada en la parte superior de la barra de tareas, esta se puede unir de ambas partes desde un recurso a un ejecutor de tareas o al revés, las conexiones en el modelo serán desde el recurso cola hacia el brazo robot y los demás van hacer desde cada uno de los procesadores hacia el brazo robot, adicional como se explicó cada recurso en su configuración se debe activar la opción de usar transporte para que esta conexión funcione al momento de la simulación y el ejecutor de tareas cumpla con su función, cuando se tengan todas las interconexiones se ve como en la Figura 4.16 que es el modelo de automatización de frentes y puertas calienta platos.

Figura 4.16

Modelo de la simulación.



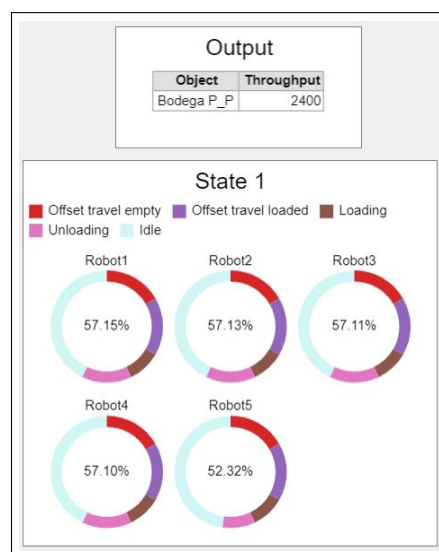
Nota: Se observa en la Figura el sistema de automatización propuesto con todos sus recursos, ejecutores de tareas y conexiones necesarias para ejecutar la simulación.

Para la configuración del tiempo de simulación se configuró para que empiece el programa desde las 8:00 am de un día hasta las 22:00 pm del mismo día, es decir se va a simular 14 horas del día estas horas están destinadas para que la mitad sean para fabricar frentes y la otra mitad las puertas calienta platos debido a que los robots se programaron en la simulación para que las piezas sean fabricadas en tiempos iguales, estas horas de trabajo son los dos turnos de 8 horas, las dos horas que no simulamos como se explicó anteriormente son ocupadas para cambios de matrices entre los frentes y puertas calienta platos y traslape de turnos.

Finalmente se corre la simulación del modelo con las configuraciones establecidas previamente en todos los recursos y ejecutores de tarea así como la configuración del tiempo de simulación como se observa en la Figura 4.17, donde se muestran las unidades totales entre frentes y puertas calienta platos que se fabricaron durante la simulación, así como el rendimiento o la capacidad utilizada que tiene de cada uno de los 5 robots del modelo durante la simulación como son en las actividades de movimiento, la de carga, descarga y cuando permanecen en reposo.

Figura 4.17

Corrida de simulación del modelo.



Nota: Se observa la corrida de simulación del modelo de automatización de frentes y puertas calienta platos.

5. Resultados y discusión

5.1. Resultados de la situación actual del proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica.

Para los resultados de la situación actual, a continuación se presentan las Tablas 5.1, 5.2 con el resumen de la situación actual de los tiempos de producción de acuerdo a los procesos de embutición, doblado y troquelado utilizados en la elaboración de frentes, así mismo en la Tabla 5.4 se presenta los tiempos de producción de las puertas calienta platos y por último en la Tabla 5.3 se encuentran los costos del proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica.

Tabla 5.1

Resumen del estudio de tiempos de frentes.

Proceso	Tiempo Estándar	UPH
Embutir	28.40	127
Troquelar de perilla y doblar	29.09	124
Troquelar y doblar	27.13	133
Troquelado superior e inferior	26.61	135
Tiempo Total	111.20	

Nota: Se observa los datos del estudio de tiempos de frentes 24 y 30 pulgadas con el tiempo estándar en segundos y las unidades por hora (UPH).

Tabla 5.2

Resumen del estudio de tiempos de puertas caliente platos.

