



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**ANÁLISIS DE LAS MUDAS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “CARAL INGENIERÍA MECÁNICA” PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA. EN LA CIUDAD DE QUITO.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Industriales.

**Autores:**

Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin

Martínez Tuston Ariel Alexander

**Tutor Académico:**

Ing. Msc. Diana del Carmen Marín Vèlez

**LATACUNGA – ECUADOR**


**2022**



## DECLARACIÓN AUTORIA

“Nosotros **Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin** y **Martínez Tuston Ariel Alexander**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DE LAS MUDAS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “CARAL INGENIERÍA MECÁNICA” PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA. EN LA CIUDAD DE QUITO**”, siendo la MSc. Diana del Carmen Marín Vélez la tutora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

  
\_\_\_\_\_  
**Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin**  
CC. 1726173998

  
\_\_\_\_\_  
**Martínez Tuston Ariel Alexander**  
CC.1722621156



## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutora del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“ANÁLISIS DE LAS MUDAS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “CARAL INGENIERÍA MECÁNICA” PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA. EN LA CIUDAD DE QUITO”**, de Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin y Martínez Tuston Ariel Alexander, de la carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2022

---

**Tutora de Titulación**  
**MSc. Diana del Carmen Marín Vélez**  
**CC: 120414450-3**



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad De Ciencias De La Ingeniería Aplicadas de la carrera de Ingeniería Industrial; por lo cual, el o los postulantes; **Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin** y con cédula de ciudadanía N° **1726173998**, y **Martínez Tuston Ariel Alexander** con cédula de ciudadanía N° **1722621156**, con el título de Proyecto de titulación: **“ANÁLISIS DE LAS MUDAS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “CARAL INGENIERÍA MECÁNICA” PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA. EN LA CIUDAD DE QUITO”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 4 de marzo del 2022

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos  
CC: 1716760374

**Lector 2**

Ing. Msc. Ángel Marcelo Tello Condor  
CC: 0501518559

**Lector 3**

Ing. Msc. Raúl Heriberto Andrango Guayasamin  
CC: 1717526253

## AVAL EMPRESA



D.M. Quito, 2 de marzo de 2022

### CERTIFICADO

A quien interese,

Por medio de la presente la empresa **CARAL INGENIERÍA MECÁNICA** certifica que el Sr. **Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin** con cédula de ciudadanía No. **1726173998**, y el Sr. **Martínez Tuston Ariel Alexander** con cédula de ciudadanía No. **1722621156**, ha realizado su trabajo de titulación **“ANÁLISIS DE LAS MUDAS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA CARAL INGENIERÍA MECÁNICA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA EN LA CIUDAD DE QUITO”** durante el periodo de Octubre 2021 a Marzo 2022, con la colaboración de la empresa y ha contribuido en beneficio de la misma. Se facilitó la información necesaria para la ejecución y desarrollo de la investigación antes mencionada. Los estudiantes mencionados entregan su trabajo escrito y la explicación en la elaboración del estudio.

Es todo en cuanto se puede manifestar en honor a la verdad y faculto a los interesados hacer uso del presente certificado.

Atentamente,



COMPañIA CIVIL COMERCIAL  
CARAL INGENIERIA MECANICA

Ing. Marco Carrión

Gerente de Producción

**CARAL INGENIERÍA MECÁNICA**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por permitirme realizar uno de mis mayores anhelos y por darme la oportunidad de seguirme superando día a día. A mis padres Joselo y María por darme su apoyo incondicional y por guiarme siempre de la mejor manera.*

*A la empresa “CARAL INGENIERÍA MECÁNICA” por darnos apertura y así poder cumplir con nuestro objetivo académico. A nuestra tutora la ingeniera Diana Marín quien con su guía se pudo alcanzar este objetivo.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por proporcionarnos los conocimientos adquiridos a lo largo de nuestra preparación académica.*

**Ariel**

## **AGRADECIMIENTO**

*A agradezco a Dios por brindarme la fuerza, salud y sabiduría para lograr este objetivo tan importante y significativo en el transcurso de mi vida.*

*A agradezco a mis padres Hernán y Patricia, hermanos y mi queridísima bella esposa Iris. A mis hijos Scarlett y Said por brindarme ese apoyo incondicional, quienes forjaron de mí una persona de bien y hoy por ellos me encuentro donde estoy.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus docentes quienes fueron los moldes en el desarrollo profesional y humanístico en el proceso de la educación.*

*A la empresa “CARAL INGENIERÍA MECÁNICA” por brindarnos la oportunidad de cumplir el objetivo académico en su prestigiosa empresa.*

**Jefferson**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo está dedicado desde lo más profundo de mi corazón para las personas más importantes en mi vida a mis amados padres Joselo Martínez y Piedad Tuston quienes me enseñaron que con esfuerzo y dedicación se puede alcanzar todas las metas y objetivos propuestos en la vida, gracias por su apoyo, los consejos y amor brindado en todo momento.*

*A mis hermanos y hermana Ashley, Helliver y Jonathan por brindarme su apoyo incondicional y darme ánimos para no rendirme en el trayecto de mi formación académica.*

*A mis amigos con quienes pase varias noches de desvelo y por el apoyo mutuo, para así alcanzar nuestra meta planteada. ¡Lo logramos!*

***Ariel***



## **DEDICATORIA**

*Dedico con todo mi amor y cariño mi trabajo a mi madre Patricia Anchapaxi y a mi padre Hernán Aroca a su sacrificio y esfuerzo, por darme la oportunidad de tener una carrera universitaria para el desenvolvimiento a futuro.*

*A mi amada esposa Iris Romero por ser la fuente de inspiración a pesar de los momentos difíciles que la vida nos puso enfrente. ¡Lo logramos cariño!*

*A mis bellos hijos Said Aroca y Scarlett Aroca, quienes son el motor por los cuales lucho día a día por un futuro mejor y estable, donde los pueda ver crecer y educar de la mejor manera posible.*

*A mis hermanos por su apoyo incondicional sus consejos y gestos mismos que motivaron al cumplimiento de los objetivos planteados.*

***Jefferson***

## INDICE GENERAL

DECLARACIÓN AUTORIA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL EMPRESA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	viii
INDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xix
RESUMEN.....	xxii
ABSTRACT.....	xxiii
AVAL DE TRADUCCION.....	xxiv
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	xxv
2 INTRODUCCIÓN.....	1
2.1 EL PROBLEMA.....	2
2.1.1 Situación problemática.....	2
2.1.2 Formulación del Problema.....	2
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.3 BENEFICIARIOS.....	3
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	4
2.5 HIPÓTESIS.....	4
2.6 OBJETIVO.....	4
2.6.1 Objetivo General.....	4
2.6.2 Objetivos Específicos.....	5
2.7 SISTEMA DE TAREAS.....	5
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6

3.1 ORIGENES LEAN MANUFACTURING.....	6
3.1.1 Producción Toyota.....	6
3.1.2 Que es Lean Manufacturing .....	7
3.1.2.1 Principios del lean manufacturing .....	8
3.2 TRES LIMITANTES DE LA PRODUCTIVIDAD .....	9
3.2.1 Siete Mudras del Lean Manufacturing.....	10
3.2.1.1 Inventario.....	10
3.2.1.2 Sobreproducción.....	11
3.2.1.3 Esperas.....	11
3.2.1.4 Transporte.....	12
3.2.1.5 Movimientos innecesarios .....	13
3.2.1.6 Defectos .....	14
3.2.1.7 Procesos .....	15
3.2.2 Herramientas <i>Lean Manufacturing</i> .....	16
3.3 PROCESO .....	17
3.3.1 Proceso Productivo .....	17
3.3.2 Tipos de Procesos Productivos.....	17
3.3.2.1 Producción por proyecto.....	18
3.3.2.2 Producción por lotes de talleres.....	18
3.3.2.3 Producción por lotes en línea .....	18
3.3.2.4 Producción continua .....	18
3.4 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROCESO .....	19
3.4.1 Eficiencia Global De Los Equipos .....	19
3.4.2 Diagrama de Pareto .....	19
3.4.2.1 Pasos para realizar el diagrama de pareto.....	20
3.4.3 Cursograma Analítico del Proceso .....	20
3.4.4 Diagrama de Recorrido.....	21
3.4.5 Diagrama de Flujo .....	21
3.4.6 Diagrama Hombre - Máquina.....	21
3.4.7 Trafico cruzado.....	21

3.4.8 Retrocesos.....	22
3.4.9 Distancia recorrida.....	22
3.5 LAYOUT.....	22
3.5.1 Distribución en Planta .....	22
3.5.2 Tipos de Distribución en Planta.....	22
3.5.3 Células de Trabajo .....	23
3.5.3.1 Célula de trabajo en u .....	23
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	25
4.1.1 Investigación de Campo .....	25
4.1.2 Investigación Descriptiva .....	25
4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	25
4.3 TÉCNICAS.....	25
4.3.1 Revisión Bibliográfica.....	25
4.3.2 Análisis de Históricos.....	25
4.3.3 Entrevista.....	26
4.3.4 Observación.....	26
4.3.5 Toma de Tiempos .....	26
4.4 INSTRUMENTOS .....	26
4.4.1 Libros, Artículos y Revistas .....	26
4.4.2 Grabaciones .....	26
4.4.3 Diagramas de Flujo.....	26
4.4.4 Cursograma Analítico del Proceso .....	26
4.5 PROCEDIMIENTOS .....	27
5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	28
5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA .....	28
5.1.1 Historia y Dedicación de la Empresa .....	28

5.1.2 Ubicación de la Empresa .....	28
5.1.3 Disposición en Planta de la Empresa.....	28
5.1.3.1 Nave 1 .....	29
5.1.3.2 Nave 2.....	30
5.1.3.3 Oficina .....	30
5.1.3.4 Parqueadero .....	31
5.1.4 Organigrama .....	31
5.1.5 Layout de la Empresa .....	32
5.1.6 Mapa de Procesos .....	33
5.1.7 Sistema de Producción .....	34
5.2 SELECCIÓN DE LOS PROCESOS CRÍTICOS DE LA EMPRESA.....	34
5.2.1 Historial de Piezas Producidas .....	35
5.2.2 Diagrama de Pareto .....	36
5.2.2.1 Análisis del diagrama de pareto.....	37
5.3 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN.....	38
5.3.1 Producto A13 .....	38
5.3.2 Producto A4.....	39
5.3.3 Producto A5.....	39
5.4 DIAGRAMAS DE FLUJO.....	40
5.4.1 Diagrama de Flujo Producto A13 .....	40
5.4.2 Diagrama de Flujo Producto A4.....	41
5.4.3 Diagrama de Flujo Producto A5.....	42
5.5 IDENTIFICACIÓN DE MUDAS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO .....	43
5.5.1 Sobre Producción.....	43
5.5.2 Análisis de los Transportes.....	43
5.5.2.1 Cursograma analítico del proceso.....	43
5.5.2.1.1 Producto A13 .....	44
5.5.2.1.2 Producto A4 .....	46
5.5.2.1.3 Producto A5 .....	48

