



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA  
DE INGENIERÍA Y CIENCIAS SOCIALES  
Y ADMINISTRATIVAS

SEMINARIO DE MANUFACTURA DIGITAL

“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA FABRICAR UN EJE DE ACERO  
INOXIDABLE EN NUTRIEQUIPOS CON MAQUINARIA CNC.”

T R A B A J O F I N A L

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL  
P R E S E N T A  
ALFREDO CACIQUE CHÁVEZ

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INFORMÁTICA  
P R E S E N T A N  
JESÚS CARRILLO MOCTEZUMA  
SERGIO ESAÚ MARTÍNEZ PÉREZ

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL  
P R E S E N T A N  
ANDREA MARTÍNEZ BRUNO  
ADRIÁN REYES ECHAZARRETA

EXPOSITORES

M. EN C. JUAN CARLOS SAN JUAN GIJÓN

DR. JOSÉ MANUEL GARCÍA CÓRDOBA

CIUDAD DE MÉXICO

2023

No. DE REGISTRO

N7.333

Folio  
S.ACA.JPAII/183/2023

Asunto: Autorización de tema de titulación  
Opción: Seminario de titulación

2023. Año de Francisco Villa  
30 Aniversario de la Declaración sobre  
la Eliminación de la Violencia contra la Mujer (ONU)  
60 Aniversario del CECyT "Cuauhtémoc" y del CENAC  
90 Aniversario de la Escuela Superior de Ingeniería Textil  
40 Aniversario del CIDIR, Unidad Cuauca

Ciudad de México, 8 de septiembre del 2023

**C. PASANTES:**  
Alfredo Caciue Chávez  
Jesús Carrillo Moctezuma  
Andrea Martínez Bruno  
Sergio Esau Martínez Pérez  
Adrián Reyes Echazarreta  
**P R E S E N T E S.**

Tengo el agrado de comunicarle que le ha sido autorizado el trabajo de titulación denominado: **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA FABRICAR UN EJE DE ACERO INOXIDABLE EN NUTRIEQUIPOS CON MAQUINARIA CNC.**  
Con el siguiente contenido:

ÍNDICE	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I	MARCO METODOLÓGICO
CAPÍTULO II	MARCO CONTEXTUAL
CAPÍTULO III	MARCO TEÓRICO
CAPÍTULO IV	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA (DIAGNÓSTICO)
CAPÍTULO V	PROPUESTA DE SOLUCIÓN O MEJORA
CONCLUSIÓN	
REFERENCIAS	
ANEXOS	

El trabajo final es dirigido por el **M. en C. Juan Carlos San Juan Gijón.**  
Nota: Este oficio sustituye al S.ACA.JPAII/085/2023  
Sin más por el momento, le da un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"La Técnica al Servicio de la Patria"

  
**UPIICSA**  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
JEFEATURA DEL PROGRAMA  
ACADÉMICO DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL  
M. en C. Juan Carlos San Juan Gijón  
Jefe del Programa Académico de  
Ingeniería Industrial

  
**UPIICSA**  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
JEFEATURA DEL PROGRAMA  
ACADÉMICO DE ADMINISTRACIÓN  
INDUSTRIAL  
MSIG. José Miguel Cortés Navarro  
Jefe del Programa Académico de la  
Licenciatura en Administración Industrial

  
**UPIICSA**  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
JEFEATURA DEL PROGRAMA  
ACADÉMICO DE INGENIERÍA  
EN INFORMÁTICA  
Dra. Susana Cuevas Escobar  
Jefe del Programa Académico de  
Ingeniería en Informática

CCP: M. en E. Verónica Tolentino Hernández, Jefe de la Coordinación de Seminarios de Actualización con Opción a Titulación.  
Dra. Susana Cuevas Escobar, Jefe del Programa Académico de Ingeniería en Informática.  
MSIG. José Miguel Cortés Navarro, Jefe del Programa Académico de la Licenciatura en Administración Industrial.  
Especialista.  
JCS/Gómán



**CARTA DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DE TRABAJOS ESCRITOS**

Ciudad de México a los 7 días del mes de julio de 2023.

**M. en E. Liliانا Guadalupe Alarcón Olguín**  
**Jefa de la Oficina de Titulación**  
**PRESENTE**

En cumplimiento al Artículo 27° del Reglamento de Titulación del IPN, hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo de titulación por la opción de Seminario denominado:

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN PARA FABRICAR UN EJE DE ACERO INOXIDABLE EN NUTRIEQUIPOS CON MAQUINARIA CNC**

Desarrollado por los Pasantes:	Programa Académico:
Cacique Chávez Alfredo	Ingeniería Industrial
Carrillo Moctezuma Jesús	Ingeniería en Informática
Martínez Bruno Andrea	Administración Industrial
Martínez Pérez Sergio Esaú	Ingeniería en Informática
Reyes Echazarreta Adrián	Administración Industrial

Firma

Y dirigido por: M. en C. Juan Carlos San Juan Gijón

Considerando que éste reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador, no tenemos inconveniente en aprobarlo.

**Atentamente**  
**"La técnica al Servicio de la Patria"**

Asesor/Expositor Dr. José Manuel García Córdoba	Firma
--	-------

M. en C. Juan Carlos San Juan Gijón  
Jefe del Programa  
Académico de Ingeniería Industrial

**UPIICSA**  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
JEFATURA DEL PROGRAMA  
ACADÉMICO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

M. en C. Miguel Ángel Rodríguez  
Jefe del Programa  
Académico de Administración Industrial

**UPIICSA**  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
JEFATURA DEL PROGRAMA  
ACADÉMICO DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL

M. en E. Liliانا Guadalupe Alarcón Olguín  
Jefa del Programa  
Académico de Ingeniería en Informática

**UPIICSA**  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA  
JEFATURA DEL PROGRAMA  
ACADÉMICO DE INGENIERÍA EN INFORMÁTICA

## Autorización de uso de obra

**Instituto Politécnico Nacional**  
**Lic. Esteban Matus Miranda**  
**Jefe del Departamento de Servicios Estudiantiles**  
**PRESENTE**

Bajo protesta de decir verdad los que suscriben Cacique Chávez Alfredo, Carrillo Moctezuma Jesús, Martínez Bruno Andrea, Martínez Pérez Sergio Esaú, Reyes Echazarreta Adrián, manifestamos ser autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada Propuesta de Optimización para Fabricar un Eje de Acero Inoxidable en Nutriequipos con Maquinaria CNC, en adelante "El Trabajo Final" y del cual se adjunta copia, por lo que por medio del presente y con fundamento en el artículo 27 fracción II, inciso b) de la Ley Federal del Derecho de Autor, otorgamos al Instituto Politécnico Nacional, en adelante "El IPN", autorización no exclusiva para comunicar y exhibir públicamente total o parcialmente en medios digitales, para uso en internet y prensa "El Trabajo Final" por un periodo de 3 años contando a partir de la fecha de la presente autorización, dicho periodo se renovará automáticamente en caso de no dar aviso expreso a "El IPN" de su terminación.

En virtud de lo anterior, "El IPN" deberá reconocer en todo momento nuestra calidad de autores de "El Trabajo Final".

Adicionalmente, y en nuestra calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de "El Trabajo Final", manifestamos que la misma es original y que la presente autorización no contraviene ninguna otorgada por los suscritos respecto de "El Trabajo Final", por lo que nos deslindamos de toda responsabilidad a El IPN en caso de que el contenido de "El Trabajo Final" o la autorización concedida afecte o viole derechos autorales, industriales, secretos industriales, convenios o contratos de confidencialidad o en general cualquier derecho de propiedad intelectual de terceros y asumimos las consecuencias legales y económicas de cualquier demanda o reclamación que puedan derivarse del caso.

Ciudad de México, 7 de julio de 2023.

Atentamente

  
Cacique Chávez Alfredo

  
Martínez Pérez Sergio Esaú

  
Carrillo Moctezuma Jesús

  
Reyes Echazarreta Adrián

  
Martínez Bruno Andrea

## ÍNDICE

<b>Resumen .....</b>	<b>i</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>ii</b>
<b>CAPÍTULO I MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.2 Pregunta de investigación.....	1
1.3 Hipótesis.....	1
1.4 Objetivo General .....	1
1.5 Objetivos Particulares .....	1
1.6 Justificación.....	2
1.7 Tipo de investigación .....	3
1.8 Diseño de Investigación .....	3
1.9 Técnicas de investigación .....	5
<b>CAPÍTULO II MARCO CONTEXTUAL .....</b>	<b>6</b>
2.1 Nombre de la empresa.....	6
2.2 Localización de la empresa.....	6
2.3 Antecedentes históricos de la empresa .....	6
2.4 Organigrama de la empresa .....	7
2.5 Misión de la empresa .....	8
2.6 Visión de la empresa.....	8
2.7 Giro de la empresa.....	8
2.8 Clientes de la empresa .....	8
2.9 Productos .....	8
2.10 Valores .....	11
<b>CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
3.1 Acero .....	12
3.1.1 Acero en México.....	12
3.1.2 Acero Inoxidable.....	13
3.2 Maquinaria en Nutriequipos .....	16
3.2.1 Torno horizontal .....	17
3.2.2 Torno CNC .....	21
3.2.3 Fresadora .....	22
3.2.4 Tronzadora de metal .....	25
3.2.5 Planta para soldar .....	26
3.2.6 Sierra cinta .....	28
3.3 Código G .....	30

3.4 Contabilidad de costos .....	30
3.4.1 Elementos del costo .....	31
<b>CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA (DIAGNÓSTICO).....</b>	<b>33</b>
4.1 Proceso manual .....	33
4.2 Especificación técnica del eje de acero inoxidable .....	48
4.3 Análisis de tiempos (proceso manual) .....	49
4.3.1 Cálculo de número de observaciones .....	49
4.3.2 Cálculo de tiempo promedio de cada actividad .....	50
4.3.3 Cálculo de tiempo básico de cada actividad .....	52
4.3.4 Cálculo de suplementos de fatiga .....	54
4.3.5 Cálculo de tiempo estándar de cada actividad .....	56
4.4 Análisis de costos de producción por procesos .....	58
4.5 Análisis de costo de proceso manual.....	58
<b>CAPÍTULO V PROPUESTA DE SOLUCIÓN O MEJORA.....</b>	<b>63</b>
5.1 Desarrollo de la propuesta de mejora .....	63
5.1.1 Diseño 3D del proceso digital.....	68
5.2 Análisis de tiempos (proceso digital).....	71
5.2.1 Cálculo de número de observaciones .....	71
5.2.2 Cálculo de tiempo promedio de cada actividad .....	72
5.2.3 Cálculo de tiempo básico de cada actividad .....	74
5.2.4 Cálculo de suplementos de fatiga .....	76
5.2.5 Cálculo de tiempo estándar de cada actividad .....	78
5.2.6 Regla de decisión .....	80
5.3 Análisis de costos de proceso digital .....	81
5.4 Retorno de inversión .....	87
<b>Conclusión.....</b>	<b>88</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de productos licuadoras de la empresa .....	9
Tabla 2	Tabla de productos licuadoras de volteo de la empresa.....	9
Tabla 3	Tabla de productos exprimidores .....	10
Tabla 4	Tabla de productos de tipo snack de la empresa .....	10
Tabla 5	Tabla de productos ollas, cacerolas, y tapas de la empresa .....	11
Tabla 6	Propiedades generales de los aceros inoxidables .....	15
Tabla 7	Tabla de valores z .....	50
Tabla 8	Tiempo promedio de cada actividad (proceso manual) .....	51
Tabla 9	Tiempo básico de cada actividad (proceso manual) .....	53
Tabla 10	Coeficientes de fatiga.....	55
Tabla 11	Suplementos de fatiga variables (proceso manual).....	56
Tabla 12	Tiempo estándar de cada actividad (proceso manual).....	57
Tabla 13	Tabla de costos de materia prima proceso manual .....	58
Tabla 14	Tabla de costos de mano de obra en el proceso manual en la empresa.....	59
Tabla 15	Tabla de costos de fabricación .....	59
Tabla 16	Cédula de costos de producción en proceso manual .....	60
Tabla 17	Cédula de análisis de costos de producción en proceso manual .....	61
Tabla 18	Cédula de costos involucrados en el departamento tres, soldadura proceso manual .....	62
Tabla 19	Tabla de valores z .....	72
Tabla 20	Tiempo promedio de cada actividad (proceso digital) .....	73
Tabla 21	Tiempo básico de cada actividad (proceso digital).....	75
Tabla 22	Coeficientes de fatiga.....	77
Tabla 23	Suplementos de fatiga variables (proceso digital).....	78
Tabla 24	Tiempo estándar de cada actividad (proceso digital).....	79
Tabla 25	Tabla de datos de materia prima involucrada en el proceso digital .....	81
Tabla 26	Tabla de costos de mano de obra en el proceso digital.....	81
Tabla 27	Tabla de costos de gastos de fabricación en el proceso digital .....	82
Tabla 28	Análisis de costos de producción en proceso digital. ....	83
Tabla 29	Cédula de costos del departamento de torno CNC en el proceso digital de la empresa .....	84
Tabla 30	Cédula de costos del departamento de fresadora CNC digital.....	85
Tabla 31	Tabla de resumen de costos por proceso manual.....	86
Tabla 32	Tabla de resumen de costos por proceso digital .....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño de investigación .....	4
Figura 2 Ubicación de Nutriequipos S.A de C.V .....	6
Figura 3 Organigrama de la empresa .....	7
Figura 4 Producción de acero por estados en 2021 .....	13
Figura 5 Acero inoxidable aleación .....	14
Figura 6 Operación de refrentado .....	18
Figura 7 Operación de centrado/ punteado .....	18
Figura 8 Operación de cilindrado .....	19
Figura 9 Rectificado .....	20
Figura 10 Torno Horizontal C0636A MCLANE .....	21
Figura 11 Torno horizontal C0636A MCLANE .....	22
Figura 12 Ciclo de barrenado .....	24
Figura 13 Fresadora CNC VF-1 HASS .....	25
Figura 14 Tronzadora de metal GCD 12 JL profesional .....	26
Figura 15 Planta de soldar marca INFRA .....	28
Figura 16 Sierra cinta AMADA HA 250W .....	29
Figura 17 Vástago de la barra de acero inoxidable .....	33
Figura 18 Refrentado del vástago de la barra de acero inoxidable .....	34
Figura 19 Centrado del vástago de la barra de acero inoxidable .....	34
Figura 20 Cilindrado del vástago de la barra de acero inoxidable .....	35
Figura 21 Cilindrado del vástago de la barra de acero inoxidable .....	35
Figura 22 Cilindrado del vástago de la barra de acero inoxidable .....	36
Figura 23 Maquinado del vástago de la barra de acero inoxidable .....	37
Figura 24 Pieza A (Vástago) .....	37
Figura 25 Dado de 9/16” en bruto .....	38
Figura 26 Tronzado del dado de acero inoxidable .....	38
Figura 27 Refrentado del dado de acero inoxidable .....	39
Figura 28 Pieza A (Vástago) Pieza B (Dado 9/16”) .....	40
Figura 29 Proceso de soldado entre el dado de 9/16” y el vástago .....	41
Figura 30 Rectificado del eje de acero inoxidable de 3/4” .....	41
Figura 31 Inspección de medidas, soldadura y acabados .....	42
Figura 32 Diagrama de proceso de operaciones actual .....	43
Figura 33 Eje de acero inoxidable de 3/4” .....	44
Figura 34 Diagrama de recorrido manual .....	45
Figura 35 Cursograma Analítico Actual .....	47
Figura 36 Especificación técnica del eje de acero inoxidable .....	48
Figura 37 Diagrama de proceso de operaciones propuesto .....	64
Figura 38 Eje resultante del proceso propuesto .....	65
Figura 39 Diagrama de recorrido propuesto .....	66
Figura 40 Cursograma Analítico Propuesto .....	67
Figura 41 Maqueta realizada en software de diseño .....	68
Figura 42 Maquinado en Torno CNC .....	69
Figura 43 Barrenado en Fresadora CNC .....	70
Figura 44 Proyección de tiempo promedio de fabricación de un eje de acero inoxidable .....	74
Figura 45 Proyección de tiempo normal de fabricación de un eje de acero inoxidable .....	76
Figura 46 Proyección de tiempo estándar de fabricación de un eje de acero inoxidable .....	80
Figura 47 Comparativo de costos del proceso manual y digital .....	87

## Resumen

Actualmente Nutriequipos S.A de C.V se encuentra en vías de desarrollo tecnológico, fabrica productos de acero inoxidable; entre sus procesos manuales de manufactura está la fabricación del eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ ", dicho componente es de suma importancia para los productos de la empresa y por lo tanto es de especial interés para este proyecto, por ello se propuso la optimización del proceso con maquinaria CNC (*control numérico computarizado*). Para demostrar la viabilidad y rentabilidad de la propuesta, la cual en tiempos de ejecución disminuyó un 21% y en los costos un 19.52%, se aplicaron técnicas de investigación como observación, resumen, identificación, toma de tiempos y se llevó a cabo un análisis de tiempos, así como la simulación gráfica mediante el uso de un software de diseño.

## Introducción

La manufactura digital, también conocida como industria 4.0, es un conjunto de tecnologías y procesos innovadores que están transformando radicalmente la forma en que se produce y se distribuye bienes y servicios en todo el mundo.” Esta industria fusiona los sistemas físicos, los sistemas digitales y los sistemas biológicos, para generar una red de producción inteligente donde los distintos componentes interaccionan y colaboran entre sí”. (Rozo García, 2020)

Uno de los principales beneficios de la manufactura digital es la optimización de los procesos de producción. Al utilizar tecnología permite hacerlos más eficientes, reduciendo tiempos, costos y aumentando la rentabilidad, esto permite a las empresas ser más flexibles en la producción y hacer frente a las demandas cambiantes de los clientes.

A pesar de los beneficios que ofrece la manufactura digital, en México todavía existen desafíos importantes que deben ser superados. Uno de los principales desafíos es la falta de conocimiento y capacitación en el uso de estas tecnologías. Es fundamental que las empresas mexicanas inviertan en capacitación y formación de sus empleados para aprovechar al máximo los beneficios de la manufactura digital.

Nutriequipos Inoxidables S.A de C.V es una empresa mexicana, que se dedica a la fabricación de artículos para cocina en acero inoxidable, al ser una empresa en vía de desarrollo, cuenta con procesos de manufactura modernos, pero también cuenta con otros procesos que no se han actualizado por más de 20 años, como es el caso del proceso de fabricación del eje de acero inoxidable el cual forma parte de los productos más vendidos.

Es aquí donde entra la importancia de este proyecto que tiene como objetivo conocer el proceso de manufactura actual del eje de acero inoxidable para identificar tecnologías capaces de reducir tiempos y costos, como lo es la tecnología CNC. En este proyecto se aborda la comparación de tiempos y costos del proceso manual contra el proceso digitalizado para determinar la viabilidad de la fabricación del eje de acero inoxidable utilizando dicha tecnología.

El diseño de investigación consistió de nueve pasos para lograr el objetivo, comenzando por identificar el proceso de manufactura digital, posteriormente recopilar información de costos y tiempos del proceso manual para poder graficar y, con base a los resultados obtenidos se planteó una hipótesis, por consiguiente se creó el programa de maquinado del eje utilizando código G y así se pudo representar utilizando modelado digital, eso permitió evaluar el uso de la maquinaria CNC contra el proceso manual, teniendo como resultado que la reducción de tiempo para la fabricación del eje de acero inoxidable con tecnología CNC es de un 21% y una rentabilidad de 19.52%.

Este proyecto está conformado por los siguientes capítulos, el capítulo uno contiene el conjunto de pasos y procedimientos que se emplearon para realizar la propuesta de optimización del eje de acero inoxidable, el capítulo dos aporta el panorama de la situación general de la empresa donde se describen detalles como valores, ubicación, giro, etc. En el capítulo tres se describen los antecedentes de las máquinas-herramientas y sus operaciones, así como teoría del acero y contabilidad de costos; posteriormente el capítulo cuatro expone y describe los datos obtenidos a través de las técnicas de recopilación de información, además se interpretan los mismos para contrastarlos con la teoría, finalmente en el último capítulo se plantea la propuesta de solución con base en los resultados mostrados en el capítulo cuatro.

# CAPÍTULO I MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo, se aborda la problemática y el objetivo del proyecto, junto con el diseño y procedimiento de investigación propuestos, además de los métodos, técnicas y herramientas empleados para analizar dicha problemática.

## 1.1 Planteamiento del problema

La manufactura digital es un área clave de la industria 4.0, que busca mejorar la eficiencia y la competitividad de las empresas a través de la integración de tecnologías digitales en los procesos de producción. En México, la adopción de la manufactura digital enfrenta distintos desafíos como la falta de conciencia sobre sus beneficios, la falta de recursos financieros y humanos, la falta de infraestructura tecnológica adecuada y la brecha de habilidades digitales en la fuerza laboral.

Nutriequipos Inoxidables S.A de C.V es una empresa mexicana, con 20 años de experiencia en la fabricación de artículos para cocina en acero inoxidable; innovando siempre en el diseño y mecanismo de sus productos. (Tapisa, s.f.)

La empresa comienza a operar en la Ciudad de México en el año de 1995 en medio de una crisis económica, durante esa década el foco de concentración de la empresa estaba en crear una red de distribuidores dentro de la Ciudad de México que impulsara los productos por el canal hasta el consumidor final. La idea era producir inicialmente licuadoras industriales para la industria restaurantera, comedores institucionales, el ejército, la marina y cocinas comerciales mexicanas.

Actualmente Nutriequipos para producir sus productos cuenta con procesos manuales y digitales. Muchos de estos procesos, con el avance de la tecnología han sido actualizados y optimizados, pero otros no, uno de estos procesos es la manufactura de los ejes de acero inoxidable que forman parte de la gama de licuadoras, al ser un componente fundamental en los productos de la empresa se abre un área de oportunidad para modernizar su producción.

## 1.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles serían los beneficios que traería consigo el uso de maquinaria CNC (*Control Numérico Computarizado*) para producir ejes de acero inoxidable en Nutriequipos?

## 1.3 Hipótesis

El uso de CNC en la fabricación del eje de acero inoxidable generará una rentabilidad del 15% y reducirá en tiempos un 25% para Nutriequipos Inoxidables S.A. de C.V.

## 1.4 Objetivo General

Proponer la optimización para fabricar un eje de acero inoxidable en Nutriequipos con maquinaria CNC.

## 1.5 Objetivos Particulares

1. Conocer el proceso de manufactura actual del eje de acero inoxidable a partir de técnicas de investigación como observación y toma de notas, para identificar tecnologías capaces de reducir tiempos y costos.

2. Representar la fabricación del eje de acero inoxidable para conocer el proceso actual, utilizando software de modelado digital.
3. Comparar tiempos y costos del proceso manual contra el proceso digitalizado con el uso de gráficas de líneas para determinar la viabilidad de la fabricación del eje de acero inoxidable utilizando tecnología CNC
4. Proponer mejoras en el maquinado del eje de acero inoxidable con base en los resultados obtenidos del análisis de tiempos y costos para su optimización.

