



**SEP**  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



**VERACRUZ**  
GOBIERNO  
DEL ESTADO



**SEV**  
Secretaría  
de Educación



**DET**  
Dirección de Educación  
Tecnológica del Estado  
de Veracruz



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA**

## **DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

---

**” MANUFACTURA 4.0 PARA LA AUTOMATIZACIÓN  
Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE  
ETIQUETADO DE BOTELLAS DE VINO DE MIEL ”**

**TESIS**  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

PRESENTA:  
ING. ERNESTO ARRIETA MORALES

DIRECTOR DE TESIS:  
DRA. LIDILIA CRUZ RIVERO

TANTOYUCA, VER.

JUNIO 2024



**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

FORMATO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN  
DE TESIS DE POSGRADO

Tantoyuca, Ver., a 08 de julio de 2024

**C. Ernesto Arrieta Morales**

**PRESENTE:**

De acuerdo al dictamen emitido por el jurado asignado para la revisión de su Trabajo Profesional, integrado por los siguientes catedráticos:

PRESIDENTE: Dra. Lidilia Cruz Rivero  
SECRETARIO: Dr. Daniel Angeles Herrera  
VOCAL: Dr. Leobardo Mendo Ostos  
SUPLENTE: Dra. Fabiola Sánchez Galván

Y considerando que cumple con todos los requisitos del reglamento de titulación en vigor del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, doy a usted la autorización para que proceda a imprimir su Trabajo de Posgrado para titulación por la:

Opción de "TESIS" cuyo nombre del trabajo es:

**"MANUFACTURA 4.0 PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ETIQUETADO DE BOTELLAS DE VINO DE MIEL"**

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines correspondientes a su Examen de Grado de **Maestro en Ingeniería Industrial**, por lo cual deberá entregar al encargado de Titulación de Posgrado un ejemplar de su documento final de tesis empastado en color vino con letras doradas y cuatro CD's (debidamente rotulados) en archivo PDF, así como donar un libro (nuevo) de su LGAC al Centro de Información (Biblioteca).

Esperando que el logro del mismo sea congruente con sus deseos profesionales.

ATENTAMENTE

  
Dr. Julio Meza Hernández  
Director Académico



C.c.p. Servicios Escolares.  
Titulación de Posgrado

R02/0820

F-PG-03



## INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

### CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Tantoyuca, Veracruz a 08 de julio de 2024

Yo, Ernesto Arrieta Morales, alumno de la carrera de Maestría en Ingeniería Industrial, con número de control M223S0007, por medio del presente declaro mi conformidad para ceder los derechos del proyecto: "MANUFACTURA 4.0 PARA LA AUTOMATIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ETIQUETADO DE BOTELLAS DE VINO DE MIEL", desarrollado en: APITAN S.A., durante el periodo comprendido del 01 de septiembre de 2022 al 07 de junio del año 2024 del cual declaro:

- Que es inédito
- Que es de mi autoría y me hago responsable por su contenido
- Que autorizo al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca para que, en el caso de que sea requerido pueda hacer uso libre de la totalidad del contenido del proyecto, para que sea desarrollado o divulgado en cualquier medio impreso o electrónico.
- El presente instrumento no contempla remuneración alguna por la transferencia de los derechos sobre dicho) proyecto.

Lo anterior con el fin de que quede expresamente asentado mi consentimiento total a favor del instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca en todo lo relativo al proyecto en mención.

Para constancia firma:

Vo. Bo.

Alumno  
Ernesto Arrieta Morales

Asesor interno  
Dra. Lidilia Cruz Rivero

## DEDICATORIA

A mi madre por su amor incondicional, su apoyo constante y su sabiduría infinita. Eres la razón por la que he llegado hasta aquí, tu fortaleza y tu dedicación me han inspirado en cada paso de este camino. Gracias por creer en mí, por tus sacrificios y por ser mi guía y mi refugio. Esta tesis es tanto tuya como mía. Con todo mi amor y gratitud, te dedico este logro.

---

*"Pequeñas mejoras diarias crean grandes resultados con el tiempo"*  
-- Robin Sharma --

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por haberme permitido llegar a este punto de mi vida.

La culminación de esta tesis no habría sido posible sin el apoyo y la guía de muchas personas a lo largo de este proceso. Es un placer para mí expresar mi más profundo agradecimiento a todos aquellos que han contribuido de alguna manera a este proyecto.

En primer lugar, quiero agradecer a mi directora de tesis, la Dra. Lidilia Cruz Rivero, por su incansable apoyo, orientación, paciencia y confianza durante todo este proceso. Sus conocimientos y experiencia han sido fundamentales para la realización de este trabajo.

Agradezco también a los miembros del comité de tesis, el Dr. Daniel Angeles Herrera y el Dr. Leobardo Mendo Ostos, por sus valiosas sugerencias y comentarios que han enriquecido significativamente este estudio.

Quisiera reconocer el apoyo financiero por parte del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), que me permitió concentrarme en mi investigación sin preocupaciones económicas.

A mi familia, les debo el mayor de los agradecimientos. En especial a mi madre, y mi novia por su amor incondicional y su constante aliento.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a mis amigos y compañeros, quienes me brindaron apoyo emocional y me ayudaron a mantener el equilibrio durante este desafiante viaje.

A todos ustedes, gracias de corazón.

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRAC.....	14
CAPÍTULO I. GENERALIDADES .....	15
1.1 Introducción .....	15
1.2 Planteamiento del problema .....	16
1.3 Justificación .....	18
1.4 Objetivo general .....	19
1.5 Objetivos específicos.....	19
1.6 Hipótesis.....	19
1.7 Alcances y limitaciones .....	20
1.7.1 Alcances.....	20
1.7.2 Limitaciones.....	20
1.8 Estado del arte .....	20
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	26
2.1 Producción de miel.....	26
2.2 Procesos de producción.....	27
2.2.1 Proceso artesanal.....	28
2.2.2 Proceso industrial .....	29
2.2.3 Proceso de etiquetado.....	31
2.3 Industria 4.0 .....	32
2.3.1 Industria 4.0 en México .....	33

2.3.2 Pilares de la Industria 4.0 dentro de un proceso artesanal.....	34
2.3.3 Simulación.....	35
2.3.4 Automatización.....	35
2.4 Estudio de tiempos.....	36
2.4.1 Sistemas de Tiempos Predeterminados (STPD).....	37
2.4.2 Estudio de tiempos con cronómetro.....	38
2.4 Diagrama Bimanual.....	41
2.5 Herramientas de diseño conceptual.....	41
2.5.1 Modelo Kano.....	42
2.5.2 Despliegue de la Función de Calidad (DFC - QFD).....	43
2.5.3 Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF).....	44
2.6 Ergonomía.....	44
2.6.1 Importancia de la ergonomía.....	45
2.6.2 Diseño ergonómico.....	46
2.6.3 Método de evaluación ergonómica.....	47
2.6.4 Método RULA Rapid Upper Limb Assessment.....	47
2.7 Diseño de la investigación.....	48
2.7.1 Tipos de investigación.....	48
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	50
3.1 Análisis y desarrollo de la investigación.....	51
3.2 Objeto de estudio.....	51
3.3 Población de estudio.....	52
3.4 Técnica del estudio de tiempos.....	52
3.4.1 Formato para el estudio de tiempos.....	53
3.4.2 Diagrama Bimanual.....	53

3.4.3 Formato bimanual.....	54
3.5 Estudio ergonómico .....	55
3.5.1 RULA (Rapid Upper Limb Assessment) .....	55
3.6 Despliegue de Función de la Calidad QFD .....	55
3.6.1 Encuesta:.....	56
3.6.2 Diseño de la encuesta: .....	56
3.7 Diseño de prototipo en MasterCam®.....	57
3.7.1 Simulación con SolidWorks®.....	57
CAPÍTULO IV. MARCO OPERATIVO .....	58
4.1 Diagrama de flujo de proceso (Vino de Miel) .....	58
4.2 Método de etiquetado .....	59
4.3 Estudio de tiempos y movimientos, en el proceso de etiquetado de botellas .....	61
4.3.1 Análisis del Proceso de etiquetado mediante cronómetro .....	61
4.3.2 Diagrama Bimanual para el proceso de etiquetado.....	62
4.4 Análisis por el método RULA .....	64
4.4.1 Evaluación ergonómica del grupo A, análisis de brazo, antebrazo y muñeca. .....	65
4.4.2 Evaluación ergonómica del grupo B, análisis de cuello, tronco y piernas .....	67
4.5 Puntuación final del método RULA .....	69
4.5.1 Evaluación del grupo A, análisis de brazo, antebrazo y muñeca.....	69
4.5.2 Evaluación ergonómica del grupo B, análisis de cuello, tronco y piernas. ....	70
4.5.3 Resultado de evaluación RULA.....	70
4.6 Aplicación de Despliegue de la Función de Calidad QFD.....	71
4.6.1 Aplicación de encuestas para escuchar la voz del cliente .....	71
4.6.2 Verbalización.....	71

4.6.3 Frecuencia de requerimientos .....	72
4.6.4 Definición de los ¿Qué ´s? (requerimientos del cliente) .....	72
4.6.5 Definición de los ¿Cómo ´s? (requisitos funcionales).....	73
4.6.6 Relación entre los requisitos del cliente y los requerimientos funcionales ....	73
4.6.7 Correlación entre los requerimientos funcionales .....	74
4.6.8 Determinación final.....	75
4.7 Diseño de prototipo en MasterCam®.....	76
4.7.1 Diagrama de explosión del dispositivo .....	76
4.8 Simulación de prototipo mediante SolidWorks® .....	77
4.8.1 Descripción de los componentes.....	78
4.9 Propuesta de nueva estación de trabajo.....	93
4.9.1 Evaluación de método RULA a nueva estación de trabajo.....	95
4.9.2 Evaluación ergonómica del grupo A, análisis de brazo, antebrazo y muñeca. .....	95
4.9.3 Evaluación ergonómica del grupo B, cuello, tronco y extremidades superiores. .....	96
4.9.4 Puntuación RULA a nueva estación de trabajo. ....	96
CONCLUSIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	99

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Apicultura en México. Fuente: SAGARPA 2017 .....	26
Figura 2 Proceso artesanal (tejido textil). Fuente: Propia.....	29
Figura 3 Proceso industrial (pintado automotriz). Fuente: Audi México (2021) .....	31
Figura 4 Línea de tiempo de la Revolución Industrial. Fuente: Adaptación en base a Hallward (2018). .....	32
Figura 5 Árbol genealógico de STPD. Fuente: Standars International .....	38
Figura 6 Cronómetro digital Certificado Industrial. Fuente: VIRESA 2020.....	40
Figura 7 Gráfico de Modelo Kano. Fuente: Economipedia 2019 .....	43
Figura 8 Ubicación de empresa Apícola Fuente: Google maps.....	51
Figura 9 Corte de etiquetas Fuente: Propia.....	60
Figura 10 Etiquetado de la botella Fuente: Propia.....	60
Figura 11 Reemplazo de etiqueta por falla de etiquetado. Fuente: Propia.....	61
Figura 12 Estudio de tiempos con cronómetro. Fuente: Propia.....	62
Figura 13 Esquema de Puntuaciones, método RULA. Fuente: Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia.....	64
Figura 14 Análisis del brazo. Fuente: Propia.....	65
Figura 15 Análisis del antebrazo y codo. Fuente: Propia.....	66
Figura 16 Análisis de muñeca. Fuente: Propia .....	66
Figura 17 Análisis del cuello. Fuente: Propia.....	67
Figura 18 Análisis del tronco. Fuente: Propia .....	68
Figura 19 Análisis del tronco. Fuente: Propia .....	68
Figura 20 Datos genéricos de evaluación. Fuente: Ergoniza®, ergonautas. ....	69
Figura 21 Evaluación grupo A mediante software. Fuente: Ergoniza®, ergonautas.....	69
Figura 22 Evaluación grupo B mediante software. Fuente: Ergoniza®, ergonautas.....	70
Figura 23 Puntuación RULA mediante software. Fuente: Ergosoft, ergonautas.....	70

Figura 24 Definición de los ¿Que´s?. Fuente: elaboración propia.....	72
Figura 25 Identificación de los ¿Como´s?. Fuente: elaboración propia.....	73
Figura 26 Tabla de relaciones entre los requisitos de los clientes con los requerimientos funcionales. ....	74
Figura 27 Determinación de correlación entre los requerimientos funcionales. Fuente: Elaboración Propia. ....	74
Figura 28 Casa de la calidad de un dispositivo de etiquetado.....	75
Fuente: Elaboración Propia. ....	75
Figura 29 Diseño de Prototipo para el etiquetado de envases. ....	76
Fuente: Elaboración propia mediante software MasterCAM X5 .....	76
Figura 30 Componentes explosionados. Fuente: Propia.....	76
Figura 31 Diseño de prototipo etiquetador de botellas, vista alzado. ....	77
Figura 32 Diseño de prototipo etiquetador de botellas, vista isométrica.....	77
Figura 33 Sistema de etiquetado, vista isométrica. Fuente: Propia.....	78
Figura 34 Sistema de etiquetado, vista alzado. Fuente: Propia.....	79
Figura 35 Sistema de etiquetado, vista lateral. Fuente: Propia. ....	79
Figura 36 Sistema de etiquetado, vista frontal. Fuente: Propia. ....	79
Figura 37 Subensamble de cinta transportadora. Fuente: Propia. ....	80
Figura 38 Perfil de aluminio estructural. Fuente: Propia.....	80
Figura 39 Chumacera Milimétrica. Fuente: propia.....	81
Figura 40 Eje principal. Fuente: propia.....	81
Figura 41 Cinta transportadora. Fuente: propia.....	82
Figura 42 Subensamble sistema de etiquetado. Fuente: propia.....	82
Figura 43 Base de acrílico. Fuente: propia.....	83
Figura 44 Eje de apoyo. Fuente: propia.....	83
Figura 45 Eje principal para etiquetas. Fuente: propia. ....	84

Figura 46 Plato porta etiquetas. Fuente: propia.....	84
Figura 47 Balero milimétrico. Fuente: propia. ....	85
Figura 48 Tubo PVC. Fuente: propia.....	85
Figura 49 Separador de etiquetas. Fuente: propia. ....	86
Figura 50 Soporte de acero. Fuente: propia.....	86
Figura 51 Ajustador de altura, almohadilla esponja. Fuente: propia.....	87
Figura 52 Cubo metálico central. Fuente: propia.....	87
Figura 53 Cubo metálico inferior. Fuente: propia.....	88
Figura 54 Cubo metálico superior. Fuente: propia.....	88
Figura 55 Tornillo sin fin. Fuente: propia. ....	89
Figura 56 Varilla lisa. Fuente: propia. ....	89
Figura 57 Tornillo sin fin milimétrico. Fuente: propia. ....	90
Figura 58 Varilla lisa. Fuente: propia. ....	90
Figura 59 Soporte para cojinete. Fuente: propia. ....	91
Figura 60 Cojinete de almohadilla de espuma. Fuente: propia.....	91
Figura 61 Ajustador de altura, caja de acrílico. Fuente: propia.....	92
Figura 61 Representación ilustrativa de nueva estación de trabajo. Fuente: Elaboración propia.....	93
Figura 62 Representación de manejo correcto de cargas estáticas. Fuente: Fundación Carlos Slim. ....	94
Figura 63 Principales mediciones en un estudio antropométrico. Fuente: Marco Antonio Chávez-Rojo.....	94
Figura 64 Evaluación de nueva estación de trabajo. Fuente: Ergoniza®, ergonautas. .	95
Figura 65 Evaluación de grupo A en nueva estación de trabajo. Fuente: Ergoniza®, ergonautas.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Formato para estudio de tiempos. Fuente: Tomado de ingeniería de métodos.	53
Tabla 2 Formato bimanual. Fuente: Tomado de estudio del trabajo. -----	54
Tabla 3 Diagrama de flujo de proceso. Fuente: Elaboración propia. -----	58
Tabla 4 Resumen de actividades de producción de vino de miel. Fuente: Elaboración propia. -----	59
Tabla 5 Formato bimanual del proceso de etiquetado. Fuente: Elaboración propia. ----	62
Tabla 6 Evaluación de brazos. Fuente: Elaboración propia.-----	65
Tabla 7 Evaluación de antebrazo. Fuente: Elaboración propia. -----	66
Tabla 8 Evaluación de muñeca. Fuente: Elaboración propia. -----	66
Tabla 9 Evaluación de cuello. Fuente: Elaboración propia.-----	67
Tabla 10 Evaluación de tronco. Fuente: Elaboración propia.-----	68
Tabla 11 Evaluación de piernas. Fuente: Elaboración propia. -----	68
Tabla 12 Frecuencias de requerimiento de los clientes. Fuente: Elaboración propia. ---	72

## RESUMEN

La presente investigación se centró en mejorar la eficiencia del trabajo en una línea de producción artesanal, específicamente en el área de etiquetado de botellas de vino de miel. Se identificaron períodos inactivos, cuellos de botella y desperdicios. Además, se consideró el impacto en la salud de los trabajadores debido al exceso de movimientos repetitivos y posturas inadecuadas. El estudio se llevó a cabo en el área de etiquetado de botellas de 750 ml, utilizando un cronómetro digital y con la ayuda de un formato bimanual. Como resultado, se determinó un tiempo de 3.9 minutos por unidad. También se realizó un estudio ergonómico mediante el método RULA, obteniendo una puntuación de 6, que corresponde a un nivel de actuación 3. Esto sugiere la necesidad de cambios rápidos en el diseño de la tarea y/o del puesto de trabajo, ya que el operario está expuesto a desarrollar desórdenes por trauma acumulados (DTA) a largo plazo. Por ello, se recurrió a los pilares de la Industria 4.0, como el diseño y la simulación, para desarrollar un prototipo de máquina etiquetadora. Este prototipo incorpora la semiautomatización en el proceso de etiquetado, lo que garantiza una mayor eficacia dentro de la empresa.

**Palabras clave:** Estudio de tiempos, análisis ergonómico, Despliegue de función de la calidad (DFC), diseño, prototipo, simulación.

## **ABSTRACT**

The present research focused on improving work efficiency in an artisanal production line, specifically in the area of labeling bottles of honey wine. Inactive periods, bottlenecks, and waste were identified. Additionally, the impact on workers' health due to excessive repetitive movements and inadequate postures was considered. The study was conducted in the labeling area for 750 ml bottles, using a digital stopwatch and with the help of a bimanual format. As a result, a time of 3.9 minutes per unit was determined. An ergonomic study was also conducted using the RULA method, obtaining a score of 6, which corresponds to an action level of 3. This suggests the need for quick changes in the task and/or workstation design, as the operator is exposed to developing cumulative trauma disorders (CTDs) in the long term. Therefore, the pillars of Industry 4.0, such as design and simulation, were utilized to develop a prototype labeling machine. This prototype incorporates semi-automation into the labeling process, ensuring greater efficiency within the company.

**Keywords:** Study of times, ergonomic analysis, Quality Function Deployment (QFD), design, prototype, simulation.

# CAPÍTULO I.

## GENERALIDADES

### 1.1 Introducción

La producción artesanal ha existido desde los orígenes de la humanidad hasta nuestros días (Bustos Flores, 2009). La evolución, transformación y el cambio de las cadenas operatorias, que hicieron posible el cambio de la producción artesanal a la industrial, replantearon las relaciones entre individuo y sociedad, transformando el capital objetual colectivo en el siglo XX (De Fusco, 2005).

Frecuentemente en los talleres, los grupos de artesanos se dedicaban a la producción de una mercancía desde su principio hasta su fin, es decir, hacían las mercancías en su totalidad, no existía una profunda división del trabajo, y eran ellos los que establecían las jornadas de trabajo (Cadena Palagot, 2011).

La empresa Apícola Tantoyuca es una MiPyME que se dedica a la elaboración de productos derivados de la miel de abeja, tales como propóleos, salsas, jabones, miel envasada, cerveza artesanal y su principal producto que es el vino de miel. Esta empresa se caracteriza por elaborar sus productos de manera artesanal, por ende, todas las tareas se realizan de forma manual, además de que una empresa artesanal es caracterizada por su mano de obra que consta de poco personal, en esta empresa solo existen 3 trabajadores, de los cuales uno es quien ejecuta la mayor parte de las operaciones, que van desde el llenado hasta el almacenado de los productos. Es por ello que surge la necesidad de mejorar estaciones de trabajo que le faciliten las tareas al operador sin la necesidad de perder lo que caracteriza a la empresa, lo cual es elaborar productos de forma artesanal.

Esta investigación está diseñada para demostrar que, con ayuda de herramientas de la ingeniería industrial, así como pilares de la industria 4.0 se podrá mejorar la estación de etiquetados, ya que es considerada una de las más importantes dentro de la empresa, puesto que es la primera impresión que se llevara el cliente con el producto y este determinará el éxito del mismo.

La investigación se detalló desde el objeto de estudio, el cual es la empresa apícola Tantoyuca, analizando a su población la cual fue de 3 trabajadores, aplicando un tipo de investigación mixta exploratoria y partiendo de un análisis de tiempos mediante cronómetro y formatos bimanuales los cuales ayudaron a determinar el tiempo que se lleva el trabajador durante la tarea de etiquetado, arrojando tiempos de 3.9 minutos por unidad, esto al inicio de la jornada.

Posteriormente durante el análisis se detectó una segunda problemática en el operario, lo cual es el riesgo ergonómico al que se encuentra expuesto, esto, debido a los altos movimientos repetitivos y a las posturas inadecuadas que adopta durante la tarea. Se decidió realizar un estudio ergonómico mediante el método RULA, ya que este evalúa las tareas que implican el uso intensivo de las extremidades superiores, mediante la ayuda del software Ergoniza®, el cual proporciona la universidad politécnica de valencia, se determinó una puntuación de 6, lo que indicó un cambio rápido en el diseño de la estación de trabajo. Todo esto dio paso a la siguiente etapa de la metodología la cual implicó el desarrollo de un prototipo de máquina etiquetadora que pueda generar una mayor producción en cuanto al etiquetado de botellas, para ello se utilizaron herramientas de la calidad como Modelo KANO el cual ayudó a identificar las características que fueron de mayor importancia para el cliente, dando paso al desarrollo de la filosofía de QFD,

Para el desarrollo del diseño en un software especializado de modelado 3D, que sirvió como referencia para demostrar cómo sería el tipo de máquina adecuada para la actividad. Finalmente se realizó una simulación del proceso de etiquetado en el software de SolidWorks®.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El Vino de miel APITAN de Apícola Tantoyuca, es un producto que se elabora en una microempresa situada al Norte del Estado de Veracruz, perteneciente a la región huasteca; el producto es elaborado por el Lic. Héctor Armando Williams González y su equipo de trabajo.

La empresa está centrada en la producción que se realiza por proyecto o bajo pedido (demanda requerida), la cual va de las 15 a las 20 unidades por jornada laboral esto de acuerdo al año 2021, por lo que en periodos de poca demanda el sistema de producción se ajusta a la capacidad de la empresa, pero en periodos de demanda alta el sistema no puede cumplir satisfactoriamente con el número requerido, por lo tanto, la calidad, en cuanto a la presentación del producto es que se ve afectada.

Al ser un producto que se elabora de forma artesanal, la mayoría de los procesos que se realizan en la empresa son manuales, ocasionando fatigas en los trabajadores en temporadas de mayor demanda, lo cual perjudica la calidad del producto y/o servicio. Es por ello que surge la necesidad de implementar pilares de la industria 4.0, así como herramientas de la ingeniería Industrial que ayuden a acelerar la producción, conservando la calidad de los productos, y sin la necesidad de perder las características que distinguen a la empresa, lo cual es, elaborar un producto artesanal y de calidad que satisfagan las exigencias y necesidades del cliente.

El sector de las industrias artesanales se caracteriza porque la mayor parte de las operaciones es ejecutada de entre uno a tres trabajadores, y dentro de la empresa apícola Tantoyuca es un solo operario quien ejecuta la mayor parte de los procesos, además, de que no se cuenta con un área de trabajo fija, lo cual afecta la eficiencia y seguridad de los empleados. Así mismo, el proceso de producción no está estandarizado, lo que podría generar inconsistencias en la calidad del producto final. Por lo tanto, es crucial implementar medidas para mejorar la eficiencia, la seguridad y la estandarización en el proceso de producción.

A continuación, se mencionan algunos puntos de la problemática en estudio.

- Tiempos muertos en la línea de producción.
- Cuellos de botella en el área de etiquetado.
- Movimientos repetitivos del operador.

A partir de lo mencionado se plantea lo siguiente:

¿Es la industria 4.0 una alternativa para reducir los tiempos y movimientos, así como eliminar las fatigas en los trabajadores en temporadas de mayor demanda y eficientar el proceso artesanal de etiquetado de botellas de vino de miel?

### **1.3 Justificación**

La Industria 4.0 o Manufactura Inteligente permite adquirir una visión más amplia de los alcances, beneficios, implicaciones y desafíos de esta cuarta revolución industrial.

Los hallazgos encontrados son coincidentes con estudios previos, en los que se ha señalado que la industria 4.0 abarca un conjunto de tecnologías que permiten la integración de productos en procesos físicos y digitales interconectados y que la fábrica inteligente es una nueva dimensión de la gestión de la manufactura que utiliza el estado del arte de tecnologías de cómputo y herramientas, con un impacto significativo en las cadenas de suministro, los modelos y procesos de negocio (Ynzunza Cortés *et al.*, 2017)

Según Angeles (2017), la manufactura 4.0 es un nuevo escalón en la cadena productiva, la cual requiere un trabajo en conjunto para transformar procesos industriales tradicionales a procesos automatizados, permitiendo conectar tecnologías de producción de sistemas integrados y técnicas de manufactura inteligentes con el fin de trazar el camino hacia una nueva era digital que modifique radicalmente la industria y la producción en las cadenas de valor, todo esto con menores costos de operación.

Debido a que, en la zona norte del estado de Veracruz, las pequeñas y medianas empresas no cuentan con tecnología actualizada, porque la mayoría son artesanos de la región, además de que carecen de información que obstaculiza el crecimiento y desarrollo de las mismas.

Es por ello la iniciativa de aportar los conocimientos a la práctica; diseñando e implementando un prototipo eficaz que automatice las operaciones de la empresa Apícola Tantoyuca, lo que facilitará el trabajo a los artesanos de esta industria.

Específicamente, la implementación de herramientas de la ingeniería industrial permitirá mejorar la operación en el proceso de etiquetado, logrando así una mejor presentación del producto final y una mejora en el proceso de producción.

Mediante la simulación de un prototipo de máquina etiquetadora, se obtendrá una visualización del tiempo de etiquetado en botellas de vino de miel, así como también se podrán eliminar los retrabajos, reduciendo los movimientos repetitivos, mejorando la salida del producto terminado y lograr en tiempo y forma su entrega al cliente final.