5.5.2.2 Mapeo de Transportes .....	50
5.5.2.3 Análisis de los datos obtenidos.....	51
5.5.2.3.1 Producto A13 .....	51
5.5.2.3.2 Producto A4 .....	52
5.5.2.3.3 Producto A5 .....	53
5.5.2.4 Oportunidades de mejora transportes .....	54
5.5.3 Análisis de las Esperas .....	54
5.5.3.1 Diagrama hombre - máquina .....	54
5.5.3.1.1 Diagrama hombre – máquina para el producto A13:.....	54
5.5.3.1.2 Diagrama hombre – máquina para el producto A4:.....	56
5.5.3.1.3 Diagrama hombre – máquina para el producto A5:.....	57
5.5.3.2 Análisis de los resultados .....	58
5.5.3.3 Oportunidades de mejoras esperas .....	59
5.5.4 Análisis de la Eficiencia Mediante el Cálculo del OEE .....	61
5.5.4.1 Disponibilidad .....	61
5.5.4.2 Rendimiento .....	62
5.5.4.3 Calidad.....	62
5.6 PROPUESTAS DE MEJORA.....	63
5.6.1 Transportes .....	63
5.6.1.1 Redistribución en planta .....	65
5.6.2 Esperas.....	66
5.7 ANÁLISIS DE LAS MEJORAS PROPUESTAS.....	66
5.7.1 Transportes .....	66
5.7.1.1 Producto A13.....	66
5.7.1.2 Producto A4.....	68
5.7.1.3 Producto A5.....	69
5.7.1.4 Comparación de los transportes actual vs mejorado .....	70
5.7.2 Esperas.....	71
5.7.2.1 Producto A13:.....	71
5.7.2.2 Producto A4:.....	72
5.7.2.3 Producto A5:.....	73
5.7.2.4 Análisis de los resultados propuestos .....	75
5.7.2.5 Comparación de las esperas actual vs mejorado .....	76

5.7.3 Análisis de la Nueva Eficiencia, OEE .....	78
5.7.3.1 Disponibilidad .....	78
5.7.3.2 Rendimiento .....	79
5.7.3.3 Calidad.....	79
5.8 PROPUESTA DE IMPLEMENTACION 5 S.....	81
5.8.1 Clasificación o Seiri .....	83
5.8.2 Ordenar o Seiton.....	85
5.8.3 Limpieza o Seiso .....	88
5.8.4 Estandarizar o Seiketsu.....	89
5.8.5 Disciplina o Shitsuke .....	90
5.8.6 Resultados Esperados de la Aplicación de las 5´s.....	92
5.9 COSTO BENEFICIO DE TRASLADOS Y ESPERAS .....	93
5.9.1 Análisis de resultados del Costo – Beneficio .....	94
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	95
6.1 CONCLUSIONES.....	95
6.2 RECOMENDACIONES .....	96
7 BIBLIOGRAFIA.....	97
8 ANEXOS .....	99

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Beneficiarios Directos. ....	3
<b>Tabla 2.2.</b> Beneficiarios Indirectos. ....	3
<b>Tabla 2.3.</b> Cuadro de Actividades según los objetivos. ....	5
<b>Tabla 5.1.</b> Cálculo del promedio de piezas producidas mensual. ....	35
<b>Tabla 5.2.</b> Cálculos para el diagrama de Pareto. ....	36
<b>Tabla 5.3.</b> Línea de producción para el producto A13. ....	38
<b>Tabla 5.4.</b> Línea de producción para el producto A4. ....	39
<b>Tabla 5.6.</b> Toma de tiempos para la elaboración del producto A13. ....	44
<b>Tabla 5.7.</b> Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A13. ....	45
<b>Tabla 5.8.</b> Toma de tiempos para la elaboración del producto A4. ....	46
<b>Tabla 5.9.</b> Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto ....	47
<b>Tabla 5.10.</b> Toma de tiempos para la elaboración del producto A5. ....	48
<b>Tabla 5.11.</b> Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A5. ....	49
<b>Tabla 5.12.</b> Resumen de los datos obtenidos en la Tabla 5.7. ....	51
<b>Tabla 5.13.</b> Resumen de los datos obtenidos en la Tabla 5.9. ....	52
<b>Tabla 5.14.</b> Resumen de los datos obtenidos en la Tabla 5.11. ....	53
<b>Tabla 5.15.</b> Tiempos desperdiciados en cada producto. ....	54
<b>Tabla 5.16.</b> Hombre – Máquina, proceso de corte. ....	55
<b>Tabla 5.17.</b> Hombre – Máquina, proceso de torneado. ....	55
<b>Tabla 5.18.</b> Hombre – Máquina, proceso de fresado helicoidal. ....	55
<b>Tabla 5.19.</b> Hombre – Máquina, proceso de fresados chaveteros. ....	56
<b>Tabla 5.20.</b> Hombre – Máquina, proceso de torneado. ....	56
<b>Tabla 5.21.</b> Hombre – Máquina, proceso de mecanizado. ....	57
<b>Tabla 5.22.</b> Hombre – Máquina, proceso de corte. ....	57
<b>Tabla 5.23.</b> Hombre – Máquina, proceso de mecanizado. ....	58
<b>Tabla 5.24.</b> Análisis de resultados, producto A13. ....	58



<b>Tabla 5.25.</b> Análisis de resultados, producto A4. ....	59
<b>Tabla 5.26.</b> Análisis de resultados, producto A15. ....	59
<b>Tabla 5.27.</b> Oportunidades de mejora en la muda de espera en cada producto. ....	60
<b>Tabla 5.28.</b> Cálculo del OEE, disponibilidad. ....	61
<b>Tabla 5.29.</b> Cálculo del OEE, rendimiento. ....	62
<b>Tabla 5.29.</b> Cálculo del OEE, calidad. ....	62
<b>Tabla 5.31.</b> Tiempos tomados, propuesta. ....	66
<b>Tabla 5.32.</b> Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A13. ....	67
<b>Tabla 5.33.</b> Tiempos tomados, propuesta. ....	68
<b>Tabla 5.34.</b> Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A4. ....	68
<b>Tabla 5.35.</b> Tiempos tomados, propuesta. ....	69
<b>Tabla 5.36.</b> Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A5. ....	69
<b>Tabla 5.37.</b> Comparación de los transportes, actual vs mejorado. ....	70
<b>Tabla 5.38.</b> Hombre – Máquina, proceso de corte, propuesto. ....	71
<b>Tabla 5.39.</b> Hombre – Máquina, proceso de torneado, propuesto. ....	71
<b>Tabla 5.40.</b> Hombre – Máquina, proceso de fresado helicoidal, propuesto. ....	72
<b>Tabla 5.41.</b> Hombre – Máquina, proceso de fresado chavetero, propuesto. ....	72
<b>Tabla 5.42.</b> Hombre – Máquina, proceso de torneado, propuesto. ....	73
<b>Tabla 5.43.</b> Hombre – Máquina, proceso de mecanizado, propuesto. ....	73
<b>Tabla 5.44.</b> Hombre – Máquina, proceso de corte, propuesto. ....	74
<b>Tabla 5.45.</b> Hombre – Máquina, proceso de mecanizado, propuesto. ....	74
<b>Tabla 5.46.</b> Análisis de resultados mejorados, producto A13. ....	75
<b>Tabla 5.47.</b> Análisis de resultados mejorados, producto A4. ....	75
<b>Tabla 5.48.</b> Análisis de resultados mejorados, producto A5. ....	76
<b>Tabla 5.49.</b> Cálculo OEE, disponibilidad mejorada. ....	78
<b>Tabla 5.50.</b> Cálculo OEE, rendimiento mejorado. ....	79
<b>Tabla 5.51.</b> Cálculo OEE, calidad mejorada. ....	79

<b>Tabla 5.52.</b> Lista de verificación de la primera S, (Clasificación o Seiri).....	84
<b>Tabla 5.53.</b> Clasificación de objetos.....	85
<b>Tabla 5.54.</b> Lista de verificación de elementos ordenados, aplicación de la segunda “S” .....	86
<b>Tabla 5.55.</b> Lista de verificación de la tercera “S”, orden y aseo.....	89
<b>Tabla 5.56.</b> Verificación de la cuarta etapa (SEIKETSU).....	90
<b>Tabla 5.57.</b> Plantilla de auditoria 5`S, .....	91
<b>Tabla 5.58.</b> Cálculo del costo actual y propuesto para la obtención de los productos. ....	93
<b>Tabla 5.59.</b> Costo beneficio análisis de resultados de productos A13, A4 y A5.....	94
<b>Tabla 8.1.</b> Hombre – Máquina, proceso de requisición actual, producto A13. ....	99
<b>Tabla 8.2.</b> Hombre – Máquina, proceso de requisición propuesto, producto A13.....	99
<b>Tabla 8.3.</b> Hombre – Máquina, proceso de terminados y envío actual, producto A13. ....	99
<b>Tabla 8.4.</b> Hombre – Máquina, proceso de terminados y envío propuesto, producto A13. ....	99
<b>Tabla 8.5.</b> Hombre – Máquina, proceso de requisición actual, producto A4. ....	100
<b>Tabla 8.6.</b> Hombre – Máquina, proceso de requisición propuesto, producto A4.....	100
<b>Tabla 8.7.</b> Hombre – Máquina, proceso de machuelado terminado y envíos actual, producto A4. ....	100
<b>Tabla 8.8.</b> Hombre – Máquina, proceso de machuelado terminado y envíos propuesto, producto A4 .....	100
<b>Tabla 8.9.</b> Hombre – Máquina, proceso de requisición actual, producto A5. ....	100
<b>Tabla 8.10.</b> Hombre – Máquina, proceso de requisición propuesto, producto A5.....	101
<b>Tabla 8.11.</b> Hombre – Máquina, proceso de terminados y envío actual, producto A5. ....	101
<b>Tabla 8.12.</b> Hombre – Máquina, proceso de terminados y envío propuesto, producto A5... ..	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b> Toyota City, ubicada en Nagoya, Japón [2, p. 16].	7
<b>Figura 3.2.</b> Casa Toyota [1, p. 18].	8
<b>Figura 3.4.</b> Tipos de procesos [12, p. 338].	17
<b>Figura 3.5.</b> Ejemplo de una producción de lotes por talleres [12, p. 340].	18
<b>Figura 3.6.</b> Representación del OEE [1, p. 51].	19
<b>Figura 3.7.</b> Corsograma analítico del proceso de preparación de una hamburguesa [14, p. 282].	21
<b>Figura 3.8.</b> Distribución en célula de trabajo en U [20, p. 371].	24
<b>Figura 5.1.</b> Ubicación de la empresa Caral Ingeniería Mecánica.	28
<b>Figura 5.2.</b> Avistamiento de la disposición en planta, de la empresa.	29
<b>Figura 5.3.</b> Vista interna de la nave N°1.	29
<b>Figura 5.4.</b> Vista interna de la nave N°2.	30
<b>Figura 5.5.</b> Vista interna, oficina.	30
<b>Figura 5.6.</b> Vista externa, parqueadero.	31
<b>Figura 5.7.</b> Organigrama de la empresa.	31
<b>Figura 5.8.</b> Layout de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”.	32
<b>Figura 5.9.</b> Mapa de procesos “Caral Ingeniería Mecánica”.	33
<b>Figura 5.3.</b> Aplicación del diagrama de Pareto.	37
<b>Tabla 5.5.</b> Línea de producción para el producto A5.	39
<b>Figura 5.10.</b> Diagrama de flujo para la elaboración del producto A13.	40
<b>Figura 5.11.</b> Diagrama de flujo para la elaboración del producto A4.	41
<b>Figura 5.12.</b> Diagrama de flujo para la elaboración del producto A5.	42
<b>Figura 5.13.</b> Diagrama de recorridos de los productos.	50
<b>Figura 5.14.</b> Representación de las en porcentaje actividades, productivas vs no productivas.	51
<b>Figura 5.15.</b> Representación de las en porcentaje actividades, productivas vs no productivas.	52