## 1.6 Justificación

El uso del mecanizado CNC para fabricar un eje de acero inoxidable puede ser justificado basándose en varios factores:

1. **Precisión:** El mecanizado CNC ofrece un alto nivel de precisión y exactitud, lo cual es crucial para fabricar componentes como un eje de acero inoxidable. Las máquinas CNC son capaces de lograr tolerancias estrechas y producir diseños intrincados de manera consistente, asegurando que el producto final cumpla con las especificaciones requeridas.
2. **Versatilidad:** El mecanizado CNC es un proceso de fabricación versátil que puede manejar una amplia gama de materiales, incluyendo acero inoxidable. El acero inoxidable es una elección popular para los ejes debido a su excelente resistencia a la corrosión y durabilidad. Las máquinas CNC pueden trabajar eficientemente con acero inoxidable, sin importar su dureza o complejidad.
3. **Rentabilidad:** Aunque el mecanizado CNC puede requerir una inversión inicial en maquinaria y herramientas, puede ofrecer ahorros a largo plazo en la producción de alto volumen. Una vez que se configura el programa CNC, el proceso se vuelve altamente automatizado, reduciendo los costos laborales y minimizando el riesgo de errores. Además, la eficiencia y velocidad del mecanizado CNC contribuyen a la rentabilidad general.
4. **Reproducibilidad:** El mecanizado CNC asegura resultados consistentes y repetibles. Una vez que se programa un diseño en la máquina, puede producir múltiples ejes de acero inoxidable con especificaciones idénticas. Esta capacidad de reproducción es crucial para mantener la calidad del producto y satisfacer las demandas del cliente.
5. **Flexibilidad:** Las máquinas CNC pueden adaptarse a cambios y modificaciones de diseño relativamente fácilmente. Si es necesario hacer ajustes en las dimensiones o características del eje de acero inoxidable, el programa CNC puede actualizarse en consecuencia, permitiendo prototipado rápido y mejoras iterativas.
6. **Geometrías complejas:** El mecanizado CNC permite la producción de ejes de acero inoxidable con geometrías complejas, incluyendo patrones intrincados, características internas y tolerancias estrechas. Esta capacidad es esencial al diseñar ejes para aplicaciones especializadas que requieren formas o funciones específicas.
7. **Eficiencia en el tiempo:** El mecanizado CNC es un proceso de fabricación rápido y eficiente. Una vez que se configura el programa, la máquina puede funcionar de manera continua,

reduciendo el tiempo de producción en comparación con los métodos manuales. Esta ventaja es particularmente importante cuando se fabrican ejes de acero inoxidable en grandes cantidades o cuando se requiere una entrega en un plazo de tiempo ajustado.

8. **Control de calidad:** El mecanizado CNC permite el monitoreo y control de calidad en tiempo real durante el proceso de fabricación. Las máquinas pueden estar equipadas con sensores y sistemas de medición para asegurar que los ejes de acero inoxidable cumplan con las especificaciones requeridas y mantengan una calidad consistente a lo largo de la producción.

En general, el uso del mecanizado CNC para fabricar un eje de acero inoxidable ofrece precisión, versatilidad, rentabilidad, reproducibilidad, flexibilidad y la capacidad de generar geometrías complejas, eficiencia y control de calidad. De acuerdo con Brian Reed, (2022) "El maquinado CNC es benéfico para las industrias relacionadas en los sectores automotriz, petróleo, gas, aeroespacial y otras conocidas por su demandante nivel de energía. La maquinaria CNC reduce pérdida de energía, uso de mano de obra y provee una alternativa más sustentable"

### 1.7 Tipo de investigación

La manufactura digital es un campo de la ingeniería que se utiliza para mejorar los procesos de producción y fabricación de bienes. En este contexto, el tipo de estudio **correlacional** puede ser una técnica de investigación valiosa para explorar la relación entre diferentes variables que influyen en la implementación y el aumento de la productividad en las empresas.

La simulación digital puede ayudar a las empresas a reducir el tiempo y los costos de producción al permitirles realizar pruebas y ajustes virtuales antes de fabricar un producto físico. De esta manera se puede optimizar el diseño, los procesos de producción y evitar errores costosos antes de comenzar la fabricación real.

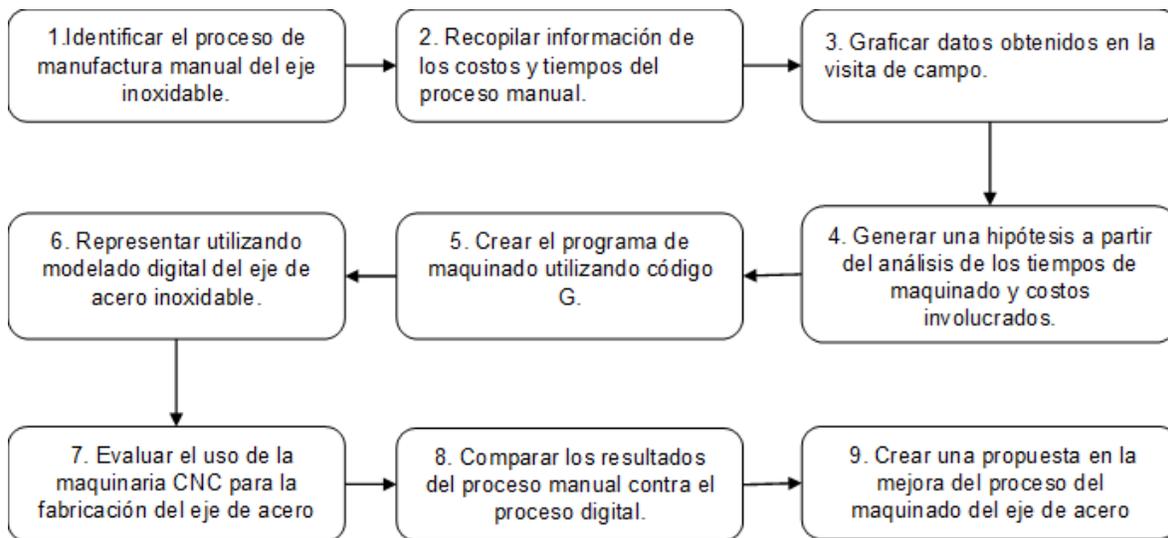
En el proyecto actual, se puede comparar el tiempo y el costo de producción de los bienes fabricados de forma manual vs de forma digital con el apoyo de maquinaria CNC. Si se encuentra una correlación negativa significativa, esto sugeriría que la adopción de tecnologías digitales podría estar relacionada con una reducción de los tiempos y costos de producción.

### 1.8 Diseño de Investigación

La Figura 1 muestra las etapas del plan donde se espera recopilar la información, así como dar una solución a través de los resultados obtenidos aplicando las técnicas de investigación propuestas y así confirmar la hipótesis.

**Figura 1**

*Diseño de investigación*



Nota: Etapas del plan para comprobar la rentabilidad en la manufactura del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia

1. Identificar el proceso de manufactura manual del eje de acero inoxidable: El cual consistirá en una visita a Nutriequipos donde se observará dicho proceso desde la compra de materiales, proceso de soldadura, así como el ensamble en el producto final.
2. Recopilar información de los costos y tiempos del proceso manual: Durante la visita se cuestionará sobre los costos de los materiales, mano de obra además de los tiempos del maquinado manual durante la visita de campo.
3. Graficar datos obtenidos en la visita de campo: Por medio de los registros generados se creará una gráfica objetiva que nos ayude detectar tendencias y relaciones en el universo de datos.
4. Generar una hipótesis a partir del análisis de los tiempos de maquinado y costos involucrados: Se establecerá una hipótesis partiendo del estudio de los tiempos de maquinado del eje de acero inoxidable utilizando manufactura digital, así como el costo de los materiales.
5. Crear el programa de maquinado utilizando código G: Este tipo de codificación permitirá que la máquina CNC ejecute los movimientos para rutinas de fresado y torneado.
6. Representar utilizando modelado digital del eje de acero inoxidable: Usando un software se representará el proceso digital de la manufactura del eje de acero inoxidable que reemplazará al proceso manual.
7. Evaluar el uso de la maquinaria CNC para la fabricación del eje de acero inoxidable: Se recabará información de los costos de los materiales, mano de obra además de los tiempos del proceso digital.
8. Comparar los resultados del proceso manual contra el proceso digital: Llegado este punto se comprobará la información de tiempos y costos del proceso manual contra el proceso digital a partir de la observación en la evaluación.
9. Proponer la mejora de proceso del maquinado del eje de acero inoxidable: Elaboración de una propuesta que optimizará la creación del objeto de estudio en tiempo y costos.

## 1.9 Técnicas de investigación

1. Identificar el proceso de manufactura manual del eje de acero inoxidable, se hará a través de la observación y toma de notas: consistirá en la percepción atenta del proceso de manufactura del eje de acero inoxidable durante las visitas realizadas a Nutriequipos tomando fotografías y nota del paso a paso.
2. Recopilar información de los costos y tiempos del proceso manual se llevará a cabo mediante una entrevista con la persona responsable de atendernos durante la visita para el llenado de una tabla de costos y tiempos; no obstante, también se hará uso de la técnica del experimento verificando a pie de máquina el tiempo de fabricación del eje de acero inoxidable.
3. Graficar datos obtenidos en la visita mediante experimentos mentales que consistirá en el vaciado de datos previamente obtenidos durante las visitas a Nutriequipos en una hoja de cálculo y su posterior interpretación gráfica del modelo, lo que nos dará una idea general del objeto de estudio.
4. Generar una hipótesis a partir del análisis de los tiempos de maquinado y costos involucrados utilizando un debate entre los integrantes del equipo una vez observado el proceso de elaboración del eje de acero inoxidable.
5. Crear el programa de maquinado utilizando código G a partir de la observación del diseño del eje de acero inoxidable.
6. Representar utilizando modelado digital del eje de acero inoxidable auxiliándose de la observación y toma de notas verificando tiempos y costos que nos arroje la simulación de este proceso.
7. Evaluar el uso de la maquinaria CNC para la fabricación del eje de acero inoxidable usando nuevamente los experimentos mentales comparando mediante una gráfica el modelo de tiempos y costos obtenidos en el proceso manual contra el modelo obtenido en el proceso simulado.
8. Comparar los resultados del proceso manual contra el proceso digital esto mediante el uso de la observación aplicado a los modelos gráficos y los resultados obtenidos hasta el momento.
9. Crear una propuesta en la mejora del proceso del maquinado del eje de acero inoxidable se utiliza la técnica del debate se confrontan ideas y opiniones referidos al proceso de manufactura del eje de acero inoxidable, los tiempos y costos actuales y simulados.

## CAPÍTULO II MARCO CONTEXTUAL O REFERENCIAL

En el siguiente capítulo se brindan antecedentes, ubicación, características e información específica de la empresa, en la cual se desarrolló la investigación y se identificó la problemática del proyecto.

### 2.1 Nombre de la empresa

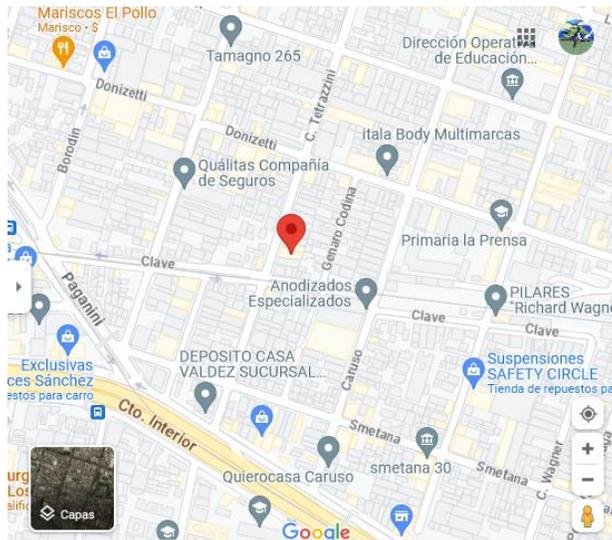
Nutriequipos Inoxidables S.A de C.V

### 2.2 Localización de la empresa

La empresa se ubica en Tetrazzinni #211-2, Col. Vallejo, Delegación Gustavo A. Madero, México CDMX, CP 07870. En la Figura 2 se muestra un mapa geográfico de la zona estratégica que conecta con avenidas principales, elegida por Nutriequipos para distribuir sus productos.

### Figura 2

*Ubicación de Nutriequipos S.A. de C.V.*



Nota. Ubicación geográfica de la empresa Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: (Google Maps, s.f.)

### 2.3 Antecedentes históricos de la empresa

Empresa mexicana, con 20 años de experiencia en la fabricación de artículos para cocina en acero inoxidable.

Comenzó con una línea de enseres básicos (ollas, budineras, cazos, sartenes), misma que no tardaría en ampliarse con la aparición de licuadoras y exprimidores, que han demostrado ser un ejemplo de firmeza, modernidad y estilo.

En la actualidad, la empresa mantiene una alianza con la empresa norteamericana “American Blender Company, LLC”, con el fin de fomentar sus ventas al extranjero y crear artículos para un mercado específico en los Estados Unidos.

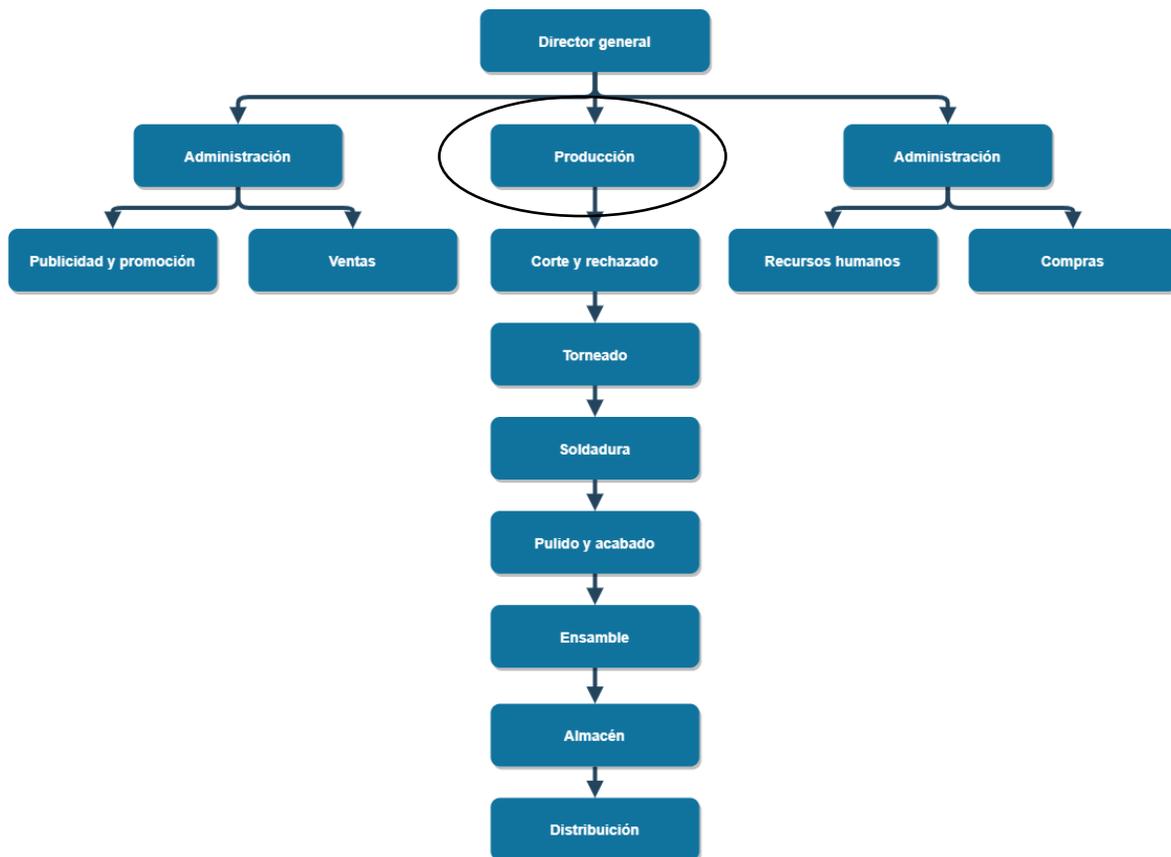
Cuenta con un equipo de trabajo, formado por personal con amplia experiencia en la transformación de acero inoxidable, además de la maquinaria adecuada para llevar a cabo sus proyectos, el cual se distribuye por diferentes departamentos, los cuales se muestra en el organigrama de la empresa en la Figura 3. siendo el departamento de producción donde se desarrollará el estudio.

## 2.4 Organigrama de la empresa

En la Figura 3, se puede identificar el organigrama de la empresa, así como todos los departamentos que integran a la misma y en el cual se resalta el departamento de producción, donde se desarrollará el estudio.

**Figura 3**

*Organigrama de Nutriequipos S.A. de C.V.*



Nota. Representación gráfica de la estructura de la empresa Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información de Nutriequipos S.A. de C.V.

## **2.5 Misión de la empresa**

“Somos una empresa sólida, que se preocupa por las necesidades de nuestros clientes que cambian constantemente con el avance de la tecnología” (Tapisa, s.f.)

## **2.6 Visión de la empresa**

Convertirnos en la empresa líder en la fabricación de máquinas industriales para alimentos ofreciendo calidad y bajo costo.

## **2.7 Giro de la empresa**

Metal Mecánica

## **2.8 Clientes de la empresa**

En Nutriequipos los clientes son parte fundamental para la empresa desde hace ya casi 18 años, entre los principales se encuentran Barradas Equipos Comerciales®, Frio y Equipo Comercial Banda®, Comercializadora Diaz®, Mayoreo de Refrigeración y Maquinas®, Cristalería Corona®, Pastes Kikos®, entre otros.

## **2.9 Productos**

Nutriequipos cuenta con diferentes productos entre los que se encuentran las licuadoras normales y de volteo (ver Tabla 1 y Tabla 2), siendo la licuadora de 5 litros el producto principal y en donde se localizará el eje de acero inoxidable como parte de sus componentes.

**Tabla 1***Tabla de productos licuadoras de la empresa*

PRODUCTO LICUADORAS	CARACTERÍSTICAS				
	CAPACIDAD	POTENCIA	VOLTS	PESO APROXIMADO	DIMENSIONES
T3L	3 LT	1/2 H.P	127 V.C.A	16 KG	25*25*58 CM
T5L	5 LT	3/4 H.P	127 V.C.A	18 KG	25*25*73 CM
T12L	12 LT	1.5 H.P	127 V.C.A	21 KG	25*25*83 CM
T1G	3.8 LT	3/4 H.P	127 V.C.A	17 KG	25*25*70 CM
T10L	10 LT	1 H.P	127 V.C.A	20 KG	25*25*80 CM
T17L	17 LT	1.5 H.P	127 V.C.A	20 KG	25*25*85 CM

Nota: Descripción de las licuadoras normal y de volteo con sus características.

Fuente: Elaboración Propia con información de la empresa

**Tabla 2***Tabla de productos licuadoras de volteo de la empresa*

PRODUCTO LICUADORAS DE VOLTEO	CARACTERÍSTICAS				
	CAPACIDAD	POTENCIA	VOLTS	PESO APROXIMADO	DIMENSIONES
TVP12L	12 LT	1.5 H.P	127 V.C.A	25 KG	60*42*120 CM
TVP17L	17 LT	1.5 H.P	127 V.C.A	30 KG	42*52*120 CM
TVP30L	30 LT	1.5 H.P	127 V.C.A	30 KG	60*65*135 CM

Nota: Descripción de las licuadoras normal y de volteo con sus características.

Fuente: Elaboración Propia con información de la empresa

En la Tabla 3 se muestran los exprimidores, producto adicional de la empresa Nutriequipos

**Tabla 3**

*Tabla de productos exprimidores*

PRODUCTO EXPRIMIDOR	CARACTERÍSTICAS				
	CAPACIDAD	MOTOR	FRECUENCIA	PESO APROXIMADO	DIMENSION
T12	20-35 LT/HR	1/2 H.P	60 HZ	12 KG	24*27*41 CM
T34	30-35 LT/HR	3/4 H.P	60 HZ	16 KG	26*34*43 CM

Nota: Descripción de los exprimidores y sus características.

Fuente: Elaboración Propia con información de la empresa

Otro de los productos de suma importancia para la empresa es los snacks (ver Tabla 4), a pesar de no ser un producto principal tienen alta demanda.

**Tabla 4**

*Tabla de productos de tipo snack de la empresa*

PRODUCTO EQUIPO DE SNACK	CARACTERÍSTICAS		
	VOLTAJE	FRECUENCIA	POTENCIA
CWB2	127 V.C.A	60 HZ	500 W
CHW2	127 V.C.A	60 HZ	500 W
CWB4	127 V.C.A	60 HZ	1000 W
CHW4	127 V.C.A	60 HZ	1000 W

Nota: Descripción de snack y sus características.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

En la Tabla 5 se pueden visualizar productos complementarios con los que cuenta la empresa.

**Tabla 5**

*Tabla de productos ollas, cacerolas y tapas de la empresa*

OLLA		CACEROLAS		TAPAS	
CAPACIDAD	DIMENSIÓN	CAPACIDAD	CAPACIDAD	CÓDIGO	DIMENSIÓN
6 LT	20*20 CM	3 LT	20*9 CM	A	20 CM
8 LT	22.5*22.5 CM	4 LT	22.5*10 CM	B	22.5 CM
12 LT	25*25 CM	5 LT	25*10 CM	1	25 CM
20 LT	30*3 CM	7.5 LT	30*11 CM	2	30 CM
30 LT	35*35 CM	10 LT	35*11 CM	3	35 CM
50 LT	40*40 CM	15 LT	40*12.5 CM	4	40 CM
70 LT	45*45 CM	20 LT	45*12.5 CM	5	45 CM
100 LT	50*51 CM	30 LT	50*16 CM	6	50 CM
170 LT	60*61 CM	56 LT	60*20 CM	8	60 CM

Nota: Descripción de ollas, cacerolas, tapas y sus características.

Fuente: Elaboración Propia con información de la empresa

## 2.10 Valores

La empresa Nutriequipos es una empresa sólida desde hace 28 años, por lo que siempre busca un buen ambiente laboral y mantener integridad entre sus colaboradores para poder brindar productos de calidad a sus diversos clientes, debido a ello es de gran importancia transmitir los siguientes valores a toda su comunidad:

- Respeto
- Honestidad
- Calidad

## **CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO**

El capítulo abarca las técnicas de investigación empleadas para recopilar información, así como el contexto de la maquinaria y los materiales que impactan en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable, con el propósito de exponer los fundamentos teóricos del proyecto final.

### **3.1 Acero**

Los metales constituyen las tres cuartas partes de los elementos naturales de la tierra y varían en cuanto a apariencia y comportamiento, la mayoría de los metales puros son demasiado blandos, frágiles o reactivos para el uso práctico. Combinarlos o mezclarlos con no metales da lugar a aleaciones con propiedades mejoradas, variar estas proporciones y los metales cambia las propiedades de las aleaciones. (Dorling Kindersley, 2019)

El acero es una aleación que combina hierro con otros elementos especialmente el carbono ya que le otorga propiedades especiales como dureza y elasticidad.

El acero es producto de una síntesis química de metales extraídos de la corteza terrestre. Al combinar metales ferrosos (a base de hierro) con otros elementos se obtiene el acero que, comparado con el hierro en estado natural, es un mejor conductor de calor y de electricidad y más resistente. (Significados.com, s.f.)

#### **3.1.1 Acero en México**

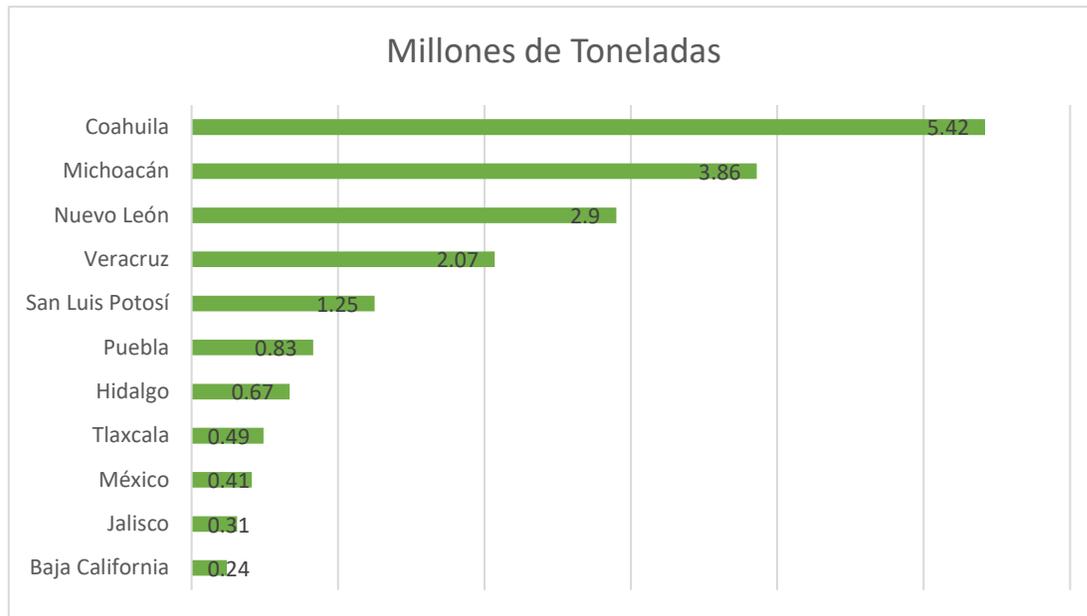
Según CANACERO® (2021) a nivel mundial, México ocupa el 15° lugar como productor de acero crudo en 2021 con 18.5 millones de toneladas de producción esto representa un -8.3% respecto a la cifra récord alcanzada en 2018, en los últimos 10 años (2012-2021) se han generado 672 mil empleos directos e indirectos y una inversión de 14,461 millones de dólares.