Proceso	Tiempo Estándar	UPH
Embutir	25.3	142
Troquelar y cortar	21.29	169
Troquelar 2	23.47	153
Doblar cejas	22.47	160
Tiempo Total	92.53	

Nota: Se observa los datos del estudio de tiempos de puertas caliente platos 24 y 30 pulgadas con el tiempo estándar en segundos y las unidades por hora (UPH).

La Tabla 5.3 presenta los costos totales de la producción de frentes de cocina 24 y 30 en acero inoxidable y los costos totales de la elaboración de los caliente platos de 24 y 30 de acero inoxidable.

Tabla 5.3

Resumen costo total de producción actual.

Material	Costo total
Frente 24 Inox formado	\$4.23
Frente 30 Inox formado	\$4.58
Caliente plato 24 Inox formado	\$5.13
Caliente plato 30 Inox formado	\$5.54

Nota: Asignación de gastos de fabricación considerando una producción promedio de 19530 unidades.

Tabla 5.4

Resumen producción situación actual.

Semielaborado	Producción día
Frentes	930
Puertas caliente platos	930
Total	1860

Nota: Producción en unidades de los semielaborados durante un día de trabajo en el proceso actual tanto de frentes de 24 y 30 pulgadas como puertas caliente platos de 24 y 30 pulgadas.

5.2. Resultados de la propuesta de automatización de frentes y puertas caliente platos de una cocina doméstica.

A continuación, se presentan las tablas resumen de la propuesta, los tiempos se encuentran en las Tablas 5.5, 5.6, se presenta la producción propuesta en la Tabla 5.7, de igual manera en la Tabla 5.8 se encuentran los costos de la propuesta y en la Tabla 5.9 los montos de inversión de las alternativas, adicional en la Figura 5.1 se muestra el estado de los brazos robot.

Tabla 5.5

Resumen de tiempos de la propuestas de frentes.

Proceso	Tiempo	UPH
Embutir	21	171.40
Troquelado de perillas y doblado	15.5	171.40
Troquelar y doblar	15.5	171.40
Troquelado superior e inferior	21	171.40
Tiempo Total	73	

Nota: Se observa los datos del estudio de tiempos de la propuesta de automatización con brazos robot, el tiempo en segundos y las unidades por hora (UPH).

Tabla 5.6

Resumen de tiempos de la propuesta de puertas caliente platos.

Proceso	Tiempo	UPH
Embutir	21	171.40
Troquelar y cortar	15.5	171.40
Troquelar 2	15.5	171.40
Doblar cejas	21	171.40
Tiempo Total	73	

Nota: Se observa los datos del estudio de tiempos de la propuesta de automatización con brazos robot, el tiempo en segundos y las unidades por hora (UPH).

la Tabla 5.7 presenta la producción al día de frentes y puertas con la propuesta de automatización, en un turno de 8 horas, considerando que la producción se considera desde el tiempo 0, los semielaborados están listos para ingresar a la línea.

Tabla 5.7

Resumen de la producción de la propuesta de automatización.

Semielaborado	Producción día
Frentes	1200
Puertas caliente platos	1200
Total	2400

Nota: Producción en unidades de los semielaborados durante un día de trabajo con la automatización de brazos robot para frentes de 24 y 30 pulgadas como puertas caliente platos de 24 y 30 pulgadas.

Tabla 5.8

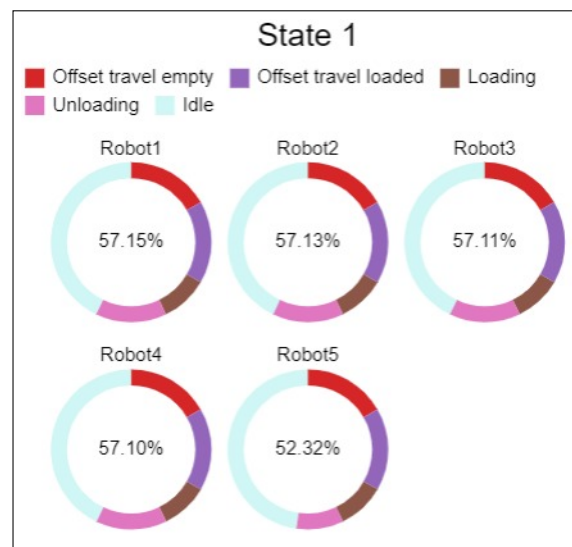
Resumen costo total de producción de la propuesta de automatización.