#### **1.4 Objetivo general**

Optimizar el proceso de etiquetado de botellas de vino de miel a partir del análisis y aplicación de pilares de la Industria 4.0, como el diseño, simulación y automatización para la reducción de tiempos y movimientos, eliminando los desórdenes traumáticos acumulativos en extremidades superiores.

#### **1.5 Objetivos específicos**

- ✓ Analizar el proceso de etiquetado de vinos de miel por medio de los Procedimientos Sistematizados de la Ingeniería de Métodos (PSIM).
- ✓ Analizar los factores de riesgo ergonómico del proceso de etiquetado a través del método Rapid Upper Limb Assessment (RULA).
- ✓ Diseñar por medio de un software especializado el prototipo de una máquina etiquetadora, basado en la aplicación del Despliegue de Función de la calidad (QFD).
- ✓ Simular el funcionamiento de la máquina etiquetadora en un software especializado con base en la probabilidad de riesgo de falla.

#### **1.6 Hipótesis**

Implementar pilares de la manufactura 4.0, además de metodologías y herramientas de la Ingeniería Industrial se garantiza el diseño de un prototipo que automatice el proceso de etiquetado de botellas que reduzca el nivel de riesgo ergonómico.

## **1.7 Alcances y limitaciones**

### **1.7.1 Alcances**

El impacto de este proyecto será un gran aporte tecnológico y social significativo, ya que con la investigación realizada se obtendrá una alternativa para mejorar la calidad en el proceso de etiquetado, dando así una mejor presentación en el producto final, además del bienestar de las personas que laboran en la empresa. Este proyecto sólo será desarrollado y aplicado en el área de etiquetado, considerando a los operarios actuales.

### **1.7.2 Limitaciones**

Al ser un producto que se procesa por temporadas, una de las limitaciones que se pueden presentar podría ser el no tener requerimientos (demanda), por lo tanto, no se podría realizar un buen muestreo para la obtención de datos.

## **1.8 Estado del arte**

En la actualidad la cuarta revolución industrial, permite abrir las puertas a nuevos modelos de negocio, ya que esto puede incorporar nuevas funcionalidades y servicios, a través de las tecnologías emergentes, las cuales ayudan a mejorar la productividad de las empresas de fabricación, lo que permite beneficiar tanto a los directivos como a los trabajadores de la industria. En este apartado se abordarán algunos de los aportes que se han encontrado con referencia a la implementación de la manufactura 4.0 en procesos artesanales, los cuales brindarán información acerca de lo que muchos investigadores han tratado de realizar.

El siguiente artículo presenta los resultados de un estudio de tiempos y movimientos en una industria que fabrica calzado. Donde, se empleó un diagrama de Ishikawa y el método de las 6M para determinar la causa de la baja productividad. Seguidamente, se estandarizaron las tareas utilizando un diagrama de proceso de operaciones y diagramas bimanuales. Finalmente, se estableció el tiempo de producción aplicando un estudio de tiempos por cronómetro. Con el uso de estas herramientas se determinó que en ninguna de las áreas el trabajo estaba distribuido equitativamente. Esto comprobó que el uso de técnicas de gestión productiva incrementa la productividad y la eficiencia en los procesos

de producción. Los resultados evidenciaron un incremento de la producción del 5,49% (M. Andrade, *et al.*, 2019).

Pérez Castro (2020), diseñó un sistema automatizado, para mejorar el proceso de una máquina etiquetadora la cual logró que se ajuste a distintos modelos de envase, implementando una mejora del diseño en la máquina de etiquetado, para aplicar etiquetas en los envases con parámetros establecidos, que permite aumentar la capacidad en el proceso productivo, mediante la aplicación de sistemas integrados de gestión. Logrando así una reducción del 1,30% del tiempo muerto ahorrando \$66.79 mensuales.

La siguiente investigación presenta una automatización del sistema de empaquetado de blíster en una farmacéutica. Donde se migró de Controlador Lógico Programable con puerto Ethernet para comunicación entre dispositivos, sus entradas y salidas de alta velocidad controlan un encoder y motor a pasos para la dosificación de blíster, se configuró una interfaz gráfica que le permite al usuario interactuar con las variables en tiempo real a través del HMI y a través del servidor web se puede controlar la máquina remotamente. Esto optimizó el proceso de empaquetado con la disminución del tiempo, haciendo posible que la máquina empaquete 20 cajas por minuto, lo que para el personal capacitado es muy complejo de realizarlo en forma manual (Molina Araujo, 2018).

Un artículo encontrado el cual propone una metodología que incorpora pilares de la industria 4.0 a la artesanía, junto con técnicas de ingeniería del diseño, producción y las innovaciones tecnológicas respetando los valores identitarios de las actividades artesanales. Partiendo del análisis de las mejores técnicas disponibles en la industria y de sus tendencias emergentes como la Industria 4.0 o Fábricas del Futuro, se identifican fundamentos, conceptos y planes estratégicos que pueden ser aplicados: estos factores sustentan una proximidad viable entre los tres núcleos de la producción industrial, la innovación tecnológica y la artesanía (Alexandre, *et al.* 2016).

La propuesta que presentan los autores Herrera, *et al.*, (2022), sobre la implementación de las nuevas tecnologías de la industria 4.0 en la empresa de lácteos "FRILAC" con el

fin de mejorar la calidad del producto y modernizar las líneas de producción. Sirvió de base para que la empresa productora de queso, leche pasteurizada y crema de leche de forma manual, reconociendo la necesidad de adaptarse al avance tecnológico y aprovechar las ventajas de la industria 4.0. Dicha investigación menciona que se llevó a cabo para identificar las problemáticas en el proceso, donde se analizaron las diferentes etapas para determinar el grado de madurez digital de la empresa. Con base en este análisis, se proponen las herramientas de la industria 4.0 que podrían aplicarse para mejorar la producción y la calidad del producto.

Para la aplicación de métodos ergonómicos en estaciones de trabajo, se recurre a investigar sobre un estudio que se realizó dentro de una empresa panificadora con diferentes actividades del proceso de producción de pan en Ecuador para prevenir trastornos músculo esqueléticos (TME). Actividades de manipulación de carga, movimientos repetitivos y posturas fueron analizadas mediante los métodos: Ecuación de Niosh, Rapid Entire Body Assessment (REBA), Job Strain Index (JSI) y Tablas de Snook y Ciriello (Bastidas & Martín, 2017).

Continuando con la investigación sobre la aplicación de métodos ergonómicos en estaciones de trabajo, se encuentra un trabajo de grado cuyo título fue el de Rediseño de una estación de trabajo considerando la ergonomía para incrementar la productividad. Dicho estudio analizó los factores ergonómicos para rediseñar la estación de remallado en una empresa textil, con el objetivo de reducir el daño causado por las actividades físicas y repetitivas realizadas en ella. Se llevó a cabo una evaluación ergonómica utilizando el método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) a través de la interfaz de ergonomía en el software Catia, con el fin de identificar el nivel de riesgo latente y aplicar mejoras mediante el rediseño de la estación de trabajo y los procesos, buscando minimizar los trastornos causados por la repetitividad de la tarea. Los resultados obtenidos demostraron una mejora en la eficiencia del 12.5% en la tarea. Este estudio sienta las bases para su implementación en otros puestos y proporciona a los empresarios una metodología efectiva para realizar evaluaciones ergonómicas y tomar decisiones informadas (González Rodríguez, 2017).

Otro artículo enfocado en las posturas ergonómicas de los trabajadores es el que se llevó a cabo en un estudio transversal e inferencial desarrollado en un taller de calzado a 18 artesanos. En dicho estudio se aplicó el método Rapid Entire Body Assessment (REBA) para evaluar posturas forzadas y el cuestionario Nórdico de Kuorinka para la identificación de trastornos músculo esqueléticos. El obtuvo como resultado, la prevalencia de trastornos osteomusculares del 77,8% (n=14), siendo el área más afectada el hombro derecho con 33.3%, seguido de dolor lumbar, donde mediante la utilización de la metodología REBA se analizaron los cuatro puestos de trabajo dando como resultado riesgo ergonómico moderado y alto, por lo que la asociación entre las variables es positiva. Además de que se encontró que el hallazgo más importante es la alta prevalencia de dolor en región de hombro y lumbar asociado significativamente con posturas forzadas con mayor frecuencia en cortadores que se mantienen de pie por más de ocho horas diarias, así como en aparadores sentados, con flexión de cuello  $>20^\circ$ , por lo que se recomienda intervenciones inmediatas de rediseño organizacional y cambios urgentes (Campos Villalta & López Poveda, 2020).

El Despliegue de la Función de la Calidad (DFC), es un enfoque sistemático y organizado para tomar en consideración las necesidades y las exigencias del cliente cuando se diseñan nuevos productos y servicios, o cuando se mejora algún producto o servicio existente (Singh Soin, 1998).

Por otra parte, el Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) resulta ser un registro sistemático y disciplinado de observaciones y consideraciones, orientadas a la identificación y evaluación de fallas potenciales de un producto o proceso, junto con el efecto que provocan éstas, con el fin de establecer prioridades y decidir acciones para reducir las posibilidades de rechazo y, por el contrario, favorecer la confiabilidad del producto o proceso (Reyes P., 2007).

En una publicación científica, se menciona que en el restaurante XYZ Noodles, ubicado en Yogyakarta, Indonesia, se dedica a la venta de fideos. En este artículo se analizó su tipo de empaque cuyo material es de poliestireno expandido (Styrofoam), lo cual perjudica

la salud y el medio ambiente, además de no proporcionar suficiente información a los consumidores. Es por ello que se llevó a cabo una investigación con el objetivo de diseñar un empaque que presente mejor el producto, garantizando la seguridad durante el transporte y consumo, y así mismo reducir la contaminación ambiental mediante la utilización de la herramienta QFD (Mustikasari, et. al., 2023).

Los autores Jiménez, *et al.*, (2020) mencionan que para realizar una evaluación de la calidad de un producto se requiere escuchar la voz del cliente para lograr una mayor aceptación y mejores prestaciones. Ellos aluden que existen varias técnicas para el mejoramiento continuo y la administración de la calidad, y se destaca la herramienta del Despliegue de la Función de Calidad (QFD) como una de las mejores y más populares. Su trabajo propone utilizar el QFD en la Fábrica de Conservas de Frutas y Vegetales de Yara para analizar el nivel de satisfacción de los clientes con las características de los productos elaborados allí, con el objetivo de identificar los productos de mejor calidad y mayor aceptación, así como las características técnicas que son recursos estratégicos para la empresa.

Meraz Rivera, (2020) en su tesis de grado, realizó una investigación, cuyo objetivo fue desarrollar un material parcialmente biodegradable a partir de una mezcla de fibra de coco, ATP-EVOH y SB. Utilizando herramientas como el Despliegue de la Función de la Calidad (QFD) y la Teoría para la Solución de Problemas de Inventiva (TRIZ) para determinar el atributo más significativo para los usuarios finales, que resulta ser la toxicidad del material. Obteniendo como resultado que el material cumplió con los estándares de no toxicidad y presentó propiedades mecánicas adecuadas a bajas temperaturas.

Otro artículo científico el cual propone el uso de modos de falla y análisis de efectos (AMEF) como una herramienta de Industria 4.0 para analizar y realizar todos los elementos del mantenimiento industrial, identificar tendencias de mantenimiento y su análisis, y permitir la mejora continua en la empresa. El propósito de dicha revisión es entender la aplicación de la herramienta AMEF en el mantenimiento industrial de la

Industria 4.0, para determinar las áreas de oportunidad para su evolución futura, como se pretende manifestar en los sectores industriales (Lanasca Laime, et. al., 2023).

La metodología AMEF puede ser utilizada en infinidad de sectores de procesos, un ejemplo de ello, es como los autores Alvarenga Cortéz y Lebrón Flores, (2021), en su tesis de grado realizaron una evaluación de los sistemas de suministros secundarios de una empresa de fabricación de medicamentos de consumo oral. Donde se priorizaron los sistemas secundarios críticos, como el sistema de vapor industrial, sistema de aire comprimido y sistema de agua purificada. Elaborando un AMEF en colaboración con un equipo multidisciplinario, identificando los fenómenos y asignando una puntuación de NPR (número prioritario de riesgo) para cada uno. Además, se proponen posibles soluciones y se evalúa el impacto de implementar dichas acciones en el NPR.

Otro ejemplo de aplicación de la metodología es la que realizó el autor Gonzaga (2017), quien mediante una propuesta demostró que con la ayuda de un Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) potencializado con Six Sigma se puede identificar la variabilidad en la red de distribución de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), lo cual ayudaría a reducir la frecuencia de las fallas eléctricas en los circuitos y equipos electrónicos, así como minimizar las interrupciones del servicio eléctrico.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Producción de miel

La apicultura en México tiene un alto valor social y económico, de ella dependen más de 43 mil productores, cuyo esfuerzo permite que nuestro país se ubique como el tercer exportador de miel en el mundo, después de China y Argentina (INEGI, 2021).

De acuerdo con el Atlas Nacional de las Abejas y Derivados Apícolas, realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en coordinación con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA), en el país se registra una producción anual de miel de 62 mil toneladas, aproximadamente, de las cuales el 70 por ciento se concentra en los estados de Yucatán, Campeche, Jalisco, Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Quintana Roo y Puebla (SAGARPA, 2018).

Veracruz se ubica en el quinto lugar de producción de miel en el país, con 4 mil 798 toneladas al año, mientras que en 2017 se contabilizaron 138 mil 009 colmenas y 34 terrenos ejidales dedicados a actividades apícola con lo cual la miel veracruzana es uno de los principales productos pecuarios de México que se venden en el extranjero.

Es por ello que, en la entidad veracruzana participan 21 municipios productores de miel, entre los cuales se encuentran Coatepec, Coscomatepec, Amatlán de los Reyes, Teocelo y Cosautlán de Carvajal, entre otros, mismo que destacan como los de mayor producción durante 2018 (El diario de Xalapa, 2021).



*Figura 1 Apicultura en México. Fuente: SAGARPA 2017*

## 2.2 Procesos de producción

La palabra "proceso" tiene varias definiciones en el diccionario de la Real Academia Española (RAE). En primer lugar, se refiere a la acción de avanzar o progresar, como un movimiento hacia adelante. En segundo lugar, hace referencia al transcurso del tiempo y sucesión de eventos. En tercer lugar, se refiere a las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial (Real Academia Española, 2022).

Dentro de la industria se le denomina proceso de producción al conjunto de diversos procesos a los cuales es sometida la materia prima para transformarla, con el fin de elaborar un producto destinado a la venta (CETYS Universidad, 2021).

Como se cita en un artículo de la Universidad Rafael Belloso Chacín (S.F.): En lo que respecta al significado del proceso de producción, Fernández y Avella (2006), consideran que es un conjunto de actividades mediante las cuales uno o varios factores productivos se transforman en productos.

La transformación crea riqueza, es decir añade valor a los componentes o Inputs adquiridos por la empresa: por lo tanto, el material comprado es más valioso y aumenta su potencialidad para satisfacer las necesidades de los clientes a medida que avanza a través del proceso de producción. Refiriéndose a este mismo punto, Chase, Jacobs y Aquilano (2004), define a los procesos de producción como un sistema que utiliza recursos para transformar las entradas en alguna salida deseada. Las entradas pueden ser materia prima, un cliente o un producto terminado de otro sistema.

Continuando con este tema, Chiavenato (1993), conocedor clásico de la administración, hace referencia a los procesos de producción como la manera por la cual la empresa ordena sus organismos y realiza sus operaciones de producción para lograr una interdependencia lógica entre todas las etapas del proceso productivo, desde el momento en que los materiales y las materias primas salen de la bodega hasta llegar al depósito como producto terminado

### **2.2.1 Proceso artesanal**

El proceso artesanal se caracteriza por la producción en pequeña escala, la implicación directa del artesano en todas las etapas de producción, el uso de herramientas de mano y la inversión de un tiempo considerablemente mayor que en el proceso industrial. El volumen de producción es generalmente reducido, pero el producto es único y se destaca por su organización técnica, en la que una sola persona conoce todo el proceso de producción. Para crear un producto, el artesano debe tener conocimientos técnicos y habilidades, así como una comprensión del tiempo de producción para calcular los costos y las ganancias y determinar la demanda y el precio de venta adecuados (Gobierno de México, 2022).

En México las ramas artesanales, responden a un conjunto de técnicas de producción en las que se utilizan materias primas similares o complementarias, procesadas para crear productos u objetos comunes entre sí, y que a su vez pueden estar asociadas a algunas sub ramas, las cuales se componen de una variedad de técnicas particulares de ejecución que se aplican para lograr el producto final (FONART, 2018).

En el sitio web Aprende en casa (2023), que emite la Secretaría de Educación Pública (SEP), se menciona que este tipo de producción se suele realizar en pequeños talleres familiares o en comunidades. Para su creación se utilizan materias primas naturales y sus principales características que lo distinguen como un proceso artesanal son:

- La producción a pequeña escala requiere de habilidades manuales y técnicas aprendidas.
- El productor o artesano conoce y participa en todo el proceso.
- Se utilizan herramientas de mano.
- El tiempo invertido en la elaboración es mayor en comparación al proceso industrial.
- El volumen de la producción es generalmente reducido, pero también el producto es único.

La producción artesanal utiliza herramientas manuales y trabajadores altamente cualificados, quienes deben realizar todas las tareas necesarias para la transformación de las materias primas en productos. Cada tarea se corresponde con un determinado oficio. La producción artesanal también se adapta a las exigencias de los clientes, ya que posee una gran flexibilidad para llevar a cabo las operaciones necesarias para la conformación del producto final. Este tipo de producción se ha conservado en todos los mercados de los países más desarrollados hasta el inicio del siglo XX y aún perdura para muchos productos en la actualidad (Bustos, 2009).

El proceso artesanal se destaca por su organización técnica, en donde la mayor parte del proceso es conocido y/o realizado por una sola persona.



*Figura 2 Proceso artesanal (tejido textil). Fuente: Propia*

### **2.2.2 Proceso industrial**

Antes de entender el término "procesos industriales", es necesario conocer el origen etimológico de las palabras que lo conforman. "Proceso" proviene del latín "processus" que significa "marcha" o "desarrollo", mientras que "industrial" viene del latín "industrialis"

que se refiere a los materiales y operaciones utilizados para fabricar algo. Los procesos industriales se llevan a cabo para transformar materias primas en productos finales mediante una serie de procedimientos, como conformado, fundición, unión, maquinado, acabado y procesamiento. Además, estos procesos requieren una gran cantidad de energía, pero cada vez más empresas están adoptando energías renovables para reducir su impacto ambiental (Pérez Porto & Merino, 2013).

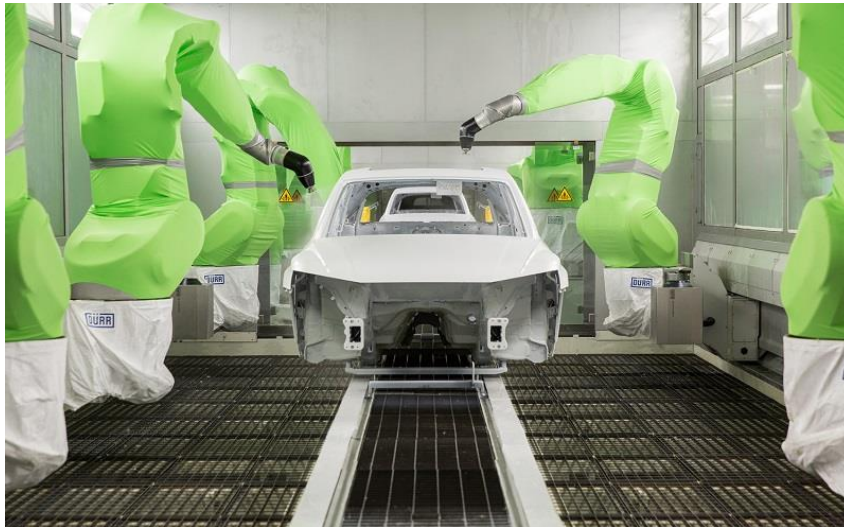
El proceso industrial se caracteriza porque es muy relevante para la economía de la población. Sin los procesos industriales, prácticamente el 90% de los bienes que consideramos imprescindibles en nuestro día a día no existirían. Y si se realizaran de manera artesanal, serían demasiado caros para nuestro bolsillo. Por lo tanto, los procesos industriales abaratan y hacen más razonables económicamente los bienes de consumo (EDS Robotics, 2020).

Por mencionar ciertas características del proceso industrial, se tiene que:

- La producción es en serie,
- En mayor volumen,
- Se realiza en menor tiempo
- Puede atender las demandas sociales en menor tiempo y costo.

Algunos de los tipos de procesos industriales son:

- a) Proceso industrial por flujo continuo: para un mayor rendimiento, produce las 24 horas sin parar.
- b) Proceso industrial por lotes: ayudado por algún tipo de molde o plantilla, lleva a cabo un mayor volumen de producción.
- c) Proceso industrial en masa: miles de artículos son trabajados mediante ciclos de producción y ciclos de descanso.



*Figura 3 Proceso industrial (pintado automotriz). Fuente: Audi México (2021)*

### **2.2.3 Proceso de etiquetado**

El etiquetado de los productos es uno de los principales medios de comunicación entre los productores (empresas) y los consumidores finales. El etiquetado suele ser un documento, ya sea impreso o gráfico el cual contiene la etiqueta del producto, siendo la etiqueta una información que acompaña o se expone acerca del contenido del producto, durante su adquisición (Austral, 2020).

Para los consumidores el etiquetado es una garantía de aplicar su derecho a elegir o no el producto, a reconocer en él su contenido, y también a enterarse de los insumos utilizados en el proceso productivo (Angélica Larach, 2001).

La Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010 establece los requisitos relativos a la información comercial y de salud que deben incluirse en la etiqueta de productos pre envasados destinados al consumidor final en México, ya sean de fabricación nacional o extranjera. Además, esta norma define las especificaciones de dicha información y también implementa un sistema de etiquetado frontal diseñado para proporcionar una advertencia clara y precisa acerca de los componentes críticos en términos nutricionales y los ingredientes que pueden tener efectos adversos para la salud cuando se consumen en exceso (COFEPRIS , 2020).

## 2.3 Industria 4.0

El concepto Industria 4.0 surge en Alemania a comienzos de la década de 2010, acuñado por un grupo multidisciplinario de especialistas convocados por el gobierno alemán para diseñar un programa de mejora de la productividad de la industria manufacturera.

El término fue presentado por primera vez por primera vez en la feria de Hannover de 2011 y ganó protagonismo en muy poco tiempo. En la feria de 2013 el grupo de especialistas presentó los resultados finales del estudio e hizo pública la estrategia del gobierno alemán para llevar a sus instalaciones fabriles a un nuevo estadio evolutivo. Así, el término “Industria 4.0” se convirtió en el plan estratégico de alta tecnología 2020 del gobierno alemán, y se instaló mundialmente como una de las referencias conceptuales de la Cuarta Revolución Industrial (*Basco, et. al., 2018*).

El objetivo de la Industria 4.0 es reducir el tiempo de los procesos, aumentar la flexibilidad y la adaptabilidad de la producción, y mejorar la eficiencia de los procesos de ingeniería, utilizando soluciones fiables y recursos basados en el conocimiento y la experiencia. Además, la Industria 4.0 favorece la digitalización de los servicios y la integración de la cadena de valor de las empresas, lo que contribuye a mejorar la productividad y puede generar nuevos modelos de negocio (UNIR, 2022).

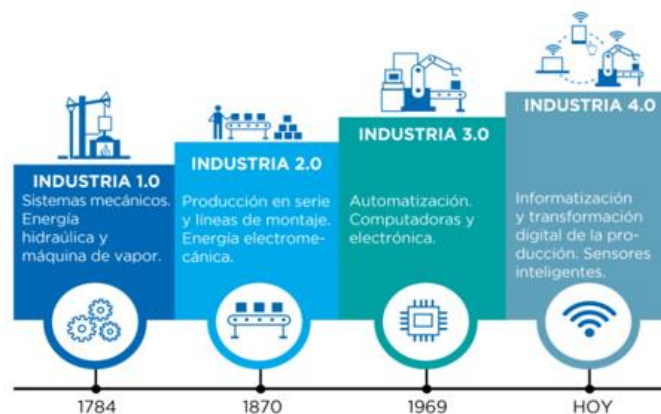


Figura 4 Línea de tiempo de la Revolución Industrial. Fuente: Adaptación en base a Hallward (2018).

### **2.3.1 Industria 4.0 en México**

Industria 4.0 es un concepto para referirse a un conjunto de transformaciones productivas e institucionales, que describe la organización de los procesos de producción basada en las tecnologías de la información y dispositivos comunicados autónomamente entre sí a lo largo de la cadena de valor. Es un modelo, un ideal, de fábrica “inteligente” donde los sistemas computacionales monitorean los procesos manufactureros físicos, creando una copia virtual del mundo físico y tomando decisiones descentralizadas basándose en mecanismos “auto organizativos” (European Parliament, 2016).

Los objetos físicos, maquinaria, productos y hasta piezas o partes, están integradas en las redes de información de la empresa: éstos se comunican “en tiempo real” horizontalmente entre sí y verticalmente con clientes, usuarios y proveedores (Motta, Morero, & Ascúa, 2019).

La Industria 4.0, una revolución centrada en la robótica, la automatización y el uso de tecnologías avanzadas como el Big Data y el Internet de las Cosas, está cambiando la forma en que se produce y trabaja en todo el mundo. En México, la implementación de la Industria 4.0 ha sido lenta debido a la competitividad de la manufactura en el país, pero se espera que la implementación de estas tecnologías sea inevitable. Para aprovechar al máximo las oportunidades de negocio que surjan, es importante establecer una estrategia que se centre en cuatro ecosistemas clave: soluciones al cliente, operaciones, tecnología y personas. Además, la innovación y el desarrollo de habilidades en el personal son fundamentales para adoptar y aplicar estas tecnologías en el futuro y maximizar el retorno de inversión. A pesar de que la consolidación de la Industria 4.0 en México será un proceso lento, invertir en tecnología digital en el corto plazo es importante para garantizar su rentabilidad en el futuro (Armenta, 2018).

En México se sabe que para poder avanzar hacia la llamada Cuarta Revolución Industrial, la economía del conocimiento y del valor agregado, es necesario trabajar en cuatro pilares fundamentales (Secretaría de Economía, 2018):

- a) Desarrollo de capital humano: Se debe desarrollar capital humano de primera generación, con las habilidades más recientes que esta cuarta revolución exige.
- b) Innovación: Hacer que las empresas innoven a través del uso de herramientas específicas.
- c) Clúster: Generar sinergias positivas entre los clústers para detonar acciones coordinadas.
- d) Adopción de tecnología: Se requiere que las pequeñas y medianas empresas adopten y generen procesos productivos más competitivos.