La producción en México está ampliamente basada en el reciclaje con una participación del 38% encima de la media mundial del 23% que usa este proceso, además México tiene emisiones de 1.28 tCO<sub>2</sub> por tonelada de acero producido, 30% menos que el promedio mundial además se utiliza 16.1 giga Joules (GJ) por tonelada de acero esto significa un 19% menor al promedio. La distribución de la producción del país es visible en la siguiente Figura 4 donde se enlista por estado, concluyendo que el estado con mayor producción de acero en el 2021 fue Coahuila con 5.42 millones de toneladas.

En la Figura 4 se proyecta la producción total de acero por estados de la república mexicana, la cual nos permite identificar cual sería el principal proveedor de materia prima.

**Figura 4**

*Producción de acero por estados en 2021*



Nota. Gráfica de la producción total de acero por estados de la república mexicana.

Fuente: (CANACERO, s.f.)

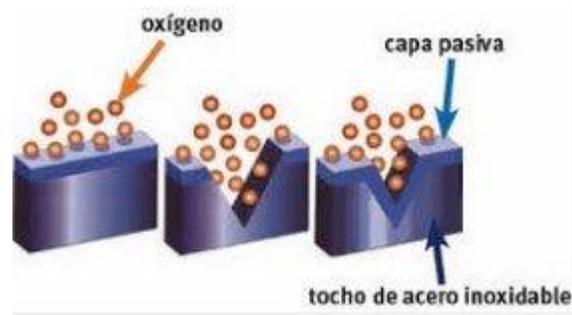
### 3.1.2 Acero Inoxidable

La mayoría de los metales se oxidan como por ejemplo el aluminio cambia su coloración a blanco, la plata se pone negra en el caso del acero cambia a rojo, esto se debe a que el hierro presente al combinarse con el oxígeno del aire comienza a formar óxidos de hierro lo que le da su característico color rojizo, para este proceso se le añade cromo y al resultado de esta aleación le llamamos acero inoxidable. (Area Tecnología, s.f.)

El cromo reacciona al oxígeno creando una película de óxido de cromo que impide que el oxígeno siga afectando el material (ver Figura 5), evitando la corrosión y la oxidación del hierro. El acero inoxidable debe ser una aleación con al menos 10.5 % de cromo.

## Figura 5

### Acero inoxidable aleación



Nota. Película de óxido de cromo que impide que el material se oxide.

Fuente: (Area Tecnología, s.f.)

El acero inoxidable puede ser clasificado en cinco familias diferentes; cuatro de ellas austenita, ferrita, martensita y dúplex; mientras que la quinta son las aleaciones endurecidas por precipitación, que están basadas más en el tipo de tratamiento térmico usado que en la estructura cristalina. (Bonnet, s.f.).

En la Tabla 6 se muestra nuestro objeto de estudio, el acero austenítico, el cual se obtiene añadiendo austenita como el níquel, nitrógeno o manganeso, variando el cromo un 10% (del 16 al 26%) y su contenido de carbono de 0.3 al 0.8%, esto permite que las composiciones sean más resistentes a la corrosión, sean maleables y soldables debido a estas características es usado en las industrias como la farmacéutica, aeronáutica, y alimentaria, lo que hace que este tipo de acero sea el más utilizado del mercado. Los aceros inoxidables austeníticos y ferríticos endurecen por acritud, ya que no son susceptibles al temple. Los aceros inoxidables martensíticos y ferríticos tienen un comportamiento magnético y los inoxidables austeníticos no. (Callister, 2020)

Dichas propiedades lo hacen ideal para la confección de utensilios culinarios, como sartenes, ollas o cubiertos, y también por su potente resistencia mecánica que permite una mejor higiene en la utilización de recipientes a presión.

**Tabla 6***Propiedades generales de los aceros inoxidables*

PROPIEDADES GENERALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES					
TIPO	RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	DUREZA	MAGNÉTICOS	ENDURECIBLES POR TRATAMIENTO TÉRMICO (TEMPLE)	SOLDABILIDAD
MARTENSÍTICOS	BAJA	ALTA	SI	SI	POBRE
FERRÍTICOS	BUENA	MEDIA	SI	NO	LIMITADA
<b>AUSTENÍTICOS</b>	EXCELENTE	BAJA ALTA	NO	NO	EXCELENTE

Nota. Propiedades generales de los aceros inoxidables.

Fuente: Elaboración propia con información de (Bonnet, s.f.).

Las series en que se divide este tipo de acero son tres; las series 100, 200 y 300, siendo esta última la más utilizada en Nutriequipos S.A. de C.V. por su alto contenido de níquel y manganeso, utilizado para resistir el calor.

El grado más común de la serie 300 es el grado 304, que generalmente contiene el 18% de cromo y 8% de níquel. Ese 8% es la cantidad mínima de níquel que se puede agregar a un acero inoxidable que contiene un 18% de cromo para poder revertir toda la ferrita en austenita.

El grado 316 es prácticamente tan común como el 304, con la diferencia de que se le agrega un 2% de molibdeno para mejorar la resistencia a la corrosión, por lo que es muy utilizado en ambientes extremos.

La diferencia entre el grado 304<sup>(18/8)</sup> y 316<sup>(16/10)</sup> es el molibdeno que lo hace todavía más resistente a la corrosión que el grado 304, al grado 316 suele identificarse como acero a prueba de ácidos, cualidad que lo hace ideal para aplicaciones en estructuras cerca del mar e incluso submarinas, ambos grados son adecuados para ambientes extremos pero el grado 316 resistirá a la exposición a largo plazo del cloruro. (Ferrospanes, s.f.)

Por las cualidades mencionadas y según el giro de Nutriequipos S.A. de C.V. , se apega a la norma oficial mexicana NOM-093-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos, la cual su apéndice normativo establece lo siguiente: (Diario Oficial de la Federación, 1995)

#### A. De las características de los materiales

1. Materiales de superficie lisa: Los materiales utilizados para recipientes de contacto directo con los alimentos deben tener las siguientes características: superficie lisa, continua, sin porosidad ni revestimientos, no deben modificar el olor, color y sabor de los alimentos, no ser tóxicos ni reaccionar con los alimentos, se puede utilizar el vidrio, acero inoxidable, resinas de nylon polipropileno,

policloruro de vinilo y aluminio, polietileno de alta densidad y polietilentereftalato; o materiales que bajo condiciones de uso continuo presenten características iguales a las de estos materiales.

2. Materiales para el empaque de alimentos: Los materiales utilizados para el empaque de alimentos durante su almacenaje o transporte, en seco, frío o caliente, deben ser desechables y cumplir con las características de materiales de superficie lisa; se pueden utilizar materiales como polipropileno, polietileno, policloruro de vinilo, polibond, alubond, polifán o materiales que presenten características iguales a las de los anteriores.

3. Materiales de superficie inerte: Son aquellos que cumplen con las características de superficie lisa y presentan resistencia al desgaste, al impacto, a la oxidación y a la corrosión. Puede utilizarse el acero inoxidable o cualquier material que bajo condiciones de uso continuo cumpla con las características señaladas.

4. Los alimentos recibidos a granel, en piezas o porciones, deben ser empacados para su almacenamiento con materiales que se ajusten a lo señalado en el punto número 2.

5. En las cámaras de refrigeración, refrigeradores, cámaras de congelación, congeladores o neveras y almacén de secos, se deben almacenar los alimentos en recipientes con tapa de material de superficie lisa (punto número 1), si el recipiente no cuenta con tapa se debe utilizar para cubrirlo material para empaque de acuerdo con lo señalado en el punto 2.

6. Los utensilios para la manipulación y proceso de los alimentos deben ser de material de superficie inerte.

7. Los materiales para las tablas de picar y cortar deben cumplir con las características de los materiales de superficie lisa, deben tener alta dureza, ser fáciles de desincrustar, lavar y desinfectar tales como: polietileno de alta densidad, estireno y resinas policarbonatadas, preferentemente al uso de madera.

8. Las mesas de trabajo, tarjas y carros de servicio deben ser de material de superficie inerte.

9. El hielo potable debe servirse con cucharones o pinzas de material de superficie inerte.

Nutriequipos S.A. de C.V. lleva a cabo su proceso de manufactura usando acero inoxidable 100% como materia prima en todos sus productos por lo tanto cumple lo establecido por las normas oficiales debido a que sus artículos tienen contacto con los alimentos procesados y son utilizados en diversos sectores, como: restaurantes, hoteles, cocinas, hogares.

### **3.2 Maquinaria en Nutriequipos**

Nutriequipos cuenta con maquinaria diversa que le permite la fabricación de sus productos y de los componentes de estos, a continuación, se hablará de la maquinaria que interviene en la fabricación de eje de acero inoxidable en el proceso manual, así como de la maquinaria CNC (Control Numérico Computarizado) existente en la empresa y que servirá como base en la propuesta de solución.

### 3.2.1 Torno horizontal

Un torno es una máquina que permite el torneado de piezas hechas de metal, plástico o madera las mismas deben tener una forma específica ya sea cilíndrica, cónica o helicoidal, la función de esta máquina es quitar partes de una pieza mediante una herramienta de corte o cuchilla, para así poder darle la forma deseada.

#### 3.2.1.1 Antecedentes

El torno data del siglo IV a.C. (antes de Cristo), fue una de las máquinas más importantes ya que se utilizaba para dar forma, taladrar, pulir y realizar otras operaciones, estos tornos los utilizaban los babilonios, egipcios, griegos, etruscos y romanos para trabajar la madera. Con el surgimiento de la revolución industrial en Inglaterra, el torno evolucionó a una máquina industrial gracias a personajes como Jacques de Vaucanson, Henry Maudslay, David Wilkinson y Thomas Blanchard.

Posteriormente se da la introducción del control numérico por computadora, más conocido como CNC es una forma de programación con la cual el equipo o máquina se controla por medio de números, letras y símbolos. La tecnología ha sido muy útil en cuanto a la evolución de las máquinas industriales, en el caso del torno, pasamos de un torno manual a uno con un sistema informático. La evolución de estas máquinas busca la comodidad y la seguridad de quienes las adquieren y las operan. Los tornos más novedosos en la actualidad son los CNC debido a su sistema informático y de funcionamiento. (Aeromaquinados, s.f.)

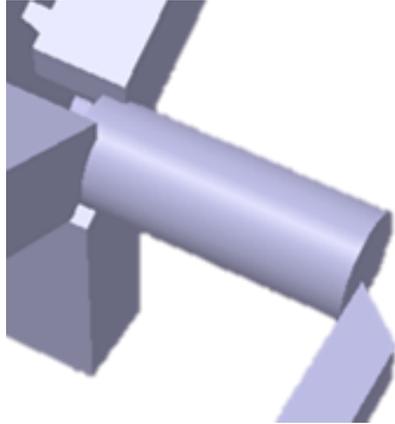
#### 3.2.1.2 Características

El torno básico tiene 3 movimientos: *rotación* este movimiento consiste en girar sobre su mismo eje a la pieza en cuestión, *avance* es el movimiento donde entra en acción la herramienta de corte la cual avanza en paralelo a la pieza y *profundidad* aquí la herramienta de corte penetra contra la pieza formando las denominadas virutas. (Tecnomaquinaria, s.f.)

El refrentado puede hacerse de afuera hacia adentro, o bien del centro hacia afuera, pero, en cualquier caso, la punta de la herramienta debe situarse siempre a la altura del centro de rotación (ver Figura 6), en otras palabras, el refrentado es el proceso donde se mecaniza el extremo de la pieza quitando todas las imperfecciones y permitiendo que adquiera una textura uniforme. (Arukasi, s.f.).

## Figura 6

*Operación de refrentado*



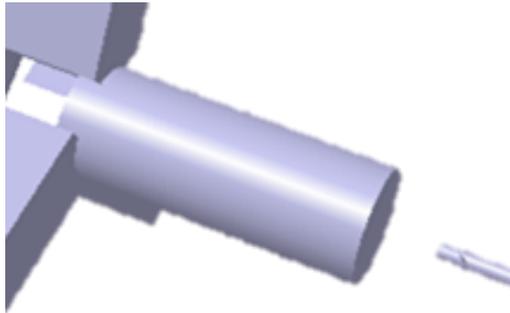
Nota. Movimiento de los elementos durante la operación del refrentado en el Torno.

Fuente: Elaboración propia.

Otra operación posible de realizar en un torno es el centrado o punteado, que sirve para asegurar el correcto amarre de una pieza y evitar que patine sobre la superficie refrentada (ver Figura 7). (ikastaroak, s.f.)

## Figura 7

*Operación de centrado/punteado*



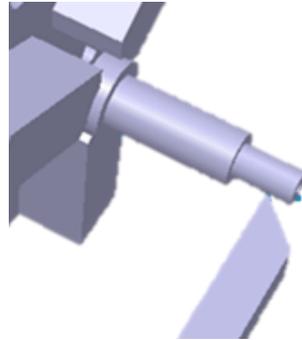
Nota. El centrado sirve para asegurar el correcto amarre de la pieza y evitar que patine sobre la superficie refrentada.

Fuente: Elaboración propia.

El cilindrado es el movimiento más común del trabajo de un torno, el fin de la operación es mecanizar el exterior de la pieza y reducir su diámetro, esto se logra sujetando la pieza entre puntos, con plato de mordaza, o si se realizó previamente una operación de centrado se puede usar un centro fijo en la perforación para darle una mayor sujeción a la pieza, de manera que la herramienta queda en un ángulo de 90° y la herramienta de corte se irá desplazando en dirección longitudinal (ver Figura 8), usualmente al tener las medidas determinadas se hace una marca de referencia para ahora sí proceder a reducir el diámetro de la pieza con movimientos lentos y constantes, se debe usar lubricante durante el proceso para evitar el sobrecalentamiento, estos movimientos pueden ser profundas como permita el espesor de la viruta, la duración de la herramienta y la capacidad del torno, por último se recomienda una pequeña reducción de diámetro a la pieza, esto para tener un mejor acabado en la misma. (Arukasi, s.f.)

### **Figura 8**

*Operación de cilindrado*



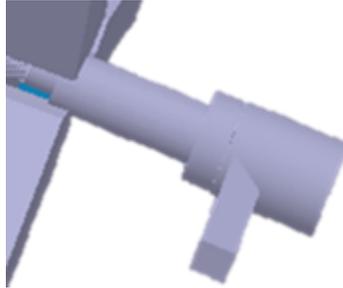
Nota. El cilindrado tiene el propósito de mecanizar el exterior de la pieza y reducir su diámetro.

Fuente: Elaboración propia.

El rectificado es un procedimiento de mecanizado por arranque de viruta que usa unas herramientas abrasivas conocidas como muelas (ver Figura 9), que permiten obtener virutas de muy menor tamaño por lo que el resultado es un excelente acabado superficial y de precisión.

## Figura 9

*Rectificado*



Nota. Las muelas permiten un excelente acabado superficial y de precisión en el proceso de rectificado.

Fuente: Elaboración propia.

Entre las operaciones adicionales a las mencionadas que desempeña un torno se encuentra el desbaste, en este proceso se introduce la pieza metálica en bruto a la cual se le dará una forma deseada y tendrá como residuos las virutas que suelen ser partes sobrantes de gran tamaño. El acabado se basa en quitar partes de la pieza, pero de una forma más detallada y al finalizar se obtiene una pieza más suave y brillante. Otra operación es el corte que por medio de una herramienta se divide la pieza en el tamaño requerido y el roscado este último permite darle una forma de rosca con el fin de ser adaptadas para tuercas y tornillos.

“El torno horizontal o bancada horizontal como su nombre lo indica siguen un movimiento longitudinal y transversal para el maquinado de piezas cilíndricas su principal característica es que se pueden trabajar múltiples operaciones que van más allá del torno tradicional como lo es ranurado, tronzado, mandrinado, etcétera. Actualmente debido al avance de la tecnología estos tornos se utilizan solo para realizar trabajos muy específicos o definidos, además de requerir en todo momento de expertos torneros al tratarse de un proceso de alta precisión” (Tecnomaquinaria, s.f.)

En Nutriequipos S.A. de C.V. se cuenta con un torno horizontal del modelo C0636A de la marca MCLANE (ver Figura 10), la cual se usa en diferentes procesos como el refrentado, cilindrado, maquinado y rectificado en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

## Figura 10

*Torno Horizontal C0636A MCLANE*



Nota. Imagen del torno usado por Nutriequipos.

Fuente: (Tecnomaquinaria, s.f.)

### 3.2.2 Torno CNC

Un torno, es una máquina que permite el torneado de piezas hechas de metal, plástico o madera las mismas deben de tener una forma específica, ya sea cilíndrica, cónica o helicoidal, y su función es quitar partes de una pieza mediante una herramienta de corte o cuchilla y así poder darle la forma deseada.

El torno CNC o torno de control numérico es máquina completamente automatizada y que se controla por medio de un software especializado, este tipo de torno permite posicionar los ejes X, Y o Z, de esta forma el operador puede realizar una gran variedad de operaciones en forma automática a través de una computadora, al poder desplazarse de manera simultánea o de manera intercalada, esto con la finalidad de realizar trabajos mecanizados esféricos y cónicos que normalmente en un torno convencional es necesario en el uso de diferentes herramientas y modelos para manufacturar esta pieza mientras que con CNC puede hacerlo con una sola herramienta. (Machinetools, s.f.)

Las ventajas puntuales de utilizar un torno CNC a un torno convencional son:

- Mayor precisión durante el proceso de mecanizado.
- Más detalle en las piezas con muy poco tiempo.
- Aplicación de diferentes tipos de mecanizados ya que se pueden intercambiar herramientas rápidamente.

- Programación en código G permite la creación de diferentes tipos de piezas.
- Mayor rendimiento en la cantidad de cortes.
- Más profundidad ya que sin importar el grosor de la pieza con un Torno CNC puede alcanzar la distancia total de la herramienta.

En Nutriequipos S.A. de C.V. se cuenta con un torno CNC de marca OKUMA modelo CADET LNC-8 (ver Figura 11) que se usará en la propuesta de optimización.

**Figura 11**

*Torno Horizontal C0636A MCLANE*



Nota. Imagen del torno marca OKUMA usado por Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

### **3.2.3 Fresadora**

Como muchos inventos en la historia la fresadora está ligada a un conflicto bélico, en 1789 el gobierno de los Estados Unidos solicitó la asistencia del inventor Eli Whitney quien era fabricante de armas de fuego, desarrolló un nuevo modelo de fabricación basado en la generación de piezas de

rifles muy similares entre sí que permitiesen el intercambio de estas entre diferentes armas. Fue aquí donde surgió la necesidad de una máquina que pudiera cortar los metales siguiendo estos patrones específicos, así que Whitney diseñaría la primera fresadora en 1818, esto supuso toda una revolución, y fue tan adelantada a su tiempo que mantuvo sus características y funcionalidades iniciales durante siglo y medio. (Correa, 2018)

El fresado como su nombre lo indica consiste en el uso de la herramienta llamada fresa donde las cuchillas giran para retirar el material de la pieza de trabajo sujeta a la mesa horizontal cuando acercamos la fresa hacia ella.

La máquina fresadora está diseñada para procesar metal, madera y otros materiales sólidos, algunas de estas máquinas pueden ser multitarea ya que además de ser capaces de fresar pueden torneear los materiales mencionados.

En la fabricación de productos y piezas de alta precisión de diferentes tamaños y formas se usa el mecanizado de fresado al ser un proceso muy común en la industria ya que son capaces de realizar cortes precisos y cubren una variedad de operaciones además de trabajar en escalas desde piezas individuales pequeñas hasta series de grandes dimensiones. (Directindustry, s.f)

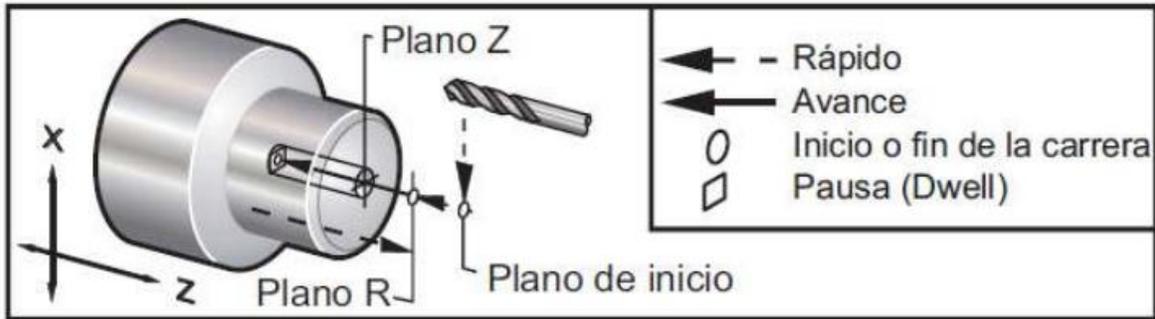
En la actualidad la mayoría de las fresadoras son automáticas y pueden ejecutar tareas con orientación vertical u horizontal para modelar materiales diseñados por un programa CAD (diseño asistido por computadora), aunque es común que hay máquinas de fresados manuales que han sido convertidos a automatizados.

Las características que contrastan una fresadora CNC y una fresadora convencional es la capacidad de llevar a cabo movimientos que no se pueden realizar manualmente como círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales además que el uso de la programación permite las operaciones de fresado a través de códigos numéricos para ejecutarlas por sí solas sin la necesidad de un operador. Otra ventaja es la producción uniforme, ya que hay una mejora de la precisión y calidad en la pieza final, esto se debe a que la fresadora CNC controla la posición y velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina; así como el movimiento de la mesa, el carro y el husillo. (EMH Machinery, s.f.)

Entre las operaciones realizadas por la fresadora está el barrenado que consiste en un método para producir agujeros cilíndricos en una pieza con herramientas de arranque de viruta (ver Figura 12), los códigos para realizar esta operación requieren un procesamiento largo debido a la cantidad de código requerido.

**Figura 12**

*Ciclo de barrenado*



Nota. Ciclo de barrenado en una fresadora CNC.

Fuente: (Salvador Bravo Vargas, s.f.)

Las variables de la operación utilizan una letra en específico en código G, por ejemplo:

- F, velocidad de avance.
- I, tamaño de la primera profundidad de corte.
- R, posición del plano.
- X, comando de movimiento del eje X.
- Z, posición en la parte inferior del orificio.

Una operación de mecanizado importante es el avellanado mediante la cual se realiza un rebaje cónico al inicio de los agujeros, el rebaje en el metal permite la colocación de remaches y tornillos sin sobresalir de la pieza y facilitar la entrada para los machos de roscar.

En la Figura 13 se observa una fresadora CNC de marca HASS modelo VF-1 la cual es el mismo modelo que tiene la empresa Nutriequipos S.A. de C.V. a su disposición y se utilizará en la propuesta de optimización.

## Figura 13

Fresadora CNC VF-1 HASS



Nota. Imagen de la fresadora CNC VF-1 marca HASS usado por Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: (Directindustry, s.f)

### 3.2.4 Tronzadora de metal

Las tronzadoras o mesas de corte permiten realizar corte a gran escala y para distintos materiales, así como cortan metal a nivel industrial, estas permiten a sus usuarios ahorrar tiempo, reducir el esfuerzo y corte de alta precisión.