Material	Costo total
Frente 24 Inox formado	\$3.89
Frente 30 Inox formado	\$4.32
Calienta plato 24 Inox formado	\$4.85
Calienta plato 30 Inox formado	\$5.31

Nota: Asignación de gastos de fabricación considerando una producción promedio de 25200 unidades.

Figura 5.1

Estado de uso de los brazos robot en la simulación.



Nota: Se observa en la Figura el estado de uso de los brazos robot en diferentes etapas, el color rojo muestra el estado de trayectoria cuando esta sin carga, el color morado muestra el estado de trayectoria cuando esta con carga, el color café muestra el estado cuando está cargando, el color rosado muestra el estado cuando está descargando y el color turquesa muestra el estado cuando esta inactivo el robot.

La Tabla 5.9 presenta diferentes alternativas de inversión, considerando tres alternativas de costos de robot bajo, medio y alto. Es necesario tener presente que mientras menor sea el precio del robot, mayor será el costo de mantenimiento por la calidad del mismo.

Tabla 5.9

Resumen alternativas de inversión.

Descripción	Alternativa	Alternativa	Propuesta
	Robot \$75,000.00	Robot \$30,000.00	Robot 55,000.00
Inversión total	\$451,000.00	\$226,000.00	\$344,500.00
Ahorro de mano de obra anual	\$146,175.36	\$146,175.36	\$146,175.36
Depreciación anual	\$90,200.00	\$45,200.00	\$68,900.00
Ahorro total anual	\$-55,975.36	\$-100,975.36	\$-77,275.36
Tiempo de recuperación	3.09 años	1.55 años	2.36 años

Nota: Resumen de la evaluación de alternativas, para efectos del análisis se considera la inversión total como una depreciación acelerada de 5 años por lo tanto el ahorro anual que se muestra es la diferencia entre la depreciación anual y el ahorro de mano de obra anual.

5.3. Resultados de la evaluación del proceso de fabricación propuesto comparado con el actual

A continuación, se presentan las tablas resumen de la comparación entre la propuesta de automatización y el proceso actual, los tiempos se encuentran en la Tabla 5.10, asimismo se presenta la comparación de producción propuesta en la Tabla 5.11, y finalmente se comparó los costos en la Tabla 5.12 de los semielaborados.

Tabla 5.10

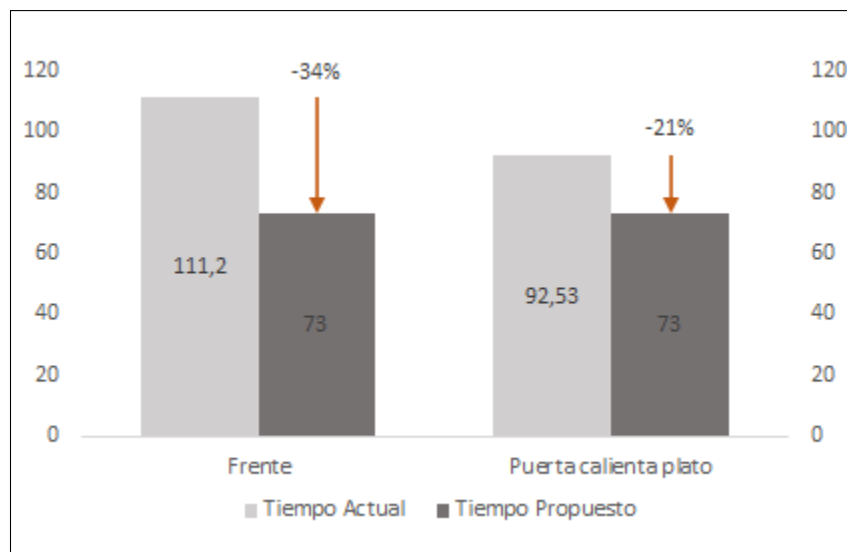
Diferencia de tiempos de producción.