### **2.3.2 Pilares de la Industria 4.0 dentro de un proceso artesanal**

En el contexto actual, el sector artesanal necesita adaptarse a las demandas del mercado para agilizar sus procesos de producción, reducir costos y mejorar la seguridad ocupacional e higiene. Sin embargo, esta adaptación puede entrar en conflicto con la autenticidad y la expresividad cultural de su obra ya que la actividad artesanal se caracteriza esencialmente por el desempeño predominantemente manual, “lo hecho a mano”, aunque se admita la utilización de herramientas que no condicionen la creatividad o habilidad del artesano, requiriéndose su presencia durante la realización de todo el proceso de obtención de producto (Alexandre, *et al.*, 2016).

La aplicación de la Industria 4.0 en la fabricación artesanal también puede ser beneficiosa, ya que los facilitadores tecnológicos como internet de las cosas, fabricación aditiva, realidad aumentada, computación en la nube y big data, entre otros, pueden ser utilizados para agilizar los procesos productivos artesanales sin modificar los rasgos identitarios de los productos. México, al igual que otros países, debe adaptarse y aprovechar su experiencia en la industria para desarrollar sus propias tecnologías en beneficio de sus sectores estratégicos. Según el "Informe global de competitividad 2016-2017" del Foro Económico Mundial, la Manufactura 4.0 agrega 14,200 millones de dólares a la economía global en los próximos 15 años (Millan, 2018).

En lo que respecta a la producción artesanal se puede identificar de acuerdo al grado de intervención del ser humano, ya que es un proceso manual o semiautomático (en algunas

circunstancias); según la naturaleza del proceso puede ser de integración, desintegración o de modificación, dependiendo del producto artesanal que se esté elaborando; de acuerdo con la continuidad del proceso se estaría en presencia de un enfoque por proceso (intermitente) (Bustos, 2009).

### **2.3.3 Simulación**

Jerry Banks (1998), define a la simulación como: “La imitación de las operaciones de un proceso real”. En su libro menciona que, la simulación comprende la creación de un escenario artificial (modelo) y el análisis del mismo para detectar los problemas que presenta el sistema operacional representado. Además de que la simulación es una herramienta indispensable para resolver muchos de los problemas que se presentan en la realidad.

La simulación es una imitación u aproximación de un sistema real. El uso de estas técnicas presenta muchas ventajas significativas cuando se cuenta con la virtualización de un proceso, esto es clave debido a que con ella es posible obtener una mejoría en la productividad (Troncoso Palacio, 2020).

La teoría de la simulación es una hipótesis teórica la cual menciona que, lo que la gente percibe como una realidad, es en realidad una simulación informática avanzada e hiperrealista, y posiblemente supervisada por una inteligencia artificial (Thomas, 2023).

### **2.3.4 Automatización**

El concepto de automatización está enfocado en una disciplina de control que se basa en el uso de sistemas electromecánicos para controlar de forma automatizada diversos procesos industriales. Abarca control, sistemas digitales, supervisión, gestión de datos, accionamientos, instrumentación, comunicaciones, producción, interacciones y muchos otros (GSL, 2020).

La automatización suele utilizarse en el ámbito de la industria con referencia al sistema que permite que una máquina desarrolle ciertos procesos o realice tareas sin intervención del ser humano. Se emplea con frecuencia por su gran capacidad de ahorrar tiempo y dinero (Agudelo *et al.*, 2020).

Para Monzó (2013), la automatización es la acción por la cual se transfieren o traspasan actividades realizadas por un operario, ya sea de un proceso productivo a una máquina, que esté gobernada por un equipo que puede ser cableado o electrónico programado.

## **2.4 Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos de trabajo y actividades correspondientes a las operaciones de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, con el fin de analizar los datos y poder calcular el tiempo requerido para efectuar la tarea según sea su método de ejecución establecido. Su finalidad consiste en establecer medidas o normas de rendimiento para la ejecución de una tarea (Cruelles Ruíz, 2012).

Todos los detalles del estudio se registran en una forma de estudio de tiempos. La forma proporciona espacio para registrar toda la información pertinente sobre el método que se estudia, las herramientas utilizadas, etc. La operación en estudio se identifica mediante información como nombre y número del operario, descripción y número de la operación, nombre y número de la máquina, herramientas especiales usadas y sus números respectivos, el departamento donde se realiza la operación y las condiciones de trabajo prevalecientes. Es mejor proporcionar demasiada información concerniente al trabajo estudiado que tener muy poca (Niebel & Freivalds, 2009).

Restrepo, *et al.*, (1999), hacen mención que el estudio de tiempos y movimientos es el análisis sistemático de los métodos de trabajo empleados en una actividad productiva y se realiza con el fin de:

- Desarrollar las mejores secuencias y sistemas.
- Normalizar dichos sistemas y métodos.

- Determinar el tiempo necesario para que una persona calificada y convenientemente entrenada, realice cierta tarea u operación, trabajando a marcha normal.
- Ayudar a la capacitación de operarios, siguiendo el mejor método.

#### **2.4.1 Sistemas de Tiempos Predeterminados (STPD)**

En los últimos años ha habido importantes avances en la asignación de valores de tiempo a las actividades básicas del trabajo. Estos valores se conocen como tiempos de movimientos básicos sintéticos y se asignan a movimientos y grupos de movimientos fundamentales que no se pueden evaluar con precisión mediante estudios cronométricos. Los valores se obtienen de estudiar una gran cantidad de veces los movimientos que efectúan varios operadores al llevar a cabo una misma operación y, luego de hacer un promedio de las observaciones, se obtiene una idea válida del tiempo necesario para llevar a cabo la operación o movimiento bajo estudio. Los tiempos predeterminados son una colección de tiempos válidos asignados a movimientos y grupos de movimientos básicos, que no pueden ser evaluados con exactitud mediante los procedimientos ordinarios del estudio cronométrico de tiempos. Los principales sistemas para el estudio de tiempos predeterminados incluyen el MTM, MOST, WORK-FACTOR, GPD, BMT y MODADPTS (Sitlalli, 2019).

Al identificar actividades cargadas de ineficiencias es ideal mejorarlas para hacerlas más fáciles, rápidas y precisas y a la vez menos fatigantes. No hay necesidad de esperar la compra de un cronómetro para eliminar las operaciones innecesarias, ni esperar a que se entrene el personal de una empresa, en el uso del cronómetro para quitar transportes de materiales o productos, demoras, almacenamientos y manipulaciones de mercancías. Es bueno recordar que el momento para hacer los cambios llega en el mismo instante en que se comprende que una actividad necesaria se está haciendo mal, sea por su mismo procedimiento o por culpa de los elementos que la influyen (Palacios, 2016).

Los sistemas de Tiempos Predeterminados son una herramienta para asignar tiempo a movimientos fundamentales y grupos de movimientos que no se pueden evaluar con

precisión mediante los procedimientos normales de estudio de tiempos con cronómetro. Su uso se está volviendo cada vez más popular debido a la rapidez y exactitud con la que se puede establecer el tiempo sin la necesidad de utilizar el cronómetro u otros dispositivos para registrar tiempos. Además, se han desarrollado métodos asociados con los principios de la economía de movimientos y diseño del trabajo para hacer un uso más efectivo de estos sistemas. En la práctica, los estudiantes utilizarán el SPT MTM para evaluar el método de trabajo que desarrollen para el producto, lo que les proporcionará una comprensión más amplia del uso y la importancia de estos sistemas (Báez López, S.A).

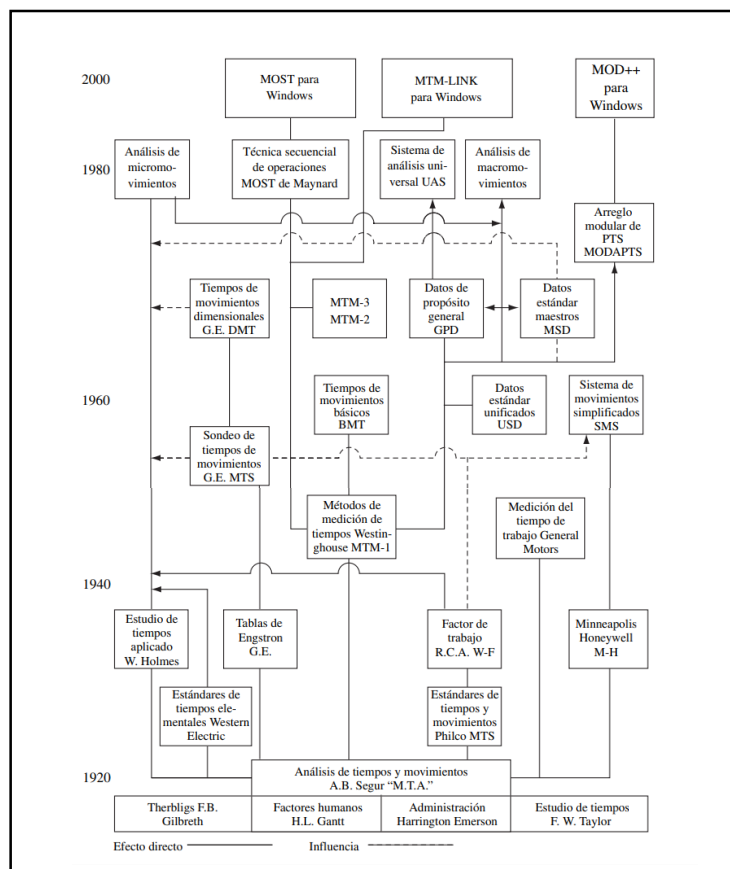


Figura 5 Árbol genealógico de STPD. Fuente: Standards International

### 2.4.2 Estudio de tiempos con cronómetro

El estudio de tiempos con cronómetro es una técnica ampliamente utilizada en el campo de la ingeniería industrial y la gestión de operaciones para medir y analizar el tiempo requerido para completar tareas o procesos específicos. Esta metodología se basa en el

uso de un cronómetro para medir de manera precisa y objetiva el tiempo que lleva realizar una actividad, desde su inicio hasta su finalización.

Según E. Mayers, (2000), el estudio de tiempos con cronómetro implica la selección de una muestra representativa de trabajadores y la observación de sus movimientos y acciones, además de que utiliza un cronómetro para registrar el tiempo requerido para realizar cada tarea individualmente. Con esta información, se pueden identificar ineficiencias, cuellos de botella y oportunidades de mejora en el proceso de producción. El objetivo principal del estudio de tiempos con cronómetro es obtener datos cuantitativos sobre el tiempo de ejecución de una tarea o proceso en particular. Estos datos son utilizados posteriormente para calcular indicadores clave de desempeño, como el tiempo estándar, el tiempo ciclo, la productividad y la eficiencia.

#### **2.4.2.1 Vuelta a cero**

Consiste en accionar el cronómetro desde cero al inicio de cada elemento y desactivarlo cuando termina el elemento y se regresa a cero, esto se hace sucesivamente hasta concluir el estudio. Se considera recomendable para cronometrar elementos largos (García Criollo, 2005).

Mayers, (2013) menciona que algunas de las ventajas de trabajar con vuelta a cero o lectura repetitiva, son:

1. El cálculo por elemento requiere de menos tiempo.
2. Los elementos fuera de orden se registran fácilmente.
3. Se obtienen valores exactos en elementos cortos.
4. Hay menos distracción en el analista.



*Figura 6 Cronómetro digital Certificado Industrial.  
Fuente: VIRESA 2020*

#### **2.4.2.2 Método continuo**

El método continuo para el registro de valores elementales es más efectivo que el método de regreso a cero por varias razones. Una de las razones más destacadas es que el estudio realizado mediante este método proporciona un registro completo de todo el periodo de observación. Esto tiene un impacto positivo tanto en los trabajadores como en el sindicato. Los trabajadores pueden ver que no se omitieron tiempos en el estudio, y que se registraron todos los retrasos y elementos inusuales. Al presentarse todos los hechos de manera clara, esta técnica de registro de tiempos es más fácil de explicar y de convencer a otros de su validez (García Criollo, 2005).

El método continuo también se adapta mejor a la medición y el registro de elementos muy cortos. Con la práctica, un buen analista de estudio de tiempos puede detectar con precisión tres elementos cortos (menos de 0.04 minutos) en forma sucesiva, si están seguidos de un elemento de alrededor de 0.15 minutos o más. Esto es posible si se recuerdan las lecturas del cronómetro en los puntos de quiebre de los tres elementos cortos y después se registran sus valores respectivos mientras se ejecuta el cuarto elemento más largo (W. Niebel & Freivalds, 2009).

Por lo tanto, el método continuo es una técnica de estudio de tiempos que se utiliza en las industrias para medir actividades o procesos que se repiten de forma continua y constante. A través de la observación directa, se obtienen datos precisos sobre el tiempo requerido, lo que permite establecer estándares y mejorar la eficiencia en la ejecución de tareas repetitivas.

## **2.4 Diagrama Bimanual**

Los diagramas bimanuales, son diagramas representativos de actividades simultáneas en los que, los elementos de tipo productivos, son las dos manos del operario, sin embargo, no incluyen la cuantificación del tiempo. Las actividades de la mano izquierda y de la mano derecha, que aparezcan en una misma línea del diagrama representado, se realizarán simultáneamente (De la Fuente García , 2006).

## **2.5 Herramientas de diseño conceptual**

La creatividad ha sido una preocupación constante en la disciplina del diseño. Desde ahí surgen diversos cuestionamientos referentes a la posibilidad de crear, a cómo innovar, a qué idea se materializa o no, a la relación entre cambio y creación, a la concepción de una persona con capacidad y estatus de creativo diferente a los demás, requerido en múltiples lugares donde estar a la vanguardia es la prioridad.

Este artículo da cuenta de algunas características con las cuales debe contar un sujeto creativo en el momento de realizar una acción o pensamiento considerado creativo y lo que es primordial en ello; así mismo, sobre algunas condiciones creativas que deben existir al materializarlas, en especial en el campo del diseño, lo cual se evidencia con los modelos y los prototipos (Pinilla, *et al.*, 2011).

Un sistema de diseño, también conocido como design system, es un proceso que se lleva a cabo en la etapa de planeación y construcción de un proyecto digital para decidir los elementos que formarán parte de un sistema. Esto incluye la arquitectura del sitio o aplicación, los módulos, componentes, tipo de interfaz, diseño y usabilidad. En esencia, el sistema de diseño es la arquitectura del producto digital, que comprende cómo cada elemento interactúa con el otro. Por lo tanto, cuando se desarrolla un producto digital, es necesario considerar cómo los aspectos de su funcionamiento se conectarán, como el diseño, la interfaz, los datos del sitio, la conexión con los servidores, el hardware y software que habilitan toda la funcionalidad (Constant, 2021).

### 2.5.1 Modelo Kano

Izar Landeta, (2016) el modelo Kano se desarrolló en la década de 1980 por el profesor japonés Noriaki Kano. El modelo ofrece una perspectiva de los atributos de un producto que pueden ser importantes para el consumidor, lo que lo convierte en una valiosa herramienta para el desarrollo de nuevos artículos.

Álvarez Orozco, (2018), menciona que el modelo Kano es una herramienta analítica que relaciona las características de un producto con el nivel de satisfacción de sus clientes o compradores.

Además de que tiene como último objetivo que el vendedor o fabricante pueda identificar claramente cuáles son los atributos valorados por los consumidores y ofrecer un producto acorde con dicha valoración.

*Sangüesa et al., (2019)*, describen cómo a través del modelo de KANO se pueden clasificar las demandas de los clientes en las siguientes tres fases (autor y año):

#### a) *CARACTERÍSTICAS BÁSICAS*

Si no se satisfacen las expectativas eso conlleva a una gran insatisfacción del cliente.

Se consideran evidentes, responder de forma adecuada a estas expectativas del cliente, lo cual no conduce a una mayor satisfacción del mismo.

#### b) *CARACTERÍSTICAS EXPLÍCITAS*

Cuanto más se satisfagan estas expectativas del cliente, mayor es su satisfacción.

Suponen para la empresa un potencial mayor de mejora de la satisfacción del cliente.

#### c) *CARACTERÍSTICAS ATRACTIVAS*

Sorprender a los clientes con detalles positivos con los que no habían contado y que hacen aumentar su satisfacción.

Son fuentes potenciales de aumento de satisfacción del cliente.

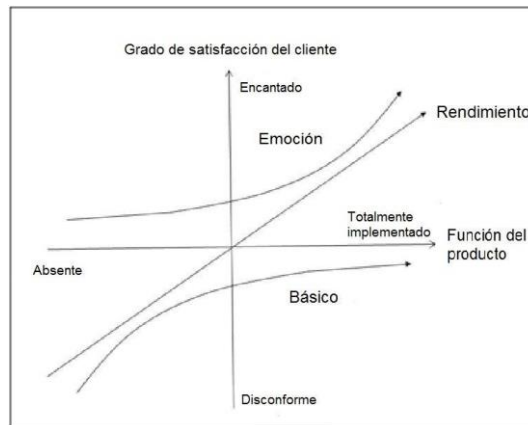


Figura 7 Gráfico de Modelo Kano. Fuente: Economipedia 2019

### 2.5.2 Despliegue de la Función de Calidad (DFC - QFD)

El DFC, también conocido como Quality Function Deployment o Despliegue de la Función de Calidad, es un sistema que ayuda a traducir los requisitos de los clientes en parámetros apropiados de la empresa en cada etapa del ciclo de desarrollo de productos, desde la investigación y desarrollo hasta la distribución y ventas. El DFC se enfoca en traducir los requisitos del cliente en especificaciones técnicas durante cada fase del proceso de desarrollo del producto y garantizar que las propiedades, características y especificaciones del producto estén alineadas con las demandas del mercado. Es importante destacar que el DFC no es una herramienta de calidad, sino una herramienta de planificación que permite introducir nuevos productos con mayor eficiencia y calidad. El proceso del DFC incluye la conversión de los requisitos del cliente en requisitos internos de diseño, la traducción de los requisitos globales del producto en características críticas de las partes, la determinación de las operaciones de manufactura apropiadas y la transformación de las operaciones de manufactura en requisitos de producción (Quesada Madriz, 2005).

El Despliegue de la Función de la Calidad (DFC), es un enfoque sistemático y organizado para tomar en consideración las necesidades y las exigencias del cliente cuando se diseñan nuevos productos y servicios, o cuando se mejora algún producto o servicio existente (Singh Soin, 1998).

### **2.5.3 Análisis de Modo y Efecto de Fallo (AMEF)**

El AMEF, resulta ser un registro sistemático y disciplinado de observaciones y consideraciones, orientadas a (Reyes, 2007):

“identificación y evaluación de fallas potenciales de un producto o proceso, junto con el efecto que provocan éstas, con el fin de establecer prioridades y decidir acciones para reducir las posibilidades de rechazo y, por el contrario, favorecer la confiabilidad del producto o proceso”.

La frecuencia, la severidad y los efectos son los conceptos que caracterizan las fallas y para ello es que se incluyen herramientas estadísticas, que sustentan la toma de decisiones que en un plazo determinado pueden favorecer la eficiencia de los procesos. En este caso, se considera la experiencia traducida en conocimiento a través de planes de control e instrucciones de trabajo. En este sentido es que se atiende no sólo como una herramienta para reducir el riesgo de defecto y rechazo, sino también como una guía efectiva para los operadores. El nombre de AMEF tiene su origen en las siglas de su nombre en español, que proviene de su nombre en el idioma inglés (Potential Failure Mode And Effect Analysis).

Hoy en día, el AMEF es utilizado sistemáticamente dentro de todas las empresas del ramo automotriz y todas las relacionadas con ella; proveedores y sub proveedores. Tiene entre sus objetivos mostrar por un lado el grado de “optimización” y de “minuciosidad” requeridos para alcanzar la creación de valor en un producto específico. Es por eso que, dentro de una de las industrias más competidas a nivel mundial, como es la industria automotriz, debido a que representa uno de los productos más complejos e ilustrativos de la innovación tecnológica en nuestros tiempos (Montalban, *et al.*, 2015).

## **2.6 Ergonomía**

La ergonomía es el estudio que se encarga de adaptar las máquinas, muebles y utensilios a las necesidades de las personas que los utilizan para lograr una mayor comodidad y eficacia en su uso. Se refiere a la cualidad de ergonómico cuando estos elementos están diseñados de manera que se ajusten a las condiciones y necesidades del usuario. Un

ejemplo de ergonomía es un puesto de conducción que tenga una buena adaptación a las características del conductor (RAE, 2023).

La ergonomía se define como el conjunto de conocimientos aplicados que buscan adaptar el trabajo, los sistemas, productos y entornos a las capacidades y limitaciones físicas y mentales de las personas. Su objetivo es diseñar elementos de trabajo y la organización de la empresa de manera que se adapten a las necesidades de las personas que las integran, contribuyendo a mejorar la calidad de vida laboral. Los principales objetivos de la ergonomía son reducir los riesgos laborales, adaptar el puesto de trabajo y las condiciones de trabajo, controlar la introducción de nuevas tecnologías, establecer prescripciones ergonómicas, aumentar la motivación y la satisfacción en el trabajo. La ergonomía se clasifica en diferentes áreas, tales como la ergonomía de puestos, sistemas, concepción, geométrica, ambiental, temporal o cronoergonomía e informática (Asociación Española de Ergonomía, S.A.).

### **2.6.1 Importancia de la ergonomía**

¿Por qué es importante la ergonomía?

Gracias a la ergonomía, se puede disponer de un puesto de trabajo y las máquinas que se emplean, se adaptan a las necesidades de los trabajadores. Es decir, posibilita que no se tenga que adaptar el cuerpo humano o la manera de trabajar a el entorno, sino al revés. De esta manera, no se ve sometido a posturas incómodas que puedan estresar o poner en peligro la salud.

Se trata de una ciencia multidisciplinar, en la que participan expertos en ramas del conocimiento tan diferentes como la psicología, la fisiología, la anatomía o la ingeniería. Incluso, es posible la participación de arquitectos para el diseño de los espacios. Todos ellos, trabajan juntos para lograr lugares de trabajo equilibrados, con características equilibradas que siempre interaccionen con las personas y su biología (PRL, 2020).

La ergonomía tiene como objetivos mejorar la salud y el bienestar, prevenir accidentes y aumentar la productividad en las empresas. Aunque la seguridad industrial, la medicina del trabajo y la psicología del trabajo ya se han ocupado de estos temas, la ergonomía tiene un enfoque integrador y preventivo al diseñar herramientas, máquinas, puestos de trabajo y métodos que se adapten a las capacidades y limitaciones humanas. Es importante considerar estos aspectos desde el principio de cualquier actividad en la que el hombre esté involucrado, ya que los elementos diseñados para ayudar a los seres humanos pueden resultar ineficientes o incluso dañinos si no se les presta la atención adecuada. Por lo tanto, es esencial tener una visión ergonómica del trabajo para garantizar un ambiente laboral saludable y eficiente (Apud y Meyer, 2003).

Se han desarrollado diversos métodos de evaluación para determinar los riesgos ergonómicos, como el método REBA u OWAS para posturas inadecuadas y el OCRA para movimientos repetitivos. La falta de ergonomía en el lugar de trabajo puede causar trastornos músculo esqueléticos, que son una de las principales causas de baja en los países europeos. Además de reducir los riesgos para los trabajadores, la ergonomía mejora su motivación, la calidad del trabajo, la productividad y el clima laboral. Es importante dar prioridad a la ergonomía laboral ya que es una disciplina fundamental en la prevención de riesgos laborales y en la promoción de la seguridad y salud en el trabajo (Pablo, 2018).

### **2.6.2 Diseño ergonómico**

La sobrecarga postural es un factor importante para la aparición de lesiones músculo esqueléticas en el trabajador, se caracteriza por que el cuerpo se encuentra fuera de la posición neutra por un determinado tiempo, lo que favorece la presencia de sintomatología de dolor, inflamación, disestesias, parestesias y limitación para realizar su trabajo, llegando a impedir la realización de actividades cotidianas y solicitar incapacidad temporal; lo que genera ausentismo, disminución en productividad, pérdidas económicas y daños a la salud de forma permanente. Las lesiones músculo esqueléticas tienen un enorme y creciente impacto a nivel mundial desde la perspectiva de productividad y economía en el ámbito industrial; por lo que son la principal causa de dolor y discapacidad

debido a su alta prevalencia y asociación con otras morbilidades ocasionando un importante impacto socioeconómico (López, 2014).

### **2.6.3 Método de evaluación ergonómica**

El análisis ergonómico debe entenderse como un estudio de carácter global y no como una solución de diseño, puesto que son tantos los factores que influyen en el área de trabajo, que prácticamente cada puesto de trabajo precisaría de una valoración independiente (Cosar, 2012).

### **2.6.4 Método RULA Rapid Upper Limb Assessment**

El método RULA que por sus siglas *Rapid Upper Limb Assessment* y su traducción al español es (Evaluación rápida de miembros superiores), evalúa posturas individuales y no conjuntos o secuencias de posturas, lo cual hace necesario seleccionar aquellas posturas que serán evaluadas de entre las que adopta el trabajador en el puesto. Ello seleccionará aquellas que, a priori, suponen una mayor carga postural bien por su duración, por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra (Mas & Antonio, 2015).

Para el análisis ergonómico de los puestos de trabajo en oficinas, partiremos del estudio de los siguientes factores:

- Dimensiones del puesto.
- Postura de trabajo.
- Exigencias del confort ambiental.
- Movimientos realizados por el trabajador

En cada grupo de factores, se analizarán los criterios fundamentales que permitan valorar globalmente la situación de confort (Cosar, 2012).

## **2.7 Diseño de la investigación**

Para Hernández Sampieri *et al.*, (2014), la investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema.

Por otra parte (Naghi Namakforoosh, 2004) define a la investigación científica como una investigación sistemática, controlada, empírica y crítica de propuestas hipotéticas acerca de presuntas relaciones entre fenómenos naturales.

### **2.7.1 Tipos de investigación**

Los proyectos de investigación pueden ser clasificados con base en los siguientes criterios: por el propósito, la investigación puede ser básica o aplicada; según los medios usados para obtener los datos, puede ser documental, de campo o experimental; atendiendo al nivel de conocimientos que se adquieren, podrá ser exploratoria, descriptiva o explicativa; dependiendo del campo de conocimientos en que se realiza, es científica o filosófica; conforme al tipo de razonamiento empleado, es espontánea, racional o empírico-racional; acorde con el método utilizado, es analítica, sintética, deductiva, inductiva, histórica, comparativa, por mencionar algunos; y conforme al número de investigadores que la realizan, es individual o colectiva.

#### **2.7.1.1 Investigación cualitativa**

Hernández Sampieri, *et al.*, (2006) mencionan que la investigación con enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías (es secuencial y probatorio).

Las investigaciones de tipo cualitativos se refieren a los datos que buscan transmitir la esencia o la calidad de la experiencia. Estos pueden incluir discurso, observaciones, texto escrito o imágenes (Lampard & Pole, 2015).

#### **2.7.1.2 Investigación cuantitativa**

De igual forma Hernández Sampieri, *et al.*, (2014) en su libro metodología de la investigación dicen que la investigación con enfoque cualitativo utiliza la recolección y

análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación.

Pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos.