#### 3.2.4.1 Antecedentes

La sierra de disco o sierra circular tiene una historia de más de 200 años y desde entonces ha sido objeto de varios avances tecnológicos.

La invención de la primera sierra circular sucedió en 1777 por Samuel Miller de Inglaterra. Miller creó un disco de metal con dientes y descubrió que era apto para cortar a alta velocidad, principalmente se utilizó en las serrerías para cortar madera.

Posteriormente en 1870 la empresa WR & John Barnes comercializó sierras de mesa en Rockford, en Illinois (Estados Unidos), esta sierra era de propulsión por pedal, de manera que el usuario bombeaba el pedal debajo de la mesa que hacía girar la sierra.

En 1922, Raymond Dewalt creó la primera sierra circular con un brazo radial que estaba unida a un brazo encima de la cabeza que podría ser girado haciendo que la hoja de la sierra sea móvil lo cual resultaba más sencillo controlar la profundidad y la dirección de los cortes. El diseño era muy popular, así que Dewalt dos años más tarde, decidió comenzar su propia compañía para producir y vender las máquinas. (HandSafe, 2018)

### 3.2.4.2 Características

Las mesas de corte utilizan un disco abrasivo o disco diamantado que permite hacer cortes limpios y uniformes, lo cual es ideal si se realiza la unión de piezas individuales al momento de crear, además de cortar rápidamente metales densos en poco tiempo, para un uso eficiente deben estar en una zona plana, seca y con suficiente espacio para moverse. (Bosch-Professional, s.f.)

Nutriequipos cuenta con una tronadora de metal de 12” de la marca BOSCH (ver Figura 14) la cual se utiliza actualmente en la fabricación del eje de acero inoxidable.

#### Figura 14

*Tronzadora de metal GCD 12 JL Professional*



Nota. Imagen de la tronadora de metal usada por Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: (Bosch-Professional, s.f.)

### 3.2.5 Planta para soldar

La máquina de soldar se utiliza para la fijación de materiales y esta unión de estos se logra gracias a la fundición de ambos materiales o con un material de aporte que, mientras se funde, se coloca entre las piezas que se quieren soldar y cuándo se enfría se convierte en una unión fija y resistente. (Solyman, s.f.)

#### 3.2.5.1 Antecedentes

Según el autor Hernández Risco German (2023) independientemente del desarrollo de las técnicas de soldeo, la capacidad de unir pequeñas piezas metálicas entre sí para conseguir otras de mayor tamaño o más complejas de forma, fue solucionada hasta el siglo pasado cuando la revolución

industrial incentivó la introducción a escala comercial de las técnicas de remachado, como soldeo fuerte y blando, soldeo por fusión, etc.

El soldeo por llama se desarrolló cuando fue posible el abastecimiento a escala industrial de oxígeno, hidrógeno y acetileno a precios accesibles, se inventaron los sopletes adecuados y se desarrollaron las técnicas de almacenamiento de dichos gases.

En el año 1916, el soldeo oxiacetilénico ya estaba desarrollado de tal manera que ya era capaz de producir soldaduras por fusión de calidad en chapas finas de acero, aluminio y cobre desoxidado apenas con ligeras diferencias a los procesos actuales.

Aunque el arco eléctrico fue descubierto por Sir Humphrey Davy en 1801 fue hasta 1930 las aplicaciones del soldeo por arco crecieron rápidamente entre los cuales destaca el Carolina del Sur un barco mercante totalmente soldado que posteriormente sería un precursor de los barcos producidos en la Segunda Guerra Mundial.

En 1935 se introduce el uso de la corriente alterna, además del nacimiento del proceso “arco sumergido”, cuyas principales aplicaciones fueron la construcción naval y en la fabricación de tubería.

Después en 1958 se desarrolló el “alambre tubular”, el cual consiste en una varilla metálica hueca en cuyo núcleo se aloja el fundente, que ofrece la ventaja de ser fácilmente enrollable en una bobina y empleada en equipos con alimentación automática.

Hoy en día los desarrollos tecnológicos están enfocados en la microelectrónica e informática, esto proporciona un mejor control del arco y de los parámetros de soldeo. (Hernández Riesco, 2023)

### **3.2.5.2 Características**

Actualmente, las máquinas de soldadura tienen muchos usos industriales en los cuales se producen materiales, piezas o herramientas de metal, pero existen diferentes tipos de unión como:

- La unión de piezas iguales sin aportación, este tipo de soldadura no es muy común. Se coloca una pieza junto a la otra y se funden los extremos. Al enfriarse estarán unidos sin necesidad de aportar material.
- La unión de piezas iguales con aportación diferente, aquí la unión de piezas iguales con una aportación de material diferente es más común. Al fundirse, se mezcla con los otros compuestos y crea una unión muy resistente.
- La unión de dos materiales diferentes es el caso de algunas aleaciones, pero suele ser complicado y que habitualmente requiere condiciones especiales.

También se puede clasificar por tipo de soldador:

El soldador de arco (rectificador) es aquella máquina de soldar más utilizada hoy en día utiliza la energía eléctrica con la que crea un arco eléctrico entre la pieza a soldar y el electrodo que se utilice.

El soldador inverter es relativamente nuevo e innovador entre sus ventajas si los comparamos con las máquinas convencionales, es una tecnología más fiable debido a su pequeño tamaño, lo que la hace más manejable además de ahorrar energía.

En el proceso de soldadura en Nutriequipos S.A. de C.V. se usa una planta de soldar de la marca INFRA del modelo MI 2 300 CA CD AF (ver Figura 15).

**Figura 15**

*Planta de Soldar marca INFRA*



Nota. Planta de soldar de la marca INFRA usada por Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

### **3.2.6 Sierra cinta**

La sierra cinta también llamado serrucho de banda es una herramienta de pedal o eléctrica que posee una banda metálica dentada, flexible, larga y estrecha, de una gran longitud de entre 3 y 20 mm de ancho la cual está sujeta en vertical por las ruedas situadas en el mismo plano.

#### **3.2.6.1 Antecedentes**

Las primeras sierras de cinta para metales fueron adaptaciones directas de las sierras de cinta para madera; actualmente, las máquinas de este tipo han alcanzado un buen grado de versatilidad, esto fue posible a la aparición de hojas en banda mejores y más flexibles y a los equipos para soldeo por

chispa, los cuales son capaces de soldar los dos extremos de una tira de hoja de sierra para formar una cinta de cualquier longitud. (DeGarmo, Black, & Kohser, 2019)

Las sierras de cinta horizontales para cortar metales se desarrollaron para combinar la flexibilidad de las sierras mecánicas alternativas y la acción cortante continua de las sierras de cinta verticales.

### 3.2.6.2 Características

Entre sus principales características se debe tomar en cuenta la profundidad de corte, la cual se refiere al grosor del material que la sierra es capaz de trabajar que puede variar según se trate del modelo desde los 15 cm a los 30 cm, otra característica es la anchura de corte es el espacio disponible para realizar el corte que va desde donde se coloca el material hasta el inicio de la salida de la cinta, y por último la velocidad de corte, este puede ser desde modelos básicos de 200 m hasta modelos más avanzados de 1500 m, la  $m$  representa el número de metros que la sierra puede cortar en un minuto. (Amada Machinery, s.f.)

Existen diferentes tipos de sierras de cintas, pero la sierra de cinta de metal es la importante ya que se utilizan para el corte de distintos metales: el aluminio, hierro y acero, este tipo de sierra usa un tipo de cinta muy particular que puede ser de diamante, de metal duro o bimetálicas, otra diferencia a una sierra de cinta para madera es que esta utiliza un refrigerante para mantener la sierra a baja temperatura para evitar el sobrecalentamiento ya que si este se produce, puede causar daños a la pieza cortada así como acortar la vida útil de la cinta.

En la Figura 16 se puede observar una representación de la sierra de cinta para metal de la marca Amada y modelo HA 250W usada en Nutriequipos S.A. de C.V. la cual se ocupará en la propuesta de optimización.

#### Figura 16

*Sierra Cinta AMADA HA 250W*



Nota. Imagen de la sierra horizontal usada por Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: (Amada Machinery, s.f.) Ya se encuentra en referencias

### 3.3 Código G

El Control Numérico (CN) es un método basado en el control de los movimientos de las máquinas-herramientas mediante el uso de instrucciones codificadas en líneas de números y letras. Estas líneas de código numéricas son leídas e interpretadas por la máquina dando como resultado diferentes señales de salida. Al principio, las instrucciones se proporcionaban a las máquinas con control numérico mediante el uso de tarjetas o cintas perforadas, como en las computadoras antiguas, con el avance de la tecnología las máquinas-herramienta incorporaron sus propias computadoras a lo que se denomina Control Numérico Computarizado (CNC). (López Martínez, Granados Ortiz, & Martín Fernández, 2023)

El código G es un lenguaje de programación utilizado para máquinas CNC, su serie de líneas llenas de letras y números, dirigen los movimientos exactos de una máquina CNC, dicha trayectoria es en tres dimensiones utilizando líneas, arcos y estrías, desde mover la herramienta hacia el material por primera vez hasta crear acabados superficiales.

Esta programación se puede ocupar para muchos tipos de máquinas, que incluyen: fresadoras, tornos, enrutadores y chorros de agua, máquinas de torneado de diamante de un solo punto, máquinas láser de precisión y máquinas dispensadoras y de soldadura robóticas. (Salazar, 2022)

El código G se usa más comúnmente para describir una serie de diferentes tipos de código:

- G, movimiento general de la máquina.
- M, acción de máquina.
- F, alimenta.
- S, velocidades del husillo.
- T, herramientas.

Los comandos “G” se usan con mayor frecuencia, por lo que el nombre de “código G” se usó para todos los comandos.

Antes y durante el mecanizado el código G dirige cada pequeño movimiento y configuración de la máquina, controla cómo se mueve la herramienta hacia el material, qué tan rápido gira y qué herramienta está en el portaherramientas. Una vez creado el código G, se hace en largas líneas de código organizadas en bloques. Cada línea dirige una acción, como S500 establece la velocidad del husillo en 500 revoluciones por minuto, cada bloque dirige una operación de mecanizado completa. Estos bloques están delimitados por etiquetas como N02, N04, etc. para ayudar a mantener todo organizado. Una serie de bloques lleva a la máquina a través de cada paso del maquinado hasta que la pieza terminada está lista para ser retirada.

El código puede volverse progresivamente más complejo, controlando aspectos como la compensación del cortador, el posicionamiento incremental y el establecimiento de sistemas de coordenadas.

### 3.4 Contabilidad de costos

El sistema de información de costos por proceso se establece cuando los productos son similares y se elaboran masivamente en forma continua e interrumpida a través de una serie de etapas de

producción llamadas procesos. Los costos de producción se acumulan para un periodo específico por departamentos, procesos o centros de costo. La asignación de costos en un departamento productivo es solo un paso intermedio, pues el objetivo final es determinar el costo unitario total de producción.

Un producto en su ciclo de elaboración fluye a través de dos o más centros de costos productivos que realizan diferentes procesos, antes de que llegue a almacén de artículos terminados.

Los costos de materia prima directa, mano de obra directa y cargos indirectos incurridos en un periodo de costos se cargan a la cuenta producción en proceso y se direccionan hacia cada centro de costos productivo. Así, los costos incurridos por la producción terminada de un centro de costos productivos son transferidos al centro de costos siguiente. La producción terminada de un centro de costos productivo se convierte en materia prima o semiproducto del siguiente y así sucesivamente, hasta que se convierte en artículo terminado. El costo unitario se incrementa a medida que los artículos fluyen a través de los centros de costo productivos.

Un sistema de información de costos por procesos tiene las siguientes características:

- Producción de artículos homogéneos en grandes volúmenes.
- La corriente de producción es continua.
- La transformación de los artículos se lleva a cabo a través de dos o más procesos.
- Los costos se registran y acumulan en la cuenta de producción en proceso direccionándolos hacia cada centro de costos productivo.
- Las unidades equivalentes se usan para determinar el inventario final de producción en proceso, en términos de unidades se determinan por centro de costos productivo y en cada periodo de costos.
- Los costos unitarios se determinan por centro de costos productivo, en cada periodo de costos.
- El costo unitario se incrementa a medida que los artículos fluyen a través de los centros de costo productivo. En el momento que los artículos dejan el último centro de costos productivo del proceso y son enviados al almacén de artículos terminados, se puede conocer el costo unitario total de los artículos terminados.
- Los costos totales y unitarios de cada centro de costos productivo son agregados periódicamente, analizados y calculados a través del uso de informes de producción.

### **3.4.1 Elementos del costo**

Los elementos de costo de un producto o sus componentes son los materiales directos (materias primas), la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación, esta clasificación suministra la información necesaria para la medición del ingreso y la fijación del precio del producto. (Atlantic International University, s.f.)

### **Materia prima**

La materia prima es plenamente identificable en el producto que se fabrica. Una misma materia puede ser directa o indirecta dependiendo del tipo de proceso o manejo que se hace de ella. La clave para identificar si se trata de materia prima directa es que sea plenamente identificable en el producto.

### **Mano de obra directa**

Representa los salarios de los obreros que participaban directamente en la transformación de la materia prima y que, igualmente, son identificables con el producto.

### **Gastos de fabricación**

También llamados gastos o cargos indirectos están integrados por todos aquellos conceptos que son comunes a los diferentes productos fabricados y que no se pueden identificar plenamente en ellos. Por ejemplo, el inmueble donde está la fábrica, las máquinas que se utilizan en la producción, los materiales que no son reconocidos completamente en la producción o que no es costeable identificar, como el pegamento, los clavos, la pintura, etcétera, y los salarios del personal de la fábrica que no se pueden identificar plenamente con el producto, como son los salarios de los supervisores.(Colin Garcia, 2020)

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA (DIAGNÓSTICO)

En este capítulo se abordará el análisis de la información recabada del proceso actual de fabricación del eje de acero inoxidable lo que nos permitirá un diagnóstico de los tiempos y costos esto con el objetivo de tener un marco de comparación para la propuesta.

### 4.1 Proceso manual

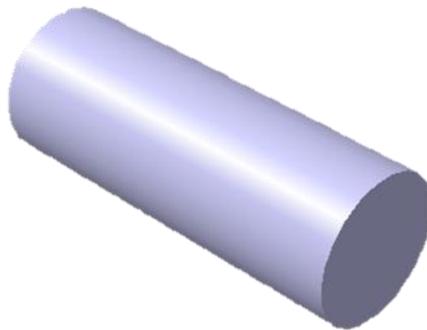
De las visitas realizadas al área de manufactura de la empresa Nutriequipos Inoxidables S.A. de C.V. con la finalidad de conocer el proceso de fabricación se obtuvo la siguiente información.

El proceso de manufactura para la elaboración de un eje de acero inoxidable se describe a continuación y se ilustra en las Figura 17 a la Figura 31:

1. Seccionar a medida una barra de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ " de diámetro y 20 pies de largo, obteniendo vástagos con una longitud aproximada de  $2 \frac{1}{16}$ " (ver Figura 17) de donde se obtiene la pieza A que posteriormente será ensamblada con un dado de  $\frac{9}{16}$ " siendo esta la pieza B. Esta operación genera 116 vástagos por barra.

#### Figura 17

*Vástago de la barra de acero inoxidable*



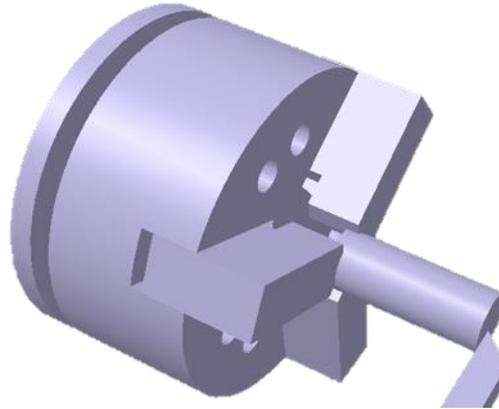
Nota. Vástago resultante del proceso de seccionado utilizando la tronzadora en el proceso actual de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

2. Se realiza el proceso de refrentado que consiste en rectificar la parte frontal y posterior del vástago mediante el arranque de viruta a un máximo de revoluciones, unificando medidas, cada vástago debe tener una longitud de 2" (ver Figura 18), utilizando el Torno Horizontal C0636A MCLANE.

## Figura 18

*Refrentado del vástago de la barra de acero inoxidable*



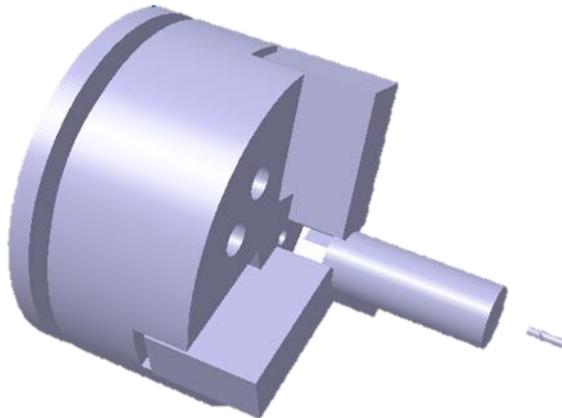
Nota. Refrentado del vástago en el Torno Horizontal C0636A MCLANE de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

3. Posteriormente se realiza el centrado en ambas caras con una broca de centros utilizando un portabrocas (ver Figura 19) en el Torno Horizontal C0636A MCLANE.

## Figura 19

*Centrado del vástago de la barra de acero inoxidable*



Nota. Centros del vástago en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

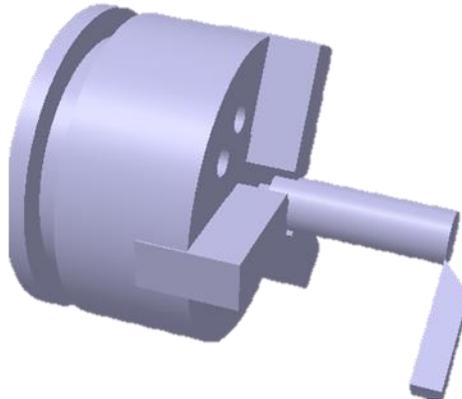
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

4. Una vez terminado el proceso anterior sigue el cilindrado del vástago a un diámetro de  $\frac{3}{4}$ "

(ver Figura 20), esto con la finalidad de obtener un acabado estético y también se realiza en el Torno Horizontal C0636A MCLANE.

**Figura 20**

*Cilindrado del vástago de la barra de acero inoxidable*



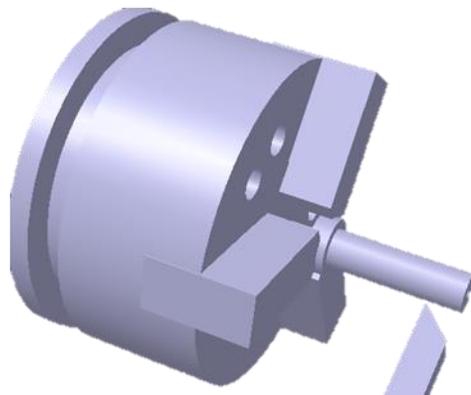
Nota. Cilindrado del vástago en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

5. Como siguiente proceso se realiza nuevamente un cilindrado del vástago a un diámetro 1/2" mediante arranque de viruta (ver Figura 21) en el Torno Horizontal C0636A MCLANE.

**Figura 21**

*Cilindrado del vástago de la barra de acero inoxidable*



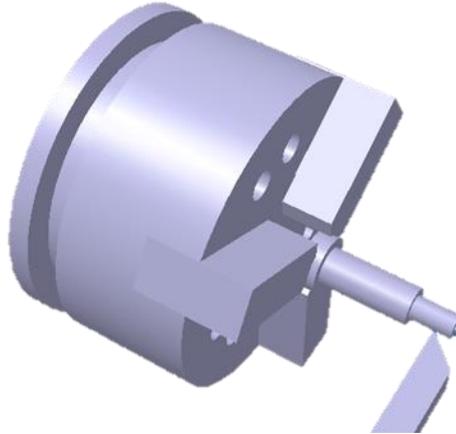
Nota. Cilindrado del vástago en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

6. El último proceso de cilindrado del vástago consiste en realizar un diámetro a  $\frac{5}{16}$ " en donde posteriormente se maquina una cuerda cuyo diámetro mayor tiene la misma especificación (ver Figura 22) en el Torno Horizontal C0636A MCLANE.

**Figura 22**

*Cilindrado del vástago de la barra de acero inoxidable*



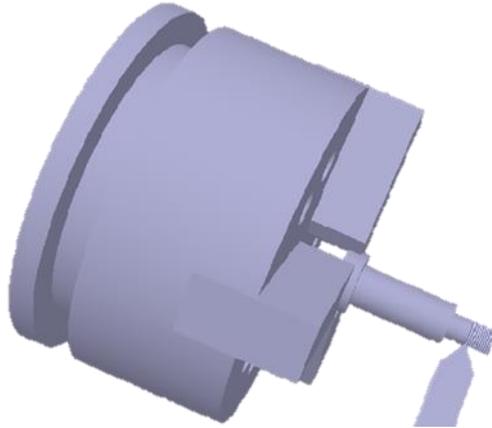
Nota. Cilindrado del vástago en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

7. Una vez terminado los procesos de cilindrado se comienza con el maquinado de cuerda estándar con diámetro mayor nominal de  $\frac{5}{16}$ ", 18 hilos por pulgada, un paso de 0.0555" calculado con la fórmula  $1/N_h$  siendo  $N_h$  el número de hilos por pulgada (18) y una altura de paso de 0.0340" calculándose con la fórmula  $H=0.6134 * P$  quedando de la siguiente forma  $H=0.6134 * 0.0555$  , el proceso (ver Figura 23) también se lleva en el Torno Horizontal C0636A MCLANE.

### Figura 23

*Maquinado del vástago de la barra de acero inoxidable*



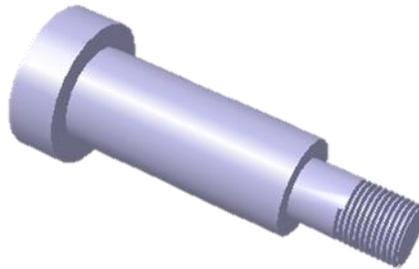
Nota. Maquinado del vástago en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

Hasta el momento se tienen dos piezas, el vástago a la denominamos pieza A y el dado de  $\frac{9}{16}$ " como pieza B (ver Figura 24 y Figura 25).

### Figura 24

*Pieza A (Vástago)*

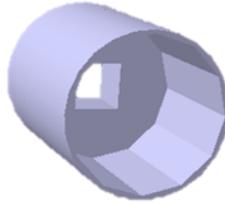


Nota. El vástago después de los procesos de seccionado, refrentado, centrado, cilindrado y maquinado de cuerda.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

### **Figura 25**

*Dado de  $\frac{9}{16}$ " en bruto*



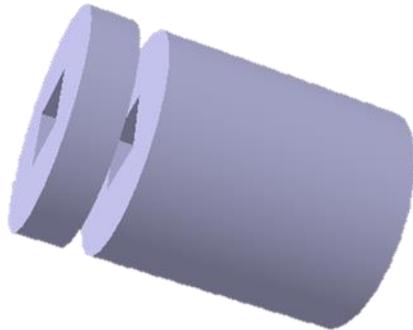
Nota. Dado de  $\frac{9}{16}$ " del proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

8. Por otro lado, se secciona el dado de  $\frac{9}{16}$ " con la tronzadora (ver Figura 26).

### **Figura 26**

*Tronzado del dado de acero inoxidable*



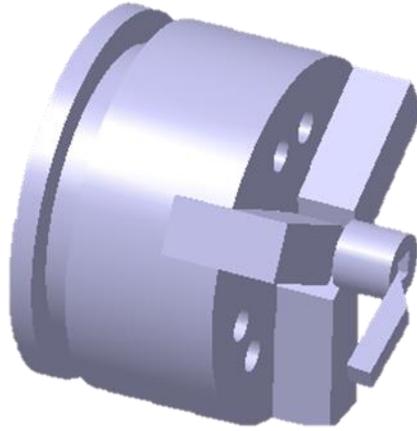
Nota. Tronzado del dado de acero inoxidable en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

9. Refrentado del dado en el torno Horizontal C0636A MCLANE (ver Figura 27).

**Figura 27**

*Refrentado del dado de acero inoxidable*



Nota. Refrentado del dado de acero inoxidable en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

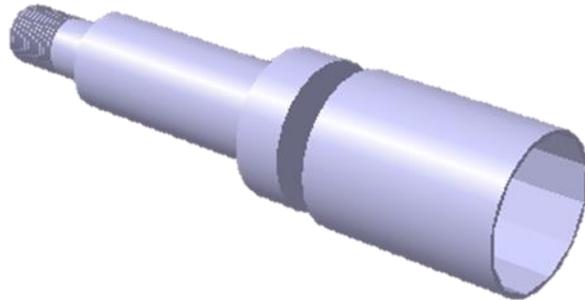
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

En las piezas A y B (ver Figura 28), ambos son resultados de los procesos anteriormente mencionados y se describen a continuación los procesos donde se involucran las dos piezas. Pieza A Y B.