Material	Tiempo Actual	Tiempo Propuesto	Diferencia de Tiempo
Frente	111.20	73	38.2
Puerta caliente plato	92.53	73	19.53

Nota: En la tabla se detalla la diferencia de tiempos de producción en segundos entre el proceso propuesto contra el actual.

Figura 5.2

Mejora en los tiempos de producción .

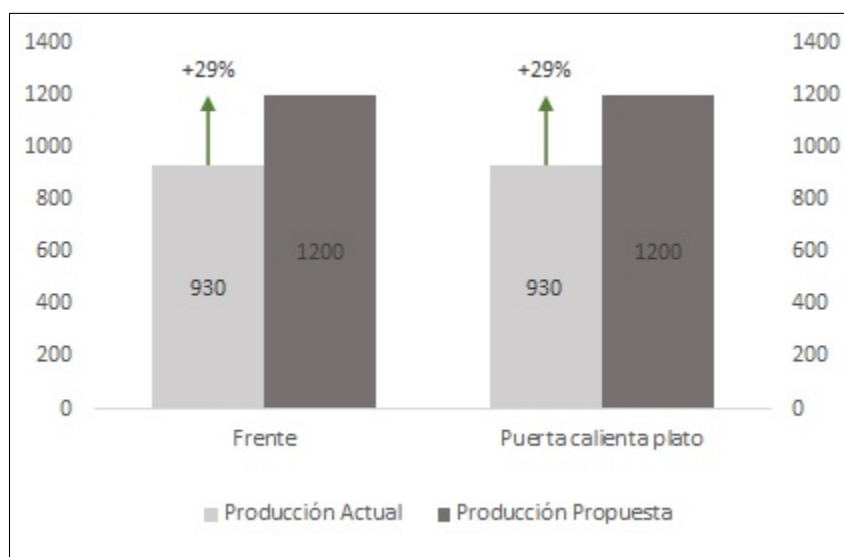


Nota: En la Figura se observa la mejora en porcentaje de los tiempos en segundos de producción entre el proceso propuesto y el actual.

Tabla 5.11*Diferencia de producción.*

Material	Producción Actual	Producción Propuesta	Diferencia Producción
Frente	930	1200	270
Puerta caliente plato	930	1200	270
Total	1860	2400	540

Nota: En la Tabla se detalla la diferencia de producción en unidades diarias entre el proceso propuesto contra el actual.

Figura 5.3*Variación de unidades de producción.*

Nota: En la Figura se muestra el incremento de producción en porcentaje entre la producción propuesta y la producción actual.