<b>Figura 5.16.</b> Representación de las en porcentaje actividades, productivas vs no productivas. ....	53
<b>Figura 5.17.</b> Redistribución de planta, realizado por los autores. ....	65
<b>Figura 5.18.</b> Distancia total recorrida, metros. ....	70
<b>Figura 5.19.</b> Distancia total recorrida, minutos. ....	70
<b>Figura 5.20.</b> Porcentaje de participación Hombre y Máquina, actual vs mejorado.....	76
<b>Figura 5.21.</b> Porcentaje de participación Hombre y Máquina, actual vs mejorado.....	77
<b>Figura 5.22.</b> Porcentaje de participación Hombre y Máquina, actual vs mejorado.....	77
<b>Figura 5.23.</b> Comparación del indicador OEE con respecto al estado actual .....	80
<b>Figura 5.24.</b> Desorden en planta de producción .....	81
<b>Figura 5.25.</b> Maquinarias inservibles por falta de repuestos. ....	82
<b>Figura 5.26.</b> Maquinarias servibles, pero no son utilizadas. ....	82
<b>Figura 5.27.</b> Maquinarias que no están inmersas en los procesos, ocupando espacio. ....	82
<b>Figura 5.28.</b> Diagrama de barras de objetos clasificados. ....	85
<b>Figura 5.29.</b> Señalización para identificar máquinas, equipos, puestos de trabajo. ....	87
<b>Figura 5.30.</b> Señalización para identificar áreas y zonas de trabajo.....	87
<b>Figura 5.31.</b> Señalización para identificar lugares. ....	87
<b>Figura 5.32.</b> Señalización para identificar salidas de emergencia.....	87
<b>Figura 5.33.</b> Señalización para identificar equipos de protección.....	88
<b>Figura 5.34.</b> Señalización para identificar lugares. ....	88
<b>Figura 5.36.</b> Comparación del costo actual total ante el propuesto total.....	94
<b>Figura 8.1.</b> Toma de tiempos para el estudio, Jefferson.....	102
<b>Figura 8.2.</b> Toma de tiempos para el estudio, Ariel. ....	102
<b>Figura 8.3.</b> Analizando las propuestas de mejora por los socios de la empresa.....	103
<b>Figura 8.4.</b> Antes vs después, adoptando 5´S.....	103
<b>Figura 8.5.</b> Antes vs después, adoptando 5´S.....	104
<b>Figura 8.6.</b> Hojas de orden de trabajo de la empresa.....	104

**Figura 8.7.** Hojas de requisición o requerimiento. .... 105

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**

**TITULO: “ANÁLISIS DE LAS MUDAS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “CARAL INGENIERÍA MECÁNICA” PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA EN LA CIUDAD DE QUITO”**

**Autores:** Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin  
Martínez Tuston Ariel Alexander

**RESUMEN**

La presente investigación se efectuó en la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”, ubicada al norte de la ciudad de Quito, específicamente en el área de producción, en la cual se diseñan y fabrican todo tipo de mecanizados en materiales como nylon, duralón, acero bonificado, acero inoxidable, etc. Se realizó la propuesta de reducción de mudas encontradas en el proceso productivo de la entidad, mediante el uso de herramientas de producción y técnicas lean manufacturing para el mejoramiento de su eficiencia productiva. La metodología aplicada en el presente trabajo es el método inductivo, ya que se parte de información específica de la actividad de cada línea de producción, para realizar con lo obtenido un análisis de la eficiencia global de la misma. Consecuente a esto, se realizó el diagrama de Pareto para la priorización de los productos más fabricados en los meses de octubre y noviembre, ya que, esta cuenta con innumerables productos al ser una empresa de mecanizados y al ser una producción bajo pedido. Posteriormente, se realizaron diagramas de procesos, flujos, hombre – máquina y de recorridos; siguiente a esto, se realizó el rediseño del layout de la planta con el objetivo de mejorar mudas encontradas, obteniendo como resultado un aumento de la eficiencia productiva ante el estado actual de la empresa. Además, se realizó el estudio de las 5`S en su fase preliminar; constando que las mudas de mayor impacto para la organización son causadas por las máquinas automáticas como son: tornos CNC y centros de mecanizados.

Palabras clave: producción, eficiencia, mudas, mecanizados.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**

**TOPIC:** "SEEDLING ANALYSIS INTO THE "CARAL INGENIERÍA MECÁNICA" ENTERPRISE PRODUCTIVE PROCESSES FOR PRODUCTIVE EFFICIENCY IMPROVEMENT INTO QUITO CITY".

**Authors:** Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin  
Martinez Tuston Ariel Alexander

**ABSTRACT**

The actual research was affected in the "Caral Ingeniería Mecánica" enterprise, located Quito city north, specifically, into production area, which are designed and manufactured all kinds machining, into materials, such as nylon, duralon, tempered steel, stainless steel, etc. It was made the proposal of reducing the found seedlings in the entity's production process, through the production tools and lean manufacturing techniques use for improving its productive efficiency. The applied methodology into present work is the inductive method, since it is based on specific information about the activity of each production line, for making an analysis its global efficiency, itself. Consequent to this, it was made the Pareto diagram for the most manufactured products prioritization in the October and November months, since it has innumerable products, such as, at being a machining enterprise and by being a production to order. Subsequently, it was performed processes, flows, man - machine and routes diagrams; it is following this, it was performed the plant layout redesign with the aim to improve found changes, resulting, an increase into production efficiency given the enterprise actual state. Further, it was performed the 5`S study its preliminary phase; constating, what the greatest impact changes for organization, which caused by automatic machines, such as: CNC lathes and machining centers.

Key words: production, efficiency, found, machining.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“ANÁLISIS DE LAS MUDAS EN LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA “CARAL INGENIERÍA MECÁNICA” PARA EL MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA EN LA CIUDAD DE QUITO.”** presentado por: **Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin y Martínez Tuston Ariel Alexander**, estudiantes de la Carrera de **Ingeniería Industrial** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los **peticionarios** hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 21 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO  
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
CI: 0502666514



# 1 INFORMACIÓN GENERAL

**Título:**

Análisis de las mudas en los procesos productivos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica” para el mejoramiento de la eficiencia productiva. En la ciudad de Quito.

**Tipo de Proyecto:** Proyecto de Investigación

**Fecha de inicio:** 25 de octubre del 2021

**Fecha de finalización:** 24 de febrero del 2022

**Lugar de ejecución:**

Empresa “Caral Ingeniería Mecánica” dedicada a los procesos de mecanizado por arranque de viruta ubicada en las calles Sabanilla N63-10 y Las Acacias 170513 Quito, Ecuador.

**Facultad que auspicia:**

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería industrial

**Proyecto de investigación vinculado:** Proyecto formativo o Generativo sí aplica.

No aplica

**Equipo de Trabajo:**

Tutora de Titulación:

- Ing. MSc. Diana del Carmen Marín Vélez.

Estudiantes:

- Aroca Anchapaxi Jefferson Stalin
- Martínez Tuston Ariel Alexander

**Área de conocimiento:**

Campo Amplio: 07 – 2 - 5

**Línea de investigación:****Procesos Industriales**

Las investigaciones que se desarrollen en esta línea, estarán enfocadas a promover el desarrollo de tecnologías y procesos, que permitan mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido; fomentando la producción industrial más limpia y el diseño de nuevos sistemas de producción industrial. Así como diseñar sistemas de control para la producción de bienes y servicios de las empresas públicas y privadas, con el

fin de contribuir al desarrollo socio económico del país y al cambio de la matriz productiva de la zona.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

- **Procesos Productivos.**
- **Administración y gestión de la Producción**

## 2 INTRODUCCIÓN

Las empresas en la actualidad, buscan nuevas formas de competir en el mercado cambiante, reconociendo que buscar nuevas formas de producción, permite a las empresas mejorar sustancialmente sus actividades productivas. Esto provoca que los empresarios modelen sus actividades, en busca de mejorar la eficiencia de los procesos; tomando como factor primordial, la identificación de las actividades que no agregan valor alguno en el proceso de producción, a esto se lo conoce como desperdicios o mudas, de acuerdo a la metodología Lean Manufacturing.