**Figura 28**

*Pieza A (Vástago)*

*Pieza B (Dado  $\frac{9}{16}$ "*



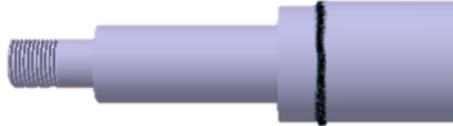
Nota. El vástago después de los procesos de seccionado, refrentado, centrado, cilindrado y maquinado de cuerda, así como el dado de  $\frac{9}{16}$ " después de los procesos de tronzado y refrentado.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

10. Se aplica un cordón de soldadura mediante el proceso TIG, con soldadura de acero, planta para soldar y gas argón entre dado de  $\frac{9}{16}$ " y el vástago (ver Figura 29).

**Figura 29**

*Proceso de soldado entre el dado de  $\frac{9}{16}$ " y el vástago.*



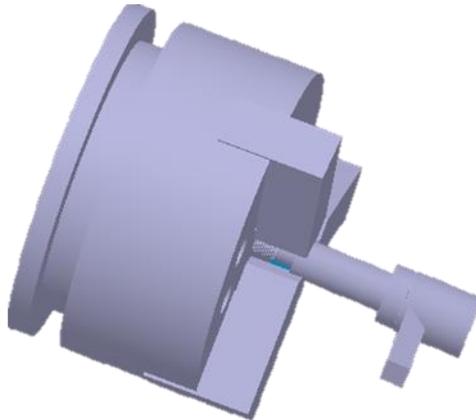
Nota. Proceso de soldado entre el dado de  $\frac{9}{16}$ " y el vástago en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

11. Rectificado del eje de acero inoxidable de  $\frac{9}{16}$ ", con la finalidad de unificar el diámetro del dado y el eje, brindando un acabado estético (ver Figura 30).

**Figura 30**

*Rectificado del eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ ".*



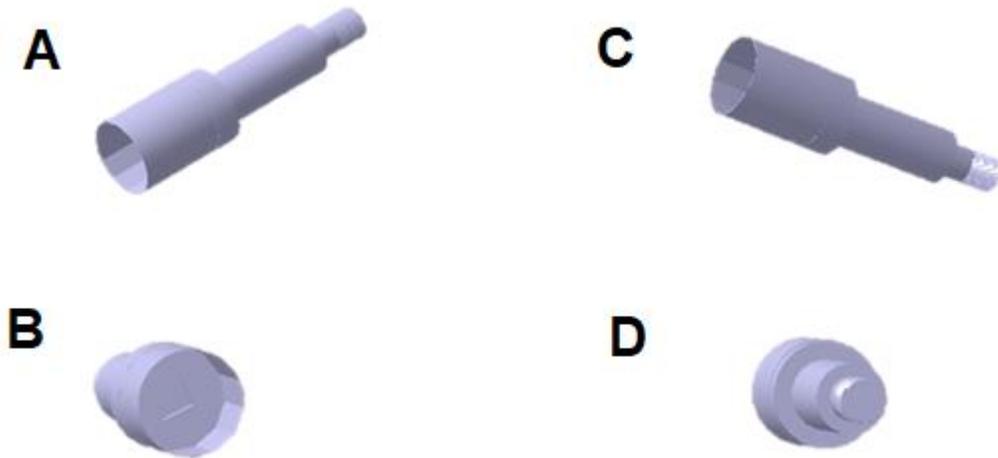
Nota. Rectificado del eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ ".

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

12. Inspección de medidas, soldadura y acabados este proceso se ilustra en la Figura 31a, 31b, 31c, 31d.

**Figura 31**

*Inspección de medidas, soldadura y acabados*



Nota. Cilindrado del vástago en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

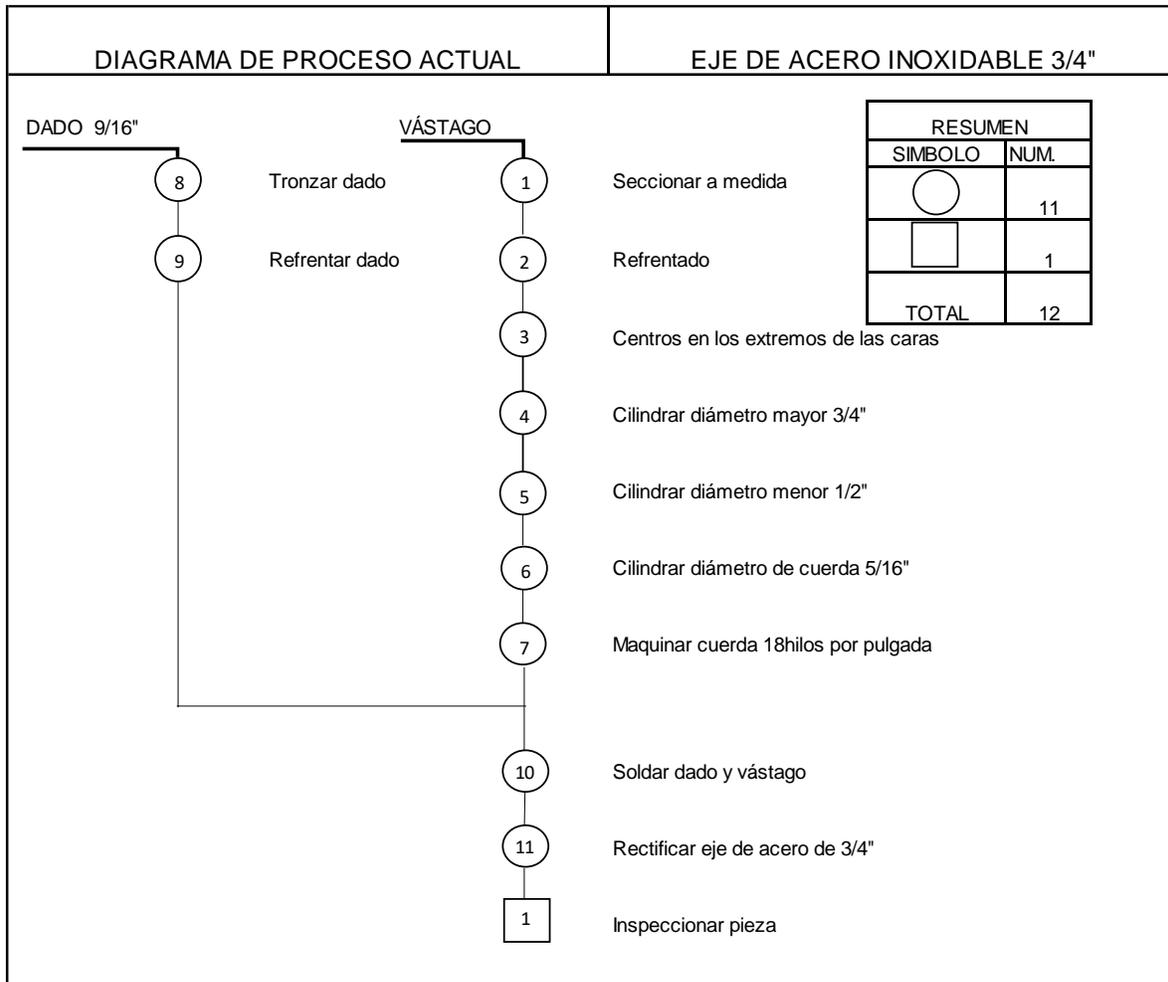
- a) Vista lateral A
- b) Vista frontal
- c) Vista lateral C
- d) Vista trasera

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

Mediante el uso de la técnica del experimento, toma de notas y toma de tiempos se verificará a pie de máquina el tiempo de fabricación del eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ " , el número de operarios requeridos, la distancia que recorre la materia prima para calcular el costo de producción, dichos datos se representan a continuación mediante un Diagrama de Proceso de Operaciones (ver Figura 32).

**Figura 32**

*Diagrama de proceso de operaciones actual*



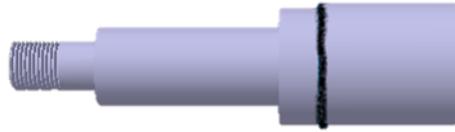
Nota. Diagrama de proceso de la operación actual en el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

En el mencionado DOP se puede identificar un total de 11 operaciones y 01 inspecciones, lo que da como producto final el eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ " (ver Figura 33).

**Figura 33**

*Eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ ".*



Nota. Eje de acero inoxidable producto del proceso manual.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

A continuación, en la Figura 34, se realizó el diagrama de recorrido respecto a las actividades que se ejecutan para la obtención del producto final.

Figura 34

Diagrama de recorrido manual

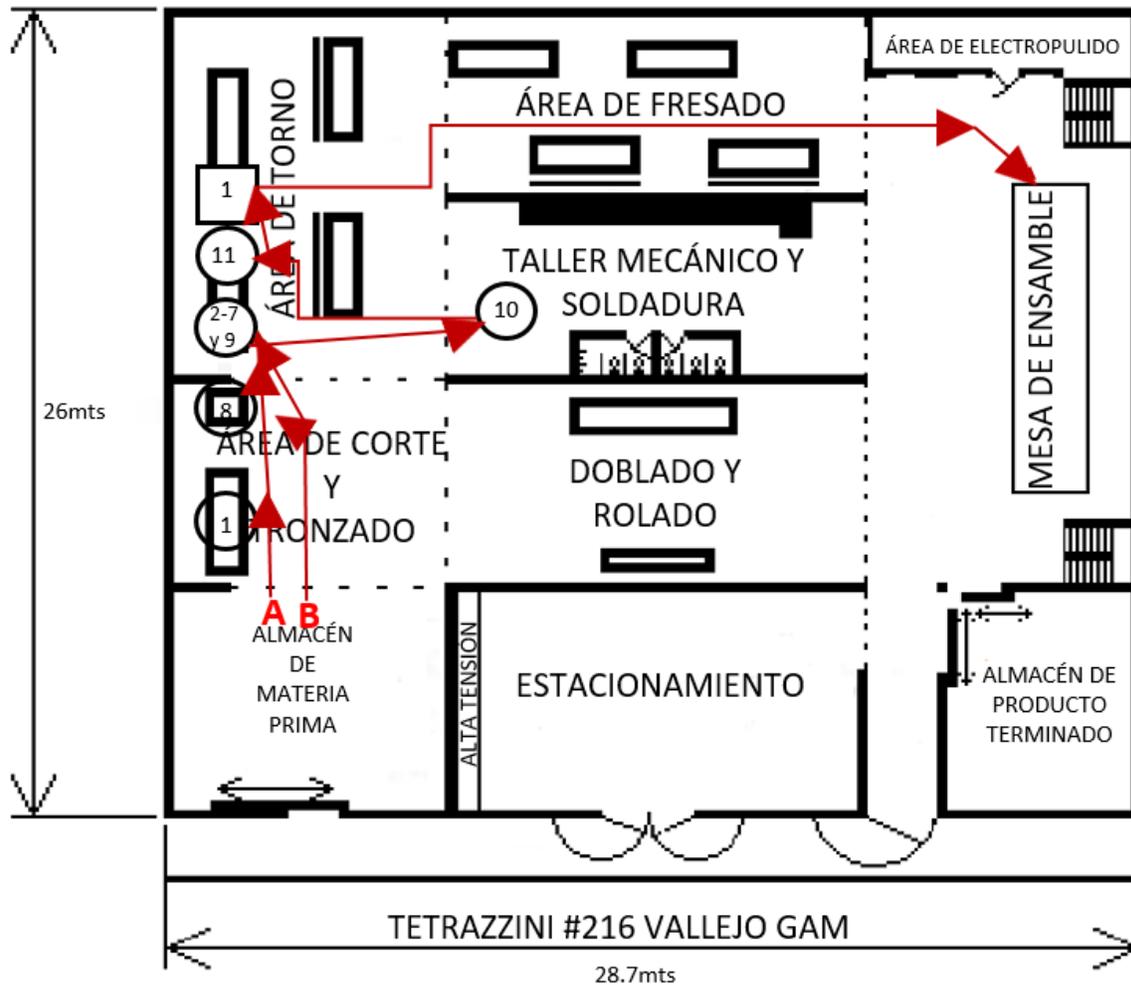


Diagrama de recorrido actual para la fabricación de un eje de acero inoxidable  $\frac{3}{4}$ " comprende:

A=Vástago

B= Dado de  $\frac{9}{16}$ "

11 operaciones

70 metros de distancia

Nota. Diagrama de recorrido en la empresa Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

Como se aprecia en la Figura 34 el operario al contar con una barra de acero inoxidable de 20 ft de largo y  $\frac{3}{4}$ " de diámetro junto con 116 dados de  $\frac{9}{16}$ " para la fabricación del eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ " dirige al área de corte donde se secciona la barra (116 vástagos de ~2.0625in) y se trozan los dados para posteriormente maquinar los vástagos en el torno convencional y de esta forma realizar las operaciones de desbaste de material de los vástagos y rectificando de los dados, luego se dirige al taller mecánico para realizar la unión de ambas piezas mediante soldadura ,después regresa al torno convencional para rectificar el diámetro mayor del eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ " principalmente en la zona donde se aplicó el cordón de soldadura realizando inspección de las piezas revisando principalmente dimensiones de estas.

A continuación, se presenta el diagrama de análisis de procesos del proceso de fabricación de un eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ " (ver Figura 35).

**Figura 35**

*Cursograma Analítico Actual*

CURSOGRAMA ANALÍTICO					OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO				
Diagrama Núm:		Hoja Núm de		Resumen					
Objeto: EJE DE ACERO INOXIDABLE 3/4"		Actividad			Actual	Propuesta	Economía		
Actividad: PROCESO DE MANUFACTURA		Operación			11				
Método: Actual/Propuesto		Transporte			5				
Lugar: Nutriequipos		Espera			0				
Operario (s): 03		Inspección			1				
Fecha: / /		Almacenamiento			1				
Fecha: / /		Distancia (m)			70mts				
Aprobado por:		Tiempo (min-hombre)			37.87min				
		Costo							
		- Mano de obra							
		- Material							
		Total			\$163.70				
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo			Observaciones		
BARRA DE ACERO Y DADOS SE TRASLADAN SIMULTÁNEAMENTE DEL ALMACÉN AL ÁREA DE CORTE Y TRONZADO									
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA BARRA DE ACERO INOX. 304 CON DIÁMETRO DE 3/4"	1						01 Barra de acero de 20ft de longitud y 116 dados de 9/16"		
SE TRASLADA AL ÁREA DE CORTE SE SECCIONA A MEDIDA							2 1/16" por vástago, se obtienen 116 vástagos.		
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO SE REALIZA REFRENTADO A AMBAS CARAS							En un carrito las 116pzas.		
CENTROS EN LOS EXTREMOS DE LAS CARAS							Preparación		
CILINDRAR AL DIÁMETRO MAYOR							Preparación		
CILINDRAR EL DIÁMETRO MENOR							3/4"		
CILINDRAR AL DIÁMETRO DE CUERDA							Diámetro intermedio del vástago 1/2"		
MAQUINADO DE CUERDA ESTÁNDAR							5/16" 18hilos por pulgada		
SE TRASLADA AL ÁREA DE SOLDADURA							PIEZA 1		
BARRA DE ACERO Y DADOS SE TRASLADAN SIMULTÁNEAMENTE DEL ALMACÉN AL ÁREA DE CORTE Y TRONZADO									
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA, DADO EXAGONAL DE 9/16"	116						116 dados		
SE TRASLADA AL ÁREA DE TRONZADO							En un carrito		
SE TRONZA EL DADO							Tronzadora AMADA 12"		
SE TRASLADA LA PARTE ÚTIL AL ÁREA DE TORNO							En un carrito PIEZA 2		
SE REFRENTA EL DADO DEL LADO TRONZADO									
SE TRASLADA AL ÁREA DE SOLDADURA									
SE UNE EL VÁSTAGO MAQUINADO Y EL DADO MEDIANTE SOLDADURA							PIEZA 1 Y 2		
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO							En un carrito los 116 ejes		
SE REALIZA RECTIFICADO							Acabado estético		
INSPECCIÓN							Soldadura y dimensiones		
SE TRASLADA AL ÁREA DE ENSAMBLE							Entregar al encargado de área.		
Total		1eje	37.87min	70mts.	11	1	0	5	1

Nota. Cursograma generado en la visita que ilustra el proceso actual del proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

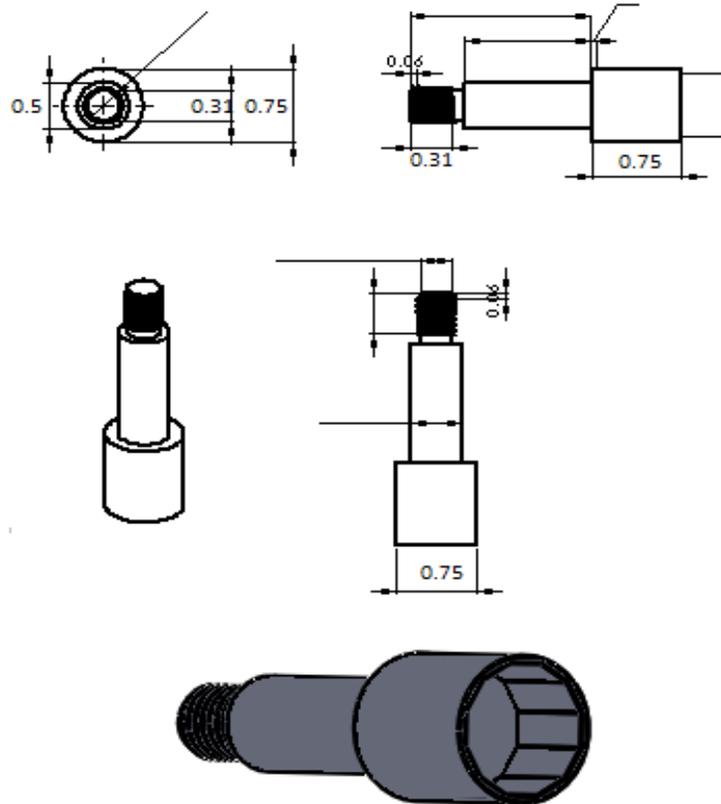
Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

## 4.2 Especificación técnica del eje de acero inoxidable

A continuación, en la Figura 36 se puede observar las medidas del eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ ".

**Figura 36**

*Especificación técnica del eje de acero inoxidable*



Nota: Medidas de eje de acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Análisis de tiempos (proceso manual)

Una vez identificados los procesos que se llevan a cabo en la fabricación manual del eje de acero inoxidable se procedió a realizar el *estudio de tiempos*.

Para ello, se utilizó como herramienta de medición un cronómetro digital, redondeando los valores y convirtiéndolos a segundos, se utilizó el *método de vuelta a cero*.

#### 4.3.1 Cálculo de número de observaciones

Para el cálculo del número de observaciones se utilizaron dos actividades del proceso de fabricación manual como muestra, de dichas actividades, se tomaron 5 muestras iniciales para poder aplicar el método estadístico (ver *Ecuación 1*) con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%

*Fórmula para calcular el número de observaciones*

$$n = \left( \frac{z \cdot \sigma}{e \cdot x'} \right)^2 \dots \text{Ecuación 1}$$

Nota: Fórmula general para calcular el tamaño de muestra

Fuente: (Ingeniería Industrial Online, s.f.)

Los valores de las variables son los siguientes:

- n: número de muestras
- $\sigma$ : desviación estándar
- z: valor de z
- e: porcentaje de error = 0.05
- $x'$ : media de valores iniciales

Para calcular el valor de Z se va a utilizar la tabla de valores Z (ver Tabla 7) y se buscará el valor **0.025** (que representa el porcentaje de error dividido entre 2).

Al localizarlo, se sumarán los valores de los extremos:  $1.9 + 0.06 = \mathbf{1.96}$

**Tabla 7**

*Tabla de valores z*

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233

Nota: A partir de la tabla se puede obtener el coeficiente de sigma "Z"

Fuente: (Platzi, s.f.)

Con dicho valor ahora se puede realizar la *Ecuación 1*, lo que arroja los siguientes resultados

- Maquinado de cuerda: **2.6**
- Se refrenta el dado cortado para eliminar rebabas y dejarlo a medida final: **3.3**

Por lo que se concluyó que el número de observaciones de manera general para cada una de las actividades es **3**.

Nota: Para poder ver los tiempos registrados y los cálculos de cada actividad ver anexo 1.

#### 4.3.2 Cálculo de tiempo promedio de cada actividad

Una vez tomando las 3 muestras, se calculó el promedio de tiempo del proceso manual el cual fue de **1883.7 segundos** (ver parte resaltada de *Tabla 8*).

**Tabla 8***Tiempo promedio de cada actividad (proceso manual)*

ACTIVIDAD	TIEMPO PROMEDIO
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA BARRA DE ACERO INOX. 3/4" (V)	61.3
SE TRASLADA LA BARRA AL ÁREA DE CORTE (V)	57.3
LA BARRA SE SECCIONA A MEDIDA 2" (V)	34.3
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO (V)	62.3
REFRENTADO (V)	237.7
CENTROS EN LOS EXTREMOS DE LAS CARAS (V)	231.7
CILINDRAR AL DIÁMETRO MAYOR (V)	126.3
CILINDRAR EL DIÁMETRO MENOR (V)	242.0
CILINDRAR EL DIÁMETRO DE CUERDA (V)	67.0
MAQUINADO DE CUERDA (V)	65.3
SE TRASLADA AL ÁREA DE SOLDADURA (V)	61.3
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA, DADO HEXAGONAL DE 9/16" (D)	0.0
SE TRASLADA AL ÁREA DE TRONZADO (D)	59.0
SE TRONZA EL DADO (D)	0.0
SE TRASLADA EL DADO AL TORNO (D)	0.0
SE REFRENTA EL DADO CORTADO PARA ELIMINAR REBABAS Y DEJARLO A MEDIDA FINAL (D)	60.3
SE TRASLADA LA PARTE ÚTIL AL ÁREA DE SOLDADURA (D)	0.0
SE UNE EL VÁSTAGO MAQUINADO Y EL DADO MEDIANTE SOLDADURA (V, D)	242.7
SE TRASLADA DE VUELTA A MAQUINADO EN TORNO (V, D)	65.0
SE RECTIFICA EN EL TORNO FINALMENTE (V, D)	181.3
INSPECCIÓN (V, D)	28.7
<b>TOTAL</b>	<b>1883.7</b>

Nota: Tabla de promedio de tiempo de cada actividad (5 muestras)

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

#### **4.3.3 Cálculo de tiempo básico de cada actividad**

Al ser un proceso manual, la intervención del operador está en cada una de las actividades y por ello se debe evaluar el ritmo de trabajo de este. El observador determinó que la valoración del ritmo fue de **95%** en cada una de las actividades, con lo cual se puede calcular que el tiempo básico/normal para el proceso manual es de **1789.5** (ver parte resaltada de Tabla 9).