Por su parte Lampard y Pole, (2015) mencionan que las investigaciones de tipo cuantitativo utilizan datos que son numéricos y se basan en el conteo o la enumeración. Estas pueden ser medidas o puntajes atribuidos a cosas particulares.

### **2.7.1.3 Investigación mixta**

Enfoque de investigación mixta implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o una serie de investigaciones para responder a un planteamiento del problema. Asimismo, en el capítulo se examina la naturaleza, características, posibilidades y ventajas de los métodos mixtos (Hernández Sampieri, *et al.*, 2014).

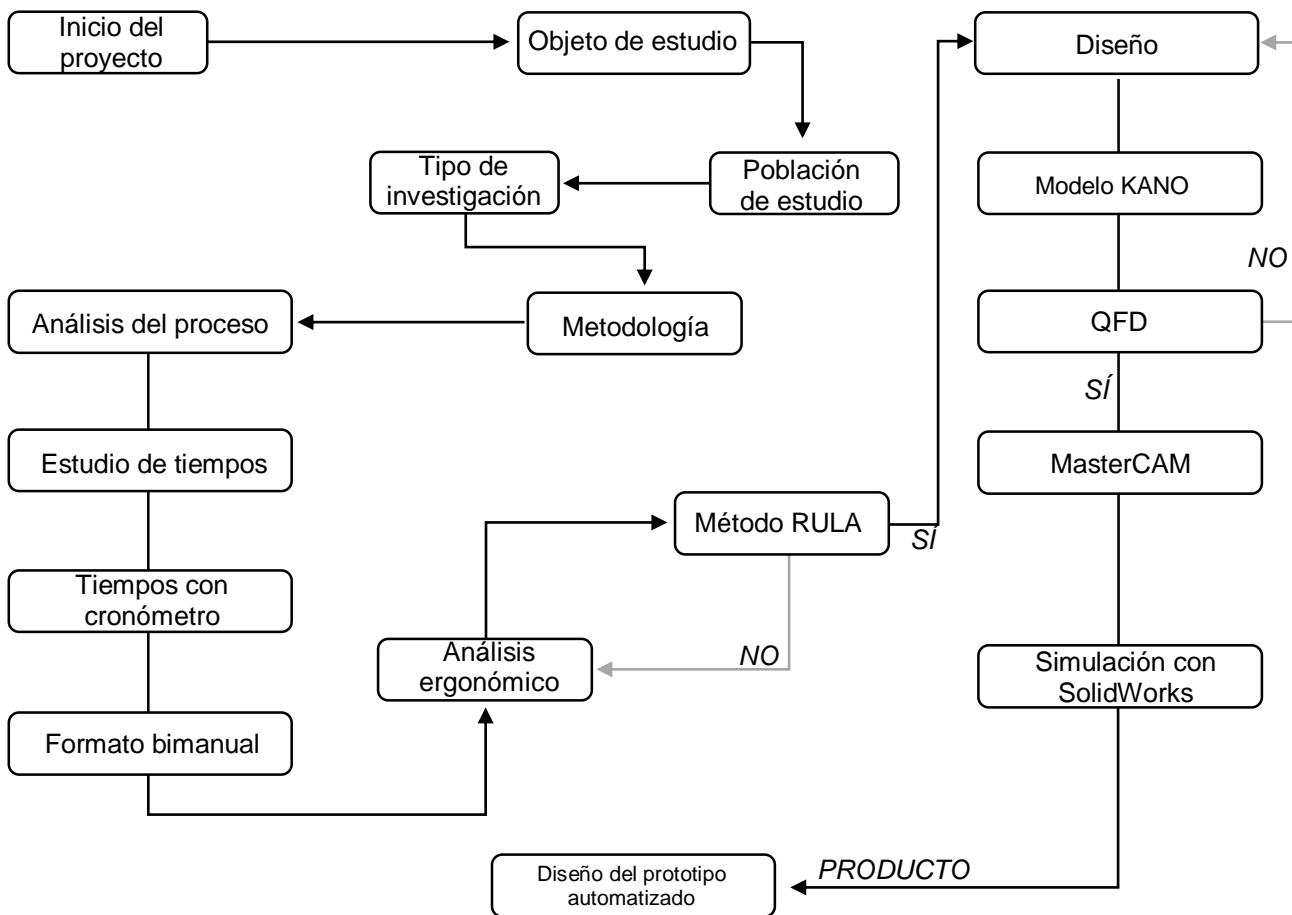
La característica principal de los métodos mixtos de investigación es la combinación de la perspectiva cuantitativa (cuanti) y cualitativa (cuali) en un mismo estudio. Cuando las preguntas de investigación son complejas, la combinación de los métodos permite darle profundidad al análisis y comprender mejor los procesos de enseñanza y aprendizaje en las ciencias de la salud (Hamui-Sutton, 2013).

### **2.7.1.4 Investigación exploratoria**

Es conocida como aquella investigación que tiene el primer acercamiento científico a un problema. Se utiliza cuando éste aún no ha sido abordado o no ha sido suficientemente estudiado y las condiciones existentes no son aún determinantes. Recibe este nombre la investigación que se realiza con el propósito de destacar los aspectos fundamentales de una problemática determinada y encontrar los procedimientos adecuados para elaborar una investigación posterior.

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

Balestrini Acuña (2000), menciona que el marco metodológico está referido al momento que se alude al conjunto de procedimientos lógicos, tecnológicos, operacionales, implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos. Lo cual se refiere a una estructura sistemática para la recolección, ordenamiento y análisis de la información, lo cual permitirá la interpretación de los resultados en función al problema de investigación.



### 3.1 Análisis y desarrollo de la investigación

El tipo de investigación en este trabajo será de tipo mixta - exploratoria dado que el objeto de estudio de este proyecto está enfocado en un proceso de etiquetado de botellas dentro de una industria del giro artesanal y para ello es de más utilidad desarrollar este tipo de investigación puesto que, al contar con sus resultados, se simplifica abrir líneas de investigación y proceder a su consecuente comprobación.

### 3.2 Objeto de estudio

La siguiente investigación propone optimizar un proceso en el área de la producción artesanal, específicamente enfocado en la tarea de etiquetado de productos, la cual actualmente es llevada a cabo de manera manual por los artesanos de la empresa APICOLA Tantoyuca S.A. El objetivo principal de esta mejora radica en la implementación de dos pilares fundamentales de la Industria 4.0, los cuales son la simulación y la automatización de procesos. La idea central es incorporar un sistema automático que asista a los trabajadores en la ejecución de esta actividad, lo cual busca aumentar la eficiencia y la productividad en el proceso de etiquetado.

APITAN de Apícola Tantoyuca, tiene sus instalaciones en la calle Francisco González Bocanegra, entre calle del Ganado y Chapultepec, colonia Santa Fe, C.P 92127 Tantoyuca, Ver. Esta microempresa se dedica a la elaboración de productos artesanales derivados de la miel de abeja.

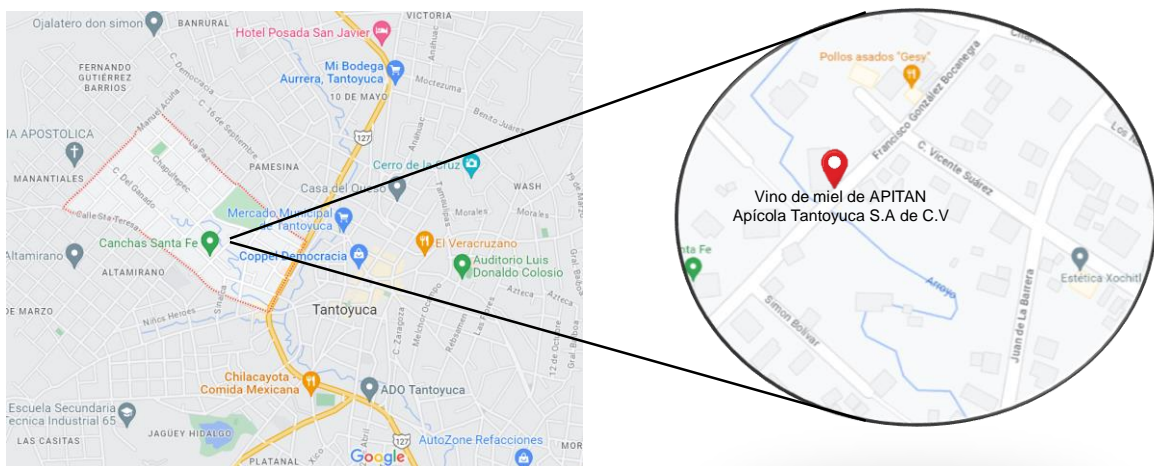


Figura 8 Ubicación de empresa Apícola Fuente: Google maps.

Durante la inspección que se realizó a la empresa Apícola Tantoyuca S.A., se logró observar que la mayoría de las operaciones que se realizan dentro de ella son de manera manual, específicamente en el área de etiquetado, donde el operario permanece la mayor parte de la operación erguido, además de los movimientos repetitivos que realiza el trabajador para lograr el etiquetado de las botellas, lo cual involucra un exceso de movimientos repetitivos en la parte distal de las extremidades, ocasionándole molestias y posibles desórdenes por traumas acumulativos a largo plazo.

Haciendo mención que, dentro de la empresa, el personal carece de información respecto a temas de ergonomía, salud en el trabajo y automatización en las líneas de producción, es por eso que mediante el trabajo de estudio se darán las observaciones pertinentes y el área en el cual se debe mejorar o rediseñar, para un mejor sistema de etiquetado en los productos que ofrece la empresa.

Todo esto con herramientas de la ingeniería industrial, tales como estudios de tiempos, evaluación ergonómica por medio del método RULA, además de un análisis de la voz del cliente (VOC) para la implementación del dispositivo automático, lo cual se verificará con un QFD.

### **3.3 Población de estudio**

La población que se analizará para este caso de estudio está delimitada a 5 trabajadores, entre hombres y mujeres cuyas edades oscilan entre los 20 y 54 años de edad, quienes forman parte de la plantilla de trabajadores de la empresa. Esto se centra en dicha cantidad debido a que la población a la cual está siendo dirigida es limitada y por ende se determina con base a las necesidades del cliente.

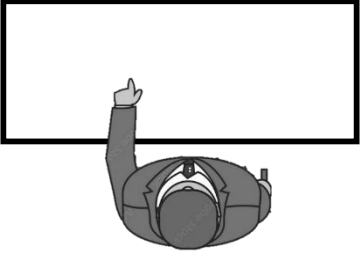
### **3.4 Técnica del estudio de tiempos**

El estudio de tiempos y movimientos son técnicas utilizadas en la ingeniería industrial para medir el tiempo que se lleva al momento de realizar una tarea o actividad específica.



### 3.4.3 Formato bimanual

Tabla 2 Formato bimanual. Fuente: Tomado de estudio del trabajo.

DIAGRAMA BIMANUAL						
Diagrama:	Hoja:		Bosquejo del área de trabajo			
Operación:						
Actividad:						
Lugar:						
Operario:						
Analista:						
Descripción de la mano Izquierda	Símbolo	Tiempo		Tiempo	Símbolo	Descripción de la mano Derecha

### **3.5 Estudio ergonómico**

El objetivo de llevar a cabo una buena evaluación ergonómica dentro de un área de trabajo es que ayude en la salud y el bienestar de los trabajadores, además de reducir los accidentes y mejorar la productividad de las empresas. Esta disciplina tiene mucho que aportar, ya que se pueden reducir riesgos de problemas músculo-esqueléticos, fatiga y accidentes cuando se mejora la organización del trabajo.

#### **3.5.1 RULA (Rapid Upper Limb Assessment)**

El método de evaluación ergonómico RULA se utilizará para realizar una evaluación de posturas del cuerpo de los trabajadores, esta evaluación divide al cuerpo en dos grupos, grupo "A" que evalúa el brazo, antebrazo y muñeca, y el grupo "B" que evalúa el tronco, cuello y piernas. Para ello, es necesario seleccionar aquellas posturas que serán evaluadas de entre las que adopta el trabajador en la estación de trabajo.

##### **3.5.1.1 Aplicación del método RULA**

Dentro de la empresa Apícola Tantoyuca uno de los factores de riesgo más comunes asociados a la aparición de trastornos de tipo músculo-esqueléticos es la excesiva carga postural a la cual está expuesto el operario en la tarea de etiquetado, ya que en temporadas donde hay un mayor requerimiento de unidades, este adopta posturas inadecuadas de forma continua y a lo largo del tiempo esto podría traer consecuencias para su salud. Es por ello que por medio del método RULA se realizará una evaluación de posturas en el trabajador de la empresa, con el objetivo de determinar la exposición a la que puede estar expuesto y a los factores de riesgo que pueden ocasionar trastornos músculo-esquelético en los miembros superiores del cuerpo.

### **3.6 Despliegue de Función de la Calidad QFD**

Para la aplicación de la metodología QFD, es importante conocer las opiniones de los clientes y expertos en la rama de los procesos artesanales, por tal motivo es necesario diseñar un instrumento que recopila los conceptos, opiniones y puntos de vista de cada uno de los expertos en función al producto o servicio de estudio. De los instrumentos que se utilizan para una evaluación de mercado, se encuentran las encuestas, los

cuestionarios, las entrevistas y todo aquel instrumento necesario que sirva para recopilar la información necesaria del mercado objetivo.

### **3.6.1 Encuesta:**

La encuesta o cuestionario es un listado de preguntas que facilitará al encuestado a escoger una o varias opciones dependiendo de la pregunta (múltiples respuestas), centradas en el producto o servicio a ofrecer. La encuesta se realizará con base a la metodología del QFD, el cual tiene como grupo Target a una población de artesanos y especialistas en el área de la producción artesanal o afines.

Este segmento es considerado debido a que uno de los alcances del producto, es obtener resultados de aceptación en cuanto a la combinación de procesos entre artesanal e industrial, es decir, se quiere implementar un dispositivo automático que acelere la línea de producción sin la necesidad de alterar el tipo de proceso.

### **3.6.2 Diseño de la encuesta:**

La siguiente encuesta está enfocada específicamente a los artesanos de las localidades de la Estanzuela, Mata del Tigre, Cerro Botica, Lindero Tametate, La Tinaja, Xilozúchil, y Tecomate. Las cuales son pertenecientes al municipio de Tantoyuca, Veracruz, así como también se ha encuestado a un grupo de trabajadores de una microempresa apícola, dicha empresa se dedica a la elaboración de productos derivados de la miel de abeja, y todos sus procesos se realizan de manera artesanal.

La encuesta será de gran utilidad para saber las necesidades y cualidades que deberá de tener un dispositivo que ayude a acelerar los procesos de las industrias de giro artesanal, reduciendo los costos de operación y evitar fatigas en los operarios sin la necesidad de que dicho proceso deje de ser un producto que se elabora de manera artesanal.

Además de que con ayuda de este cuestionario se dará paso al desarrollo de la metodología QFD.

### **3.7 Diseño de prototipo en MasterCam®**

MasterCam® es un conjunto de aplicaciones de software de fabricación asistida por computadora CAM y CAD, este proporciona varias ventajas y funcionalidades clave que son esenciales para la fabricación y modelado de piezas (Carrillo Sardón, 2020).

El objetivo de diseñar en MasterCam® será esencial para mitigar los riesgos, optimizar los recursos, cumplir con los requisitos y garantizar el éxito general del proyecto. Además, esto contribuirá a la eficiencia operativa, la calidad del resultado final y la satisfacción del cliente.

#### **3.7.1 Simulación con SolidWorks®**

En SolidWorks®, la simulación hace referencia a todo proceso de análisis en el comportamiento y rendimiento de los modelos 3D mediante la aplicación de cargas, restricciones y condiciones de contornos virtuales. SolidWorks Simulation pertenece a un módulo integrado dentro del software el cual permite a los usuarios realizar análisis de elementos finitos (FEA por sus siglas en inglés), y evalúa cómo se comportan sus diseños en condiciones del mundo real (Gómez González, 2022).

La utilización de este software será de gran utilidad al momento del desarrollo de este proyecto, ya que este se encargará de poder realizar la simulación del prototipo, con el objetivo de poder analizar cómo sería el funcionamiento de este.

## CAPÍTULO IV. MARCO OPERATIVO

### 4.1 Diagrama de flujo de proceso (Vino de Miel)


El siguiente diagrama de flujo, corresponde al análisis de proceso para la elaboración del vino de miel, de Apícola Tantoyuca, el cual comienza desde la extracción de la materia prima, hasta el almacenamiento del producto terminado.

Tabla 3 Diagrama de flujo de proceso. Fuente: Elaboración propia.

Ubicación: Apícola Tantoyuca S.A		Resumen			
Actividad: Elaboración de vino de miel		Evento	Presente	Propuesto	Ahorros
Fecha: 11 – 05 – 2023		Operación	13		
Operador: Pedro Del Ángel Pérez	Analista: Ernesto Arrieta Morales	Transporte	3		
Indique el método y tipo apropiado. Método: <u>Presente</u> Propuesto Tipo: <u>Trabajador</u> Material Máquina		Retrasos	0		
		Inspección	2		
		Almacenamiento	2		
Comentarios:		Tiempo (min)	575.5		
		Distancia (mts)	14		
		Costo (\$)	N.A		
Descripción del evento	Símbolo	Tiempo (min)	Distancia (mts)	Recomendaciones	
Extracción de miel		350	0		
Colación de miel		25	0		
Almacenamiento-fermentación		N.A	0		
Tiempo de fermentado		20	0		
Inspección de coloración		15	0		
Vaciado a contenedores		16	0		
1er Filtrado		15	0		
2do Filtrado		15	0		
Almacenamiento (producción por requerimiento)		N.A	3.8	Almacenado hasta su requerimiento	
Transporte al área de llenado		2	2.1		
Esterilizado de envases		33	0		
Transporte de envases al área de llenado		2.5	3.2		
Llenado		18	0		
Esterilizado de corchos		15	0		
Tapado		9	0		
Decorado (trenzado con hilo)		12	0		
Inspección del proceso del decorado		0.5	0		
Encerado		22	0		
Etiquetado		4.5	0		
Transporte al área de almacenamiento		1	4.9		

La siguiente tabla muestra un resumen de las actividades realizadas y mostradas en el diagrama de flujo de las operaciones para la elaboración del vino de miel.

Tabla 4 Resumen de actividades de producción de vino de miel. Fuente: Elaboración propia.

<b>Símbolo</b>	<b>Actividad</b>	<b>Total</b>
	Operaciones	13
	Transporte	3
	Demoras	0
	Inspección	2
	Almacenamiento	2
<b>Total de operaciones:</b>		<b>21</b>

El caso de estudio de esta investigación se realizó específicamente en el área de etiquetado, la cual es una de las últimas operaciones en la que es sometido el producto, y uno de los de mayor importancia, ya que de ello depende la primera impresión que tendrá el cliente, del producto terminado.

#### **4.2 Método de etiquetado**

La técnica empleada dentro del proceso de etiquetado se lleva a cabo totalmente de forma manual, comenzando por el corte de las etiquetas, dicho corte se realiza colocando una plantilla con 12 etiquetas, de las cuales con ayuda de una herramienta de corte (cutter) y una regla se procede a alinearlas y realizar los cortes correspondientes véase en la figura 9.



*Figura 9 Corte de etiquetas Fuente: Propia*

Posteriormente se realiza el colocado de la etiqueta a la botella, por lo que es necesario contar con una iluminación la cual le permita al operario identificar el lugar óptimo, ya que no se cuenta con una ubicación exacta de la botella como se muestra en la figura 10.



*Figura 10 Etiquetado de la botella Fuente: Propia*

Al no existir un mecanismo el cual ayude al etiquetado de las botellas de vino de miel se generan defectos de etiquetado y por consiguiente se desperdicia material, al colocar mal la etiqueta en la posición incorrecta, ocasionando fallas de alineación o burbujas de aire, en ese caso se tiene que volver a quitar para reemplazar por una nueva y genera retrabajos y desperdicios de material, como se muestra en la figura 11.



*Figura 11 Reemplazo de etiqueta por falla de etiquetado. Fuente: Propia.*

### **4.3 Estudio de tiempos y movimientos, en el proceso de etiquetado de botellas**

El proceso de etiquetado es uno de los más importantes, ya que de ello depende la primera impresión que tendrá el grupo target del producto, es por ello que se efectuó un estudio de tiempos y movimientos, el cual consiste en evaluar el tiempo de las operaciones y los movimientos corporales del operador que ejecuta esta actividad, con el objetivo de realizar una evaluación de aquellos movimientos innecesarios, tiempos muertos y acelerar los movimientos útiles e importantes para facilitar la tarea. El operario que realiza el etiquetado de las botellas de vino de miel hace uso de las manos, tanto izquierda como derecha, por lo que el estudio se realizó con un diagrama bimanual, donde se enlistan todas las actividades realizadas de ambas manos y así mismo, se toma el tiempo que se lleva ejecutándolas, dicha medición se realizó mediante el uso de cronómetro.

#### **4.3.1 Análisis del Proceso de etiquetado mediante cronómetro**

Se llevó a cabo el estudio en el proceso de etiquetado en las botellas de 750ml, tomando los tiempos con cronómetro, dicho proceso dio como resultado un tiempo de 3 minutos con 54.11 segundos para esta actividad, el objetivo del presente estudio es eliminar los retrabajos, las fatigas y desperdicios que existen en el proceso de etiquetado de botellas de vino de miel consiguiendo minimizar el tiempo improductivo, así como también, optimizar el proceso de producción implementado un nuevo dispositivo a la línea de producción.

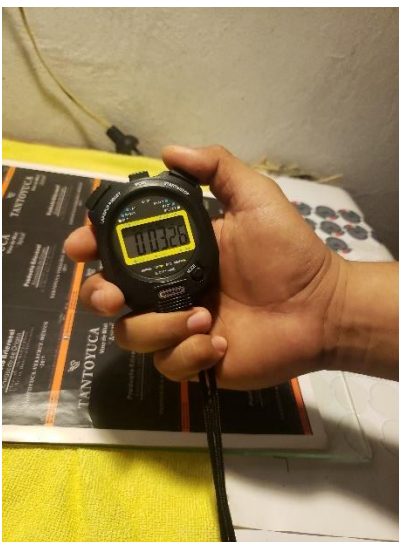


Figura 12 Estudio de tiempos con cronómetro. Fuente: Propia.

### 4.3.2 Diagrama Bimanual para el proceso de etiquetado

Tabla 5 Formato bimanual del proceso de etiquetado. Fuente: Elaboración propia.

DIAGRAMA BIMANUAL						
Diagrama: 1	Hoja: 1	Bosquejo del área de trabajo				
Operación: Proceso de etiquetado en botellas de vino de miel.						
Actividad: Corte y etiquetado.						
Lugar: Apícola Tantoyuca S.A.						
Operario: Pedro Del Ángel Pérez.						
Analista: Ernesto Arrieta Morales						
Descripción de la mano Izquierda	Símbolo	Tiempo		Tiempo	Símbolo	Descripción de la mano Derecha
Sostiene la placa de vidrio	M	3.20 seg		3.20 seg	M	Sostiene la placa de vidrio
Agarra la plantilla de etiquetas	G	1.89 seg		1.89 seg	RL	Coloca placa de vidrio sobre mesa de operaciones
Coloca plantilla de etiquetas sobre placa de vidrio	RL	3.15 seg		3.15 seg	RL	Coloca plantilla de etiquetas sobre placa de vidrio

Toma la regla	G	2.83 seg		2.83 seg	H	Sostiene la plantilla de etiquetas sobre placa de vidrio
Alinea las etiquetas con el uso de la regla	S	8.53 seg		8.53 seg	S	Alinea las etiquetas con el uso de la regla
Toma el cutter para hacer el primer corte	G	2.58 seg		9.43 seg	H	Sostiene la regla sobre las etiquetas
Realiza el primer corte con ayuda del cutter	U	6.85 seg				
Sostiene cutter	H	4.54 seg		4.54 seg	PP	Gira la regla para el segundo corte
Realiza el segundo corte con ayuda del cutter	U	5.92 seg		5.92 seg	H	Sostiene la regla sobre las etiquetas
Sostiene cutter	H	3.87 seg		3.87 seg	PP	Gira la regla para el tercer corte
Realiza el tercer corte con ayuda del cutter	U	7.05 seg		7.05 seg	H	Sostiene la regla sobre las etiquetas
Sostiene cutter	H	2.91 seg		2.91 seg	PP	Gira la regla para el último corte
Realiza el último corte con ayuda del cutter	U	6.82 seg		6.82 seg	H	Sostiene la regla sobre las etiquetas
Toma la botella para realizar etiquetado	H	9.25 seg		9.25 seg	S	Gira la botella para encontrar la guía de etiquetado
Toma la etiqueta ya recortada	RE	2.01 seg		2.01 seg	RL	Coloca la botella sobre la mesa de operaciones
Sujeta la etiqueta	H	27.41 seg		27.41 seg	DA	Desprende el papel adhesivo
Coloca la etiqueta sobre la línea guía de etiquetado		9.95 seg		9.95 seg	H	Sujeta la botella

Comienza a realizar el etiquetado	A	6.13 seg		6.13 seg	S	Gira la botella en sentido a las manecillas del reloj
Sujeta botella para inspeccionar etiquetado	I	5.97 seg		5.97 seg		Gira la botella
				1.68 seg	RL	Coloca botella ya etiquetada en mesa de operaciones

#### 4.4 Análisis por el método RULA

Mediante la aplicación del método RULA se realizó un análisis de posturas en el trabajador de la empresa (Apícola Tantoyuca), lo cual ayudó a determinar la exposición que puede tener el empleado a factores de riesgo ergonómicos que puedan ocasionar trastornos músculo esquelético en los miembros superiores del cuerpo.

El método de evaluación ergonómico RULA se encarga de analizar las posturas del cuerpo, las cuales divide en dos grupos, el grupo A que evalúa el brazo, antebrazo y muñeca, y el grupo B que evalúa el cuello, tronco y piernas.



Figura 13 Esquema de Puntuaciones, método RULA. Fuente: Ergonautas, Universidad Politécnica de Valencia.

#### 4.4.1 Evaluación ergonómica del grupo A, análisis de brazo, antebrazo y muñeca.

Para la realización de la evaluación del grupo A, se evaluaron los ángulos que toma el operario al realizar las actividades de etiquetado tanto del brazo, antebrazo y muñeca, lo cual dio una puntuación de posturas ejercidas durante la tarea de etiquetado.

##### 4.3.1.1 Análisis del brazo

Para la evaluación del brazo del operario fue necesario la identificación de la posición que éste opta al momento de iniciar y durante la realización del proceso de etiquetado de botellas de vino de miel.

Se debe considerar que el ángulo de 0 grados es la posición del brazo respecto a la línea del cuerpo. La puntuación en los brazos está comprendida según esta manera de puntuar en un rango de 1 a 4.

Tabla 6 Evaluación de brazos. Fuente: Elaboración propia.