Esta metodología tiene sus inicios en la segunda guerra mundial, específicamente en la planta de producción de vehículos “Toyota” situada en Japón, que tiene como factor principal eliminar las actividades que no agregan valor en el proceso productivo de la planta, las cuales se dividen en: transportes innecesarios, movimientos, tiempo de espera, sobre procesamiento, sobre producción, defectos e inventario. De acuerdo al análisis realizado por empresas como: Maheso, Bodegas de Murviedro y Gallina blanca situadas en España, se ha logrado reducir al máximo estas actividades que no agregan valor, mediante el uso de técnicas y herramientas de producción, de tal manera que han conseguido buenos resultados en la mejora de los procesos productivos al término de su implementación.

Por otro lado, la empresa “Caral Ingeniería Mecánica” es una organización dedicada a los procesos de mecanizados por arranque de viruta en diferentes materiales tales como: duralón, nailon, aluminio, acero inoxidable entre otros materiales. La empresa se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Quito en las calles Sabanilla N63-10 y Las Acacias 170513 Quito-Ecuador. Esta empresa a pesar de haber innovado sus procesos productivos con maquinaria y herramientas tecnológicas para facilitar el trabajo, aún presentan ineficiencias en sus procesos, los cuales se ven reflejados a través de las actividades que no agregan valor en sus productos, desorden y factores que limitan el desarrollo normal de sus actividades.

Frente a este escenario, el análisis de las mudas en los procesos productivos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”, busca encontrar oportunidades de mejora en base al análisis del estado actual, para el incremento de la eficiencia productiva y desarrollo óptimo de las actividades diarias.

## **2.1 EL PROBLEMA**

Caral ingeniería mecánica es una empresa dedicada a los procesos de mecanizado en todo tipo de material, esta empresa cuenta con maquinaria de alta tecnología y precisión. Pero a pesar de tener tecnologías tan avanzada, carece de estándares y falta de coordinación en la elaboración de sus productos que dificultan el crecimiento y optimización de sus recursos. Dicho de este modo y observaciones preliminares realizadas en la empresa, los procesos desembocan que los productos salgan con tiempos de retraso mismo que se pueden evidenciar por la descoordinación en la fabricación de productos, elevados tiempos de procesamiento por causa de la instalación en desorden, falta de material y herramientas en el momento indicado, excesivos transportes y movimientos en la planta y esperas por parte del trabajador mientras las maquinas operan.

De tal manera que, estos factores se juntan y provocan desconciertos en la producción que como se ha mencionado se evidencia en el retraso en los pedidos y esto a su vez se puede verificar por la baja eficiencia en sus líneas de producción.

### **2.1.1 Situación Problemática**

Los factores que afectan a la baja eficiencia y bajo aprovechamiento de los recursos de la empresa están determinadas por la mala distribución de la maquinaria y herramientas, los cuales extienden los tiempos de producción, el proceso productivo mal organizado, el desorden y la indisciplina en el entorno del trabajo, los paros no programados de maquinarias ya sea por el mantenimiento u otros, movimientos y transportes innecesarios, esperas en las máquinas, etc. Estos factores son los que inciden para que la organización tome medidas en su sistema productivo, con el fin de alcanzar mejoras en las líneas de producción.

Esta situación afecta directamente al bajo rendimiento y eficiencia en la entidad es por ello que se realiza el presente trabajo de investigación, con el fin de presentar una solución a los problemas presentes en el desempeño productivo de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”.

### **2.1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo afectan las mudas en la eficiencia y rendimiento productivo de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica” y que acciones se debe tomar para su reducción?

## 2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

**Objeto:** Procesos productivos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”

**Campo de aplicación:** Tecnología e Ingeniería Mecánicas

- 3313.05 Matrices, Plantillas y Calibres
- 3313.09 Engranajes
- 3313.12 Equipo y Maquinaria Industrial
- 3312.90 Materiales Metalúrgicos Avanzados
- 3313.14 Máquinas-Herramienta y Accesorios
- 3313.17 Operaciones Mecanizadas
- 3313.27 Maquinaria Industrial Especializada

## 2.3 BENEFICIARIOS

- **Beneficiarios Directos:** En la siguiente tabla se presenta los beneficiarios directos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”

**Tabla 1.1.** Beneficiarios Directos.

<b>BENEFICIARIOS DIRECTOS</b>	
<b>ÁREAS</b>	<b>NÚMERO DE PERSONAS</b>
<b>Área de producción</b>	4
<b>Socios</b>	3
<b>Área administrativa</b>	4
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>

- **Beneficiarios Indirectos:** En la siguiente tabla se presenta los beneficiarios indirectos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”

**Tabla 2.2.** Beneficiarios Indirectos.

<b>BENEFICIARIOS INDIRECTOS</b>	
<b>CONCEPTO</b>	<b>NÚMERO DE PERSONAS</b>
<b>Proveedor de materia prima</b>	3
<b>Proveedor de material</b>	3
<b>Proveedores de herramientas</b>	4
<b>Proveedores de mantenimiento de máquinas</b>	5
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>

## 2.4 JUSTIFICACIÓN

La empresa “Caral Ingeniería Mecánica” donde se llevará a cabo el estudio no ha realizado ningún tipo de investigación referente a la mejora de procesos mediante el análisis de las mudas, de acuerdo a las observaciones preliminares realizadas en la planta, refleja que existe desorden a causa de desprendimientos de viruta de los materiales, maquinas inactivas y dañadas, tiempos elevados en la ejecución de un producto, mismo que se ven reflejados en los retrasados del producto, ya sea que no se programa la fecha de elaboración o están en proceso

La finalidad de proponer un plan para la reducción de mudas en la empresa se basa en los principios de la metodología *Lean Manufacturing*, que consiste en aumentar la eficiencia de los procesos productivos mediante la reducción de las mismas, que a su vez se complementa con el involucramiento de todo el personal de la planta y administrativo.

Por otro lado, se busca concientizar a los operadores de cómo influyen estos a las mudas y los desaciertos en la producción, para lograr minimizar la cantidad de productos en retrasos y obtener un mayor rendimiento.

De las observaciones preliminares, nace la propuesta “Análisis de las mudas en los procesos productivos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”, el cual pretende incrementa la eficiencia en las líneas de producción para reducir productos en espera de fabricación, de esta manera se busca aumentar la posibilidad de mejorar la producción de empresa.

## 2.5 HIPÓTESIS

La reducción de las mudas, en los procesos productivos de la empresa “Caral Ingeniería” posibilita el incremento de la eficiencia productiva.

- **Variable dependiente:** Reducción de Mudass
- **Variable Independiente:** Procesos productivos de la empresa.

## 2.6 OBJETIVO

### 2.6.1 Objetivo General

Elaborar una propuesta de reducción de mudas en el sistema productivo de la Empresa “Caral Ingeniería Mecánica”, mediante el uso de herramientas de producción y *Lean Manufacturing*, para el mejoramiento de la eficiencia.

## 2.6.2 Objetivos Específicos

- Revisar el estado del arte referente a reducción de mudas en plantas de mecanizado, para la identificación de oportunidades de mejora, de los procesos productivos de la empresa.
- Analizar las mudas existentes en los procesos productivos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”, para la cuantificación de las mismas.
- Proponer mejoras en el manejo de desperdicios, para aumentar la eficiencia en los procesos productivos.

## 2.7 SISTEMA DE TAREAS

**Tabla 3.3.** Cuadro de Actividades según los objetivos.

<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Actividades (tareas)</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Técnicas, Medios e Instrumentos</b>
Revisar el estado del arte referente a reducción de mudas en plantas de mecanizado, para la identificación de oportunidades de mejora en el estado actual de los procesos productivos de la empresa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión bibliográfica de estudios referentes a la reducción de desperdicios en plantas de mecanizados.</li> <li>- Levantamiento y descripción de los procesos productivos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”</li> <li>-Análisis de los productos más demandados para la empresa</li> <li>- Medición de la eficiencia de los procesos productivos de mayor demanda en el estado actual de la empresa.</li> </ul>	Procesos identificados y medidos en el estado actual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organigrama de la empresa</li> <li>-Mapa de procesos de la empresa</li> <li>-Layout de la empresa (Actual)</li> <li>- Diagrama de Pareto en base a rotación de productos</li> <li>- Líneas de producción</li> <li>-Diagrama de flujo del proceso (Actual)</li> </ul>
Analizar las mudas existentes en los procesos productivos de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica” para la cuantificación de las mismas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación de las actividades que no agregan valor en los procesos seleccionados.</li> <li>- Clasificación y descripción de las mudas existentes en los procesos seleccionados de acuerdo a los desperdicios de la metodología lean manufacturing</li> </ul>	Desperdicios identificados y medidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Curso grama analítico del proceso</li> <li>-Diagrama de recorridos</li> <li>-Diagrama hombre máquina</li> <li>- Indicadores de eficiencia OEE</li> </ul>
Proponer mejoras en el manejo de desperdicio para aumentar la eficiencia en los procesos productivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proponer técnicas de Lean manufacturing que a minore los desperdicios identificados en los procesos seleccionados</li> <li>-Medición de la eficiencia de los procesos productivos resultante de las mejoras</li> </ul>	Eficiencia de los procesos productivas mejorada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>--Layout de la empresa (Mejorado)</li> <li>-Diagrama de recorridos (Mejorado)</li> <li>- Calculo eficiencias mejoradas OEE</li> <li>- Propuesta de implantación 5 s</li> </ul>

### 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 ORIGENES LEAN MANUFACTURING

Las técnicas de organización de la producción surgen a principios del siglo XX con los trabajos realizados por F.W. Taylor y Henry Ford, que formalizan y modifican los conceptos de fabricación en serie, que habían empezado a ser aplicados a finales del siglo XIX y que encuentran sus ejemplos más relevantes en la fabricación de fusiles (EEUU) o turbinas de barco (Europa).[1]

Por su parte, Frederick Taylor cambió totalmente el enfoque de la manufactura, al convertir la administración en una ciencia. Con sus detallados estudios del trabajo, institucionalizó el sistema de producción con lotes y propuso la división en departamentos, que centran sus esfuerzos en actividades específicas. Este sistema recibió el nombre de Administración Científica y se convirtió en un modelo para la industria occidental.[2]

Por otro lado, Henry Ford introdujo las primeras cadenas de fabricación de automóviles, en donde hizo un uso intensivo de la normalización de los productos, la utilización de máquinas para tareas elementales, la simplificación-secuenciación de tareas y recorridos, la sincronización entre procesos, la especialización del trabajo y la formación especializada.[1]

Por lo tanto, Taylor y Ford proponen conjuntos de acciones y técnicas que pretenden encontrar nuevas formas de organización, que surgen y evolucionan, en la época donde fue posible la producción en masa de los grandes lotes de producto.