Tabla 5.12

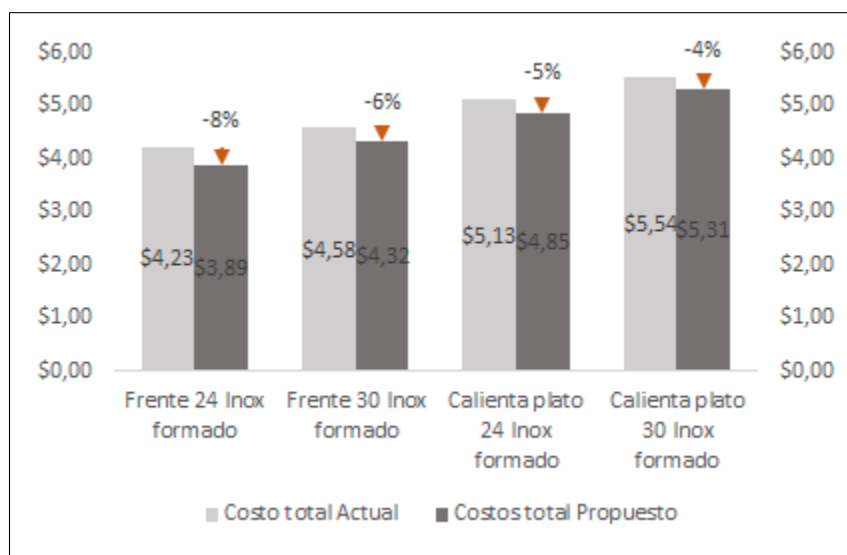
Diferencia de costos.

Material	Costo total Actual	Costos total Propuesto	Diferencia De costos
Frente 24 Inox formado	\$4.23	\$3.89	\$-0.34
Frente 30 Inox formado	\$4.58	\$4.32	\$-0.26
Calienta plato 24 Inox formado	\$5.13	\$4.85	\$-0.28
Calienta plato 30 Inox formado	\$5.54	\$5.31	\$-0.23

Nota: En la tabla se detalla la diferencia de costos entre el proceso propuesto contra el actual.

Figura 5.4

Variación de costos de producción



Nota: En la Figura se muestran las variaciones porcentuales entre el costo total propuesto y el costo total actual.

5.4. Análisis de resultados

Los resultados del presente trabajo revelan que en la situación actual de la fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica de la sección de metalmecánica muestran que el tiempo de producción en el semielaborado de frentes alcanza los 111.20 segundos, mientras que en las puertas calienta platos se registra un tiempo de 92.53 segundos. La producción diaria de estos productos está limitada por el cuello de botella de la línea de producción, que varía según el tipo de producto. En el caso de los frentes, el proceso de troquelado de perillas y doblado constituye el cuello de botella, obteniendo una tasa de producción por hora de 124 unidades, lo que se traduce en una producción diaria de 930 unidades. Por otro lado, en las puertas calienta platos, el proceso de embutido constituye el cuello de botella con una tasa de producción por hora de 142 unidades, obteniendo una producción diaria de 930 unidades en dos turnos de fabricación de 8 horas, el tiempo real de fabricación son 14 horas de las cuales 7.5 horas se fabrican frentes y 6.5 horas se fabrican puertas calienta platos, las dos horas restantes como se explicó anteriormente son ocupadas para cambios de matrices y traslape de turnos. En cuanto a los costos de producción, se encontró que un frente de 24 pulgadas tiene un costo total de de \$4.52, mientras que un frente de 30 pulgadas tiene un costo total de \$5.24. En cambio, las puertas calienta platos de 24 pulgadas tienen un costo de \$5.59 y las de 30 pulgadas un costo de \$6.20. Los datos obtenidos en esta sección son de gran relevancia y pueden ser de utilidad en la toma de decisiones.

Los resultados de la situación propuesta del sistema de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica de la sección de metalmecánica a través de la automatización por cinco brazos robot ubicados entre prensas y al inicio y final del proceso, se obtuvo a través de simulación mediante software FlexSim para acercarnos lo más a la realidad posible donde se logró un tiempo igual de 73 segundos para la producción de frentes y puertas calienta platos. Además, se observó que las unidades por hora se ajustaron a 171.40, lo que permitió una producción diaria de 1200 frentes y 1200 puertas calienta platos en dos turnos de 8 horas. Estos hallazgos sugieren que la automatización por robots puede ser una alternativa viable para la mejora del proceso de producción de frentes y puertas calienta platos. Se observa que el estado de uso promedio de los brazos robot es de 56.16%, esto se debe a que fueron programados en base a las necesidades de producción que se requiere, el porcentaje restante permitirá tener una holgura al momento que exista un incremento futuro de las unidades de producción permitiendo a la empresa adaptarse a necesidades del mercado. Por otro lado también se evaluó varias alternativas y la que se consideró para el trabajo es la