Posición	Puntuación	Corrección
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1	+1, si hay abducción o rotación
Extensión >20° o flexión >20° y <45°	2	+1, elevación del hombro
Flexión >45° y 90°	3	-1, si el brazo está apoyado o sostenido
Flexión >90	4	



Figura 14 Análisis del brazo. Fuente: Propia

### 4.3.1.2 Análisis del antebrazo

Para realizar el análisis de la puntuación del antebrazo, es esencial observar detenidamente los movimientos del mismo durante la ejecución del proceso de etiquetado de la botella de vino de miel.

Tabla 7 Evaluación de antebrazo. Fuente: Elaboración propia.

Posición	Puntuación	Corrección
Flexión entre 60° y 100°	1	+1, a un lado del cuerpo
Flexión <60° o >100°	2	+1, cruza la línea media

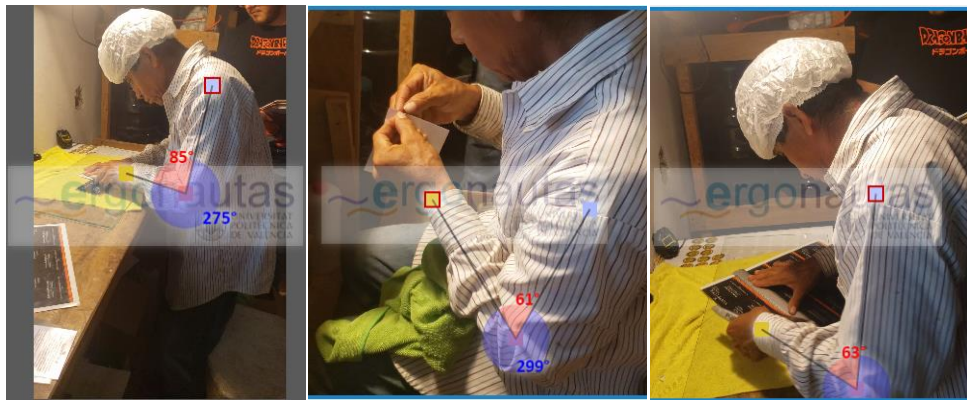


Figura 15 Análisis del antebrazo y codo. Fuente: Propia

### 4.3.1.3 Análisis de la muñeca

La evaluación de la muñeca consistió en observar la posición que esta adopta en la tarea. Durante la observación se detalla que los movimientos realizados por el operario durante el proceso de etiquetado, se puede identificar que la muñeca se encuentra en una posición flexionada, por lo cual se le da una puntuación de 2 (Ver tabla 4.6).

Tabla 8 Evaluación de muñeca. Fuente: Elaboración propia.

Posición	Puntuación	Corrección
Posición neutra	1	+1, desviación radial
Flexión o extensión > 0° y <15°	2	+1, desviación cubital
Flexión o extensión >15°	3	



Figura 16 Análisis de muñeca. Fuente: Propia

#### 4.4.2 Evaluación ergonómica del grupo B, análisis de cuello, tronco y piernas

La evaluación al grupo B consiste en evaluar las posiciones del cuello, tronco y pierna para darle una puntuación a las posturas ejercidas por parte del trabajador de la empresa Apícola Tantoyuca durante el proceso de etiquetado.

##### 4.4.2.1 Análisis de cuello

La evaluación ergonómica del cuello se medirá observando la posición de la cabeza en relación con el tronco, esto, si la cabeza está inclinada hacia adelante, hacia atrás o hacia los lados, en el proceso de etiquetado el operario mantiene una posición pronunciada hacia adelante, lo cual indica una tensión en los músculos del cuello a largo plazo.

Tabla 9 Evaluación de cuello. Fuente: Elaboración propia.

Posición	Puntuación	Corrección
Flexión entre $0^\circ$ y $10^\circ$	1	+1, Cabeza rotada
Flexión $>10^\circ$ y $\leq 20^\circ$	2	+1, Cabeza con inclinación lateral
Flexión $>20^\circ$	3	
Extensión en cualquier grado	4	



Figura 17 Análisis del cuello. Fuente: Propia

##### 4.4.2.2 Análisis del tronco

En el proceso de etiquetado de botellas de vino de miel, el operario realiza la tarea de forma sentada y de pie dependiendo el tiempo de la operación, por lo que no hay una rotación del tronco como tal, más sin embargo la postura que opta el operario es una inclinación hacia adelante tanto de forma erguida como de forma sentada, lo que a largo plazo podría ocasionar una fatiga en la parte de la espalda.

Tabla 10 Evaluación de tronco. Fuente: Elaboración propia.

Posición	Puntuación	Corrección
Sentado, bien apoyado y con un ángulo tronco-caderas $>90^\circ$	1	+1, Tronco rotado +1, Tronco con inclinación lateral
Flexión entre $0^\circ$ y $20^\circ$	2	
Flexión $>20^\circ$ y $\leq 60^\circ$	3	
Flexión $>60^\circ$	4	



Figura 18 Análisis del tronco. Fuente: Propia

#### 4.4.2.3 Análisis de las piernas

En el proceso de etiquetado es necesario observar si las piernas del operario se encuentran bien apoyadas al piso, a tal manera de que no haya una carga excesiva en una pierna en comparación con la otra, es esta tarea, se evalúa la altura de la silla en relación con la altura de la mesa de trabajo y el equipo utilizado ya que estos no son acordes a la altura del trabajador.

Tabla 11 Evaluación de piernas. Fuente: Elaboración propia.

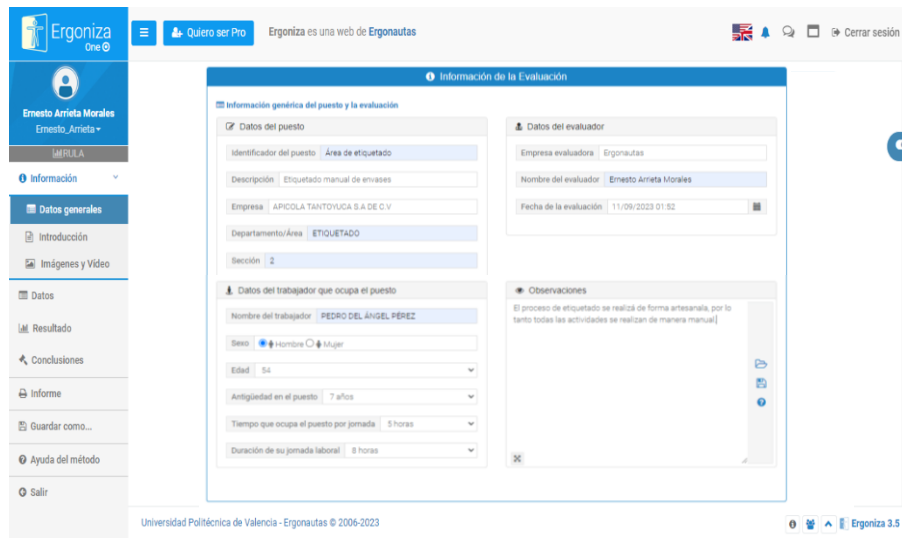
Posición	Puntuación
Sentado, con piernas y pies bien apoyados	1
De pie con el peso simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición	1
Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido	2



Figura 19 Análisis del tronco. Fuente: Propia

## 4.5 Puntuación final del método RULA

Para obtener una puntuación más precisa del método RULA, se utilizó un software especializado en sistemas de evaluación ergonómica brindado por la universidad politécnica de valencia.

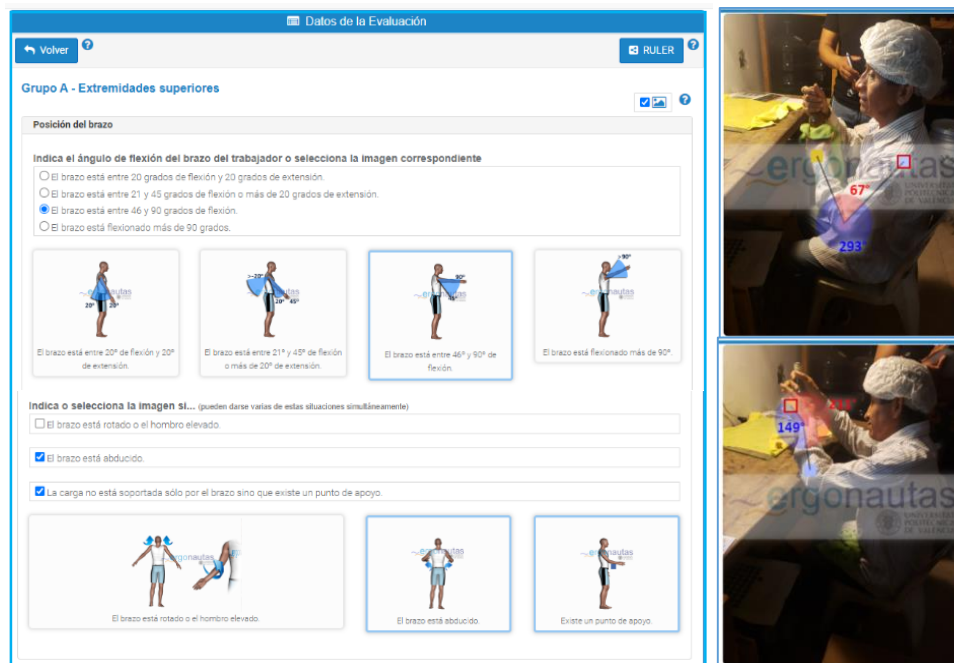


The screenshot displays the 'Información de la Evaluación' (Evaluation Information) screen in the Ergoniza software. The interface is in Spanish and includes a sidebar with navigation options like 'Inicio', 'Datos generales', 'Introducción', 'Imágenes y Video', 'Datos', 'Resultado', 'Conclusiones', 'Informe', 'Guardar como...', 'Ayuda del método', and 'Salir'. The main content area is titled 'Información genérica del puesto y la evaluación' and contains several sections: 'Datos del puesto' (Job Data) with fields for job ID, description, company, department, and section; 'Datos del evaluador' (Evaluator Data) with fields for evaluator name and date; 'Datos del trabajador que ocupa el puesto' (Worker Data) with fields for worker name, sex, age, job tenure, and work hours; and 'Observaciones' (Observations) with a text area for notes. The footer indicates 'Universidad Politécnica de Valencia - Ergonautas © 2006-2023' and 'Ergoniza 3.5'.

Figura 20 Datos genéricos de evaluación. Fuente: Ergoniza®, ergonautas.

### 4.5.1 Evaluación del grupo A, análisis de brazo, antebrazo y muñeca.

Para la evaluación del grupo A, se fueron describiendo cada una de las actividades, además de una medición de ángulos mediante el software.



The screenshot shows the 'Datos de la Evaluación' (Evaluation Data) screen for 'Grupo A - Extremidades superiores' (Group A - Upper Limbs). The 'Posición del brazo' (Arm Position) section asks the user to indicate the angle of flexion of the worker's arm, with four radio button options: 'El brazo está entre 20 grados de flexión y 20 grados de extensión', 'El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión', 'El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión' (selected), and 'El brazo está flexionado más de 90 grados'. Below this are four diagrams of a human figure showing different arm flexion angles. The 'Indica o selecciona la imagen si...' (Indicate or select the image if...) section has three checkboxes: 'El brazo está rotado o el hombro elevado' (unchecked), 'El brazo está abducido' (checked), and 'La carga no está soportada sólo por el brazo sino que existe un punto de apoyo' (checked). Three diagrams illustrate these conditions. On the right, two video frames show a worker in a white uniform and hairnet performing a task. The top video frame has a red box around the worker's arm with a '67°' angle measurement and a '293' value. The bottom video frame has a red box around the worker's arm with a '149°' angle measurement.

Figura 21 Evaluación grupo A mediante software. Fuente: Ergoniza®, ergonautas

## 4.5.2 Evaluación ergonómica del grupo B, análisis de cuello, tronco y piernas.

La evaluación del grupo B consistió en describir las posturas que adopta el operario en la estación de etiquetado mediante el software Ergoniza®.

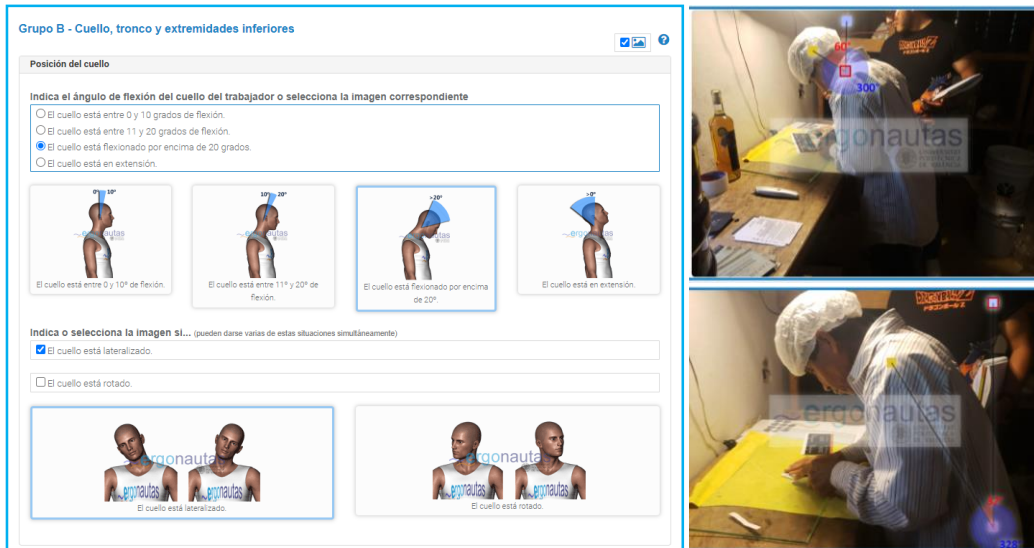


Figura 22 Evaluación grupo B mediante software. Fuente: Ergoniza®, ergonomautas

## 4.5.3 Resultado de evaluación RULA.

Una vez introducidos todos los datos en el software, nos dio una puntuación de RULA de 6, lo cual indica que es un nivel de actuación 3 y nos dice que se requieren cambios rápidos en el diseño de la tarea o del puesto de trabajo.



Figura 23 Puntuación RULA mediante software. Fuente: Ergosoft, ergonomautas.

## **4.6 Aplicación de Despliegue de la Función de Calidad QFD**

Para la aplicación de esta herramienta se debe haber considerado que la situación en la empresa, específicamente en el proceso de etiquetado, hay un riesgo ergonómico puesto que la puntuación RULA indica que se requiere un rediseño por completo de la tarea.

El primer paso para el desarrollo de esta metodología es la recopilación de datos, para lo cual se diseñó una encuesta con el objetivo de obtener la voz del cliente (VOC).

### **4.6.1 Aplicación de encuestas para escuchar la voz del cliente**

La siguiente encuesta fue realizada específicamente para los artesanos de las localidades de la Estanzuela, Mata del Tigre, Cerro Botica, Lindero Tametate, La Tinaja, Xilozúchil, y Tecomate. Las cuales son pertenecientes al municipio de Tantoyuca, Veracruz, así como también se ha encuestado a un grupo de trabajadores de una microempresa apícola, dicha empresa se dedica a la elaboración de productos derivados de la miel de abeja, y todos sus procesos se realizan de manera artesanal.

La encuesta fue de gran utilidad para saber las necesidades y cualidades que deberá de tener un dispositivo que ayude a acelerar el proceso, reduciendo los costos de operación y evitar fatigas en los operarios sin la necesidad de que dicho proceso deje de ser un producto que se elabora de manera artesanal.

Además de que con ayuda de este cuestionario se dio paso al desarrollo de las metodologías QFD y AMEF.

### **4.6.2 Verbalización**

Una vez que se obtuvieron todas las necesidades de los clientes se realizó la verbalización de dichos requisitos, esto con el objetivo de poder darle una mejor interpretación la cual expresara de manera clara y concisa los requerimientos que el cliente requiere, es decir en términos medibles y verificables.

Además, de que con la verbalización en el QFD facilitó la identificación de los requerimientos claves y prioritarios del cliente, lo cual ayudó a establecer las bases para el desarrollo de estrategias y acciones específicas. Permitiendo tomar decisiones

informadas sobre qué aspectos del producto o servicio deben recibir mayor atención y en qué medida se deben satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.

### 4.6.3 Frecuencia de requerimientos

Durante la etapa de recopilación de información del QFD, se llevó a cabo la identificación de las necesidades y expectativas del cliente. En esta fase, se recopilaron los datos a través de encuestas, y entrevistas a artesanos y expertos. Por lo cual cada vez que se mencionó o se solicitó un determinado requerimiento o característica por parte de los clientes, se fue registrando su frecuencia. Esto ayudó a determinar la importancia relativa de ese requerimiento en comparación con otros.

Tabla 12 Frecuencias de requerimiento de los clientes. Fuente: Elaboración propia.

Características	Frecuencia	Características	Frecuencia
Rápida	14	Resistente	8
Económica	12	Buen diseño	7
Multifuncional	12	De bajo costo	7
Ahorradora de energía	10	Eficiente	3
Fácil de usar	9	Fácil de adquirir	2
De bajo costo	9	Fácil de limpiar	2
Ergonómica	8		

### 4.6.4 Definición de los ¿Que ´s? (requerimientos del cliente)

Relación máxima	Necesidad Sup.	Requerimientos Funcionales
		Requisitos Del cliente
1	Diseño	Buen diseño
2		Resistente
3		Fácil de limpiar
4		Resistente a altas temperaturas
5		Multifuncional
6	Estructur	Fácil de usar
7		Ergonómica
8		Rápida
9		Eficiente
10	Mercado	Confiable
11		Económica
12		Fácil de adquirir
13		Ahorradora de energía

De acuerdo a las etapas mencionadas en el marco metodológico, sobre la aplicación de la metodología QFD, en la siguiente etapa para la construcción de la casa de la calidad se analizaron minuciosamente los resultados obtenidos por medio de la aplicación de la encuesta y entrevista.

Por lo que una vez obtenidos y verbalizados los requerimientos del cliente, se ordenaron de acuerdo a su grupo de requerimiento, para posteriormente darle su ponderación de importancia.

Figura 24 Definición de los ¿Que ´s?. Fuente: elaboración propia.

#### 4.6.5 Definición de los ¿Cómo´s? (requisitos funcionales)

En la siguiente etapa fue necesario definir los ¿Cómo's? o requisitos funcionales, los cuales involucran los procedimientos operativos de la empresa para establecer las actividades, o características específicas que se deben implementar tanto en el aspecto técnico como en el operativo, para cumplir con los requerimientos del cliente y lograr la máxima satisfacción del mismo. Estos "cómo's" son identificados y definidos en el proceso de despliegue de la función de calidad, que es la metodología central del QFD.

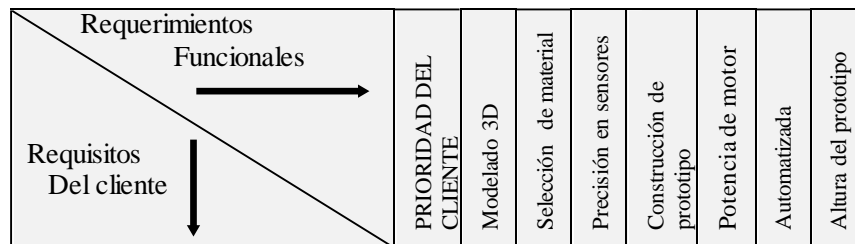


Figura 25 Identificación de los ¿Cómo's?. Fuente: elaboración propia

#### 4.6.6 Relación entre los requisitos del cliente y los requerimientos funcionales

Una vez definidos los requisitos de los clientes y los requerimientos funcionales se procedió a crear la relación que existe entre ambos. Algunos autores utilizan la simbología para relacionar los (¿Qué's?) con los (¿Cómo's?).

Para este caso se utilizó una asignación numérica a los símbolos basada por los autores Camisón, *et. al.*, (2006), donde 9 es utilizado para interpretar que hay una relación fuerte entre ambos parámetros, 6 para una relación media y 3 para representar una relación débil, además de que en los cuadros o celdas vacías indican la falta de relación entre los requerimientos, para esta casa de la calidad se manejó con un 0.

Relación máxima	Necesidad Sup.	Requerimientos Funcionales	PRIORIDAD DEL CLIENTE	Modelado 3D	Selección de material	Precisión en sensores	Construcción de prototipo	Potencia de motor	Automatizada	Altura del prototipo
		Requisitos Del cliente								
1	Diseño	Buen diseño	4	9	9	0	9	0	0	6
2		Resistente	5	9	9	0	6	0	0	0
3		Fácil de limpiar	3	0	0	0	3	0	0	3
4		Resistente a altas temperaturas	4	0	9	0	3	6	0	0
5		Multifuncional	3	3	0	0	3	0	6	0
6	Estructur	Fácil de usar	3	0	0	3	6	0	9	0
7		Ergonómica	4	0	0	0	0	0	9	9
8		Rápida	5	0	0	9	0	9	9	0
9		Eficiente	2	0	0	6	0	9	3	0
10	Mercado	Confiable	1	3	9	9	3	3	3	0
11		Económica	1	0	9	3	6	0	0	0
12		Fácil de adquirir	1	0	0	0	0	0	0	0
13		Ahorradora de energía	3	0	0	0	0	0	6	0

Figura 26 Tabla de relaciones entre los requisitos de los clientes con los requerimientos funcionales.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.6.7 Correlación entre los requerimientos funcionales

La determinación de la correlación sucede en el techo de la casa de la calidad y se realiza entre los requerimientos funcionales (los Cómo's), se realiza con el objetivo de comprender cómo la satisfacción de un requerimiento afecta a otros y para tomar decisiones informadas sobre la asignación de recursos y prioridades durante el proceso de diseño y desarrollo del producto

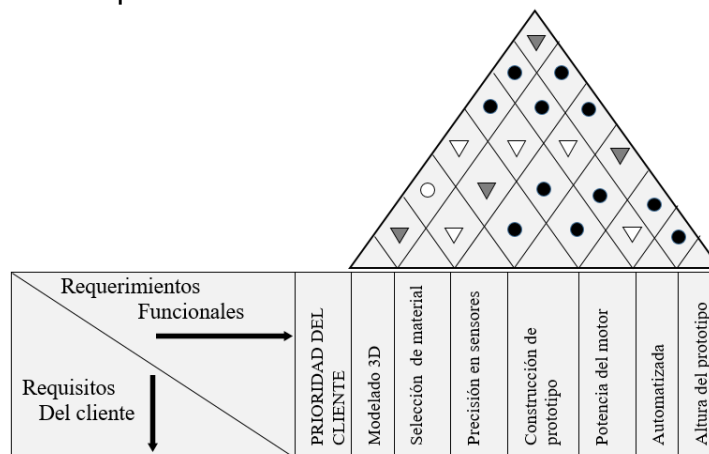


Figura 27 Determinación de correlación entre los requerimientos funcionales.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.6.8 Determinación final

Después de calcular todos los valores en el QFD, se realizó una interpretación que revela que, para mejorar una estación de trabajo del tipo artesanal, es fundamental contar con un diseño sólido que asegure la durabilidad del dispositivo. Además, de que el dispositivo sea rápido en la ejecución de las operaciones, por lo que se requiere que sea automático.

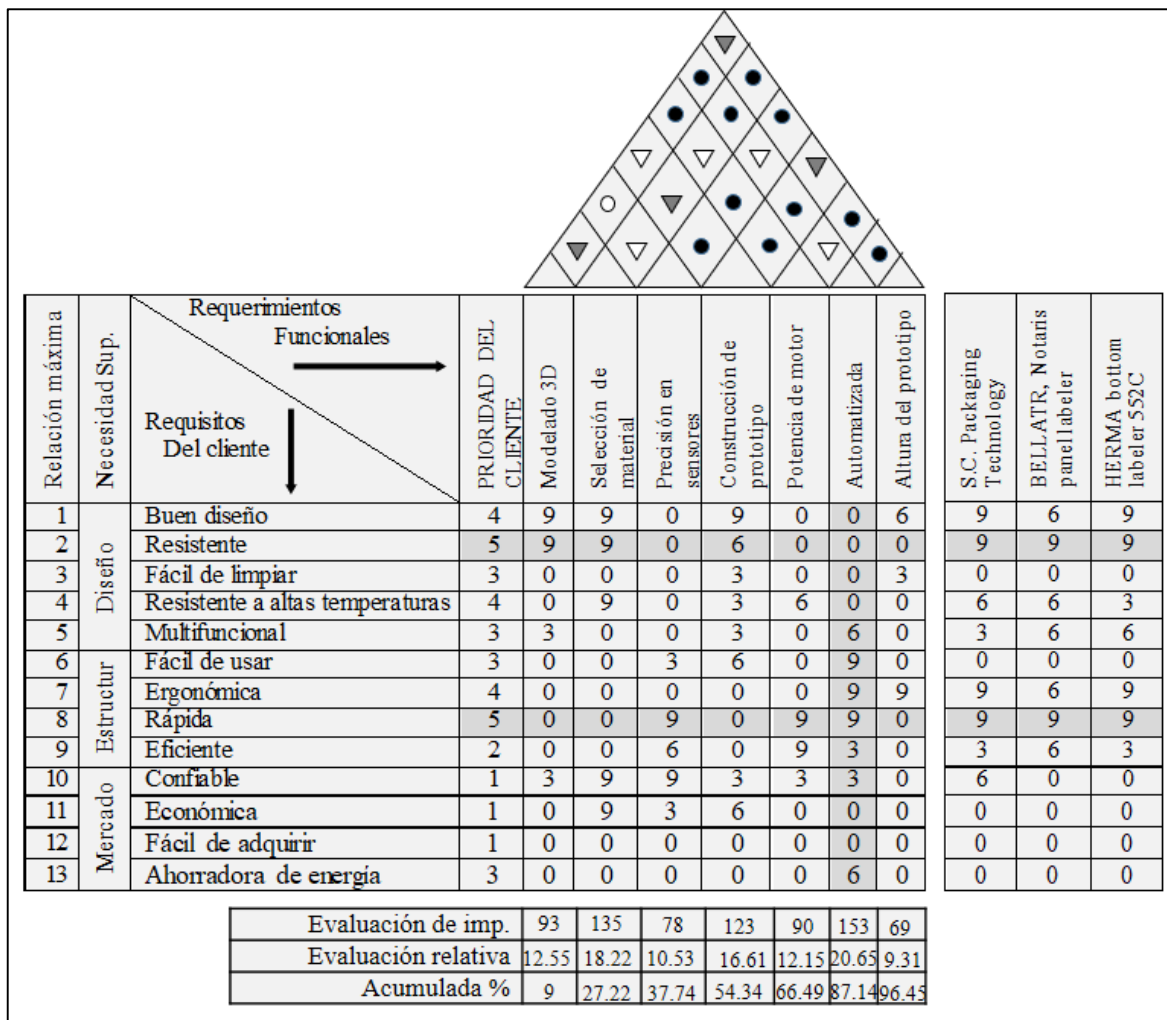


Figura 28 Casa de la calidad de un dispositivo de etiquetado.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.7 Diseño de prototipo en MasterCam®

Una vez obtenido los requerimientos y características del cliente mediante el QFD, se realizó el diseño, esto con la ayuda del software MasterCam X5, con el objeto de comprender a fondo el producto, identificar posibles riesgos y establecer medidas preventivas para garantizar la calidad, confiabilidad y seguridad del dispositivo.