Las técnicas propuestas por Taylor y Ford encuentran ruptura en Japón, en donde se encuentra el reconocido pensamiento *Lean*. A inicios de los años 1950 dos jóvenes ingenieros de la empresa *Toyota Motor Company*, *Eiji Toyoda* y *Tahichi Ohno*, quien es considerado el padre del *Lean Manufacturing*. Concluyeron que el sistema de producción americano no era aplicable en Japón y que el futuro será construir automóviles en lotes pequeños y de modelos variados, esto habría sido posible suprimiendo stocks y toda una serie de despilfarros.[1] Es solo hasta los años de 1990, que aparecen las primeras publicaciones sobre sus técnicas y conceptos.[3] Tomando un gran eco en occidente, mediante la publicación del libro “La máquina que cambio al mundo”.[1]

##### 3.1.1 Producción Toyota

En *Toyota Motor Company*, *Tahichii Tohono* y *Shingeo Shingo*, comenzaron a tomar conceptos desarrollados por Ford y otras Técnicas que le permitieron reconocer el papel fundamental del



inventario dentro de la producción. Estas técnicas se las conoce con el nombre del Sistema de Producción Toyota o *Just in Time*. [4]

La *Toyota Motor Company* ha fabricado y diseñado autos desde los años de 1937, con la culminación de la Segunda Guerra Mundial y después de la misma, Japón presentaba un nivel de producción muy bajo, por este motivo la empresa Toyota cambio radicalmente la gestión industrial con la finalidad de aminorar los costos de producción. De tal forma que a esta respuesta se la conoce como Sistema de Producción Toyota o (TPS).

Sin embargo, el propósito TPS es la eliminación de cualquier tipo de desperdicio, y ello abarca a todos los elementos en el área de producción, desde el departamento de compras de materias primas, hasta el servicio al cliente, pasando por recursos humanos, finanzas, etc. En esta línea, el *Just in Time* (JIT), se usa para alcanzar reducciones de costos y cumplir con las necesidades de los clientes a los costos más bajos posibles. [5]



**Figura 3.1.** Toyota City, ubicada en Nagoya, Japón [2, p. 16].

### 3.1.2 Que es Lean Manufacturing

Por otro lado, la mayoría de autores concuerdan que el *Lean Manufacturing*, es una filosofía de trabajo basada en las personas, su objetivo principal es mejorar y optimizar los sistemas de producción, focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de desperdicios, definiéndolos como aquellos procesos o actividades, que usan más recursos de los estrictamente necesarios. [3]

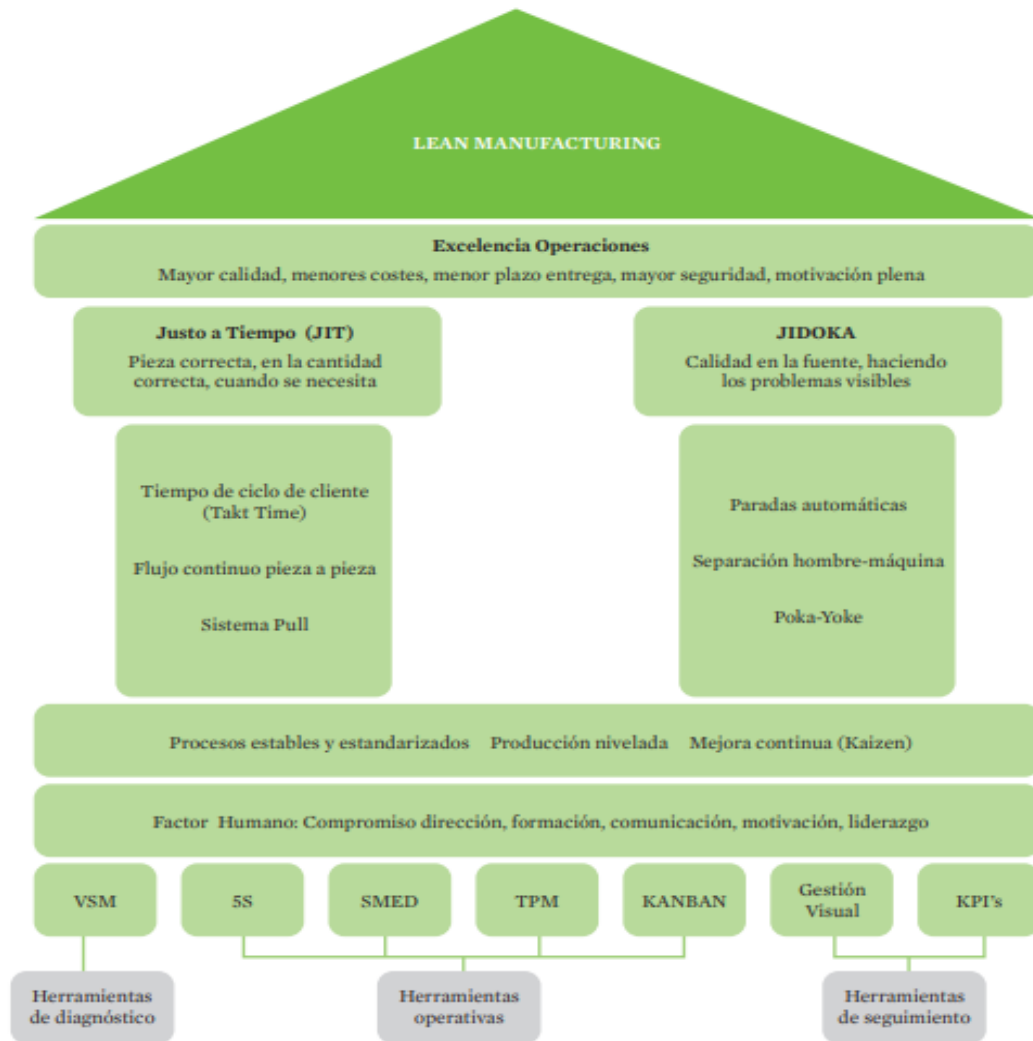


Figura 3.2. Casa Toyota [1, p. 18].

### 3.1.2.1 Principios del lean manufacturing

El *Lean Manufacturing* mejora los métodos y técnicas dentro de la empresa, a continuación se detallan los cinco principios, que toda empresa debe tener en cuenta, para el mejoramiento de la elaboración del producto o servicio[6]:

- a) **Definir el valor desde la punta de vista del cliente:** Debe definirse e identificarse el producto o servicio desde el punto de vista del cliente, con el objetivo de la eliminación de los desperdicios productivos, y de la misma forma, se debe considerar las actividades de valor añadido, para que el cliente quede satisfecho y pueda pagar por los mismos.
- b) **Identificación de la cadena de valor:** Esta se visualiza mediante la elaboración de un mapa de flujo de la información y de los materiales, posteriormente con la generación de indicadores se trata de eliminar los desperdicios y pasos encontrados que no agregar valor a la cadena de producción.

- c) **Flujo de pasos que generan valor:** Trata de generar un proceso con fluidez, suave y directamente de un paso a otro, generando valor productivo desde la materia prima hasta el consumidor, y así tratar que los problemas puedan ser visualizados a tiempo.
- d) **Producir el “Jale” del cliente:** Ya realizado el flujo se debe acoger un sistema *Pull* (Justo a tiempo), con la finalidad de conservar cantidades pequeñas de inventario y evitar la sobreproducción.
- e) **Mejoramiento continuo:** Una vez realizado los cuatro principios anteriores, se sabe que con la mejora continua se hace posible el aumento de la eficiencia en la planta.

De tal manera que, con la competitividad tan alta que se presenta actualmente entre empresas, estas deben estar aptas y preparadas, para responder al cambio veloz de las necesidades que el cliente requiera, de tal manera que puedan mantenerse en el mercado competitivo existente.

### 3.2 TRES LIMITANTES DE LA PRODUCTIVIDAD

Las tres principales limitantes de la productividad son: sobrecarga (*muri*), viabilidad (*mura*) y desperdicios (*muda*). De las mudas se derivan los siguientes: sobre productividad, inventario, producto defectuoso, transporte de materiales y herramientas, procesos innecesarios, esperas y movimientos innecesarios del trabajador.[7]

A continuación, se presenta las tres limitantes con su respectiva definición:

- **Sobrecarga o Muri:** Se da cuando a un operador o máquina es exigido a producir por encima de sus límites normales, es aquí cuando se da un decaimiento de los recursos más valiosos de la empresa, provocando una disminución de la productividad.
- **Variabilidad o Mura:** Se da cuando los procesos de entrada de los elementos presentan uniformidades como bien podría ser: las condiciones de las máquinas, las habilidades, los métodos, el entrenamiento, los materiales, y las especificaciones; esto a su vez produce, falta de uniformidad del proceso o procesos correspondientemente, generando productos o servicios no uniformes y es por lo cual presentan la variabilidad.
- **Desperdicios o Muda:** La Muda en el Japón también es conocida como exceso. Existen siete desperdicios los cuales dan un efecto negativo a la productividad; estos deben ser cautelosamente entendidos, detectados y descartados o por lo menos minimizados a su totalidad en el día a día de la empresa. El *Lean Manufacturing* se involucra en esta limitante, su principal objetivo es conocer, detectar y eliminar los desperdicios en la empresa.

### 3.2.1 Siete Mudras del Lean Manufacturing

El reconocimiento, eliminación o reducción de las mudras en la empresa, es el paso primordial, para que una empresa mejore su eficiencia y su productividad. A continuación, se detalla las siete mudras o despilfarros, que pueden presentarse en la producción, con sus respectivas características, causas y acciones para mitigarlos [8]:

#### 3.2.1.1 Inventario

Los desperdicios ocasionados por inventario, son el resultado de tener una mayor cantidad de existencias de las necesarias, para satisfacer las necesidades más inmediatas. El hecho de que exista acumulación de material, antes y después del proceso, indica un flujo de producción no continuo.[8]

##### a) Características [1, p. 23]:

- Excesivo espacio del almacén.
- Contenedores o cajas demasiado grandes.
- Rotación baja de existencias.
- Costes de almacén elevados.
- Excesivos medios de manipulación (carretillas elevadoras, etc.)

##### b) Causas posibles[1, p. 23]:

- Procesos con poca capacidad.
- Cuellos de botella no identificados o fuera de control.
- Tiempos de cambio de máquina o de preparación de trabajos excesivamente largos.
- Previsiones de ventas erróneas.
- Sobreproducción.
- Reprocesos por defectos de calidad del producto.
- Problemas e ineficiencias ocultas.