**Tabla 9***Tiempo básico de cada actividad (proceso manual)*

ACTIVIDAD	TIEMPO BÁSICO
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA BARRA DE ACERO INOX. 3/4" (V)	58.3
SE TRASLADA LA BARRA AL ÁREA DE CORTE (V)	54.5
LA BARRA SE SECCIONA A MEDIDA 2" (V)	32.6
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO (V)	59.2
REFRENTADO (V)	225.8
CENTROS EN LOS EXTREMOS DE LAS CARAS (V)	220.1
CILINDRAR AL DIÁMETRO MAYOR (V)	120.0
CILINDRAR EL DIÁMETRO MENOR (V)	229.9
CILINDRAR EL DIÁMETRO DE CUERDA (V)	63.7
MAQUINADO DE CUERDA (V)	62.1
SE TRASLADA AL ÁREA DE SOLDADURA (V)	58.3
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA, DADO HEXAGONAL DE 9/16" (D)	0.0
SE TRASLADA AL ÁREA DE TRONZADO (D)	56.1
SE TRONZA EL DADO (D)	0.0
SE TRASLADA EL DADO AL TORNO (D)	0.0
SE REFRENTA EL DADO CORTADO PARA ELIMINAR REBABAS Y DEJARLO A MEDIDA FINAL (D)	57.3
SE TRASLADA LA PARTE ÚTIL AL ÁREA DE SOLDADURA (D)	0.0
SE UNE EL VÁSTAGO MAQUINADO Y EL DADO MEDIANTE SOLDADURA (V, D)	230.5
SE TRASLADA DE VUELTA A MAQUINADO EN TORNO (V, D)	61.8
SE RECTIFICA EN EL TORNO FINALMENTE (V, D)	172.3
INSPECCIÓN (V, D)	27.2
<b>TOTAL</b>	<b>1789.5</b>

Nota: Tabla de tiempo básico de cada actividad (5 muestras)

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

#### **4.3.4 Cálculo de suplementos de fatiga**

Una vez que se tiene el tiempo básico de cada actividad, al ser un proceso manual donde interviene un operador, no se puede olvidar prever ciertos suplementos para compensar la fatiga y el descanso.

En la Tabla 10 se puede observar los coeficientes de fatiga que en la industria se han estandarizado, como la titulada en la publicación de la Oficina Internacional del Trabajo (O.I.T., Ginebra, 4a Edición, revisada, 1.996. Introducción al estudio del Trabajo; páginas 501 a 510, facilitada por la empresa Peter Steel and Partners)

**Tabla 10**

*Coefficientes de fatiga*

SUPLEMENTOS CONSTANTES		HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER
Necesidades personales		5	7	e) Condiciones atmosféricas			
Básico por fatiga		4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)			
SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER	16		0	
a) Trabajo de pie				14		0	
Trabajo se realiza sentado(a)		0	0	12		0	
Trabajo se realiza de pie		2	4	10		3	
b) Postura normal				8		10	
Ligeramente incómoda		0	1	6		21	
Incómoda (inclinación del cuerpo)		2	3	5		31	
Muy incómoda (Cuerpo estirado)		7	7	4		45	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				3		64	
Peso levantado por kilogramo				2		100	
2,5		0	1	f) Tensión visual			
5		1	2	Trabajos de cierta precisión		0	0
7,5		2	3	Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
10		3	4	Trabajos de gran precisión		5	5
12,5		4	6	g) Ruido			
15		5	8	Sonido continuo		0	0
17,5		7	10	Sonidos intermitentes y fuertes		2	2
20		9	13	Sonidos intermitentes y muy fuertes		5	5
22,5		11	16	Sonidos estridentes		7	7
25		13	20 (máx)	h) Tensión mental			
30		17		Proceso algo complejo		1	1
33,5		22		Proceso complejo o de atención dividida		4	4
d) Iluminación				Proceso muy complejo		8	8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	i) Monotonía mental			
Bastante por debajo		2	2	Trabajo monótono		0	0
Absolutamente insuficiente		5	5	Trabajo bastante monótono		1	1
				Trabajo muy monótono		4	4
				j) Monotonía física			
				Trabajo algo aburrido		0	0
				Trabajo aburrido		2	2
				Trabajo muy aburrido		5	5

Nota: Tabla de coeficientes de fatiga

Fuente: (Ingeniería Industrial Online, s.f)

A partir de la Tabla 10 el observador determinó los coeficientes de fatiga para las actividades del proceso manual (ver Tabla 11).

**Tabla 11**

*Suplementos de fatiga variables (proceso manual)*

SUPLEMENTO VARIABLE	PORCENTAJE
TRABAJO SE REALIZA A PIE	2%
USO DE LA FUERZA: 15KG	5%
TRABAJOS DE PRECISIÓN O FATIGOSOS	2%
SONIDOS INTERMITENTES Y MUY FUERTES	5%
PROCESO COMPLEJO O DE ATENCIÓN DIVIDIDA	4%
<b>TOTAL</b>	<b>18%</b>

Nota: Porcentaje de suplementos variables del proceso manual

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

#### **4.3.5 Cálculo de tiempo estándar de cada actividad**

El valor total para los suplementos de fatiga es: **9%** suplementos constantes + **18%** suplementos variables = **27%**

Con dicho valor se puede calcular el tiempo estándar para el proceso manual (ver parte resaltada de Tabla 12) que es de **2272.6 segundos**, es decir, aproximadamente **38 min**.

**Tabla 12***Tiempo estándar de cada actividad (proceso manual)*

ACTIVIDAD	TIEMPO ESTÁNDAR
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA BARRA DE ACERO INOX. 3/4" (V)	74.0
SE TRASLADA LA BARRA AL ÁREA DE CORTE (V)	69.2
LA BARRA SE SECCIONA A MEDIDA 2" (V)	41.4
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO (V)	75.2
REFRENTADO (V)	286.7
CENTROS EN LOS EXTREMOS DE LAS CARAS (V)	279.5
CILINDRAR AL DIÁMETRO MAYOR (V)	152.4
CILINDRAR EL DIÁMETRO MENOR (V)	292.0
CILINDRAR EL DIÁMETRO DE CUERDA (V)	80.8
MAQUINADO DE CUERDA (V)	78.8
SE TRASLADA AL ÁREA DE SOLDADURA (V)	74.0
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA, DADO HEXAGONAL DE 9/16" (D)	0.0
SE TRASLADA AL ÁREA DE TRONZADO (D)	71.2
SE TRONZA EL DADO (D)	0.0
SE TRASLADA EL DADO AL TORNO (D)	0.0
SE REFRENTA EL DADO CORTADO PARA ELIMINAR REBABAS Y DEJARLO A MEDIDA FINAL (D)	72.8
SE TRASLADA LA PARTE ÚTIL AL ÁREA DE SOLDADURA (D)	0.0
SE UNE EL VÁSTAGO MAQUINADO Y EL DADO MEDIANTE SOLDADURA (V, D)	292.8
SE TRASLADA DE VUELTA A MAQUINADO EN TORNO (V, D)	78.4
SE RECTIFICA EN EL TORNO FINALMENTE (V, D)	218.8
INSPECCIÓN (V, D)	34.6
<b>TOTAL</b>	<b>2272.6</b>

Nota: Tiempo estándar de cada actividad del proceso manual

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

#### 4.4 Análisis de costos de producción por procesos

El éxito de los negocios depende de decisiones asertivas, para lo cual se requiere de un buen manejo de costos que proporcione información precisa sobre el costo real de determinado objeto, ya sea que este se constituya por cada producto, servicio, o actividad.

Es por ello que se realizó el siguiente análisis de costos por procesos debido a que es un método específico que se utiliza para los procesos continuos, teniendo como resultado un volumen alto de unidades de producción iguales o similares.

#### 4.5 Análisis de costo de proceso manual

En la Tabla 13 se muestran los costos totales de materia prima utilizada para maquinarse el eje de acero inoxidable con el proceso manual.

**Tabla 13**

*Tabla de costos de materia prima proceso manual*

MATERIAL	MP PIEZAS	COSTO	TOTAL
ACERO INOX 304 BARRA DE 3/4" 6 METROS (20 FT)	1	2273.86	2273.86
DISCO DE CORTE 12"	1	360	360
BURIL CUADRADO 3/4" K-42	1	150	150
DADO HEXAGONAL 9/16" (D)	70	37	2590
ARGÓN Y APORTE	0	45	45
TOTAL			\$ 5,418.86

Nota: Tabla de descripción de los costos de materia prima involucrada en el proceso manual de un eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

En la Tabla 14 se muestran los costos totales de la mano de obra involucrada en el proceso manual de maquinado de un eje de acero inoxidable.

**Tabla 14**

*Tabla de costos de mano de obra en el proceso manual en la empresa*

PUESTO	MO		
	SALARIO	HORAS	TOTAL
AYUDANTE GENERAL	\$ 1,900.00	9	\$ 211.11
TORNERO	\$ 2,200.00	9	\$ 244.44
SOLDADOR	\$ 2,600.00	9	\$ 288.89
TOTAL	\$ 6,700.00	27	\$ 744.44

Nota: Tabla de costos de mano de obra utilizada en el proceso manual para la elaboración de un eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con la información de la empresa

En la Tabla 15 se muestran los costos totales de fabricación, los cuales no están involucrados directamente en su elaboración, sin embargo, son indispensables para la ejecución de un eje de acero inoxidable.

**Tabla 15**

*Tabla de costos de fabricación*

DESCRIPCIÓN	GASTOS DE FABRICACIÓN		
	CANTIDAD	COSTO	SEMANA
LUZ	N/A	\$ 7,500.00	\$ 1,875.00
AGUA	N/A	\$ 400.00	\$ 100.00
TOTAL		\$ 7,900.00	\$ 1,975.00

Nota: Tabla que muestra todos los costos de fabricación involucrados en la elaboración de un eje de acero inoxidable manual.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

En la Tabla 16 se muestran los costos involucrados en el primer departamento, el cual corresponde a corte, en ella se plasman las unidades por contabilizar y transferidas al siguiente departamento.

**Tabla 16***Cédula de costos de producción en proceso manual*

NUTRIEQUIPOS			
ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN PROCESO MANUAL			
CORTE			
CANTIDADES			
UNIDADES POR CONTABILIZAR			
UNIDADES EN PROCESO	70		
UNIDADES POR CONTABILIZAR			
UNIDADES TRANSFERIDAS AL DEPARTAMENTO 2 TORNO	70		
UNIDADES FINALES EN PROCESO		70	
PRODUCCIÓN EQUIVALENTE			
UNIDADES TERMINADAS	70		
UNIDADES ENVIADAS AL DEPARTAMENTO 2 TORNO	70		
COSTOS POR CONTABILIZAR			
	COSTO TOTAL	EQUIVALENTE	COSTO UNITARIO
MP	\$ 2,783.86	70	\$ 39.77
MO	\$ 633.33	70	\$ 9.05
CI	\$ 1,975.00	70	\$ 28.21
TOTAL	\$ 5,392.19	70	\$ 77.03
COSTOS CONTABILIZADOS			
TERMINADOS Y TRANS. AL SEGUNDO DEPARTAMENTO			
(\$77.03*70)			<u>\$ 5,392.19</u>

Nota: En esta cédula se puede visualizar el costo total acumulado correspondiente al departamento uno, corte.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

La Tabla 17 corresponde al departamento dos, turno en el cual se mantienen las mismas unidades con las cuales se inició en departamento uno.

**Tabla 17**

*Cédula de análisis de costos de producción en proceso manual*

<b>NUTRIEQUIPOS</b>			
<b>ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN PROCESO MANUAL</b>			
TORNO			
CANTIDADES			
	UNIDADES POR CONTABILIZAR		
UNIDADES EN PROCESO			70
	UNIDADES POR CONTABILIZAR		
UNIDADES TRANSFERIDAS AL DEPARTAMENTO 3			70
UNIDADES FINALES EN PROCESO			70
PRODUCCIÓN EQUIVALENTE			
UNIDADES TERMINADAS	70		
UNIDADES ENVIADAS AL DEPARTAMENTO 3		70	
COSTOS POR CONTABILIZAR			
	COSTO UNITARIO	EQUIVALENTE	COSTO UNITARIO
MP	\$ -	70	\$ -
MO	\$ 2,833.33	70	\$ 40.48
CI	\$ -	70	\$ -
TOTAL	\$ 2,833.33	70	\$ 40.48
COSTOS CONTABILIZADOS			
TERMINADOS Y TRANS. AL SEGUNDO DEPARTAMENTO (70*40.48)			\$ 2,833.33

Nota: En esta cédula se puede visualizar el costo total acumulado correspondiente al departamento dos, turno.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

En la Tabla 18 se puede visualizar los costos totales transferidos al último departamento de producción, soldadura, para el maquinado de un eje de acero inoxidable, las piezas obtenidas se envían directamente al departamento de ensamble, debido a que estas no son un producto final, son complemento del producto estrella, las licuadoras.

**Tabla 18**

*Cédula de costos involucrados en el departamento tres, soldadura del proceso manual*

NUTRIEQUIPOS			
ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN PROCESO MANUAL			
SOLDADURA			
CANTIDADES			
UNIDADES POR CONTABILIZAR			
UNIDADES EN PROCESO	70		
UNIDADES POR CONTABILIZAR			
UNIDADES TRANSFERIDAS AL DEPARTAMENTO, SOLDADURA	70		
UNIDADES FINALES EN PROCESO		70	
PRODUCCIÓN EQUIVALENTE			
UNIDADES TERMINADAS	70		
UNIDADES ENVIADAS A ENSAMBLE	70		
COSTOS POR CONTABILIZAR			
	COSTO TOTAL	EQUIVALENTE	COSTO UNITARIO
MP	\$ -	70	\$ -
MO	\$ 3,233.33	70	\$ 46.19
CI	\$ -	70	\$ -
TOTAL	\$ 3,233.33	70	\$ 46.19
COSTOS CONTABILIZADOS			
TERMINADOS Y TRANS. AL SEGUNDO DEPARTAMENTO			
(70*46.19)			\$ 3,233.33

Nota: En esta cédula se puede visualizar el costo total acumulado correspondiente al departamento tres, soldadura.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

## CAPÍTULO V PROPUESTA DE SOLUCIÓN O MEJORA

Nutriequipos Inoxidables SA de CV en su afán de competir en el mercado actual a la par de las grandes empresas ha introducido en sus procesos de manufactura la tecnología que le ayude a concretar dicho objetivo, no obstante, mediante este proyecto se detectó que, si bien la empresa cuenta con maquinaria y equipo con tecnología de punta, aún existen dentro de sus procedimientos de fabricación, áreas de mejora. Una de estas áreas es el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable, el cual, aun después de 20 años sigue manteniendo su método de producción manual a pesar de contar con maquinaria CNC dentro de la empresa.

La propuesta que se está planteando en este proyecto, es utilizar la maquinaria CNC (con la que cuenta la empresa) para la fabricación del eje de acero inoxidable, para ello se utilizará el *G-code* generado a partir del modelado del eje de acero inoxidable (ver anexo 2).

### 5.1 Desarrollo de la propuesta de mejora

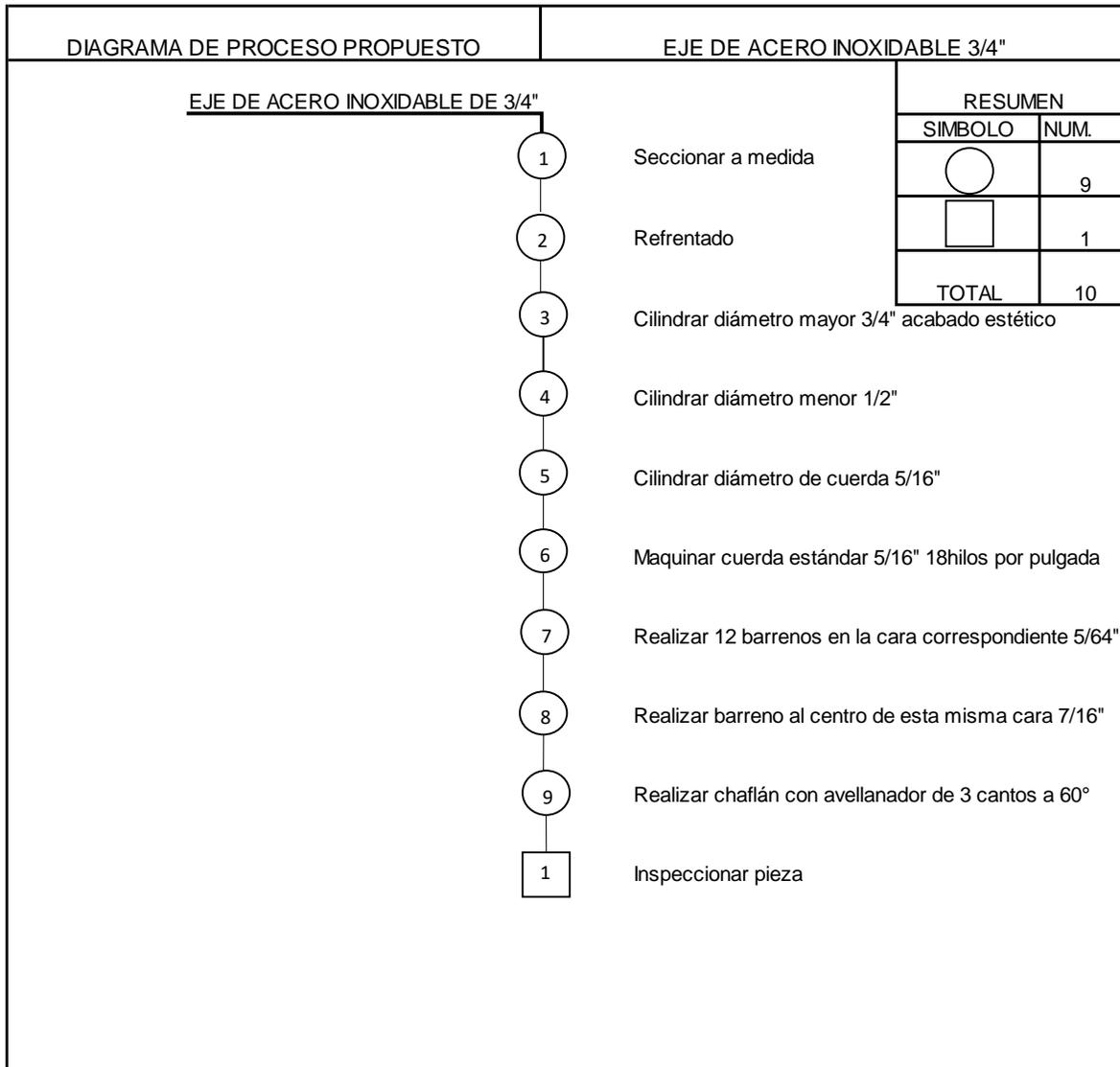
El orden del proceso de manufactura propuesto para la elaboración de un eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ " se describe a continuación:

1. Seccionar a medida una barra de acero inoxidable 304 con diámetro de  $\frac{3}{4}$ "
2. Refrentar ambas caras de cada vástago obtenido
3. Maquinar centros en ambas caras de cada vástago
4. Cilindrar diámetro del vástago de  $\frac{3}{4}$ "
5. Cilindrar diámetro de  $\frac{3}{4}$ "
6. Cilindrar diámetro de  $\frac{5}{16}$ "
7. Maquinar cuerda estándar  $\frac{5}{16}$ " con 18 hilos por pulgada
8. Realizar 12 barrenos en la cara correspondiente a  $\frac{5}{64}$ " cada uno
9. Realizar barreno al centro de esta misma cara a  $\frac{7}{16}$ "
10. Realizar chaflán, con avellanador de tres cantos a  $60^\circ$
11. Inspeccionar pieza

En la Figura 37 se presenta el diagrama de operaciones del proceso de fabricación digital del eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ ". En el mencionado DOP se puede identificar un total, de 09 operaciones y 01 inspecciones, lo que da como producto final el eje de acero inoxidable de  $\frac{3}{4}$ ".

**Figura 37**

*Diagrama de proceso de operaciones propuesto*



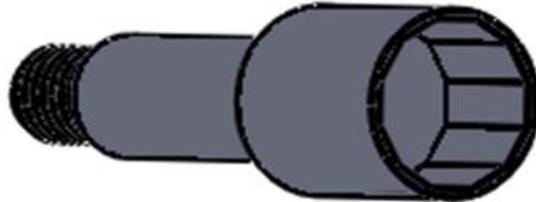
Nota. Diagrama de proceso de la operación propuesto para el proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

En la Figura 38 se puede visualizar el vástago obtenido mediante el maquinado digital propuesto, método que perfecciona la técnica de ejecución y teniendo como resultado el producto final.

**Figura 38**

*Eje resultante del proceso propuesto.*



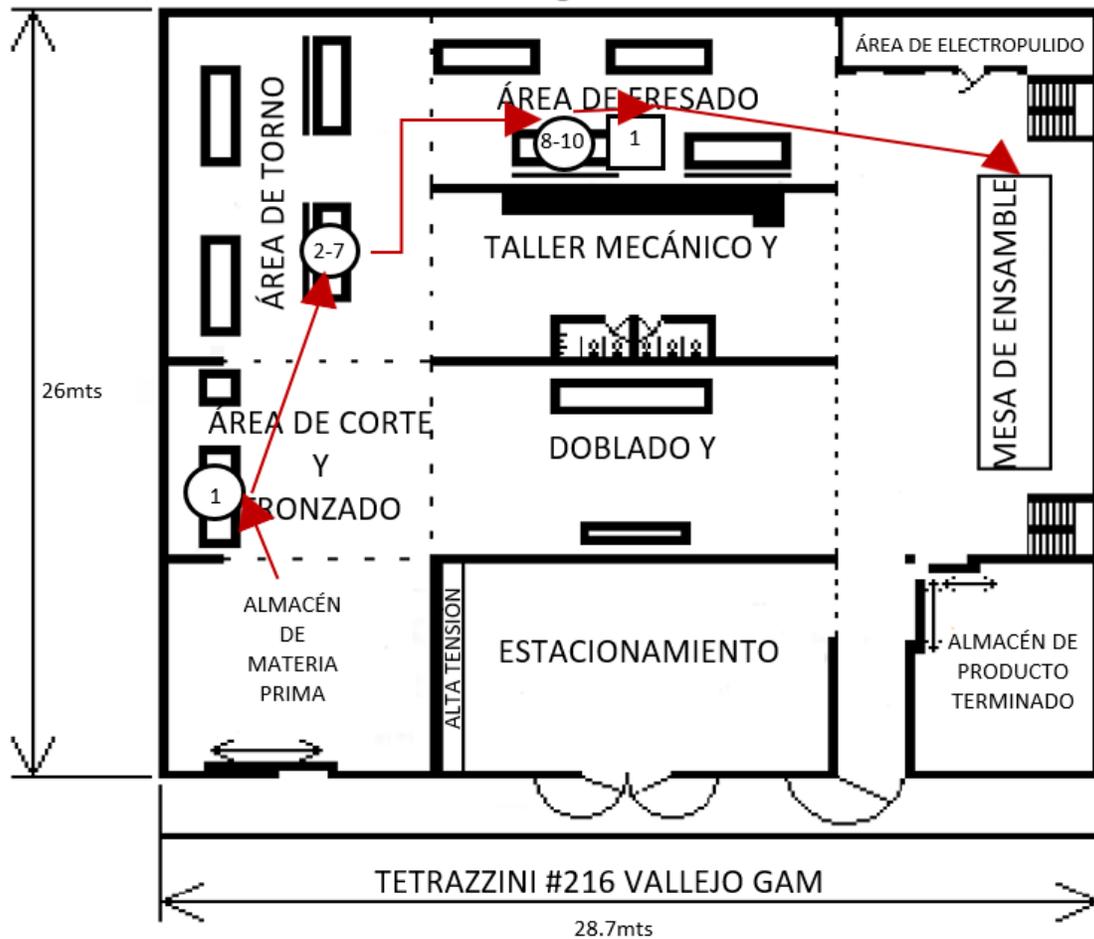
Nota. Versión final del vástago después del proceso propuesto.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

En la Figura 39 se muestra el diagrama recorrido de cómo se ejecutaría la producción del eje de acero inoxidable mediante el proceso propuesto, el cual permite una disminución de tiempos, debido a que, a pesar de continuar requiriendo tres departamentos para su elaboración, estos serían de manera más directa y en secuencia, evitando turbar a la operación.