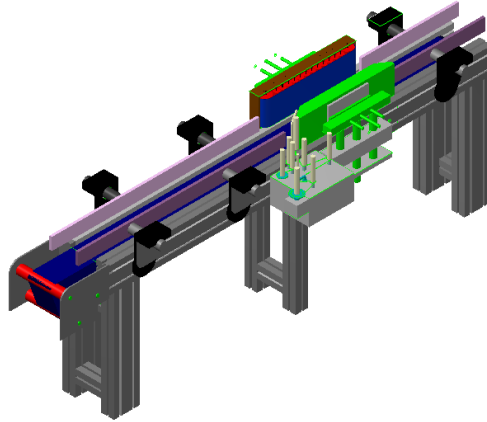


Figura 29 Diseño de Prototipo para el etiquetado de envases.  
Fuente: Elaboración propia mediante software MasterCAM X5

##### 4.7.1 Diagrama de explosión del dispositivo

Una vez obtenido el diseño, se realizó la explosión, esto con el objetivo de poder identificar algunos de los sub-componentes, que conforman el diseño.

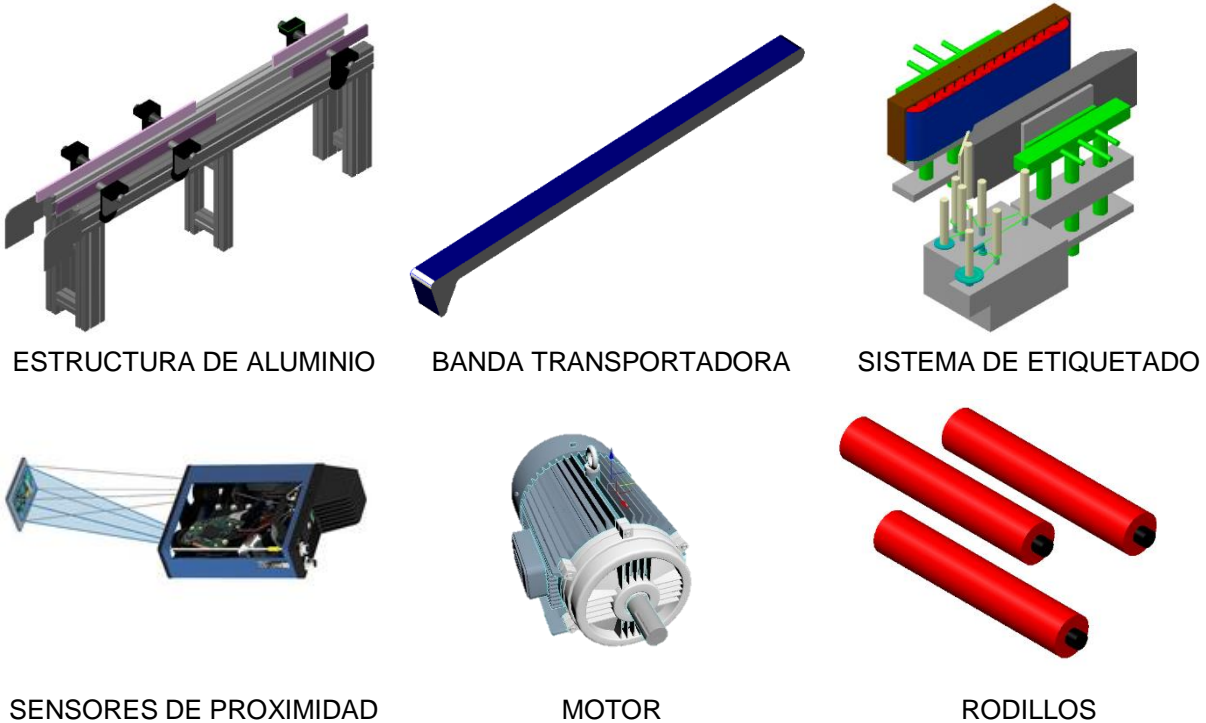
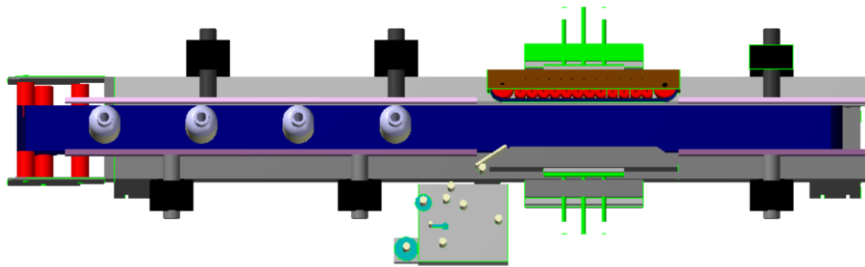


Figura 30 Componentes explosionados. Fuente: Propia

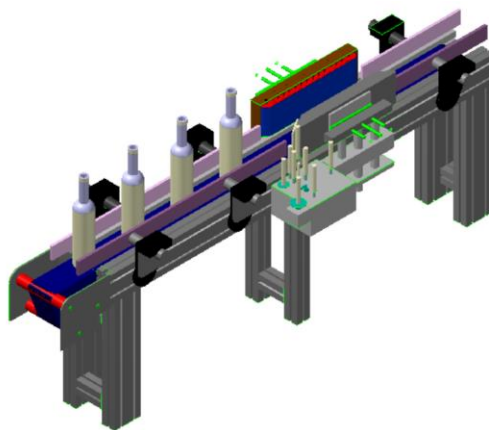
#### 4.8 Simulación de prototipo mediante SolidWorks®

La simulación de los procesos de manufactura es una herramienta invaluable en la industria moderna. Esta permite evaluar y optimizar el rendimiento de los sistemas de producción antes de implementarlos en la realidad, lo que reduce costos, minimiza tiempos de desarrollo y maximiza la eficiencia operativa.

Con el uso del software SolidWorks®, el cual es una aplicación de diseño, se modeló un prototipo etiquetador de botellas para una empresa del giro artesanal, dicho prototipo parte de un diseño en un software de Manufactura Asistida por Computadora (CAM) y se usarán algunas de las técnicas de simulación en SolidWorks® para modelar, analizar y perfeccionar su funcionamiento.



*Figura 31 Diseño de prototipo etiquetador de botellas, vista alzado.*



*Figura 32 Diseño de prototipo etiquetador de botellas, vista isométrica.*

El diseño de las figuras 6.9 y 7 se llevaron a cabo mediante el software MasterCam®, el cual es una aplicación especializada en diseño asistido por computadora. El objetivo principal es realizar una simulación de proceso y para lograr esto, se comenzará por rediseñar el prototipo en el software de SolidWorks®, ya que este cuenta con las funcionalidades requeridas para llevar a cabo esta tarea.

#### 4.8.1 Descripción de los componentes

El siguiente diseño, corresponde a un dispositivo etiquetador de botellas, dicho prototipo está compuesto por 4 subensambles, de los cuales el principal de ellos es una cinta transportadora que servirá como base para el ensamblados de cada uno de los subensambles secundarios, el segundo subensamblado corresponde a un sistema de aplicación de etiquetas, el tercero de ellos es un ajustador de altura para aplicador de almohadilla de espuma y el cuarto subensamblado es un ajustador de altura para aplicador de almohadilla de espuma con cinta rotatoria.

En esta sección se describe a detalle el paso a paso del desarrollo y diseño de cada uno de los componentes, además de la función principal para la cual fue diseñado.

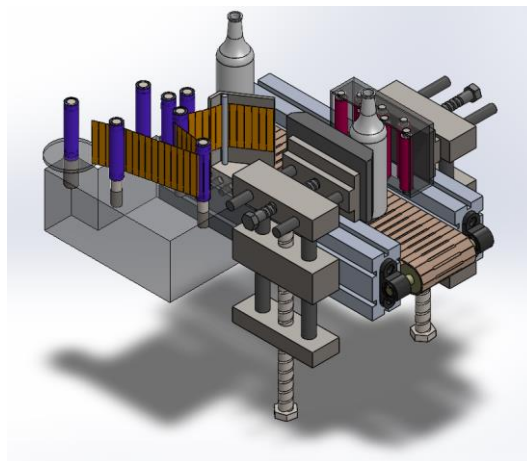


Figura 33 Sistema de etiquetado, vista isométrica. Fuente: Propia.

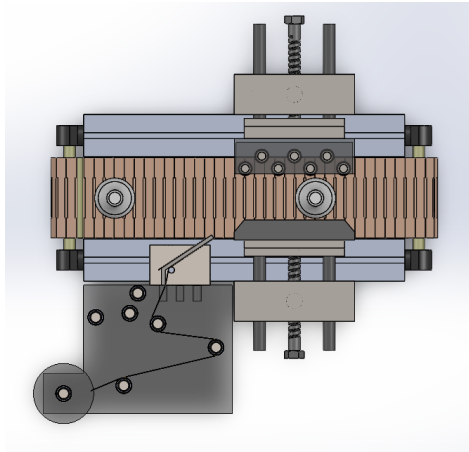


Figura 34 Sistema de etiquetado, vista alzado. Fuente: Propia.

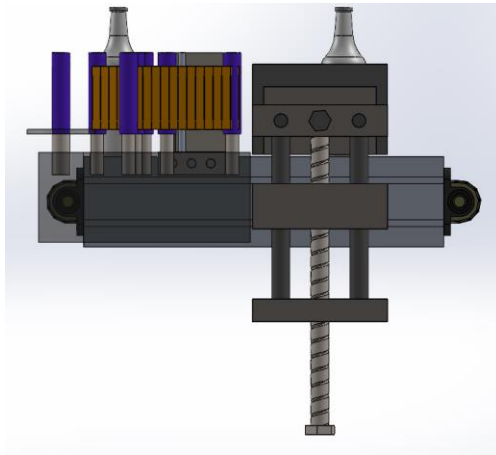


Figura 35 Sistema de etiquetado, vista lateral. Fuente: Propia.

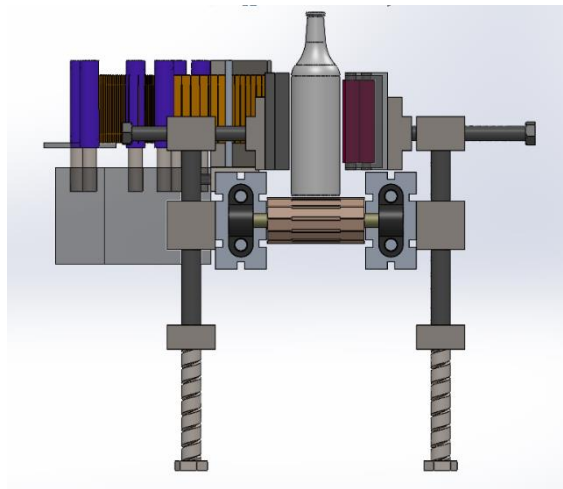


Figura 36 Sistema de etiquetado, vista frontal.  
Fuente: Propia.

El primer grupo de subensamble corresponde a una cinta transportadora, dicho mecanismo desempeña una función crucial para automatizar y agilizar el proceso de etiquetado de botellas, su función principal es mover las botellas de un punto a otro de manera constante y controlada para que puedan ser etiquetadas de manera precisa y eficiente. El subensamble consta de 9 componentes, de los cuales son dos soportes laterales, cuatro chumaceras milimétricas, dos ejes y una cinta o faja transportadora.

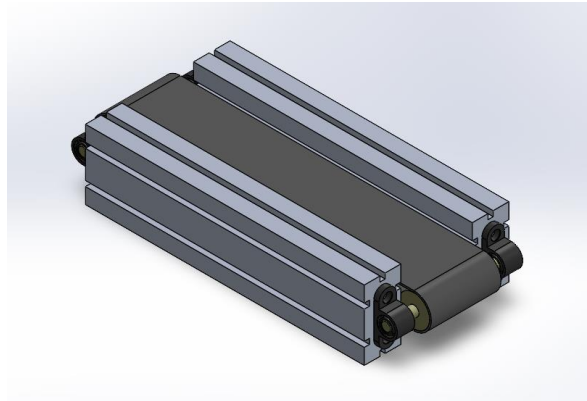


Figura 37 Subensamble de cinta transportadora. Fuente: Propia.

El primer componente en diseñarse corresponde a un perfil de aluminio estructural, cuyas características son unas medidas de 20 mm de alto, 10.5 mm de espesor y una longitud de 80 mm. El objetivo principal de esta pieza es actuar como soportes laterales, sosteniendo los ejes principales por medio de chumaceras milimétricas. Véase la figura 38.

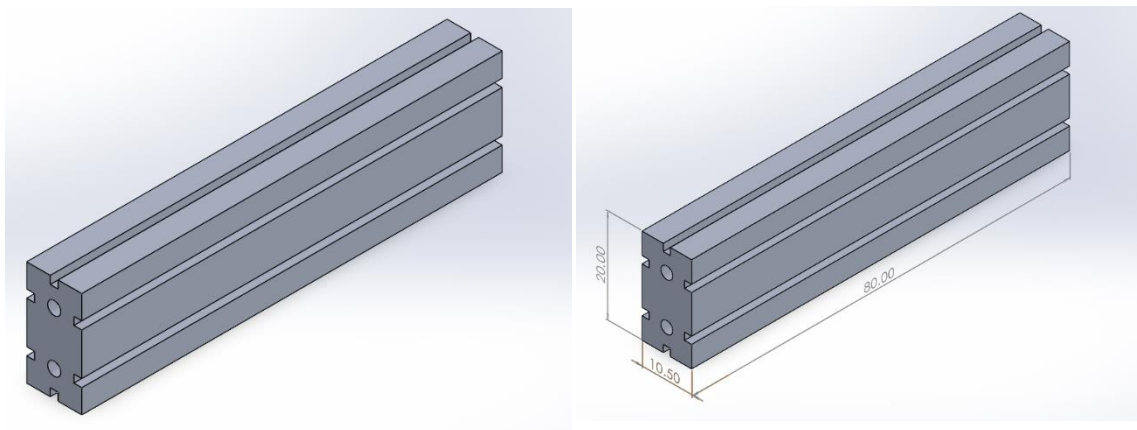


Figura 38 Perfil de aluminio estructural. Fuente: Propia.

El siguiente elemento en diseñarse corresponde a una chumacera milimétrica de hierro dúctil, la cual cuenta con las siguientes características que son una longitud 15 mm, con una altura de 6.75 mm, un espesor de 1.5 mm y un diámetro para eje de 3.20 mm. El objetivo principal de dicho componente es proporcionar soporte estructural, reducir la fricción y permitir que los ejes o rodillos principales giren de manera suave y eficiente. Véase la figura 39.

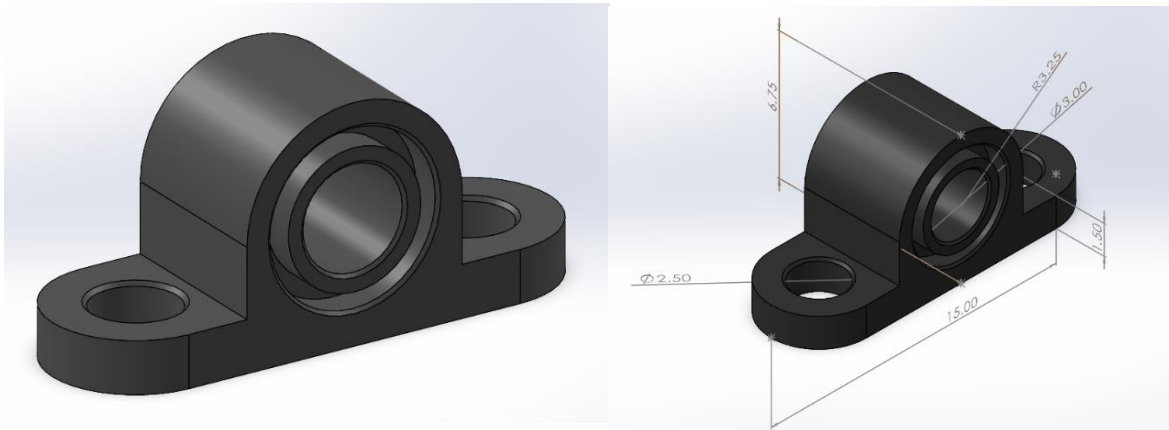


Figura 39 Chumacera Milimétrica. Fuente: propia.

El tercer componente de este subensamble corresponde a un eje o rodillo compuesto de acero recocido AISI 4340, cuyas medidas son de una longitud total de 36 mm, una longitud de desbaste de 2.9 mm, tanto de la parte derecha como de la parte izquierda, su diámetro mayor es de 9 mm y su diámetro menor es de 2.9 mm. La principal función de este elemento es la de soportar las cargas y tensiones que se generan durante el transporte de materiales, permitiendo la rotación de la cinta o faja transportadora. Véase la Figura 40.

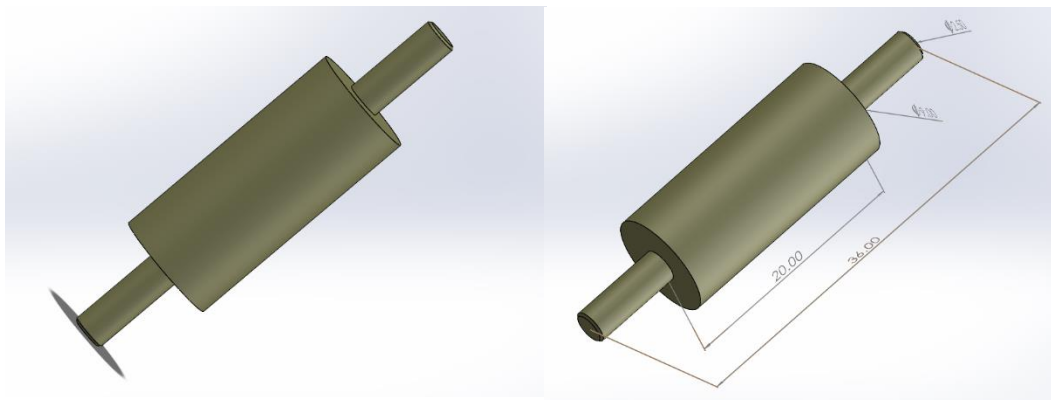
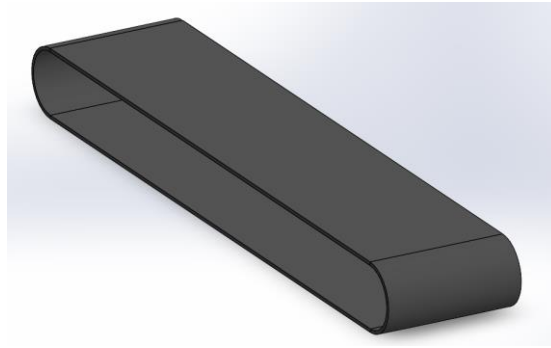


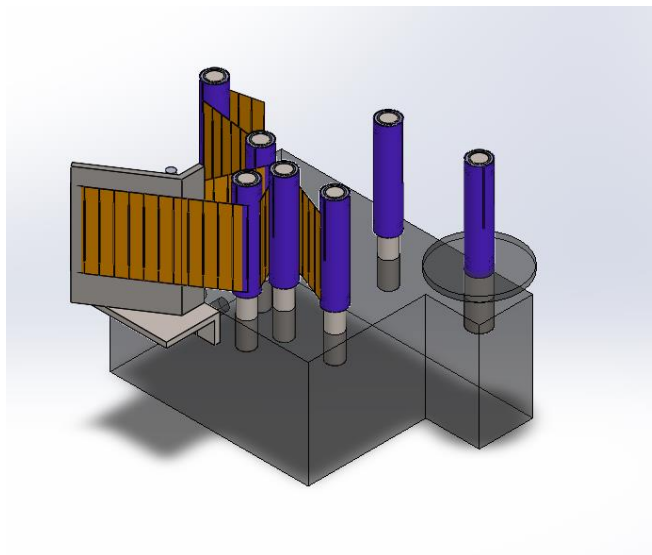
Figura 40 Eje principal. Fuente: propia.

El siguiente componente corresponde a una cinta o faja transportadora, cuyas dimensiones son de una longitud total de 187.5 mm, contando con una unión de extremo a extremo, lo cual deja una longitud de banda de 93.75 mm son, además de una anchura de 20 mm y un espesor de 0.5 mm. El objetivo primordial de dicho elemento es el de simplificar y agilizar el transporte de los materiales (envases) de un lugar a otro de manera eficiente, rápida y continua. Véase la figura 2.7.



*Figura 41 Cinta transportadora. Fuente: propia.*

Para el siguiente subensamble el cual se denomina como un sistema de aplicación de etiquetas y está compuesto por 38 componentes de los cuales son una base de acrílico, 7 ejes, 14 baleros, 7 rodillos de PVC, una pestaña desprendedora de etiquetas, 1 plato o base para etiquetas, una varilla lisa y un sujetador fijo, además de tornillos de sujeción.



*Figura 42 Subensamble sistema de etiquetado. Fuente: propia.*

El primer componente en diseñarse para este tipo de subensamble es una base de acrílico de impacto medio alto, cuyas características se describen como un cubo de forma rectangular con medidas de 47 mm de longitud, 32 mm de ancho, 20 mm de alto y un corte de 10 x 22 mm, 7 orificios para ejes, de los cuales 6 son de un diámetro de 3 mm y 1 de 4 mm, además de 3 orificios que serán donde se ensamblará el soporte que sostendrá el despendedor de etiquetas. El diseño de este mecanismo tiene la finalidad de brindar soporte a los ejes que sostendrán a los rodillos de PVC, los cuales servirán como apoyo para desplazar las etiquetas. Véase la figura 43.

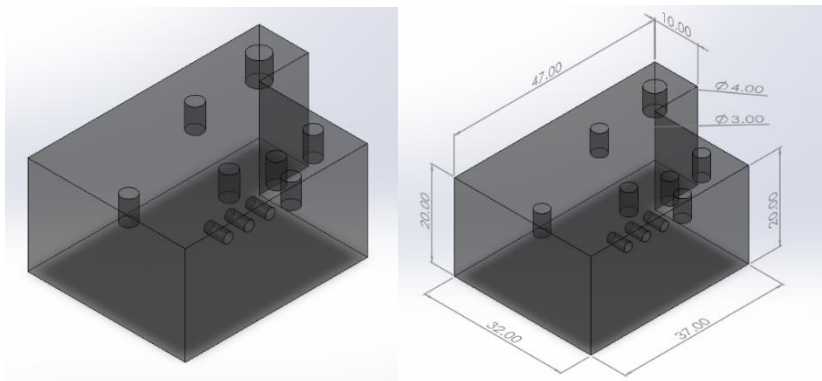


Figura 43 Base de acrílico. Fuente: propia.

El segundo componente en realizarse para este tipo de subensamble corresponde a un eje de apoyo de acero inoxidable recocido (ss), cuyas medidas son de 27 mm de longitud, un diámetro de 2.9 mm y un diámetro menor de desbaste de 2.5 mm con una longitud de 18 mm. Este diseño servirá para ayudar al tubo de PVC a girar y trasladar las etiquetas por todo el recorrido que deberá llevar, además de que este diseño será utilizado y replicado para los demás orificios a excepción de el orificio mayor, el cual contará con otro tipo de eje.

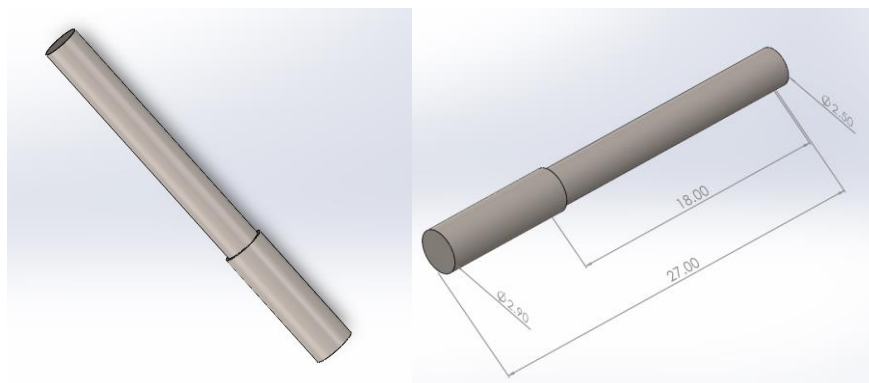


Figura 44 Eje de apoyo. Fuente: propia.

El tercer componente es el eje mayor de acero inoxidable recocido (ss), este contará con las características de que será una única pieza y tendrá unas dimensiones de 29 mm de longitud total, un diámetro mayor de 3.9 mm y dos diámetros de desbaste de 3 mm y 2.5 mm, con una longitud de 19.96 mm. El objetivo principal de esta pieza es sostener el plato porta etiquetas y brindar un soporte para mayor desplazamiento.

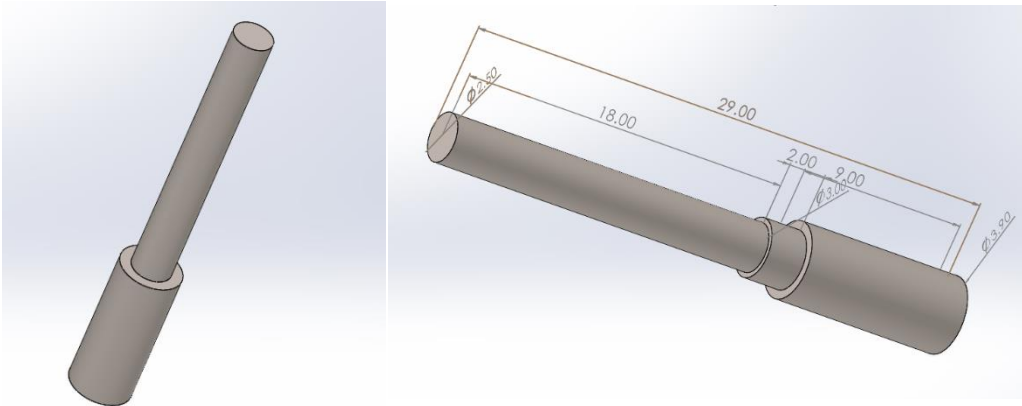


Figura 45 Eje principal para etiquetas. Fuente: propia.

El cuarto componente en diseñarse es un plato giratorio de acrílico de impacto medio alto, este diseño será una portaetiquetas, la pieza cuenta con unas dimensiones de 18 mm de diámetro, 2 mm de espesor y un orificio de 3.5 mm de diámetro. El objetivo de esta pieza es sostener el rollo de etiquetas que serán colocadas en el sistema de etiquetado, y tendrá una dureza máxima de soportar hasta 3.5 kg de peso.