##### c) Acciones *Lean Manufacturing*[1, p. 23]:

- Nivelación de la producción.
- Distribución del producto en una sección específica, fabricación en células.
- Sistema JIT de entregas de proveedores.
- Monitorización de tareas intermedias.
- Cambio de mentalidad en la organización y gestión de la producción.

### 3.2.1.2 Sobreproducción

Radica en hacer más de lo necesario y está relacionada con las de inventario, procesos y defectos, al llegarse a producir más componentes de los necesarios, aumentará el inventario. Por otra parte, hacer más de lo necesario muchas veces sugiere el reprocesar componentes, reconociendo una gran cantidad de unidades defectuosas, que tarde o temprano llevarán a la sobreproducción.[8]

#### a) Características[1, p. 24]:

- Gran cantidad de *stock*.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipos sobredimensionados.
- Tamaño grande de lotes de fabricación.
- Falta de equilibrio en la producción.
- Ausencia de plan para eliminación sistemática de problemas de calidad.
- Equipamiento obsoleto.
- Necesidad de mucho espacio para almacenaje

#### b) Causas posibles[1, p. 24]:

- Procesos no capaces y poco fiables.
- Reducida aplicación de la automatización.
- Tiempos de cambio y de preparación elevados
- Respuesta a las previsiones, no a las demandas.
- Falta de comunicación.

#### c) Acciones *Lean Manufacturing*[1, p. 24]:

- Flujo pieza a pieza (lote unitario de producción).
- Implementación del sistema *pull* mediante kanban.
- Acciones de reducción de tiempos de preparación *SMED*.
- Nivelación de la producción.
- Estandarización de las operaciones.

### 3.2.1.3 Esperas

Es el tiempo perdido, como resultado de una secuencia de trabajo o un proceso ineficiente. Los procesos mal diseñados, pueden provocar que unos operarios permanezcan parados, mientras otros están saturados de trabajo.[8]

**a) Características**[1, p. 25]:

- El operario espera a que la máquina termine.
- Exceso de colas de material dentro del proceso.
- Paradas no planificadas.
- Tiempo para ejecutar otras tareas indirectas.
- Tiempo para ejecutar reproceso.
- La máquina espera a que el operario acabe una tarea pendiente.
- Un operario espera a otro operario

**b) Causas posibles**[1, p. 25]:

- Métodos de trabajo no estandarizados.
- *Layout* deficiente por acumulación o dispersión de procesos.
- Desequilibrios de capacidad.
- Falta de maquinaria apropiada.
- Operaciones retrasadas por omisión de materiales o piezas.
- Producción en grandes lotes.
- Baja coordinación entre operarios
- Tiempos de preparación de máquina /cambios de utillaje elevados.

**c) Acciones *Lean Manufacturing***[1, p. 25]:

- Nivelación de la producción. Equilibrado de la línea.
- *Layout* específico de producto, fabricación en células en U.
- Autonomatización con un toque humano (*Jidoka*).
- Cambio rápido de técnicas y utillaje (*SMED*).
- Adiestramiento polivalente de operarios.
- Sistema de entregas de proveedores.
- Mejorar en mantenimiento de la línea de acuerdo a secuencia de montaje.

#### **3.2.1.4 Transporte**

Es el resultado de un movimiento o manipulación de material innecesario. Las máquinas y las líneas de producción deberían estar lo más cerca posible, los materiales deberían fluir directamente desde una estación de trabajo a la siguiente, sin esperar en colas de inventario.[8]

**a) Características**[1, p. 26]:

- Los contenedores son demasiado grandes, o pesados, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales.

- Los equipos de manutención circulan vacíos por la planta.

**b) Causas posibles**[1, p. 26]:

- *Layout* obsoleto.
- Gran tamaño de los lotes.
- Procesos deficientes y poco flexibles.
- Programas de producción no uniformes.
- Tiempos de preparación elevados.
- Excesivos almacenes intermedios.
- Baja eficiencia de los operarios y las máquinas.
- Reprocesos frecuentes

**c) Acciones *Lean Manufacturing***[1, p. 26]:

- *Layout* del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Cambio gradual a la producción en flujo según tiempo de ciclo fijado.
- Trabajadores polivalentes o multifuncionales.
- Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos de los empleados.

### 3.2.1.5 Movimientos innecesarios

Se define como cualquier movimiento que no es necesario, para completar de manera adecuada una operación o actividad. Este tipo de movimiento se refiere a los realizados por una persona: estirarse, inclinarse o desplazarse, para ir a buscar una herramienta de uso cotidiano en el proceso.[8]

**a) Características**[1, p. 26]:

- Los contenedores son demasiado grandes, o pesados, difíciles de manipular.
- Exceso de operaciones de movimiento y manipulación de materiales.
- Los equipos de manutención circulan vacíos por la planta.

**b) Causas posibles**[1, p. 26]:

- *Layout* obsoleto.
- Gran tamaño de los lotes.
- Procesos deficientes y poco flexibles.
- Programas de producción no uniformes.
- Tiempos de preparación elevados.
- Excesivos almacenes intermedios.

- Baja eficiencia de los operarios y las máquinas.
- Reprocesos frecuentes

**c) Acciones *Lean Manufacturing***[1, p. 26]:

- *Layout* del equipo basado en células de fabricación flexibles.
- Cambio gradual a la producción en flujo según tiempo de ciclo fijado.
- Trabajadores polivalentes o multifuncionales.
- Reordenación y reajuste de las instalaciones para facilitar los movimientos de los empleados.

### **3.2.1.6 Defectos**

Los desperdicios derivados de los errores, son los más comunes en la industria manufacturera, implican una gran pérdida de productividad; porque incluye el trabajo extra que debe realizarse, como consecuencia de no haber ejecutado, correctamente el proceso productivo la primera vez. Los procesos productivos deberían estar diseñados a prueba de errores para conseguir productos acabados con la calidad exigida, eliminando así cualquier necesidad de re trabajo o de inspecciones adicionales.[8]

**a) Características**[1, pp. 26–27]:

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo de proceso complejo.
- Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos.
- Espacio y técnicas extra para el reproceso.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja motivación de los operarios.

**b) Causas posibles**[1, p. 27]:

- Movimientos innecesarios.
- Proveedores o procesos no capaces.
- Errores de los operarios.
- Formación o experiencia de los operarios inadecuada.
- Técnicas o utillajes inapropiados.
- Proceso productivo deficiente o mal diseñado.

**c) Acciones *Lean Manufacturing***[1, p. 27]:



- Automatización con toque humano (*Jidoka*).
- Estandarización de las operaciones.
- Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (*andon*).
- Mecanismos o sistemas anti-error (*Poka-Yoke*).
- Incremento de la fiabilidad de las máquinas.
- Implantación mantenimiento preventivo.
- Aseguramiento de la calidad en puesto.
- Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo.
- Control visual: *Kanban*, 5S y *andon*.
- Mejora del entorno de proceso

### 3.2.1.7 Procesos

Existe muda de procesos cuando a un producto o servicio se le hace más trabajo del necesario, es decir que no es parte normal del proceso y no agrega valor, el cliente no está dispuesto a pagar.[8]

#### a) Características[1, pp. 26–27]:

- Pérdida de tiempo, recursos materiales y dinero.
- Planificación inconsistente.
- Calidad cuestionable.
- Flujo de proceso complejo.
- Recursos humanos adicionales necesarios para inspección y reprocesos.
- Espacio y técnicas extra para el reproceso.
- Maquinaria poco fiable.
- Baja motivación de los operarios.

#### b) Causas posibles[1, p. 27]:

- Movimientos innecesarios.
- Proveedores o procesos no capaces.
- Errores de los operarios.
- Formación o experiencia de los operarios inadecuada.
- Técnicas o utillajes inapropiados.
- Proceso productivo deficiente o mal diseñado.

#### c) Acciones *Lean Manufacturing*[1, p. 27]:

- Automatización con toque humano (*Jidoka*).

- Estandarización de las operaciones.
- Implantación de elementos de aviso o señales de alarma (*andon*).
- Mecanismos o sistemas anti-error (*Poka-Yoke*).
- Incremento de la fiabilidad de las máquinas.
- Implantación mantenimiento preventivo.
- Aseguramiento de la calidad en puesto.
- Producción en flujo continuo para eliminar manipulaciones de las piezas de trabajo.
- Control visual: *Kanban*, 5S y *andon*.
- Mejora del entorno de proceso

### 3.2.2 Herramientas *Lean Manufacturing*

Las herramientas operativas más utilizadas por las empresas son las siguientes[9]:

**5S:** Esta metodología se desarrolla en 5 pasos y sirve para generar una cultura organizacional de disciplina, en cuanto a orden y limpieza, de cualquier área dentro de la empresa. Es la base para la implementación de otras herramientas de mejora. Estos 5 pasos son: clasificar, ordenar, limpiar, estandarizar y disciplina. Se recomienda que sigan los pasos en orden durante su implementación. A continuación, se define cada paso de esta metodología:

- Seiri (seleccionar): Consiste en retirar de nuestro lugar de trabajo todos los artículos que no son necesarios.[2, p. 132]
- Seiton (organizar): Consiste en ordenar los artículos que necesitamos para nuestro trabajo, estableciendo un lugar específico para cada cosa, de manera que se facilite su identificación, localización, disposición y vuelta al mismo lugar después de usarla.[2, p. 132]
- Seiso (limpiar): Consiste básicamente en eliminar la suciedad y evitar ensuciar, siempre con la idea en mente de que, al limpiar, también estamos inspeccionando lo que limpiamos.[2, p. 132]
- Seiketsu (estandarizar): Consiste en lograr que los procedimientos, prácticas y actividades logradas en las tres primeras etapas, se ejecuten consistentemente y de manera regular; para asegurar que la selección, la organización y la limpieza se mantengan en las áreas de trabajo.[2, p. 132]
- Shitsuke (seguimiento): Consiste en convertir en un hábito las actividades de las 5 S, manteniendo correctamente los procesos generados mediante el compromiso de todos, así

como participando en los eventos kaizen, que resultan de las necesidades de mejora surgidas en el lugar de trabajo.[2, p. 133]

**SMED:** Es una metodología o conjunto de técnicas que tiene como objetivo la reducción de los tiempos de preparación de las máquinas.

**TPM:** Sus siglas hacen referencia al mantenimiento total. Es un conjunto de múltiples acciones de mantenimiento, que permite eliminar las pérdidas por tiempos de paradas no programadas de las máquinas.