**Figura 39**

*Diagrama de recorrido propuesto*



**DIAGRAMA DE RECORRIDO PROPUESTO  
PARA LA ELABORACION DE UN EJE DE ACERO INOXIDABLE DE 3/4"  
COMPRENDE:**

- 10 OPERACIONES
- 01 INSPECCION
- 32 METROS DE DISTANCA RECORRIDOS

Nota. Diagrama de recorrido propuesto para la empresa Nutriequipos S.A. de C.V.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

A continuación, se presenta el diagrama de análisis de procesos correspondiente a la fabricación de un eje de acero inoxidable  $\frac{3}{4}$ " (ver Figura 40).

**Figura 40**

*Cursograma Analítico Propuesto*

CURSOGRAMA ANALÍTICO				OPERARIO/MATERIAL/EQUIPO					
Diagrama Núm:	Hoja Núm de	Resumen							
Objeto: EJE DE ACERO INOXIDABLE 3/4"		Actividad	Actual	Propuesta	Economía				
Actividad: PROCESO DE MANUFACTURA		Operación	11	9	3				
Método: Actual/Propuesto-		Transporte	5	4	1				
Lugar: Nutriequipos		Espera	0	0	0				
Operario (s): 02		Inspección	1	1	0				
Fecha: Fecha:		Almacenamiento	1	1	0				
Compuesto por:		Distancia (m)	70mts	32mts	38mts				
Aprobado por:		Tiempo (min-hombre)	37.87min	30.6min	7min				
Fecha:		Costo							
Fecha:		- Mano de obra							
Fecha:		- Material							
Fecha:		Total	\$163.70	\$131.73	\$31.97				
Descripción	Cantidad	Tiempo	Distancia	Símbolo					Observaciones
				○	□	D	⇨	▽	
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA BARRA DE ACERO INOX.304 CON DIÁMETRO DE 3/4"	1 Barra								01 Barra de acero de 20ft de longitud
SE TRASLADA AL ÁREA DE CORTE									Con la ayuda de un carrito
SE SECCIONA A MEDIDA									2.6" por vástago, se obtienen 92 vástagos.
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO CNC									En un carrito las 92pzas.
SE REALIZA REFRENTADO EN UNA CARA									Preparación
CILINDRAR AL DIÁMETRO MAYOR									3/4"
CILINDRAR EL DIÁMETRO MENOR									Diámetro intermedio del vástago 1/2"
CILINDRAR EL DIÁMETRO DE CUERDA									Diámetro de 5/16"
MAQUINADO DE CUERDA									Cuerda estándar 5/16" 18hilos por pulgada
SE TRASLADA AL ÁREA DE FRESADORA CNC									En un carrito
REALIZAR 12 BARRENOS EN LA CARA CORRESPONDIENTE									BROCA 5/64"
BARRENAR CENTRO DE ESTA CARA									BROCA 7/16"
REALIZAR CHAFLÁN									Con avellanador de 3 cantos a 60°
INSPECCIÓN									Acabado
SE TRASLADA AL ÁREA DE ENSAMBLE									En un carrito
Total		1eje	30.6min	32mts.	9	1	0	4	1

Nota. Cursograma generado en la visita que ilustra la propuesta del proceso de fabricación del eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

### 5.1.1 Diseño 3D del proceso digital

En la Figura 41 se muestra la primera parte del proceso propuesto para Nutriequipos, en la que el ayudante alimenta la barra en la sierra cinta, cortando así la sección que posteriormente se maquinará usando tecnología de la manufactura CNC.

**Figura 41**

*Maqueta realizada en software de diseño*



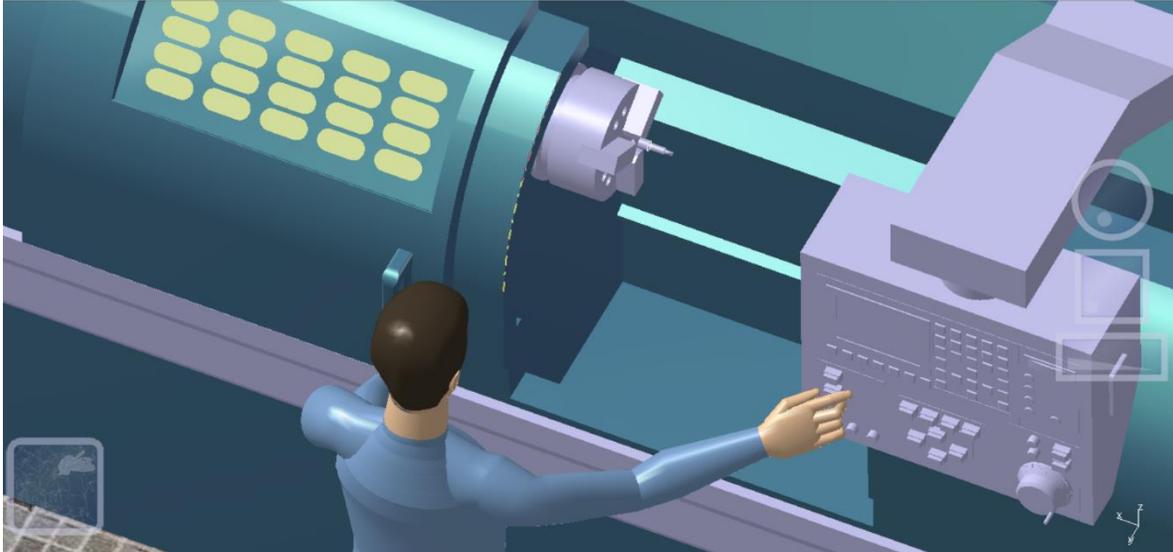
Nota. Maqueta del área en el proceso propuesto para Nutriequipos.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

En la Figura 42 se muestra al operador, que ha ingresado el código G a pie de máquina, utilizando la botonera del torno okuma cadet, este procedimiento es un listado de operaciones secuenciales obteniendo así una pieza concéntrica y de precisión constante, evitando distorsiones en la siguiente y última parte del proceso de maquinado.

**Figura 42**

*Maquinado en Torno CNC*



Nota. Maquinado en Torno CNC maquetado en un software de diseño.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa. En la Figura 43 se observa como la fresadora operaría, primeramente, realizando 12 barrenos que servirán como las estrías de un dado mecánico, para posteriormente ser barrenado con un cortador de carburo, originando así una cavidad en donde el eje hexagonal del motor de la licuadora cabrá perfectamente y hará girar las aspas. El paso final de esta operación comprende el roce de un avellanador que dará como resultado un chaflán destinado a orientar la entrada del eje hexagonal del motor. Creando así una pieza de calidad superior en comparación al método de manufactura actual.

**Figura 43**

*Barrenado en Fresadora CNC*



Nota. Maqueta del proceso propuesto en la Fresadora CNC para Nutriequipos.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa.

## 5.2 Análisis de tiempos (proceso digital)

Una vez identificados los procesos que se llevan a cabo en la fabricación manual del eje de acero inoxidable se procedió a realizar el *estudio de tiempos*.

Para ello utilizamos como herramienta de medición un cronómetro digital, redondeando los valores y convirtiéndolos a segundos, se utilizó el *método de vuelta a cero*.

### 5.2.1 Cálculo de número de observaciones

Para el cálculo del número de observaciones se utilizaron dos actividades del proceso de fabricación digital como muestra, de dichas actividades, se tomaron 5 muestras iniciales para poder aplicar el método estadístico (ver *Ecuación 2*) con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%

*Fórmula para calcular el número de observaciones*

$$n = \left( \frac{z \cdot \sigma}{e \cdot \bar{x}'} \right)^2 \dots \text{Ecuación 2}$$

Nota: Fórmula general para calcular el tamaño de muestra

Fuente: (Ingeniería Industrial Online, s.f.)

Los valores de las variables son los siguientes:

- n: número de muestras
- $\sigma$ : desviación estándar
- z: valor de z
- e: porcentaje de error = 0.05
- $\bar{x}'$ : media de valores iniciales

Para calcular el valor de Z se va a utilizar la tabla de valores Z (ver Tabla 19) y se buscará el valor **0.025** (que representa el porcentaje de error dividido entre 2).

Al localizarlo, se sumarán los valores de los extremos:  $1.9 + 0.06 = \mathbf{1.96}$

**Tabla 19**

*Tabla de valores z*

Desv. normal x	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233

Nota: A partir de la tabla se puede obtener el coeficiente de sigma "Z"

Fuente: (Platzi, s.f.)

Con dicho valor ahora se puede realizar la *Ecuación 2*, lo que arroja los siguientes resultados

- Maquinado en torno okuma cadet: **0.3**
- Maquinado en fresadora haas vf1: **5.9**

Por lo que se concluyó que el número de observaciones de manera general para cada una de las actividades es **3**.

Nota: Para poder ver los tiempos registrados y los cálculos de cada actividad ver anexo 1.

### 5.2.2 Cálculo de tiempo promedio de cada actividad

Una vez tomando las 3 muestras, se calculó el promedio de tiempo del proceso digital, el cual fue de **1747.3 segundos** (ver parte resaltada de Tabla 20)

**Tabla 20***Tiempo promedio de cada actividad (proceso digital)*

ACTIVIDAD	TIEMPO PROMEDIO
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	61.0
TRASLADO AL ÁREA DE CORTE	56.3
SE SECCIONA LA BARRA CON SIERRA CINTA AMADA	41.3
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO CNC	62.7
ALIMENTACIÓN AL TORNO OKUMA CADET	20.3
MAQUINADO EN TORNO OKUMA CADET	233.7
DESMONTADO DE PIEZA	11.3
TRASLADO AL ÁREA DE FRESADORA CNC	53.0
ALIMENTACIÓN AL CNC HAAS VF1	32.7
MAQUINADO EN FRESADORA HAAS VF1	1135.0
DESMONTADO DE PIEZA	13.3
INSPECCIÓN	26.7
<b>TOTAL</b>	<b>1747.3</b>

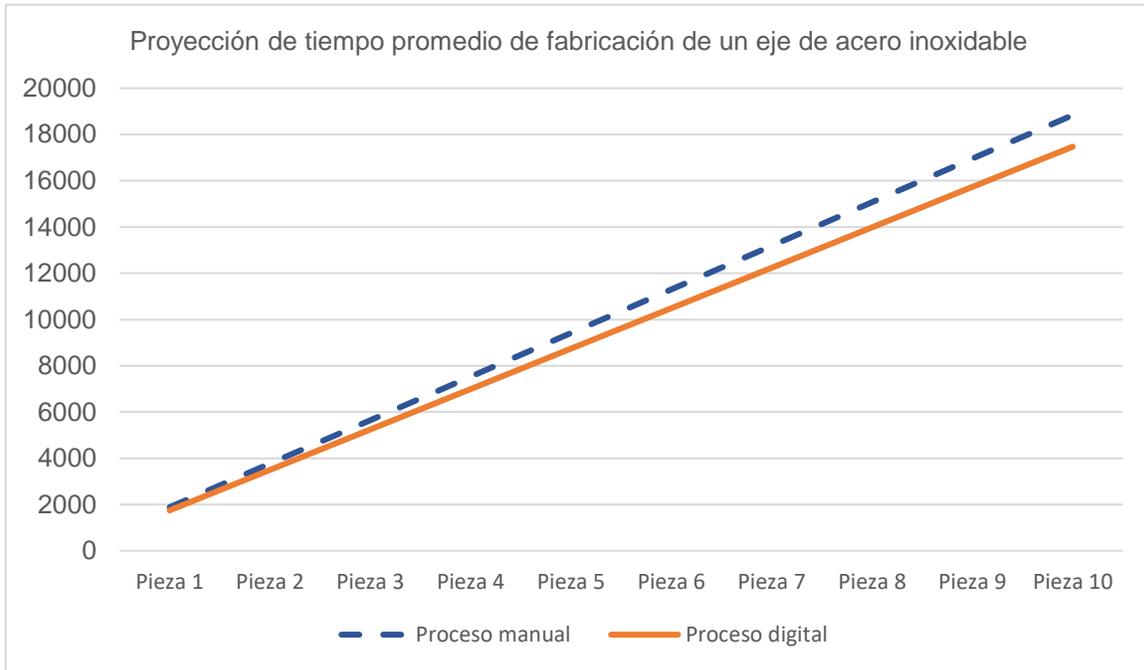
Nota: Tabla de promedio de tiempo de cada actividad (9 muestras)

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

A partir de los datos obtenidos se puede proyectar una estimación, comparando el proceso manual vs el digital (ver Figura 44), en donde, entre más piezas se realicen, mayor va a ser la reducción del tiempo.

**Figura 44**

*Proyección de tiempo promedio de fabricación de un eje de acero inoxidable*



Nota: Se puede observar que el tiempo promedio del proceso digital es menor que el tiempo promedio del proceso manual

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

### 5.2.3 Cálculo de tiempo básico de cada actividad

El proceso digital tiene actividades donde interviene el operador y otras donde la maquinaria lo hace completamente.

El observador determinó que la valoración del ritmo fue de:

- **95%** en las actividades donde interviene el operador
- **100%** en las actividades donde no interviene el operador

Con lo cual se puede calcular que el tiempo básico/normal para el proceso digital es de **1747.3** (ver parte resaltada de Tabla 21)

**Tabla 21***Tiempo básico de cada actividad (proceso digital)*

ACTIVIDAD	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	95%	58.0
TRASLADO AL ÁREA DE CORTE	95%	53.5
SE SECCIONA LA BARRA CON SIERRA CINTA AMADA	95%	39.3
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO CNC	95%	59.5
ALIMENTACIÓN AL TORNO OKUMA CADET	95%	19.3
MAQUINADO EN TORNO OKUMA CADET	100%	233.7
DESMONTADO DE PIEZA	95%	10.8
TRASLADO AL ÁREA DE FRESADORA CNC	95%	50.4
ALIMENTACIÓN AL CNC HAAS VF1	95%	31.0
MAQUINADO EN FRESADORA HAAS VF1	100%	1135.0
DESMONTADO DE PIEZA	95%	12.7
INSPECCIÓN	95%	25.3
<b>TOTAL</b>		<b>1747.3</b>

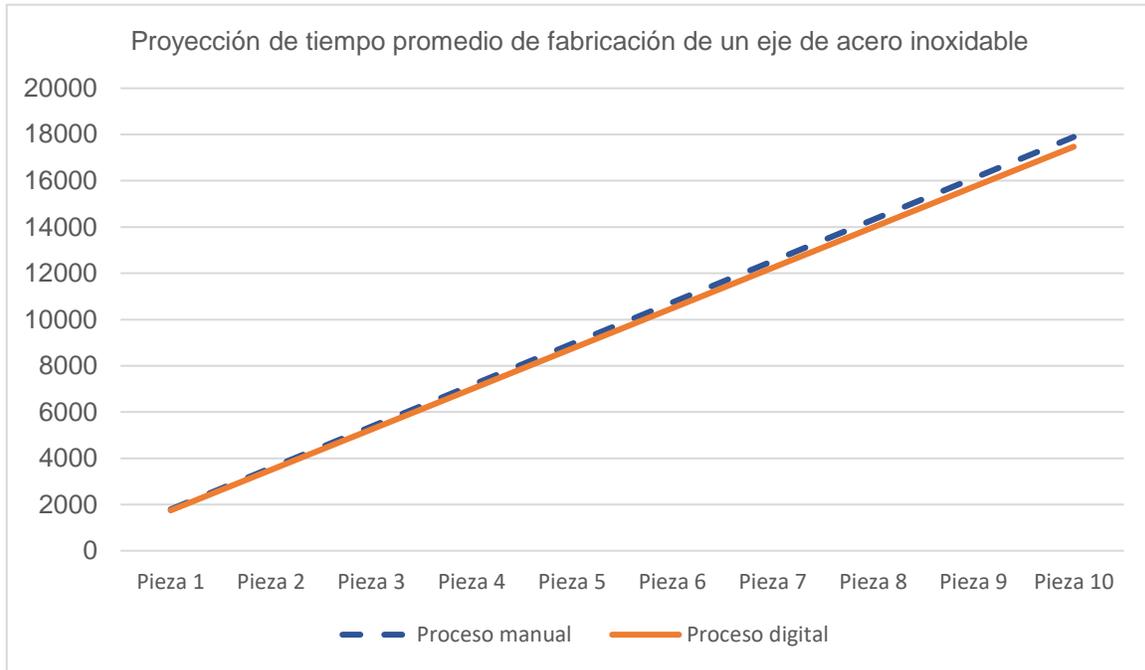
Nota: Tabla de tiempo básico de cada actividad (9 muestras)

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

A partir de los datos obtenidos se puede proyectar una estimación, comparando el proceso manual vs el digital (ver Figura 45), en donde se puede observar que son muy similares.

**Figura 45**

*Proyección de tiempo normal de fabricación de un eje de acero inoxidable*



Nota: Se puede observar que el tiempo normal del proceso digital es menor que el tiempo normal del proceso manual

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

#### **5.2.4 Cálculo de suplementos de fatiga**

Una vez, teniendo el tiempo básico de cada actividad, al ser un proceso donde interviene un operador, no se puede olvidar prever ciertos suplementos para compensar la fatiga y el descanso.

En la Tabla 22 se puede observar los coeficientes de fatiga que en la industria se han estandarizado, como la titulada en la publicación de la Oficina Internacional del Trabajo (O.I.T., Ginebra, 4a Edición, revisada, 1.996. Introducción al estudio del Trabajo; páginas 501 a 510, facilitada por la empresa Peter Steel and Partners)

**Tabla 22**

*Coeficientes de fatiga*

SUPLEMENTOS CONSTANTES		HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER
Necesidades personales		5	7	e) Condiciones atmosféricas			
Básico por fatiga		4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)			
SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER	16		0	
a) Trabajo de pie				14		0	
Trabajo se realiza sentado(a)		0	0	12		0	
Trabajo se realiza de pie		2	4	10		3	
b) Postura normal				8		10	
Ligeramente incómoda		0	1	6		21	
Incómoda (inclinación del cuerpo)		2	3	5		31	
Muy incómoda (Cuerpo estirado)		7	7	4		45	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				3		64	
Peso levantado por kilogramo				2		100	
2,5		0	1	f) Tensión visual			
5		1	2	Trabajos de cierta precisión		0	0
7,5		2	3	Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
10		3	4	Trabajos de gran precisión		5	5
12,5		4	6	g) Ruido			
15		5	8	Sonido continuo		0	0
17,5		7	10	Sonidos intermitentes y fuertes		2	2
20		9	13	Sonidos intermitentes y muy fuertes		5	5
22,5		11	16	Sonidos estridentes		7	7
25		13	20 (máx)	h) Tensión mental			
30		17		Proceso algo complejo		1	1
33,5		22		Proceso complejo o de atención dividida		4	4
d) Iluminación				Proceso muy complejo		8	8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	i) Monotonía mental			
Bastante por debajo		2	2	Trabajo monótono		0	0
Absolutamente insuficiente		5	5	Trabajo bastante monótono		1	1
				Trabajo muy monótono		4	4
				j) Monotonía física			
				Trabajo algo aburrido		0	0
				Trabajo aburrido		2	2
				Trabajo muy aburrido		5	5

Nota: Tabla de coeficientes de fatiga

Fuente: (Ingeniería Industrial Online, s.f)

A partir de la Tabla 22 el observador determinó los coeficientes de fatiga para las actividades del proceso manual (ver Tabla 23).

**Tabla 23**

*Suplementos de fatiga variables (proceso digital)*

SUPLEMENTO VARIABLE	PORCENTAJE
TRABAJO DE PIE	2
USO DE FUERZA: 12.5 KG	4
TRABAJO DE GRAN PRECISIÓN	5
SONIDOS INTERMITENTES Y FUERTES	2
PROCESO MUY COMPLEJO	8
<b>TOTAL</b>	<b>21%</b>

Nota: Porcentaje de suplementos variables del proceso digital

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

### 5.2.5 Cálculo de tiempo estándar de cada actividad

El valor total para los suplementos de fatiga para actividades donde interviene el operador es: **9%** suplementos constantes + **21%** suplementos variables = **30%**

El valor total para los suplementos de fatiga para actividades donde no interviene el operador es: **0%**

Con dichos valores se puede calcular el tiempo estándar para el proceso digital (ver parte resaltada de Tabla 24) que es de **1836.3 segundos**, es decir, aproximadamente **30 min**.

**Tabla 24***Tiempo estándar de cada actividad (proceso digital)*

ACTIVIDAD	PORCENTAJE SUPLEMENTOS DE FATIGA	T.E.
ALMACÉN DE MATERIA PRIMA	30%	75.3
TRASLADO AL ÁREA DE CORTE	30%	69.6
SE SECCIONA LA BARRA CON SIERRA CINTA AMADA	30%	51.0
SE TRASLADA AL ÁREA DE TORNO CNC	30%	77.4
ALIMENTACIÓN AL TORNO OKUMA CADET	30%	25.1
MAQUINADO EN TORNO OKUMA CADET	0%	233.7
DESMONTADO DE PIEZA	30%	14.0
TRASLADO AL ÁREA DE FRESADORA CNC	30%	65.5
ALIMENTACIÓN AL CNC HAAS VF1	30%	40.3
MAQUINADO EN FRESADORA HAAS VF1	0%	1135.0
DESMONTADO DE PIEZA	30%	16.5
INSPECCIÓN	30%	32.9
<b>TOTAL</b>		<b>1836.3</b>

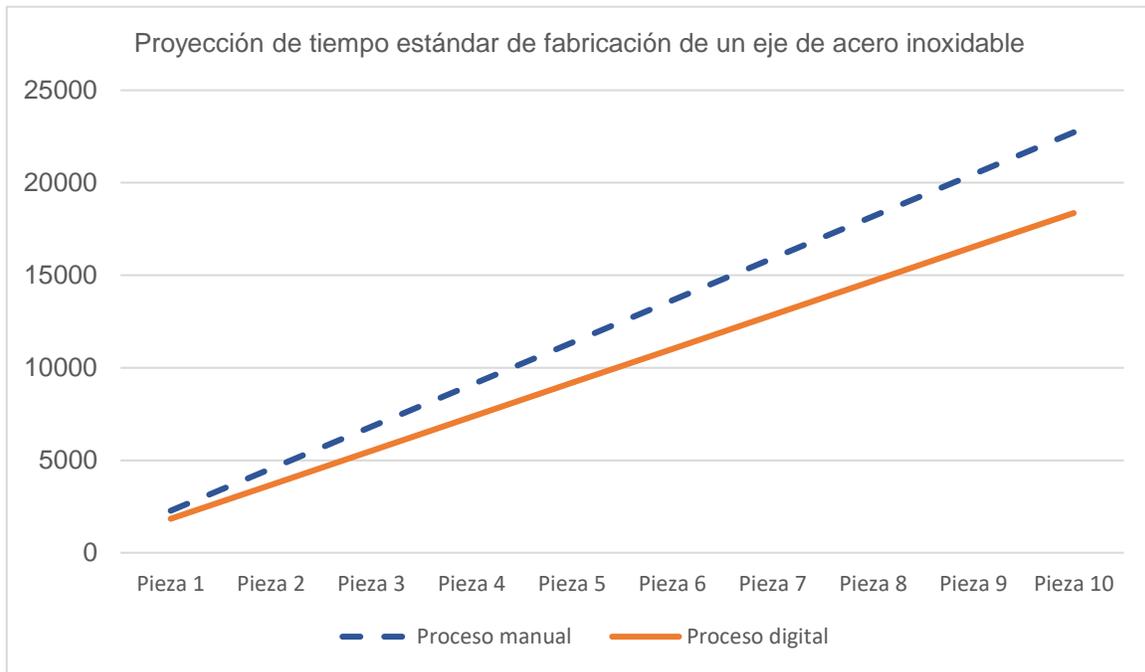
Nota: Tiempo estándar de cada actividad del proceso digital

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

La proyección final de los tiempos estándar para el proceso manual vs el proceso digital se puede ver en la Figura 46, en donde, se ve una clara reducción del tiempo para el proceso digital, y dicha reducción aumenta conforme aumenta la cantidad de ejes fabricados.