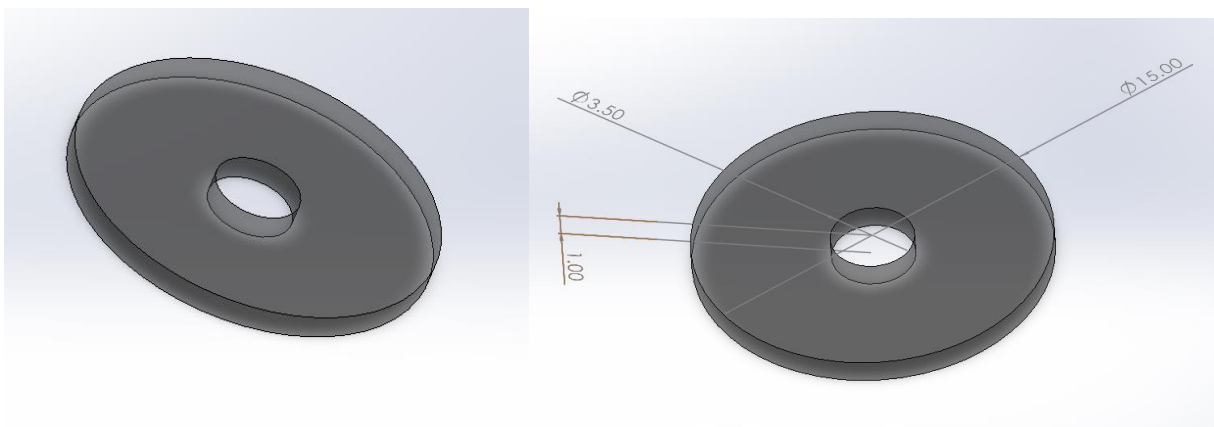
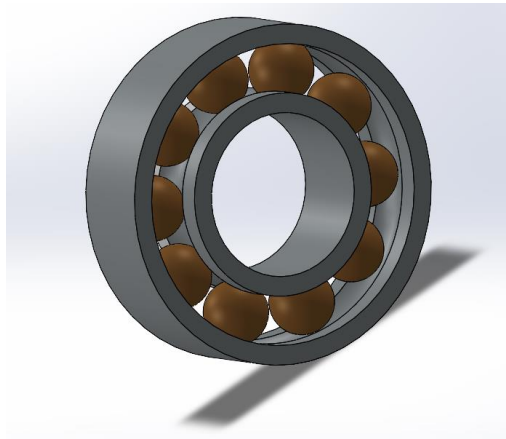


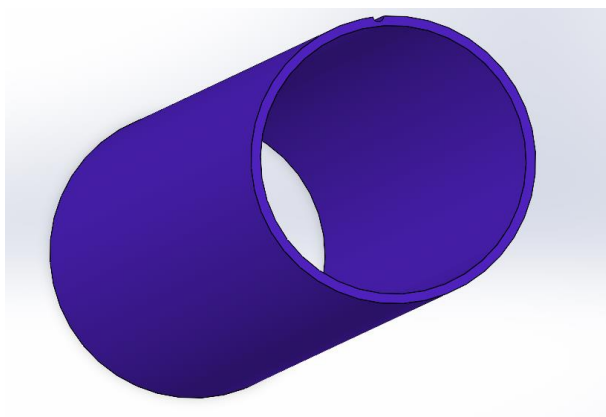
Figura 46 Plato porta etiquetas. Fuente: propia.

El quinto componente en diseñarse es un balero o rodamiento milimétrico de 10 balines, el cual cuenta con unas dimensiones de 2.51 mm de diámetro interior y 3.74 mm de diámetro exterior, este diseño será replicado en todos los ejes, ya que cada uno tendrá dos baleros uno en la parte superior y uno en la parte inferior. La funcionalidad que tendrá esta pieza dentro del mecanismo será la de reducir la fricción entre el eje principal y el tubo de PVC, esto permitiendo que obtengan un movimiento relativo y se deslicen las etiquetas con una fricción mínima.



*Figura 47 Balero milimétrico. Fuente: propia.*

El sexto componente es el tubo plástico de PVC, este diseño cuenta con unas medidas de 18 mm de longitud, un espesor de 0.5 mm y un diámetro interior de 3.75 mm. La funcionalidad que tendrá este diseño es el de permitir trasladar las etiquetas de un punto a otro mediante un rodamiento y una tangente a la cinta o rollo de etiquetas adhesivas.



*Figura 48 Tubo PVC. Fuente: propia.*

El séptimo componente en diseñarse es el separador de etiquetas adhesivas de aleación de aluminio 1060, cuyas medidas son de 22 mm de altura, 15 mm de ancho, una partidura de 4.23 mm a  $123.5^\circ$  y un espesor de 1.3 mm. El objetivo principal de este componente es el de separar la etiqueta del papel adhesivo, permitiendo así la adherencia a las botellas.

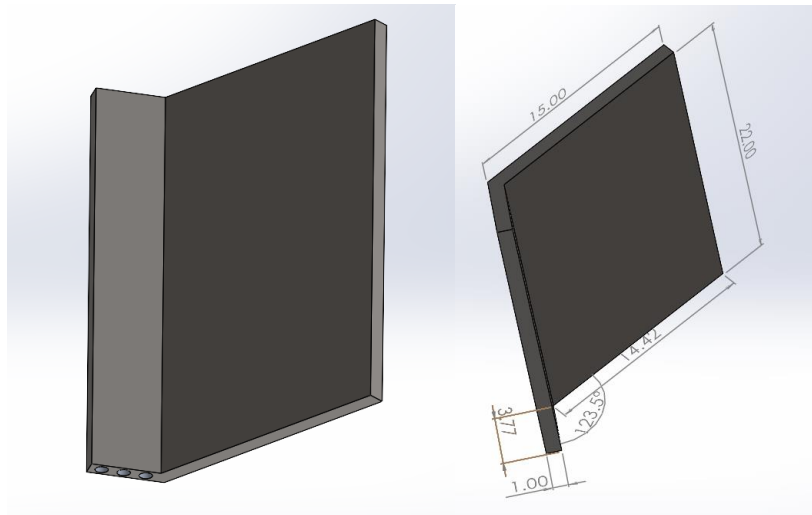


Figura 49 Separador de etiquetas. Fuente: propia.

El octavo componente es el soporte para la colocación del separador de etiquetas de acero inoxidable (x6cr17), ya que este se encargará de sostener dicho componente, las características con las que cuenta la pieza es una placa en forma de L con medias de 15 mm de longitud, 5 mm de alto, una partidura de 10 mm a  $90^\circ$  y un espesor de 1 mm, además de que esta pieza tendrá orificios para poder anclarse a la base principal.

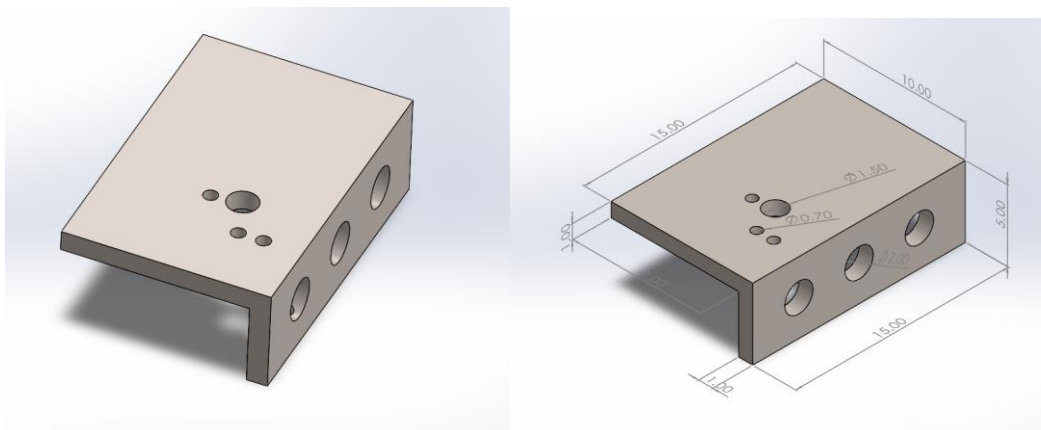


Figura 50 Soporte de acero. Fuente: propia.

El siguiente subensamble corresponde a un ajustador de altura para aplicador de almohadilla de espuma, el cual será el componente que se encargará de adherir la etiqueta al producto. El subensamble está compuesto por 11 componentes, de los cuales son 3 cubos de aluminio, un sujetador de espuma o esponja, 4 varillas lisas, 2 tornillos o pernos sin fin y una placa o soporte de aluminio.

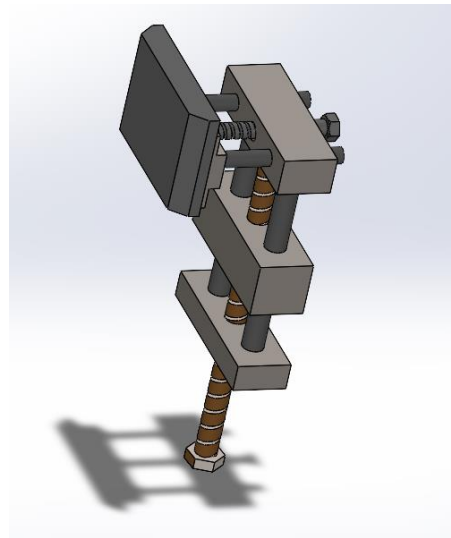


Figura 51 Ajustador de altura, almohadilla esponja. Fuente: propia.

Para el diseño y construcción de este subensamble, se procede a elaborar como primera pieza un cubo de chapa de acero al carbono 1023, el cual servirá como soporte para las varillas lisas, además de que tendrá un mecanismo de perno para un tornillo sin fin que servirá como un ajustador de altura. Este diseño contará con unas medidas de 30 mm de largo, 10 mm de ancho, 10 mm de altura y 3 orificios de 4 mm de diámetro de los cuales el orificio central contará con un roscado para funcionar como mecanismo de ajuste.

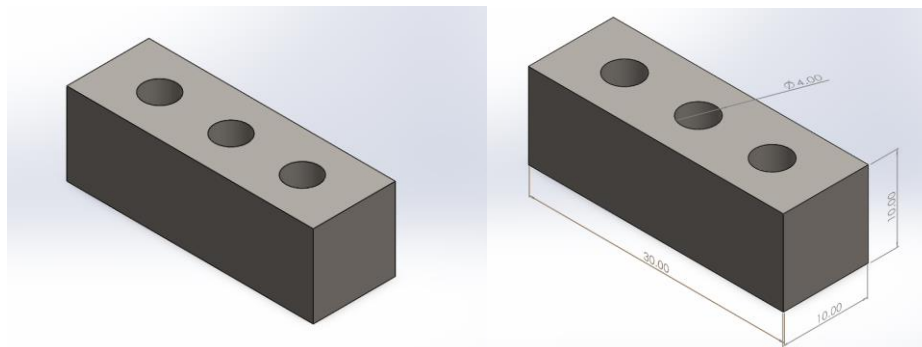


Figura 52 Cubo metálico central. Fuente: propia.

La segunda pieza a diseñarse para este grupo de subensamble corresponde a un segundo cubo de chapa de acero al carbono 1023, este será colocado en la parte inferior del ensamble, y servirá como soporte para las varillas y el tornillo sin fin. Las especificaciones con las que contará dicha pieza serán unas medias de 30 mm de longitud, 10 mm de ancho, 5 mm de altura y 3 cortes circulares, de los cuales son de un diámetro de 4 mm, además de que la circunferencia central contará con un roscado.

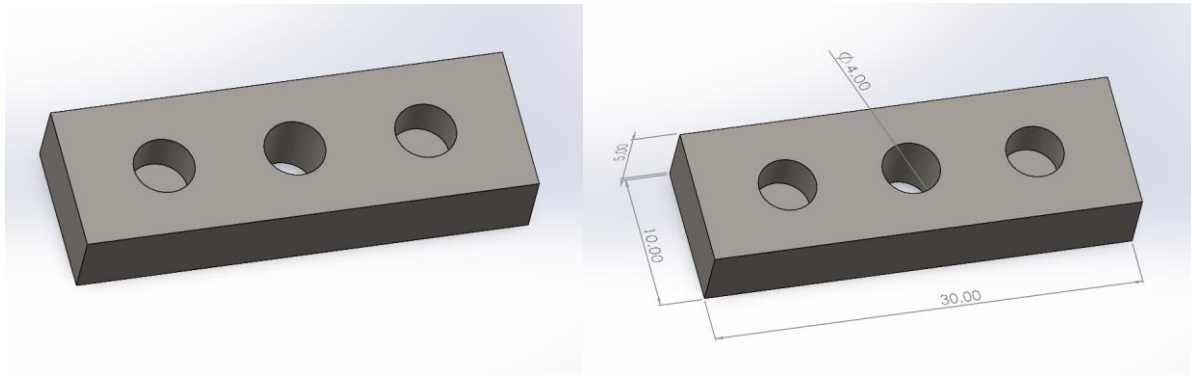


Figura 53 Cubo metálico inferior. Fuente: propia.

El tercer componente para este grupo de subensamble es un tercer cubo de chapa de acero al carbono 1023, este elemento estará en la parte superior de la pieza ajustadora de altura. Este elemento cuenta con unas especificaciones de medidas que son 30 mm de longitud, 10 mm de anchura, 7 mm de alto y 6 perforaciones circulares, 3 en la parte inferior y 3 en las partes laterales, de las cuales 3 serán de un diámetro de 4 mm y 3 de un diámetro de 3 mm, además de que la perforación central de la parte lateral contará con un roscado milimétrico que servirá como un ajustador.

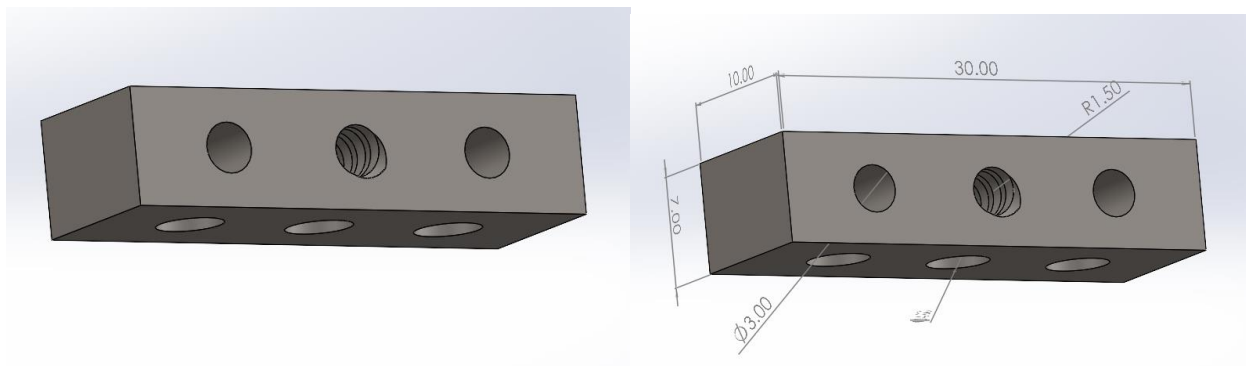


Figura 54 Cubo metálico superior. Fuente: propia.

El cuarto elemento es el diseño de un tornillo o perno sin fin, este consiste en un tornillo largo de acero inoxidable recocido (ss) con una rosca helicoidal y se utiliza en combinación con los cubos de chapa metálica para convertir el movimiento rotativo en una acción mecánica precisa y controlada la cual ayude a darle el ajuste necesario de la altura que deberá de tener el subensamble completo. Esta pieza contará con unas medidas de 67 mm de longitud total y un diámetro de cuerda de 3.8 mm.

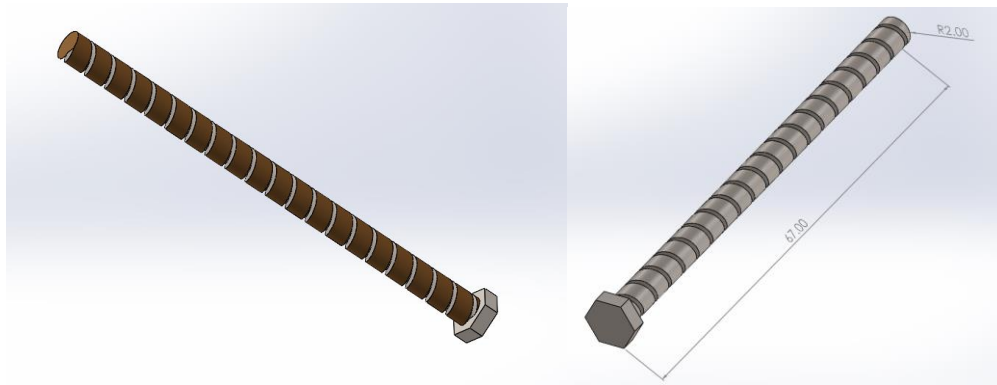


Figura 55 Tornillo sin fin. Fuente: propia.

El quinto elemento para este grupo de subensamble es una varilla lisa de aleación de aluminio 1060, esta pieza tendrá unas medidas de 40 mm de longitud, y un diámetro de 3.9 mm. La funcionalidad que tendrá esta varilla es la de actuar como soportes de los 3 cubos de chapa metálica, solo serán utilizados como soporte elevador para un desplazamiento adecuado y suave.

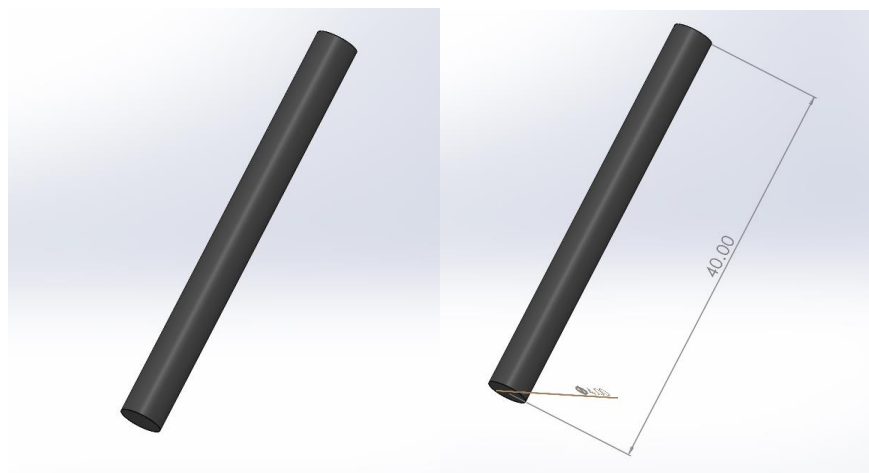


Figura 56 Varilla lisa. Fuente: propia.

El sexto elemento en diseñarse, corresponde a un tornillo o perno sin fin, esta pieza se caracteriza por ser un tornillo milimétrico largo de acero inoxidable recocido (ss) con una rosca helicoidal y se utilizara para dar un ajuste entre la almohadilla de espuma o esponja y el mecanismo elevador de altura. El diseño de esta pieza contará con unas medidas de 27 mm de longitud y 3 mm de diámetro.

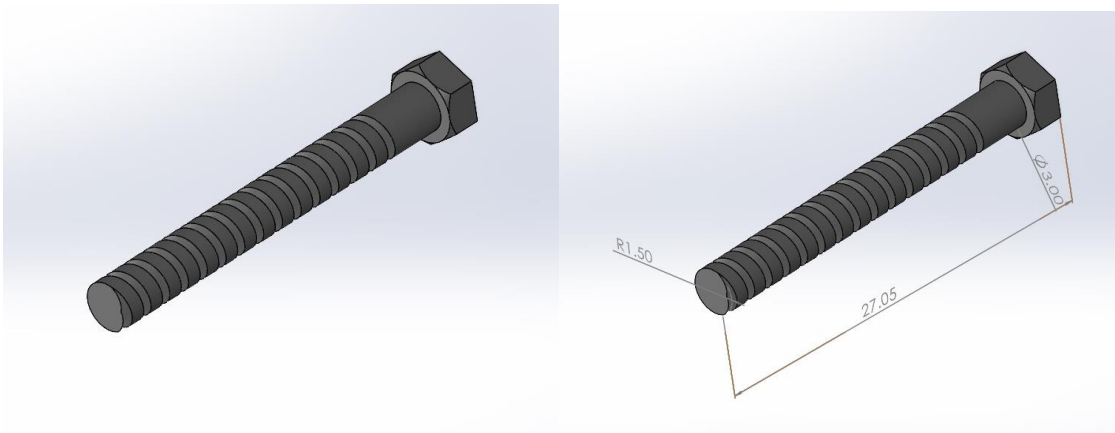


Figura 57 Tornillo sin fin milimétrico. Fuente: propia.

El séptimo elemento para este grupo de subensamble es una varilla milimétrica lisa de aleación de aluminio 1060, esta pieza tendrá unas medidas de 25 mm de longitud, y un diámetro de 3 mm. La funcionalidad que tendrá esta varilla es la de actuar como soporte entre el cubo superior de chapa metálica y el sujetador o soporte de aluminio.

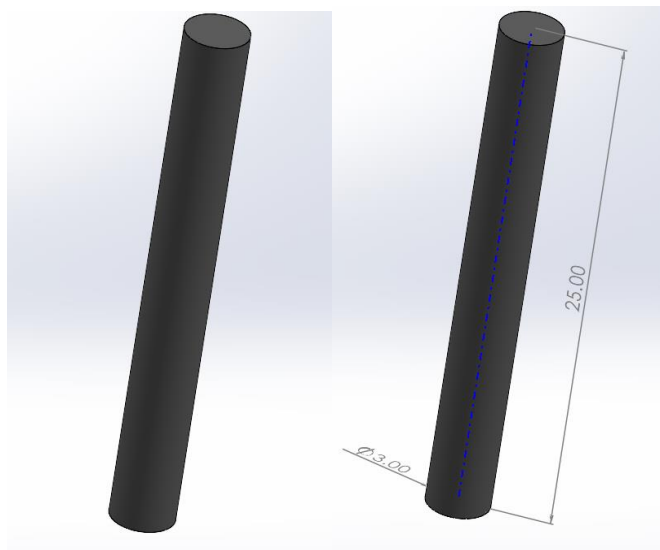


Figura 58 Varilla lisa. Fuente: propia.

El elemento ocho para este grupo de subensamble se trata de un soporte para cojinete, las características de esta pieza son unas medidas de 25 mm de longitud, 15 mm de alto, un espesor de 3 mm, 3 orificios circulares con diámetros de 3 mm, y el material del cual está compuesto es una aleación de chapa de acero al carbono 1023. El objetivo de esta pieza es darle un mayor soporte al cojinete o almohadilla de esponja, además, con ayuda del mecanismo regulador de longitud, se podrá ajustar a las medidas que requiera el producto.

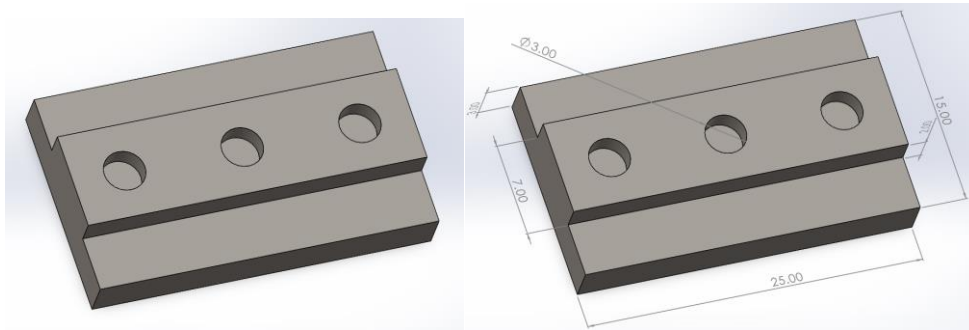


Figura 59 Soporte para cojinete. Fuente: propia.

El último elemento que compone este grupo de subensamble es el aplicador de almohadilla de espuma, esta pieza será la encargada de adherir la etiqueta a los productos. El diseño de esta pieza cuenta con unas especificaciones de 30 mm de longitud, 20 mm de alto, un espesor de 5 mm y chaflanes de 3.9 mm a 39°, el material por el cual está compuesto es una aleación de poliuretano termoplástico 11671. El objetivo principal de este diseño es el de unir la etiqueta a los productos mediante una presión que se ejercerá entre la etiqueta y el producto logrando así una mejor adherencia.

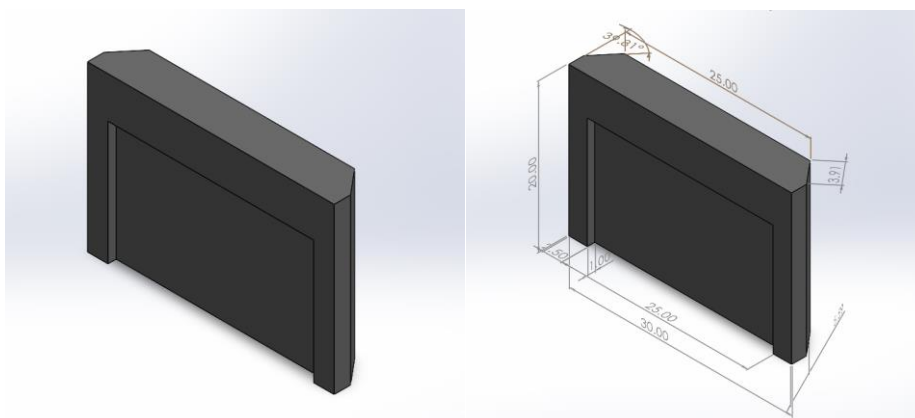
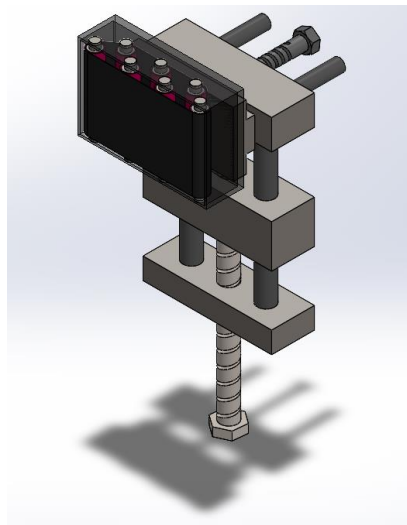


Figura 60 Cojinete de almohadilla de espuma. Fuente: propia.

El último grupo o subensamble corresponde a un segundo ajustador de altura para aplicador de calcomanías adhesivas, este subensamble contará con un total de 20 componentes, de los cuales son 3 cubos de aluminio, un sujetador de caja con rodillos, 4 varillas lisas, 2 tornillos o pernos sin fin, una placa o soporte de aluminio, una caja de acrílico, 7 rodillos milimétricos y una banda de caucho. Para el diseño de este subensamble se utilizarán todos los componentes del subensamble anterior y solo se cambiará la pieza de aplicador de almohadilla de espuma, por la de caja de acrílico con banda, ya que este será otro de los componentes principales que ayudarán adherir la etiqueta a los productos mediante la aplicación de presión entre la etiqueta adhesiva, el cojinete de espuma y el producto a etiquetar.