**KANBAN:** Es una palabra japonesa que significa tarjetas visuales, esta técnica ha sido creada en Toyota, la cual es utilizada para controlar el avance del trabajo dentro de la producción.

### 3.3 PROCESO

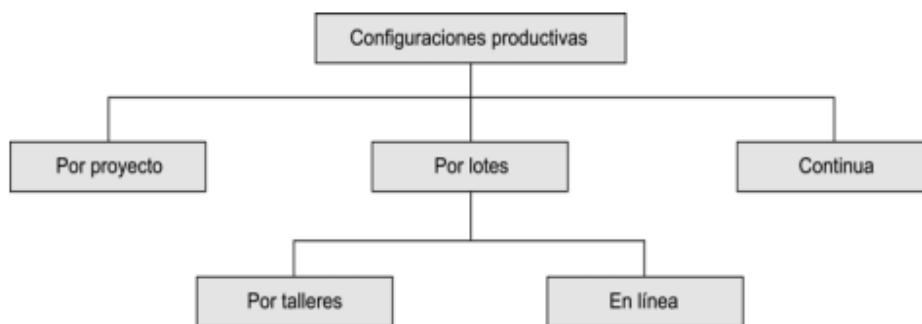
Un proceso es una serie de pasos que se deben seguir para lograr un objetivo, en el caso de los procesos industriales, estos pasos reciben el nombre de operaciones unitarias cuando los fenómenos son físicos y procesos unitarios, cuando se trata de fenómenos químicos.[10]

#### 3.3.1 Proceso Productivo

El proceso productivo es una serie de actividades relacionadas entre sí, que convierten insumos en productos, incorporando valor a los insumos; componiéndose de diferentes pasos, tareas o actividades que tiene un principio y un final.[11]

#### 3.3.2 Tipos de Procesos Productivos

A los procesos productivos se los clasifica, de acuerdo a la diferenciación de la continuidad del o los productos y estos se clasifican por proyecto, lotes de talleres, lotes en línea y continua.



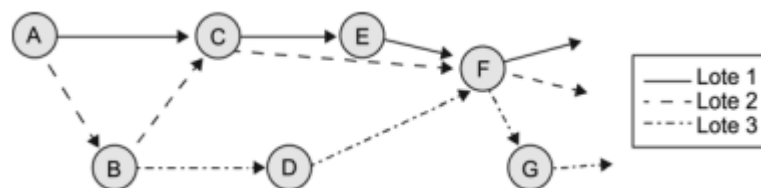
**Figura 3.4.** Tipos de procesos [12, p. 338].

### 3.3.2.1 Producción por proyecto

Esta producción es utilizada para la elaboración de productos o servicios únicos y de cierta complicación, por lo que, cada vez que es realizado el proceso su secuencia de operaciones puede ser diferente en ciertos casos, por el motivo de que debe adaptarse a cada uno en concreto. En esta producción no se puede hablar debidamente del flujo de productos, lo apropiado sería decir secuencia de operaciones, por el motivo de que el producto es fijo en un cierto punto y son los materiales, equipos y trabajadores, los que deben ir al lugar donde está situado el producto.[12]

### 3.3.2.2 Producción por lotes de talleres

En este tipo de producción los equipos y el personal se agrupan por similitud de habilidades o funciones, formando así los talleres; es decir, las operaciones se agrupan según su semejanza. Cada lote exige una secuencia distinta de operaciones, de manera que los materiales y productos pasarán sólo por aquellos centros de trabajo que requieran y se saltarán los demás.[12]



**Figura 3.5.** Ejemplo de una producción de lotes por talleres [12, p. 340].

### 3.3.2.3 Producción por lotes en línea

Esta se utiliza para la producción de grandes lotes de una pequeña variedad de productos, supuestamente diferentes, pero técnicamente parecidos, por lo cual necesitan el mismo tipo de operaciones, estas pueden utilizar las mismas instalaciones.[12]

### 3.3.2.4 Producción continua

Esta es caracterizada por el flujo de materiales existentes, las cuales no presentan pausas y transiciones entre operación a operación. El producto pasa por una serie de operaciones distintas en una forma continua, sin muchas paradas en el proceso de producción.[12]

### 3.4 HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS DEL PROCESO

#### 3.4.1 Eficiencia Global De Los Equipos

El OEE es un indicador el cual se calcula diariamente en el equipo o grupo de equipos, la cual indica la comparación entre el número de piezas que se podrían haberse producido en un tiempo estimado, si todo el proceso hubiera ido perfectamente, las unidades sin desperfectos que en realidad se ha producido. En este indicador se utilizan los índices de disponibilidad, calidad y eficiencia.[1, p. 50]

El OEE se ve reflejado de la siguiente manera:

$$OEE = Disponibilidad * Eficiencia * Calidad \quad (3.1)$$

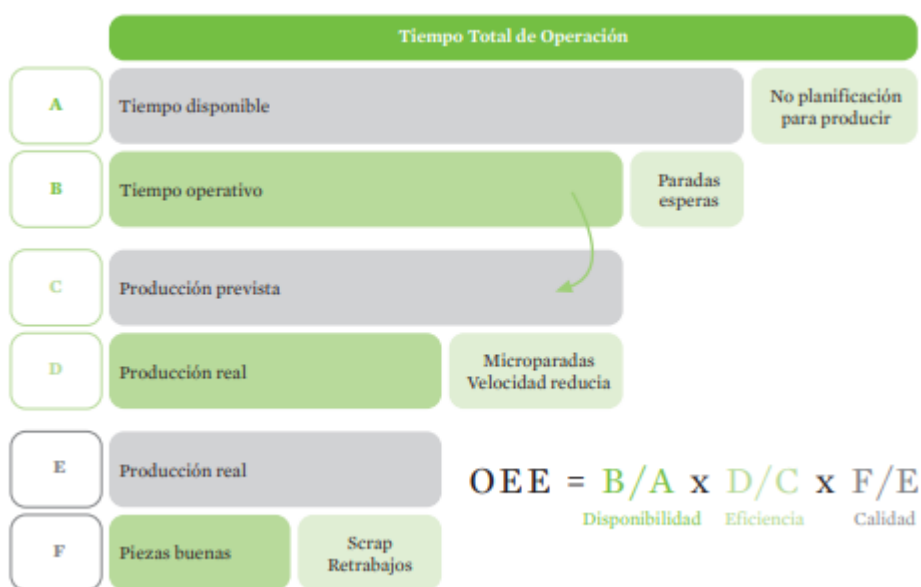


Figura 3.6. Representación del OEE [1, p. 51].

#### 3.4.2 Diagrama de Pareto

Es una gráfica de barras que su campo de análisis son los datos categóricos, su objetivo es ayudar a la localización del o los problemas trascendentales, y de la misma forma sus principales causas. Al intentar dar una mejora a un proceso, no se presenten dudas al trabajar en todos los problemas al mismo tiempo, atacando sus causas a la vez; ya que, basándose en la información dada en un análisis estadístico, se pueda establecer prioridades y de la misma manera, enfocar los esfuerzos donde estos puedan tener un mayor impacto.[13, p. 136]. El diagrama está respaldado por el principio de Pareto, en el cual se menciona que el 20% de los elementos forman el 80% del efecto, por lo cual, los demás elementos propician poco del efecto total.[13, p. 136]

### **3.4.2.1 Pasos para realizar el diagrama de Pareto**

Para la realización exitosa de un Diagrama de Pareto, se aconseja seguir los pasos que se presentan a continuación[13, p. 139]:

- Decidir y delimitar el área de mejora en el cual se va a estudiar y tener en claro que objetivo se va a perseguir.
- Discutir y decidir el tipo de datos que se van a requerir, y de la misma manera los factores posibles que sería importante clasificar. De tal manera que, se monta una hoja de verificación para la recopilación de los datos y así se pueda identificar los factores.
- Definir el periodo en el que se recopilaran los datos y determinar la o las personas responsables del trabajo, esto en caso de que la información sea tomada de reportes anteriores.
- Al terminar de obtener los datos se construye una tabla, donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
- Decidir si el criterio con el que se va a jerarquizar las categorías, va a ser directo a la frecuencia o será preciso multiplicarla por su intensidad o costo.
- Realizar la documentación de referencia; tales como, periodo, títulos, área de trabajo, etc.
- Interpretar el diagrama y en el caso de existir una categoría que predomina, se procede a realizar el análisis de segundo nivel para poder localizar los factores que más influyen.

### **3.4.3 Cursograma Analítico del Proceso**

El cursograma analítico del proceso una símbolos, tiempo y distancia para facilitar una forma objetiva, estructurada sobre analizar y registrar las actividades que conforman un proceso.

Permite dirigir la atención en las actividades que agregan valor y de la misma forma ayuda a determinar el porcentaje de valor agregado, correspondiente de todas las actividades.

Método actual <input checked="" type="checkbox"/>		DIAGRAMA DEL PROCESO		Método propuesto <input type="checkbox"/>	
MATERIA DEL DIAGRAMA <i>Proceso de preparación de una hamburguesa</i>				FECHA <i>12/1/12</i>	
DEPARTAMENTO _____				ELABORADO POR <i>KH</i> HOJA NÚM. <i>1</i> DE <i>1</i>	
DISTANCIA EN PIES	TIEMPO EN MINUTOS	SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA		DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	
	—	○ → □ ▢ ▽	<i>Piezas de carne almacenadas</i>		
1.5	.05	○ → □ ▢ ▽	<i>Transferir a la parrilla</i>		
	2.50	○ → □ ▢ ▽	<i>Parrilla</i>		
	.05	○ → □ ▢ ▽	<i>Inspección visual</i>		
1.0	.05	○ → □ ▢ ▽	<i>Transferir al anaquel</i>		
	.15	○ → □ ▢ ▽	<i>Almacenamiento temporal</i>		
.5	.10	○ → □ ▢ ▽	<i>Obtener panes, lechuga, etc.</i>		
	.20	○ → □ ▢ ▽	<i>Reunir el pedido</i>		
.5	.05	○ → □ ▢ ▽	<i>Colocar en el anaquel final</i>		
3.5	3.15	2 4 1 - 2	TOTALES		
Tiempo con valor agregado = Tiempo de operación y tiempo total = (2.50 + 0.20)/3.15 = 85.7%.					
○ = operación; → = transporte; □ = inspección; ▢ = demora; ▽ = almacenamiento.					