**Figura 46**

*Proyección de tiempo estándar de fabricación de un eje de acero inoxidable*



Nota: Se puede observar que el tiempo estándar del proceso digital es menor que el tiempo normal del proceso manual

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

### 5.2.6 Regla de decisión

Con los tiempos estimados del proceso manual y de la digital se puede definir una regla de decisión

“Si el **tiempo** estimado del proceso digital **disminuye** más de un **25%** en comparación al tiempo estimado del proceso manual, se acepta la hipótesis”

**30 minutos** (proceso digital) representa una reducción del **21%** del tiempo empleado en el proceso manual (**38 minutos**), por lo que, a pesar de rechazarse la hipótesis, el margen de ganancia representa una diferencia significativa para la empresa y por lo tanto es rentable el uso de maquinaria CNC.

### 5.3 Análisis de costos de proceso digital

En la Tabla 25 se pueden identificar los costos involucrados correspondientes a la materia prima en el proceso digital, son totalmente distintos al proceso manual, sin embargo, la pieza fundamental que se mantiene es la barra de acero de  $\frac{3}{4}$ "

**Tabla 25**

*Tabla de datos de materia prima involucrada en el proceso digital*

MP			
MATERIAL	PIEZAS	COSTO	UTILIDAD
BARRA DE ACERO INOX 304 BARRA DE 1" METROS (20 FT)	1	\$ 1.897,33	70 piezas
SIERRA DENTADA 5 DIENTES POR PULGADA	1	\$ 280,00	Indefinido
INSERTO DE CARBURO DNMG 432	1	\$ 56,00	20 piezas
INSERTO DE CARBURO CNMG	1	\$ 52,00	20 piezas
BROCAS DE $\frac{9}{16}$	9	\$ 60,00	100 piezas
BROCAS DE $\frac{1}{8}$	0	\$ 25,00	20 piezas
TOTAL	13	\$ 2.370,33	

Nota: Tabla de descripción de costos de materia prima involucrados en el proceso digital

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

En la Tabla 26 se puede observar el total de costos correspondientes a la mano de obra en el proceso digital

**Tabla 26**

*Tabla de costos de mano de obra en el proceso digital*

MO			
PUESTO	SALARIO	HORAS	TOTAL
PROGRAMADOR Y OPERADOR CNC	\$ 2,800.00	9	\$ 311.11
AYUDANTE GENERAL	\$ 1,900.00	9	\$ 211.11
TOTAL	\$ 4,700.00	9	\$ 4,700.00

Nota: Tabla de descripción de mano de obra utilizada en el proceso sistematizado para la elaboración de un eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

En la Tabla 27 se pueden identificar los costos de fabricación totales requeridos para realizar el maquinado de un eje de acero inoxidable mediante el proceso digital

**Tabla 27**

*Tabla de costos de gastos de fabricación en el proceso digital*

DESCRIPCIÓN	GASTOS DE FABRICACIÓN			
	CANTIDAD	COSTO	CANTIDAD	TOTAL
LUZ	N/A	7500	N/A	1875
AGUA	N/A	400	N/A	100
			TOTAL	\$1,975.00

Nota: Descripción de gastos de fabricación utilizados en el proceso automatizado para la elaboración de un eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

En la Tabla 28 se puede identificar los costos involucrados en el primer departamento correspondiente a corte del proceso digital propuesto.

**Tabla 28***Análisis de costos de producción en proceso digital.*

<b>NUTRIEQUIPOS</b>			
<b>ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN PROCESO DIGITAL</b>			
<b>CORTE</b>			
<b>CANTIDADES</b>			
	UNIDADES POR CONTABILIZAR		
UNIDADES EN PROCESO	70		
	UNIDADES POR CONTABILIZAR		
UNIDADES TRANSFERIDAS AL DEPARTAMENTO 2, TORNO CNC	70		
UNIDADES FINALES EN PROCESO			70
<b>PRODUCCIÓN EQUIVALENTE</b>			
UNIDADES TERMINADAS	70		
UNIDADES ENVIADAS AL DEPARTAMENTO 2 TORNO CNC	70		
<b>COSTOS POR CONTABILIZAR</b>			
	<b>COSTO TOTAL</b>	<b>EQUIVALENTE</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>
MP	\$ 2,553.86	70	\$ 36.48
MO	\$ 1,500.00	70	\$ 21.43
CI	\$ 1,975.00	70	\$ 28.21
TOTAL	\$ 6,028.86	70	\$ 86.13
<b>COSTOS CONTABILIZADOS</b>			
TERMINADOS Y TRANS. AL SEGUNDO DEPARTAMENTO (86.13 * 70)			\$ <u>6,028.86</u>

Nota: En esta cédula se puede visualizar el costo total acumulado correspondiente al departamento uno, corte

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

En la Tabla 29 se puede identificar los costos transferidos del departamento uno corte, al departamento dos correspondiente a torno CNC.

**Tabla 29**

*Cédula de costos del departamento de torno CNC en el proceso digital de la empresa*

<b>NUTRIEQUIPOS</b>			
<b>ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN PROCESO DIGITAL</b>			
TORNO CNC			
CANTIDADES			
	UNIDADES POR CONTABILIZAR		
UNIDADES EN PROCESO		70	
	UNIDADES POR CONTABILIZAR		
UNIDADES TRANSFERIDAS AL DEPARTAMENTO 2		70	
UNIDADES FINALES EN PROCESO		70	
PRODUCCIÓN EQUIVALENTE			
UNIDADES TERMINADAS	70		
UNIDADES ENVIADAS AL DEPARTAMENTO 2	70		
COSTOS POR CONTABILIZAR			
	COSTO TOTAL	EQUIVALENTE	COSTO UNITARIO
MP	\$ 108.00	70	\$ 1.54
MO	\$ 1,500.00	70	\$ 40.48
CI	\$ -	70	\$ -
TOTAL	\$ 1,608.00	70	\$ 22.97
COSTOS CONTABILIZADOS			
TERMINADOS Y TRANS. AL SEGUNDO DEPARTAMENTO (70*22.97)			\$ 1,608.00

Nota: En esta cédula se puede visualizar el costo total acumulado correspondiente al departamento dos, torno CNC

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

En la Tabla 30 se muestran el cúmulo de costos transferidos al último departamento correspondiente fresadora CNC, el cual es transferido al departamento de ensamble al no ser un producto final.

**Tabla 30**

*Cédula de costos del departamento de fresadora CNC digital*

<b>NUTRIEQUIPOS</b>			
<b>ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN PROCESO DIGITAL</b>			
FRESADORA CNC			
CANTIDADES			
	UNIDADES POR CONTABILIZAR		
UNIDADES EN PROCESO		70	
	UNIDADES POR CONTABILIZAR		
UNIDADES TRANSFERIDAS AL DEPARTAMENTO 3 FRESADO CNC		70	
UNIDADES FINALES EN PROCESO		70	
PRODUCCIÓN EQUIVALENTE			
UNIDADES TERMINADAS	70		
UNIDADES ENVIADAS AL DEPARTAMENTO ENSAMBLE	70		
COSTOS POR CONTABILIZAR			
	COSTO UNITARIO	EQUIVALENTE	COSTO UNITARIO
MP	\$ 85.00	70	\$ 1.21
MO	\$ 1,500.00	70	\$ 21.43
CI	\$ -	70	\$ -
TOTAL	\$ 1,585.00	70	\$ 22.64
COSTOS CONTABILIZADOS			
TERMINADOS Y TRANS. AL SEGUNDO DEPARTAMENTO			\$ 1,585.00
(70*22.64)			

Nota: En esta cédula se puede visualizar el costo total acumulado correspondiente al departamento tres, fresado por CNC

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

Con base al análisis realizado para el cálculo de costos en la elaboración del eje de acero inoxidable con ambos procesos manual y automatizado se obtuvieron los siguientes resultados:

El costo de un eje de acero inoxidable en el proceso manual fue de \$163.70 pesos por pieza como se puede observar en la Tabla 31 y en el proceso digital \$131.73 como se visualiza en la Tabla 32 representando 19.52% menor en comparación al manual, superando así en un 4.52% lo propuesto en la hipótesis.

**Tabla 31**

*Tabla de resumen de costos por proceso manual*

RESUMEN DE COSTOS POR PROCESO MANUAL			
PROCESO	COSTO TOTAL	UNIDADES	COSTO UNITARIO
CORTE	\$5,392.19	70	\$77.03128571
TORNO	\$2,833.33	70	\$40.47614286
SOLDADURA	\$3,233.33	70	\$46.19042857
TOTAL:	\$ 11,458.85	70	<b>\$ 163.70</b>

Nota: En la tabla se identifican los costos totales correspondientes a cada departamento y el costo unitario, aplicando el proceso manual para el maquinado de un eje de acero inoxidable.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

**Tabla 32**

*Tabla de resumen de costos por proceso digital*

RESUMEN DE COSTOS POR PROCESO DIGITAL			
PROCESO	COSTO TOTAL	UNIDADES	COSTO UNITARIO
CORTE	\$6,028.86	70	\$86.12
TORNO CNC	\$1,608	70	\$22.97
FRESADO CNC	\$1,585	70	\$22.64
TOTAL:	\$ 9,221.86	70	<b>\$ 131.73</b>

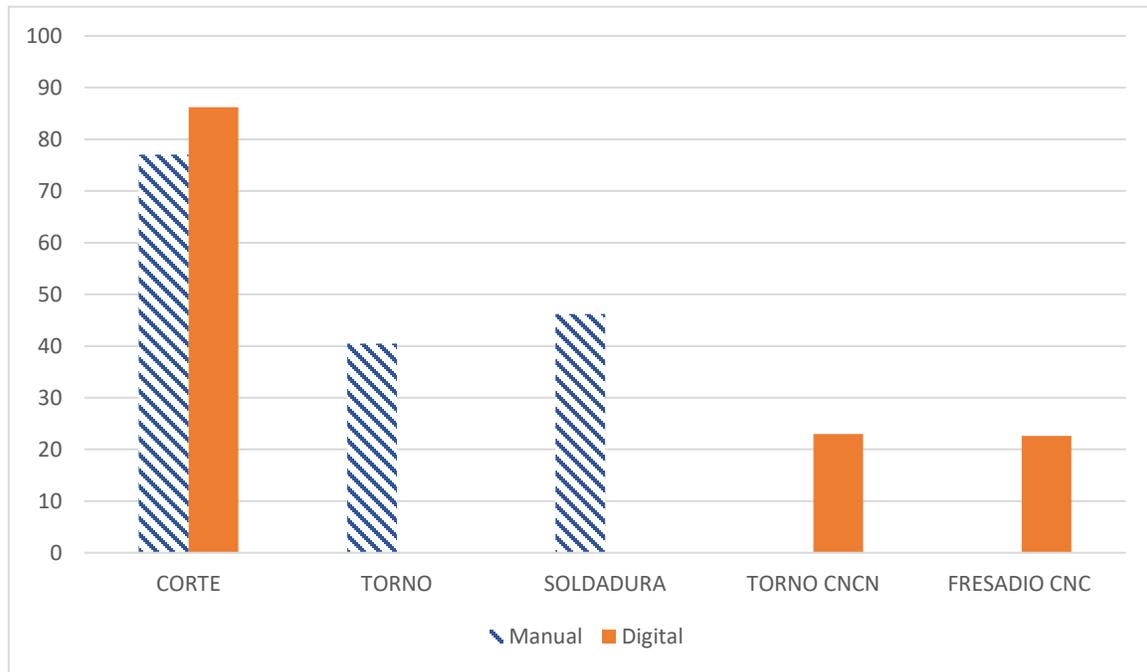
Nota: En la tabla se identifican los costos totales por departamento y el costo unitario para maquinar un eje de acero inoxidable mediante el proceso digitalizado.

Fuente: Elaboración propia con información de la empresa

En la Figura 47 se muestra el gráfico correspondiente al resumen de los costos unitarios obtenidos del análisis realizado, el color azul indica el proceso manual y el naranja el digital, se puede apreciar que el departamento de corte es el único que se utiliza para ambos.

**Figura 47**

*Comparativo de costos del proceso manual y digital*



Nota: En el gráfico se visualiza la comparación de costos totales por proceso

*Fuente: Elaboración propia con información de la empresa*

Por consiguiente, se realizó un análisis para determinar la viabilidad y rentabilidad de la propuesta, se aplicó la siguiente ecuación y se obtuvo el total de ganancia de 82.17 centavos por cada peso invertido.

#### **5.4 Retorno de inversión**

$$\%ROI = \frac{\text{Ingresos} - \text{Inversión}}{\text{Inversión}} \times 100 \dots \text{Ecuación 3}$$

$$\%ROI = \frac{\$16,800 - \$9,221.82}{\$9,221.82} \times 100 = \$82.17 \text{ centavos}$$

Por cada peso mexicano invertido se obtiene una ganancia de 82.17 centavos.

Fuente: (Efficcy, s.f.)

## Conclusión

Con base al análisis realizado al proceso manual y al proceso digital propuesto para la fabricación del eje de acero inoxidable de la empresa Nutriequipos, la hipótesis se rechaza, puesto que el porcentaje de reducción de tiempo no se alcanzó, sin embargo, se concluye que es viable y rentable la implementación de maquinaria CNC, ya que representan los siguientes beneficios:

Mayor rendimiento y reducción de tiempos en un 21% para el proceso actual.

- Disminución en un 19.52% en costos al requerir menor cantidad de materia prima para el maquinado del eje de acero inoxidable.
- Adaptabilidad e innovación para afrontar a la demanda actual y los cambios que representa el mercado global.
- Ahorro de inversión en maquinaria nueva, debido a que la empresa ya cuenta con maquinaria CNC

Así también, se puede concluir que el proyecto fue interdisciplinario ya que permitió la participación y aporte de los distintos integrantes del equipo.

El ingeniero industrial con su capacidad de análisis para comprender los flujos de trabajo, efectuó la simulación mediante un software de diseño para brindar un panorama con mayor amplitud y exactitud de la propuesta.

El administrador industrial llevó a cabo los análisis de costos para validar la viabilidad y rentabilidad de la propuesta, ofreciendo al empresario un diagnóstico para la toma de decisiones basada en números reales, reduciendo los riesgos, además de brindar una estructura organizacional para poder segmentar las actividades de cada departamento.

El ingeniero informático realizó el estudio de tiempos, utilizando herramientas y técnicas especializadas, para analizar y evaluar el proceso manual y digital de fabricación del acero inoxidable. Además, pudo proporcionar a la empresa un panorama general de los resultados obtenidos, presentando informes y gráficos que destacaban la reducción de los tiempos de producción, y finalmente brindó orientación al equipo en la toma de decisiones y solución de problemas con un enfoque en el uso de las tecnologías de la información.

## Referencias

### Referencias bibliográficas

Agustina Calatayud, Raúl Katz (2019). *Cadena de suministro 4.0-Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina* (Primera Edición). Inter-American Development Bank

Cabrero Armijo, J. M. (2018). *Operaciones de mecanizado por medios automáticos*. Innovación y Cualificación S.L.

Callister, W. D. (2020). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales* (Segunda Edición). Reverté.

Casado, F. (2020), *Mecanizado CNC 4.0*. (Primera Edición). Marcombo

Colin García, J. (2020). *Contabilidad de Costos* (Quinta ed.). Mc Graw Hill.

D'Addario, M. (2017). *Manual de soldadura industrial* (Primera Edición). Createspace Independent Publishing Platform.

DeGarmo, E., Black, J., & Kohser, R. (2019). *Materiales y procesos de fabricación* (Segunda Edición). Reverté.

Dorling Kindersley. (2019). *Cómo funciona la ciencia* (Primera Edición). DK.

Hernández Riesco, G. (2023). *Manual del Soldador* (Vigésima octava Edición). CESOL.

López Martínez, A., Granados Ortiz, F. J., & Martín Fernández, E. (2023). *Introducción a la programación de máquinas-herramienta mediante código numérico* (Primera Edición). Universidad de Almería.

Reche Perea, M. (2023). *Elaboración de programas de CNC para la fabricación de piezas por corte y conformado* (Primera ed.). Innovación y Cualificación S.L.

Roldán Vilora, J. (2021). *Máquinas, herramientas y materiales de procesos básicos de fabricación* (Primera Edición). Parainfo.

Rozo García, F. (2020). *Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0*. Revista UIS Ingenierías, 15.

## Referencias electrónicas

Aeromaquinados. (s.f.). *¿Qué es un torno?* Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://aeromaquinados.com/que-es-un-torno/>

Amada Machinery. (s.f.). *Sierras de Cinta*. Retrieved Junio 10, 2023, from <https://amada-machinery.com/bandsaemaschinen>

Área Tecnología. (s.f.). *Acero Inoxidable*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.areatecnologia.com/materiales/acero-inoxidable.html>

Arukasi. (s.f.). *Principales operaciones de un torno*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://arukasi.wordpress.com/2011/09/08/principales-operaciones-de-un-torno/>

Atlantic International University. (s.f.). *Contabilidad y Costos*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://cursos.aiu.edu/Contabilidad%20y%20Costos/PDF/Tema%202.pdf>

Bosch-Professional. (s.f.). *GCD 12 JL PROFESSIONAL*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.bosch-professional.com/es/es/products/gcd-12-jl-0601B28000>

Bonnet. (s.f.). *Clasificación de los aceros inoxidables*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>

Bravo Vargas, S. (s.f.). *Ciclos de barrenado cortó*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/Sahagun/industrial/2019/Ciclos-de-Barrenado-Corto.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/Sahagun/industrial/2019/Ciclos-de-Barrenado-Corto.pdf)

Campos Hernández (2020), *Manual para principiantes en CNC*, Cecyt 3, Recuperado el 10 de mayo de 2023, de: <https://www.cecyc3.ipn.mx/>

CANACERO. (s.f.). *aceroenmexico*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.canacero.org.mx/aceroenmexico.php#>

Carro Suárez, J., & Sarmiento Paredes, S. (2022). *El factor humano y su rol en la transición a Industria 5.0*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de <https://www.redalyc.org/journal/4576/457669807011/>

Correa, N. (s.f.). *Historia Fresadoras*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.nicolascorrea.com/es/noticias/historia-fresadoras>

Diario Oficial de la Federación. (1995). *NORMA Oficial Mexicana NOM-093-SSA1-1994*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4882432&fecha=04/10/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4882432&fecha=04/10/1995#gsc.tab=0)

Directindustry. (s.f.). *Fresadora CNC VF-1 HASS*. Recuperado el 17 de Mayo de 2023, de <https://www.directindustry.es>

Efficy. (s.f.). *Retorno de Inversión*. Recuperado el 24 de Mayo de 2023, de <https://www.efficy.com>

EMH Machinery. (s.f.). *Máquina fresadora cnc*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://emhmachinery.com/que-es-una-maquina-fresadora-cnc/>

Ferrosplanes. (s.f.). *inox-304-vs-inox-316-diferencias*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://ferrosplanes.com/inox-304-vs-inox-316-diferencias/>

Google. (s.f.). *Google Maps*. Recuperado el 15 de Junio de 2023, de <https://goo.gl/maps/kuaC7fvpb9buckki6>

HandSafe. (2018). *Historia de la sierra de disco*. Recuperado el 11 de Junio de 2023, de <https://handsafe.es/historia-de-la-sierra-de-disco/>

Ikastaroak. (s.f.). *Procesos de mecanizado por arranque de viruta*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de [https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM01/es\\_PPFM\\_DPMCM01\\_Contenidos/webseite\\_index.html](https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM01/es_PPFM_DPMCM01_Contenidos/webseite_index.html)

Ingeniería Industrial Online. (s.f.). *Cálculo del número de observaciones*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/calculo-del-numero-de-observaciones/>

Ingeniería Industrial Online. (s.f.). *Suplementos del estudio de tiempos*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/>

Mejía López, J., Ruiz Guzmán, O. A., & Gaviria-Ocampo, L. N. (2019). *Aplicación de metodología design thinking en el desarrollo de cortadora automática CNC para MiPyME de confección*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de <https://www.redalyc.org/journal/5537/553762534017/>

Platzi. (s.f.). *Nivel de confianza y valor de z*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://platzi.com/tutoriales/1835-programacion-estocastica/9585-nivel-de-confianza-y-valor-de-z/>

Rolong Ibáñez, J., Sierra Márquez, S., & Tapias-Higuera, E. (2019). *Controlador CNC para modernización del proceso de fresado*. Recuperado el 10 de Mayo de 2023, de <https://www.redalyc.org/journal/5537/553762534011/>

Salazar, R. (2022). *¿Qué es el código G?* Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-el-c%C3%B3digo-g-rigo-salazar-hd/?originalSubdomain=es>

Significados.com. (s.f.). *Significado de Acero*. Retrieved Junio 10, 2023, from <https://www.significados.com/acero/>

Solyman. (s.f.). *Tipos de máquinas de soldar*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.solyman.com/tipos-de-maquinas-de-soldar-que-existen/>

Tecnomaquinaria. (s.f.). *Torno C0636A*. Recuperado el 10 de mayo de 2023, de <https://www.tecnomaquinaria.com/producto/torno-c0636a/>

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*. Recuperado el 10 de Junio de 2023, de <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/94454631006.pdf>

## **Anexos**



N43 M01  
N44 M3S300T0707  
N45 G0X0Z10  
N46 Z1.2M8  
N47 G74X0Z-4.0D1.5L1.5F.05  
N48 G0Z10M9  
N49 X500Z500  
N50 M05  
N51 M01  
N52 M3S450T0202  
N53 G0X9.0Z10  
N2 M8  
N54 Z2.0  
N55 G71X6.35Z-9.50A0B60D.07 U.01H1.5F1.411J1M32M73  
N56 G0X8.5Z2  
N57 G71X6.35Z-9.50A0B60D1.0 U.005H1.5F1.411J1M32M73  
N58 G0X10M9  
N59 Z20  
N60 X500Z500  
N61 M05  
N62 M01  
N63 M3S280T0404  
N64 G0X25Z0  
N65 Z-50M8  
N66 G1Z-52.3F1  
N67 X20.0  
N68 G73X-2Z-52.3D.7L.7F.07  
N69 G0X30M9  
N70 Z10  
N71 X500Z500  
N72 M05  
N73 M02  
%



## Anexo 2

### Código G de Eje de acero inoxidable

\$OEL31.MIN	%
OEL31	
N1 G50S1000	
N2 G0X500Z500	
N3 T0101	
N4 G0X6.Z.2	
N5 M0	
N6 G0Z1.5	
N7 X27	
N8 Z1M8	
N9 M4M41S500T0101	
N10 G0X19.0Z1	
N11 G85 NLAP1 D2.0 U.25 W.10 F.30 NLAP1 G81	
N12 G0X4.4Z1	
N13 G1Z0F.5	
N14 X7.55Z-1.57F.05	
N15 Z-11.5F.25	
N16 X9.10F.12	
N17 X10.1Z-12.0F.07	
N18 Z-41.9F.25	
N19 X16.58F.15	
N20 X17.83Z-42.52F.07	
N2 Z-50.5	
N21 X21F.5	
N22 G80	
N23 G0Z10M9	
N24 X500Z500	
N25 M05	
N26 M01	
N27 M4S950T0303	
N28 G0X8.50Z10	
N29 Z-9.00M8	
N30 G1X6.2F.15	
N2 Z-11.2	
N31 G0X13.2	
N32 Z-11.5	
N33 G1X6.20F.12	
N34 Z-9.00	
N35 X9F.5	
N36 G0Z0	
N37 G1X1.0F.12	
N38 G0X8.00Z1	
N39 G87 NLAP1	
N40 G0Z10M9	
N41 X500Z500	
N42 M05	