*Figura 61 Ajustador de altura, caja de acrílico. Fuente: propia.*

#### 4.9 Propuesta de nueva estación de trabajo

Identificado, diseñado y simulado el tipo de máquina capaz de mejorar el proceso de etiquetado, se propone que el trabajador cambiaría su función en el proceso productivo y pasa de ser operativo a asumir el rol de supervisor de la operación de la máquina, su participación se centrará en la alimentación del prototipo de máquina etiquetadora, la cual estará diseñada con base en los percentiles de un estudio antropométrico.

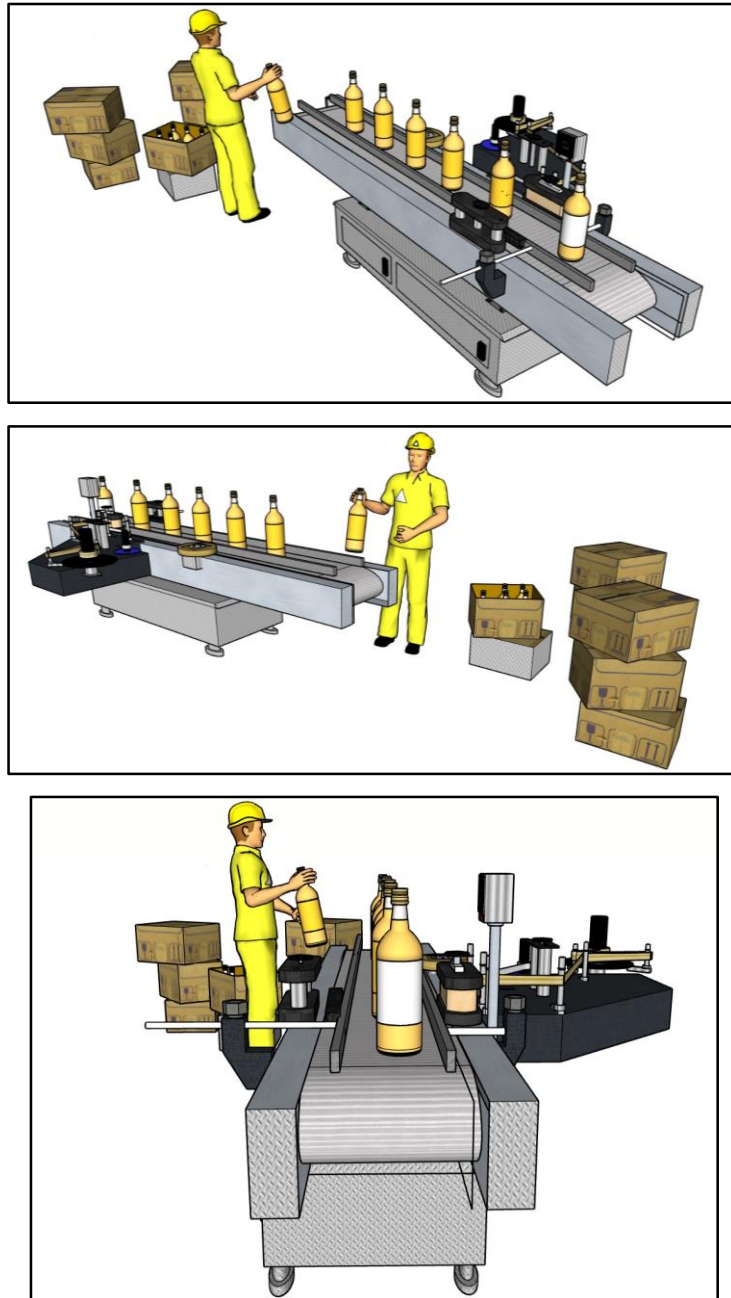


Figura 61 Representación ilustrativa de nueva estación de trabajo. Fuente: Elaboración propia.

Además de que el proceso de manejo de cargas estáticas orientará a que el trabajador manipule adecuadamente las cajas de botellas para alimentar la máquina, esto a una altura acorde a sus medidas, garantizando así la ergonomía y eficiencia en la operación.

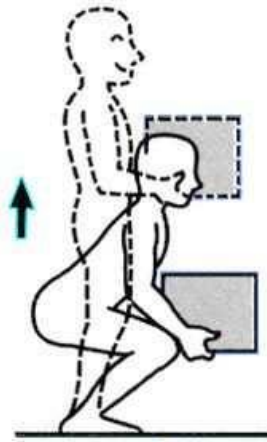


Figura 62 Representación de manejo correcto de cargas estáticas. Fuente: Fundación Carlos Slim.

Así mismo, la máquina contará con la capacidad de ajustarse a las medidas de nuevos operarios, permitiendo una adaptación rápida y segura. También se contemplará el uso de equipo de protección personal para asegurar la seguridad y bienestar del trabajador en todo momento.

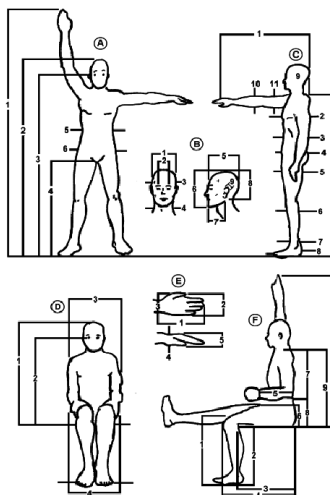


Figura 63 Principales mediciones en un estudio antropométrico. Fuente: Marco Antonio Chávez-Rojo.

#### 4.9.1 Evaluación de método RULA a nueva estación de trabajo

Con la implementación del prototipo para la automatización de la nueva estación de etiquetado de botellas de vino de miel, se realizó una segunda evaluación ergonómica por medio del método RULA, esto con ayuda del software Ergoniza® de ergonautas, para determinar la nueva puntuación que tendrá el operario en la estación de etiquetado.

Figura 64 Evaluación de nueva estación de trabajo. Fuente: Ergoniza®, ergonautas.

#### 4.9.2 Evaluación ergonómica del grupo A, análisis de brazo, antebrazo y muñeca.

En esta etapa se realizó la evaluación del grupo A, mediante simulación de proceso, donde se colocaron los datos en el software de Ergoniza®, para ello se tomaron los ángulos a los que trabajaría el operario y determinar cuál sería el riesgo ergonómico al que se encontraría expuesto.

Figura 65 Evaluación de grupo A en nueva estación de trabajo. Fuente: Ergoniza®, ergonautas.

### 4.9.3 Evaluación ergonómica del grupo B, cuello, tronco y extremidades superiores.

Para la evaluación del grupo B, se tomaron los ángulos de cuello, tronco y piernas para determinar el grado de exposición ergonómica al que estará el trabajador.

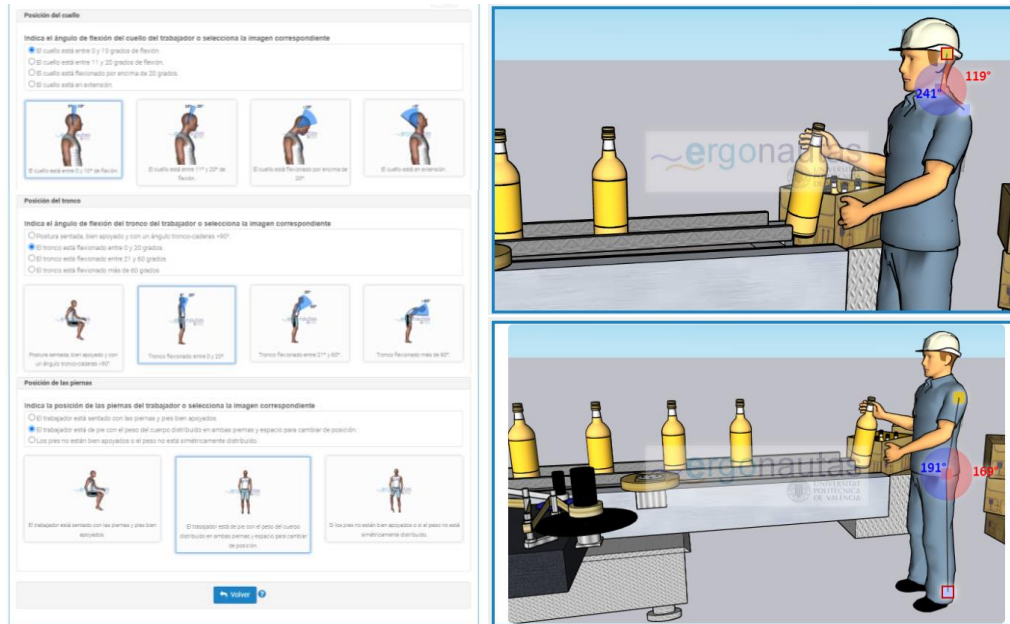


Figura 66 Evaluación de grupo B en nueva estación de trabajo. Fuente: Ergoniza®, ergonautas.

### 4.9.4 Puntuación RULA a nueva estación de trabajo.

Una vez realizada la evaluación mediante el software Ergoniza®, se puede interpretar que la puntuación 6 en la escala RULA, bajo a una puntuación 2, nivel de actuación 1, lo cual indica que el riesgo al que estaría el trabajador en la nueva estación de trabajo es aceptable y por lo tanto se eliminan los movimientos repetitivos en la tarea de etiquetado.



Figura 67 Resultado final a nueva estación de trabajo. Fuente: Ergoniza®, ergonautas.

## CONCLUSIONES

En México, las actividades de tipo artesanal, forman parte de la economía de ciertas regiones, como es el caso de microempresas del norte de Veracruz, una de estas empresas fue sujeta a estudio, concluyendo lo que se describe a continuación.

Se analizó la estación de etiquetado de la empresa artesanal APICOLA TANTOYUCA, donde la mayoría de los procesos son manuales, como la actividad de etiquetado de las botellas, lo que ocasionaba que el proceso no contara con una medida estándar sobre la botella, debido a un mal colocado, lo que provocaba desperdicios en el proceso y una mala calidad en cuanto a la presentación del producto.

Mediante herramientas de ingeniería industrial, como el estudio de tiempos y movimientos, se revisó detalladamente la tarea de etiquetado y se observó una problemática aún mayor, la cual era el riesgo ergonómico al que estaba expuesto el trabajador. El exceso de movimientos repetitivos podría causar desgaste en las articulaciones o desarrollar desórdenes traumáticos acumulativos por la postura adoptada dentro de la operación.

Se llevó a cabo un análisis utilizando el método de evaluación ergonómica RULA, que divide al cuerpo en dos grupos: el grupo A (extremidades superiores como brazo, antebrazo y muñeca) y el grupo B (cuello, tronco y piernas). Este análisis arrojó una puntuación RULA de 6, lo que indica un nivel de actuación 3, sugiriendo la necesidad de un rediseño en la estación de trabajo.

Identificada la necesidad de cambiar o rediseñar el área de trabajo, se recurrió a la herramienta de calidad QFD. Se realizaron encuestas y se escuchó la voz del experto para recabar información sobre los parámetros necesarios para mejorar una estación de trabajo artesanal. Los valores más altos de QFD indicaron que el dispositivo debía ser rápido, duradero y económico. Con estos parámetros determinados, se realizó un modelado en 3D para mostrar al dueño de la empresa el prototipo, utilizando el software Mastercam®. Una vez aprobado, se desarrolló en el software de SolidWorks® una

simulación del funcionamiento del prototipo para demostrar cómo funcionaría dentro de la empresa. La simulación de procesos es beneficiosa, ya que evita gastos y errores antes de llevar a cabo la construcción física.

Finalmente, después de simular el proceso de etiquetado, se desarrolló un modelado de la estación de trabajo con el dispositivo en funcionamiento, realizando una segunda evaluación ergonómica para conocer el resultado de la implementación del dispositivo. Aplicando nuevamente el método RULA, se obtuvo una puntuación de 2, con un nivel de actuación de 1, lo que indica que el riesgo es aceptable y, por lo tanto, el operario está fuera del riesgo ergonómico.

Por lo tanto, la investigación realizada en la empresa Apícola Tantoyuca demostró que, a pesar de su enfoque artesanal y su escaso personal, es posible mejorar significativamente las estaciones de trabajo mediante la implementación de herramientas de ingeniería industrial y conceptos de la industria 4.0. El análisis inicial reveló la necesidad de optimizar el tiempo dedicado al etiquetado y reducir los riesgos ergonómicos asociados con esta tarea. A través del uso del método RULA y del software Ergoniza®, se identificaron y cuantificaron los riesgos ergonómicos, lo que llevó al desarrollo de un prototipo de máquina etiquetadora. Este prototipo no solo promete aumentar la eficiencia y la productividad, sino que también preserva el carácter artesanal de la empresa. La metodología utilizada, que incluyó el modelo KANO y la filosofía QFD, permitió diseñar una solución que responde a las necesidades del cliente y mejora las condiciones de trabajo del operario. La simulación del proceso de etiquetado en SolidWorks® validó la viabilidad del prototipo, proporcionando una base sólida para su futura implementación y contribuyendo al éxito y sostenibilidad de Apícola Tantoyuca.

## BIBLIOGRAFÍA

- SANGÜESA SÁNCHEZ, M., MATEO DUEÑAS, R., & ILZARBE IZQUIERDO, L. (2019). Teoría y Práctica de la Calidad. En M. SANGÜESA SÁNCHEZ, R. MATEO DUEÑAS, & L. ILZARBE IZQUIERDO, *Teoría y Práctica de la Calidad* (págs. 35-37). Paraninfo.
- A. Millan, Julio. (15 de febrero de 2018). *Forbes, México*. Obtenido de <https://www.forbes.com.mx/el-desafio-de-la-cuarta-revolucion-industrial/>
- Agudelo, N., Tano, G., & Varga, C. A. (2020). HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN. *Universidad ECCI*.
- Alexandre, B., Salguero, J., Aguayo, F., & Ares, E. (2016). Aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 al diseño y fabricación de productos artesanales. *Economía del cambio tecnológico*, 435-441.
- Álvarez Orozco, M. (2018). *Retail Thinking: Innovación y creatividad para crecer en ventas*. PROFIT.
- Angeles, M. (2017). *GS1 México*. Obtenido de <https://blog.gs1mexico.org/manufactura-4.0-un-nuevo-mundo-digital-e-industrial-por-descubrir>
- Angélica Larach, M. (2001). El comercio de los productos transgénicos: el estado del debate internacional. *División de Integración y Comercio Internacional*.
- Aprende en casa. (18 de enero de 2023). *Gobierno de México*. Obtenido de <https://aprendeencasa.sep.gob.mx/secundaria/cual-elijo-proceso-artesanal-o-proceso-industrial-2/>
- Armenta, Humberto;. (2018). *Oportunidades de la industria 4.0 en México*. Obtenido de <https://humbertoarmenta.mx/oportunidades-de-la-industria-4-0-en-mexico/>
- Asensio S., Bastante M., & Diego J. (2012). Evaluación Ergonomica de Puesto de Trabajo.
- Austral, A. S. (03 de Febrero de 2020). *3PLS*. Obtenido de <https://3pls.cl/proceso-de-etiquetado-de-un-producto/>

- Báez López, Y. A. (S.A). *Sistema de Tiempos Predeterminados MTM*. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA (FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA).  
Obtenido de [http://ing.ens.uabc.mx/docencia/manuales/industrial/estudio\\_del\\_trabajo\[9043\].pdf](http://ing.ens.uabc.mx/docencia/manuales/industrial/estudio_del_trabajo[9043].pdf)
- Balestrini Acuña, M. (2000). Como se elabora el proyecto de investigación. 113-114.  
Obtenido de [https://www.academia.edu/35200583/2000\\_Como\\_se\\_Elabora\\_un\\_Proyecto\\_de\\_Investigacion\\_MIRIAN\\_BALESTRINI\\_pdf](https://www.academia.edu/35200583/2000_Como_se_Elabora_un_Proyecto_de_Investigacion_MIRIAN_BALESTRINI_pdf)
- Banks, J. (1998). *Handbook of simulation*. Engineering & Management Press.
- Barba, M. C. (2007). *El dictamen pericial en ergonomía y psicología aplicada : manual para la formación del perito*. Tébar.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. Buenos Aires, Argentina: INTAL. Obtenido de [https://books.google.com.mx/books?id=geiGDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=industria+4.0&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj4tZDE9Zb9AhVVOUQIHT\\_6AtgQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=industria%204.0&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=geiGDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=industria+4.0&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj4tZDE9Zb9AhVVOUQIHT_6AtgQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=industria%204.0&f=false)
- Bastidas, C., & Martín, J. (2017). *Ergonomía en la industria panadera : análisis de las actividades críticas del proceso de producción de pan*. Quito, Ecuador: Quito. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6953>
- Bustos Flores, C. (1 de Junio de 2009). *La producción artesanal*. *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545880009.pdf>
- Bustos, F. C. (2009). *La producción artesanal*. *Visión Gerencial*. *revistavisiongerencial@gmail.com*, 37-52.
- Cadena Palagot, N. S. (18 de enero de 2011). *Evolución de los sistemas productivos*. Obtenido de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/evolucion-de-los-sistemas-productivos/>

Campos Villalta, L. M., & López Poveda, Y. Y. (Agosto de 2020). Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos asociados a posturas forzadas en artesanos de calzado de un taller en la ciudad de Ambato. *Repositorio Digital Universidad Internacional SEK*. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3973>

Carrillo Sardón, D. (2020). *DISEÑO, SIMULACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA FABRICACIÓN DE PIEZAS DE ALTA PRECISIÓN EN UN ENTORNO MASTERCAM*.

CETYS Universidad. (14 de enero de 2021). *CETYS Universidad*. Obtenido de <https://www.cetys.mx/educon/que-es-un-proceso-de-produccion-empresarial/>

Chavez, J., Hernández, E., & Ortíz, E. (2021). *ENSAMBLE DE JUGUETE CON EL METODO MOST*.

COFEPRIS . (27 de Marzo de 2020). Obtenido de Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios: [https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/8150/seeco11\\_C/seeco11\\_C.html#:~:text=ART%C3%8DCULOS%20TRANSITORIOS-,Norma%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D051%2DSCFI%2FSSA1%2D2010,preenvasados%20%2DInformaci%C3%B3n%20comercial%20y%20sanitaria.](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/8150/seeco11_C/seeco11_C.html#:~:text=ART%C3%8DCULOS%20TRANSITORIOS-,Norma%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D051%2DSCFI%2FSSA1%2D2010,preenvasados%20%2DInformaci%C3%B3n%20comercial%20y%20sanitaria.)

Constant, I. (2021). *DOMESTIKA*. Obtenido de <https://www.domestika.org/es/blog/6334-que-es-un-sistema-de-diseno-y-como-puedo-usarlo-en-mis-proyectos-digitales>

Cosar, R. C. (2012). Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas. *NTP 242*. Obtenido de [http://www.prevencionyergonomia.es/resources/ntp\\_242.pdf](http://www.prevencionyergonomia.es/resources/ntp_242.pdf)

Cruelles Ruíz, J. A. (2012). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación* (Primera ed.). MARCOMBO, S.A.

De Fusco, R. (2005). *Historia del diseño*. Barcelona: Santa & Cole. Obtenido de <https://bibcatalogo.uca.es/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=923527>

- De la Fuente García , D. (2006). *Organización de la producción en ingenierías*. España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- E. Mayers, F. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos para la manufactura gil*. Pearson Educación.
- EDS Robotics. (04 de noviembre de 2020). *EDS Robotics S.A.* Obtenido de [https://www.edsrobotics.com/blog/proceso-industrial-que-es/#%C2%BFQue\\_caracteriza\\_a\\_un\\_proceso\\_industrial](https://www.edsrobotics.com/blog/proceso-industrial-que-es/#%C2%BFQue_caracteriza_a_un_proceso_industrial)
- El diario de Xalapa. (24 de Noviembre de 2021). *El diario de Xalapa*. Obtenido de <https://www.diariodexalapa.com.mx/local/conoces-este-lado-dulce-de-veracruz-la-miel-y-su-potencial-se-ubica-en-el-quinto-lugar-de-produccion-7516899.html#:~:text=Asimismo%2C%20en%20la%20entidad%20veracruzana,d e%20mayor%20producci%C3%B3n%20durante%202018>.
- Escalante Lago, A., & Gonzales Zúñiga , J. D. (2015). *Ingeniería Industrial: métodos, tiempos y manufactura ágil*. México : Alfaomega.
- FONART. (2018). *Fondo Nacional para el Fomento de la Artesanías* . Obtenido de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330994/ARTESANOS\\_Y\\_ARTE\\_SANIAS\\_UNA\\_PERSPECTIVA\\_ECONOMICA.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330994/ARTESANOS_Y_ARTE_SANIAS_UNA_PERSPECTIVA_ECONOMICA.pdf)
- García Criollo, R. (2005). *ESTUDIO DEL TRABAJO, INGENIERIA METODOS Y MEDICION DEL TRABAJO*. MC GRAW HILL.
- García Criollo, R. (2005). *ESTUDIO DEL TRABAJO, INGENIERIA METODOS Y MEDICION DEL TRABAJO* (Segunda ed.). MC GRAW HILL.
- García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. Mc GrawHill.
- Gómez González, S. (2022). *El gran libro de SolidWorks* (Segunda ed.). Alfaomega.
- González Rodríguez, H. (2017). *Repositorio Institucional de la Universidad de Guanajuato*. Obtenido de <http://repositorio.ugto.mx/handle/20.500.12059/3375>

- GSL, I. (18 de noviembre de 2020). *¿QUÉ ES LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL?* Obtenido de <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-la-automatizacion-industrial>
- Hamui-Sutton, A. (2013). Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica. *SciELO*, II. Obtenido de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572013000400006](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000400006)
- Hernández Sampieri , R., Fernández Collado, C., & Pilar Baptista, L. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). Mc GrawHill.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (22 de Noviembre de 2021). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*. Obtenido de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/especiales/AtlasN\\_abejas2021.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/especiales/AtlasN_abejas2021.pdf)
- Izar Landeta, J. M. (2016). *Manufactura de clase mundial*. Alfaomega.
- Lampard, R., & Pole, C. (2015). *Practical Social Investigation: Qualitative and Quantitative Methods in Social Research*. Taylor & Francis Group, 4-5. Obtenido de <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.4324/9781315847306/practical-social-investigation-richard-lampard-christopher-pole>
- López, B. E. (2014). Evaluación de Sobrecarga Postural en los trabajadores. *Revisión de la Literatura. Ciencia y Trabajo*, 111-115. Obtenido de URL:<http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p419>
- M. Andrade, A., A. Del Río, C., & L. Alvear, D. (2019). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *SciELO*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300083&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000300083&script=sci_arttext)
- Mas, D., & Antonio, D. (2015). *Ergonautas*, Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de Disponible online: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>

- Mas, D., & Antonio, J. (2015). Evaluación postural mediante el método RULA. *Universidad Politécnica de Valencia*. Obtenido de <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Mayers, F. (2013). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura agil*. PRENTICE HALL/PEARSON.
- Motta, J., Morero, H., & Ascúa, R. (2019). *Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina*. Obtenido de Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina: [https://repository.eclac.org/bitstream/handle/11362/45033/S1900952\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.eclac.org/bitstream/handle/11362/45033/S1900952_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Naghi Namakforoosh, M. (2004). *Metodología de la investigación* (Segunda ed.). LIMUSA.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGraw-Hill .
- Palacios, A. L. (2016). *Ingeniería de Metodos movimientos y tiempos*. <https://books.google.es/books>.
- Pérez Castro, E. R. (Septiembre de 2020). Diseño de un sistema automatizado para mejorar el proceso de la máquina etiquetadora que se ajuste a distintos modelos de envase en La Casa De Esparadrappo Quins S.A. Ecuador: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56666>
- Pérez Porto, M., & Merino, M. (23 de Julio de 2013). *Definición. De:*. Obtenido de <https://definicion.de/procesos-industriales/>
- Pinilla, M. A., Parra, C., & Rojas, E. (2011). El prototipo en el diseño: actitud creativa de cambio. *DEARQ-Revista de Arquitectura / Journal of Architecture*, núm. 8, julio-, 2011.
- Quesada Madriz, G. (22 de Septiembre de 2005). *Gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/despliegue-de-la-funcion-de-calidad-dfc-o-la-casa-de-la-calidad/>

Real Academia Española. (2022). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/proceso>

Reyes P. (2007). Análisis del Modo y Efecto de Falla. Obtenido de [www.icicm.com/files/PFMEA.doc](http://www.icicm.com/files/PFMEA.doc)

Salazar López, B. (20 de junio de 2019). *Ingeniería Industrial online*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/ingenieria-de-metodos/diagrama-bimanual/>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2018). *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*. Obtenido de [https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/cap2.html#22\\_La\\_Apicultura\\_como\\_Actividad\\_Econ%C3%B3mica](https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/cap2.html#22_La_Apicultura_como_Actividad_Econ%C3%B3mica)

Secretaría de Economía. (08 de Abril de 2018). *Gobierno de México*. Obtenido de <https://www.gob.mx/se/articulos/el-desarrollo-de-la-industria-4-0-en-mexico?idiom=es>

Singh Soin, S. (1998). *Control de calidad total*. McGraw-Hill.

Sitlalli, Y. (05 de Junio de 2019). Estudio de Tiempos Predeterminados (Work-Factor (WF)). *Sistema de tiempos Predeterminado*. Obtenido de <https://estudio2unidad1sistemaworkfactor.blogspot.com/2019/06/sistema-de-tiempos-predeterminado.html?showComment=1559865351831>

Solbes Monzó, R. (2013). *Automatismos industriales (Contenidos conceptuales y procedimentales)*. Ulzama .

Thomas, M. (febrero de 2023). *builtin.com*. Obtenido de <https://builtin.com/hardware/simulation-theory>

Troncoso Palacio, A. (2020). El modelado, la simulación de procesos y los gemelos digitales: soporte para la toma de decisiones. *Universidad de la Costa CUC, Barranquilla, Colombia*.

UNIR. (03 de septiembre de 2022). *UNIR (Universidad Internacional de la Rioja)*.  
Obtenido de <https://mexico.unir.net/ingenieria/noticias/que-es-industria-4-0/>

W. Niebel, B., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial; Métodos, estándares y diseño del trabajo* (Duodécima ed.). Mc GrawHill.

Ynzunza Cortés, C. B., Izar Landeta, J. M., Bocarando Chacón, J. G., Aguilar Pereyra, F., & Larios Osorio, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *ConCiencia Tecnológica*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/94454631006.pdf>

Zape, J. C., Restrepo, E. C., & Tascon, C. E. (1999). *Estudio de Tiempos y Movimientos para el mejoramiento de la cosecha manual del café*. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/593/1/021.pdf>