del costo del brazo robot de \$55,000.00 dónde la inversión propuesta total es de \$344,500.00 considerando esta inversión se cálculo el costo por unidad de frente de 24 pulgadas en \$3.89, mientras que el costo por unidad de frente de 30 pulgadas es de \$4.32. Por otro lado, el costo por unidad de la puerta caliente platos de 24 pulgadas es de \$4.85, y el costo por unidad de la puerta caliente platos de 30 pulgadas es de \$5.31.

Los resultados obtenidos al comparar el proceso propuesto contra el proceso actual de la fabricación de frentes y puertas caliente platos de una cocina doméstica en la sección de metalmecánica. En comparación, se puede observar que la propuesta de automatización por robots disminuye significativamente el tiempo de producción de frentes en 38.2 segundos y las puertas caliente platos en 19.53 segundos, estableciendo el proceso propuesto en 73 segundos para ambos semielaborados. Además, la producción diaria aumenta de 930 a 1200 unidades para cada semielaborado, lo que representa un aumento de 270 unidades en frentes y puertas caliente platos en comparación con la situación actual sin automatización. En cuanto a los costos de producción, se observa una disminución en los costos unitarios de fabricación de cada tipo de frente y puerta caliente platos en la propuesta de fabricación automatizada. En particular, el costo por unidad de frente de 24 pulgadas disminuye en \$-0.34 y el costo por unidad de frente de 30 pulgadas disminuye en \$-0.26. Para las puertas caliente platos, el costo por unidad de 24 pulgadas disminuye en \$-0.28 y el costo por unidad de 30 pulgadas disminuye en \$-0.23.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1. Conclusiones

Conclusión 1

Se estableció la situación actual del proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica mediante la recopilación de datos y levantamiento de información en el piso de planta, se pudo determinar los tiempos de producción por medio de un estudio de tiempos donde se obtuvo el tiempo estándar del proceso, en el caso de frentes de 24 y 30 pulgadas se determinó un tiempo de 111.20 segundos y en el caso de puertas calienta platos de 24 y 30 pulgadas se obtuvo un tiempo de 92.53 segundos, con base a la información obtenida se estableció la capacidad de producción de 124 unidades por hora para frentes y 142 unidades por hora para puertas calienta platos. También es importante destacar que se observó que existen tiempos improductivos que pueden ser aprovechados de mejor manera. Además, se identificaron cuellos de botella en los procesos que son los que dictan el ritmo de la producción. Sumado a esto, se determinó el costo de producción que está compuesto por materia prima, mano de obra y costos de fabricación, para el caso de un frente de 24 y 30 pulgadas el costo de producción por unidad es de \$4.23 y \$4.58 respectivamente igualmente los costos obtenidos para puertas calienta platos de 24 y 30 pulgadas fueron de \$5.13 y \$5.54 respectivamente.

Conclusión 2

Se ha propuesto un sistema de automatización en el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica, donde se ha demostrado que la implementación del sistema de automatización puede mejorar significativamente la eficiencia del proceso. El nuevo sistema de automatización propuesto incluye un conjunto de cinco brazos robot ubicados entre prensas y al inicio y final del proceso, que permiten la producción en línea, la programación de tareas y la integración de los diferentes componentes del proceso. La propuesta que se planteó

contempla la adquisición de brazos robot de marca Yamaha YA-RJ con un valor unitario por brazo robot de \$55,00.00, donde los costos de implementación complementarios tienen un valor total de \$67,000.00 dando un valor total de inversión de \$344,500.00. El sistema de automatización propuesto también ha demostrado ser rentable generando un ahorro anual por eliminación de mano de obra de \$146,175.36 con una recuperación de inversión de 2.36 años. Los costos iniciales de implementación se ven compensados por los ahorros a largo plazo en mano de obra. Además, el nuevo sistema puede mejorar los tiempos y reducir el costo final del producto.

Conclusión 3

Mediante la simulación en el software FlexSim del sistema propuesto de automatización en el proceso de fabricación de frentes y puertas calienta platos de una cocina doméstica se determinó que los tiempos de fabricación de los semielaborados disminuyen en un 34.35% en frentes de 24 y 30 pulgadas y en un 21.11% en puertas calienta platos de 24 y 30 pulgadas en consecuencia se logra reducir los errores humanos además de eliminar las actividades que no agregan valor que son propias de los operarios y que generan tiempos muertos de producción. A su vez, esto representa una mejora en las unidades por hora, aumentando en un 29.03% tanto en frentes como puertas calienta platos con respecto de la situación actual. Por lo tanto, la propuesta de automatización por robots reduce significativamente el tiempo de producción y aumenta la producción diaria, lo que la convierte en una alternativa viable.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio de los procesos que siguen a la línea de prensado con el fin de identificar posibles cuellos de botella que podrían ser causados por la automatización de la línea, es importante evaluar cuidadosamente cada proceso y determinar si es necesario agregar más recursos o modificar los procedimientos para prevenir cuellos de botella en los procesos posteriores.

Para una futura implementación de la automatización del proceso de frentes y puertas calienta platos, se recomienda realizar un estudio técnico y financiero más profundo con especialistas de cada área estableciendo las especificaciones a detalle del sistema de automatización propuesto.

Referencias Bibliográficas

- Aquino, O. (2023). *Los costos ocultos de robots para almacenes y fábricas que debes conocer*. [Disponible en <https://thelogisticworld.com/tecnologia/los-costos-ocultos-de-robots-para-almacenes-y-fabricas-que-debes-conocer/>; Accedido el: 3 de abril del 2023].
- Economía. (2021). *Indurama: “el norte es la segunda región más importante en ventas”*. Revista de actualidad, gestión y turismo.
- El Universo. (2020). *Industria de línea blanca empieza a recuperarse en ventas tras confinamiento por la pandemia*. [Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/07/13/nota/7905210/industria-linea-blanca-ventas-reactivacion-economica-pandemia/>; Accedido el: 21/11/2022].
- Equinlab. (2021). *Robot industrial de 6 grados de libertad - ya-r3f*. [Disponible en: <http://www.equinlabsac.com/content/robot-industrial-de-6-grados-de-libertad-ya> Accedido el: 21 de marzo del 2023].
- Equinlab. (2023). *Equipamiento instrumentación industrias y laboratorios*. [Disponible en: <http://www.equinlabsac.com/content/robot-industrial-de-6-grados-de-libertad-ya-r3f>; Accedido el: 3 de abril del 2023].
- Escaño, J., Garcia, A., y Garcia, J. (2019). *Integración de sistemas de automatización industrial*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Fajardo, B., y Dubán, E. (2022). *Plan de negocio para la creación de un centro de servicio técnico de electrodomésticos de la línea blanca en el municipio de jamundí -valle*. Institución Universitaria Antonio José Camacho.
- FlexSim . (2023). *3d simulation modeling and analysis software*. [Disponible en: <https://www.flexsim.com> Accedido el: 15 de marzo del 2023].
- García, G., y Herrera, A. (2017). *Evaluación de proyectos de inversión*. México: Cengage Learning.
- Gestión de compras industrial sourcing. (2022). *Embutición*. [Disponible en: <https://www.gestiondecompras.com/wp-content/uploads/2021/11/embuticion-es.pdf>

Accedido el: 15 de noviembre del 2022].

- Gonzales, C., Chaparro, I., y Ramirez, J. (2018). *Importancia de la simulación en procesos productivos*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Himmelblau, D., y Bischoff, K. (2021). *Análisis y simulación de procesos*. Editorial Reverté S.A.
- InfoPLC. (2019). *Manos inteligentes para cada cobot*. [Disponible en: <https://www.infoplcn.net/noticias/item/107046-manos-inteligentes-para-cada-cobot>; Accedido el: 3 de abril del 2023].
- Jara, M., Romero, C., Bravo, A., Vélez, V., y García, M. (2022). *Índice de producción de la manufactura*. [Disponible en: www.ecuadorencifras.gob.ec Accedido el: 15 de noviembre del 2022].
- Kalpakjian, S., y Schmid, S. (2020). *Manufacturing engineering and technology*. Pearson Education.
- López, R. (2019). *Análisis de los elementos del costo*. IMCP..
- Marin, C. (2022). *Troqueles y troquelado*. [Disponible en: <https://www.ingenieria.demetodos.com/app/download/9156569269/Troqueles+y+Troquelado.pdf?t=1563303474> Accedido el: 15 de noviembre del 2022].
- Martínez, M., Zárate, R., y Román, R. (2018). *Simulación flexsim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba*. Científica, Instituto Politecnico de Mexico.
- Martínez, S., y Zambrano, K. (2019). *Análisis del acuerdo comercial entre Ecuador y el salvador, su aporte en las exportaciones de productos de línea blanca*. Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas.
- Medrano, J., Ajuech, G., Leví, V., y Leon, D. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales*. Editorial Patria.
- Moreno, E. (2001). *Automatización de procesos industriales*. Alfaomega Valencia.
- Niebel, B., y Freivalds, A. (2014). *Métodos, estándares y diseño del trabajo*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. DC.
- Ovalle, A., Ocampo, O., y Acevedo, M. (2013). *Identificación de brechas tecnológicas en automatización industrial de las empresas del sector metalmeccánico de caldas, colombia*. Ingeniería y competitividad, 1.
- Primicias. (2021). *El sector productivo proyecta un aumento de ventas de 6% en 2023*. Prensa digital.
- Sanchis, R., Romero, J., y Vicent, C. (2010). *Automatización industrial*. [Disponible en: www.sapientia.uji.es Accedido el: 15 de septiembre del 2022].

- Siemens Software. (2023). *Siemens digital industries software*. [Disponible en: <https://www.plm.automation.siemens.com> Accedido el: 15 de marzo del 2023].
- Simio Simulation Partner. (2023). *Simio simulacion - software de simulación de procesos*. [Disponible en: <https://www.simio-simulacion.es/> Accedido el: 15 de marzo del 2023].
- Sánchez, P. (2017). *Propuesta de diseño de un plan de seguridad industrial y salud ocupacional para mejorar la productividad en el área de producción de la empresa metal mecánica del norte*. [Disponible en <https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1623/1/TMsanchezPerezJoselito.pdf> Accedido el : 22 de noviembre del 2022].

ANEXOS

Anexo A: Holguras para el estudio del tiempo

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal.....	5
2. Holgura por fatiga básica.....	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado.....	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda.....	0
b) Incómoda (flexionado).....	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado).....	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, lb:	
5.....	0
10.....	1
15.....	2
20.....	3
25.....	4
30.....	5
35.....	7
40.....	9
45.....	11
50.....	13
60.....	17
70.....	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado.....	0
b) Bastante abajo de lo recomendado.....	2
c) Muy inadecuada.....	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable.....	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino.....	0
b) Trabajo fino o exacto.....	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto.....	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo.....	0
b) Intermitente: fuerte.....	2
c) Intermitente: muy fuerte.....	5
d) De tono alto: fuerte.....	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo.....	1
b) Espacio de atención compleja o amplia.....	4
c) Muy complejo.....	8
9. Monotonía:	
a) Baja.....	0
b) Media.....	1
c) Alta.....	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso.....	0
b) Tedioso.....	2
c) Muy tedioso.....	5