**Figura 3.7.** Cursograma analítico del proceso de preparación de una hamburguesa [14, p. 282].

### 3.4.4 Diagrama de Recorrido

El diagrama de flujo detalla la trayectoria que recorre cada parte, desde la recepción de la materia prima, la fabricación de cada parte, ensamble, empaque, almacenamiento y el envío. Estas trayectorias se las plasman a través del dibujo en una distribución de planta, estas pondrán de manifiesto las distancias recorridas, tráfico cruzado y retrocesos.[14, p. 152]

### 3.4.5 Diagrama de Flujo

Al analizar un proceso, es recomendable empezar con un diagrama que muestre sus elementos básicos, por lo general, actividades, flujos y zonas de almacenamiento. Las actividades se presentan en forma de rectángulos, los flujos como flechas y el almacenamiento de bienes o de otros artículos como triángulos invertidos. A veces, los flujos que pasan por un proceso se dirigen en distintos sentidos, según las condiciones. Los puntos de decisión se representan con un diamante, de cuyas puntas salen diferentes flujos. [15, p. 110]

### 3.4.6 Diagrama Hombre - Máquina

Es una singularidad del diagrama del trabajador u operario en el proceso, que registra la relación en escala de tiempos de las actividades que realiza el mismo con la máquina, este diagrama es la modalidad del diagrama de actividades múltiples.[16]

### 3.4.7 Trafico cruzado

Se da cuando las líneas de flujo se cruzan, esto es indeseable, pero con una buena distribución en planta tendrá pocas trayectorias que se crucen. Todo cruce de tráfico tiende a definirse como

problema ya que da complicaciones de congestión y de seguridad; esto se puede solucionar, con una apropiada distribución del equipo, servicios y departamentos.[14, p. 152]

#### **3.4.8 Retrocesos**

Un retroceso en producción, significa el movimiento que existe hacia atrás del material en la planta. El material debería moverse siempre hacia el extremo de envíos de la planta, si ésta tiende a desplazarse hacia la recepción, pues va hacia atrás y presenta el retroceso, por esta cuestión esta cuesta el triple que el flujo correcto.[14, p. 154]

#### **3.4.9 Distancia recorrida**

Se debe tener en claro que recorrer distancias cuesta dinero y si existe menor recorrido de distancia, mejor. En el diagrama de flujo o recorrido se desarrolla la distribución, esta ayuda al fácil cálculo de distancias que se tienda a recorrer; de tal manera que, con el reacomodo de las máquinas o de los departamentos, sea posible llegar a la disminución de los mismos.[14, p. 155]

### **3.5 LAYOUT**

El término *layout* es una palabra del inglés, que puede interpretarse como disposición o plan, para plasmar y representar en un plano las diferentes áreas que conforman una planta o negocio; ya sea recepción de materia prima, almacén, operación, control e inspección de calidad, patios de maniobra, estacionamiento y otros. Para elaborar un *layout*, es necesario contar con un inventario preliminar de todas las áreas que conforman la empresa, este debe incluir las dimensiones de las áreas, superficie y altura.[17]

#### **3.5.1 Distribución en Planta**

El principal objetivo de una distribución en planta, es el desarrollo de sistemas de producción que permitan la fabricación de productos deseados, de buena calidad y a bajo costo. Una distribución física establece un elemento sustancial del sistema de producción, incluye: manejo de materiales, tarjetas de operación, programación, tarjetas de operación, enrutamiento y despacho. La pobre distribución de las plantas da como resultado elevados costos.[18]

#### **3.5.2 Tipos de Distribución en Planta**

Todas las distribuciones de la planta en general se basan en la composición de una o de dos tipos los cuales se presentan a continuación[19]:

- **Distribución por producto:** Las distribuciones por producto, son adecuadas cuando se tiene una variedad muy pequeña de productos altamente estandarizados. Son producidos



en altos volúmenes. A este tipo de distribución, también se la conoce como distribución de producción en línea.

- **Distribución por procesos:** Este tipo de distribución está pensado, para instalaciones en las que se genera una alta variedad de productos, no estandarizados en volúmenes bajos de producción. También se le conoce como talleres de trabajo, no se justifica en este caso, destinar un equipo para procesar un solo producto, ya que la mezcla de productos cambia constantemente. Así pues, la instalación se deberá distribuir en departamentos especializados, en un solo tipo de proceso o equipo.

### **3.5.3 Células de Trabajo**

Una célula de trabajo reorganiza personas y máquinas; los arreglos en células de trabajo se usan cuando el volumen justifica un arreglo especial de maquinaria y equipo. Estas células de trabajo se reconfiguran a medida que cambia el diseño del producto o fluctúa el volumen de producción.[20]

De tal manera que, una ventaja primordial del trabajo por células, es que estas se adaptan fácilmente al cambio de la producción haciendo a la misma, más eficiente y flexible[21].

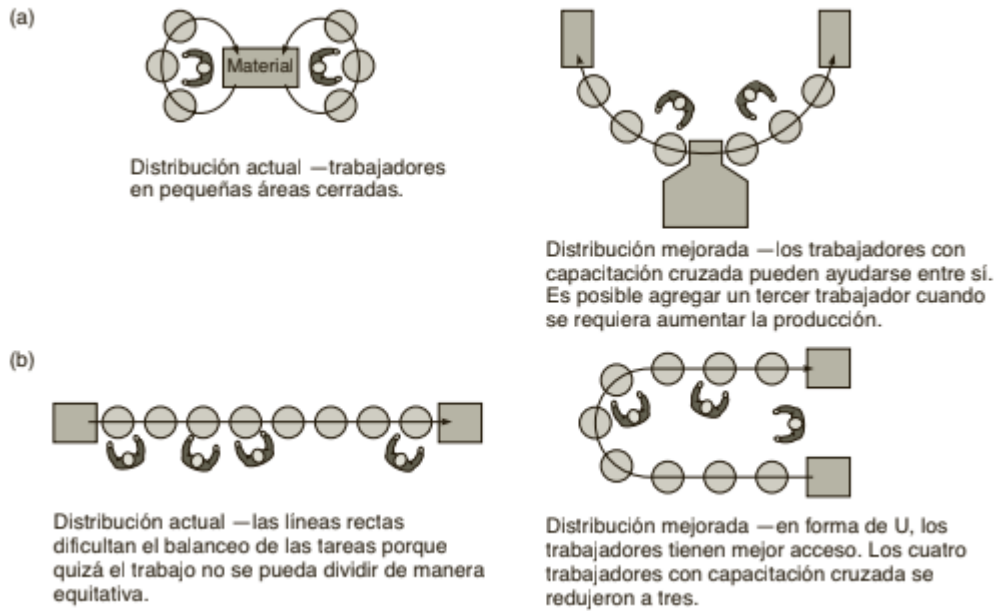
Las ventajas que imparte las células de trabajo son las siguientes:

- Reduce el inventario en proceso, de tal manera que la célula de trabajo se forma para la proporción de un flujo de las piezas de máquina a máquina.
- El espacio del piso en la planta se reduciría, porque el espacio entre las máquinas para adecuar el inventario del trabajo en proceso sería menor.
- Los inventarios de materia prima y productos terminados se aminoran, ya que el trabajo en proceso es menor y así se agiliza el movimiento de los materiales en la célula de trabajo.
- El costo de mano de obra directa se reducirá porque la comunicación entre los colaboradores mejoraría, así mismo el flujo de materiales y la programación.
- La utilización del equipo y maquinaria se incrementa gracias a la programación mejorada y al rápido flujo de los materiales.
- La inversión en maquinaria y equipo se reduciría al máximo, por cuanto un buen uso de los medios aminora el número de los equipos, herramientas y máquinas.

#### **3.5.3.1 Célula de trabajo en u**

La célula de trabajo en forma de U, está dirigida a las instalaciones en línea y por procesos, la cual permite la reducción y el mejoramiento de los materiales y personas, dado que facilita la

inspección, disminuye los requerimientos del espacio, reduce el número de colaboradores y mejora la comunicación.[20] En otras palabras, este tipo de distribución ayuda a compartir el trabajo entre los empleados y resuelve el desbalanceo dentro de la producción.[15]



**Figura 3.8.** Distribución en célula de trabajo en U [20, p. 371].

## **4 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación que se desarrollará en el presente proyecto es:

#### **4.1.1 Investigación de Campo**

La investigación de campo, es un tipo de investigación científica por la cual se adquieren o miden datos sobre un suceso en particular en el lugar donde suceden los hechos, es decir se inicia con el acercamiento a las instalaciones de la empresa con el propósito de encontrar información útil, recurriendo al uso de algunas técnicas como son: la observación, la interacción con el personal, entrevistas e información existente en la empresa. Esto con el fin de diagnosticar la situación actual y proponer cambios, para modificar algún tipo de situación indeseada.

#### **4.1.2 Investigación Descriptiva**

Este tipo de investigación, permite identificar cuáles son las principales líneas de producción a estudiar, así mismo permite evidenciar las causas por la cual se ve afectada la eficiencia del proceso productivo.

### **4.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

El método de investigación que se aplicará es el método inductivo, ya que, a partir de información específica de cada actividad en la línea de producción, se realizará un análisis de la eficiencia global, mediante indicadores que permitan determinar una teoría con respecto a las posibles causas que afectan la eficiencia en los procesos de mecanizado.

### **4.3 TÉCNICAS**

#### **4.3.1 Revisión Bibliográfica**

Se emplea esta técnica para identificar el punto de partida de la investigación, ya que a través de ella se analiza casos de estudio similares al problema planteado, que posteriormente servirán de guía para adecuarlo a la realidad de la empresa.

#### **4.3.2 Análisis de Históricos**

Esta técnica permite recolectar la mayor parte de la información útil en tiempos pasados, la cual nos provee de datos como: históricos de ventas información con la cual se da prioridades a las líneas de producción a estudiar.

### **4.3.3 Entrevista**

Se emplea la técnica de entrevista para obtener información como: funcionamiento de la empresa, roles que cumplen cada individuo dentro de la organización, sus proveedores y clientes potenciales.

### **4.3.4 Observación**

Esta técnica es quizá una de las más importantes en el problema de investigación, ya que, mediante la observación, se puede determinar los problemas presentes en tiempo real dentro de la organización, permitiendo la identificación de oportunidades de mejora.

### **4.3.5 Toma de Tiempos**

La toma de tiempos es una técnica fundamental en la recolección de los datos ya que se podrá evidenciar efectivamente el estado actual de las líneas de producción, así mismo servirá de base para identificar actividades que no agregan valor al producto.

## **4.4 INSTRUMENTOS**

### **4.4.1 Libros, Artículos y Revistas**

Mediante estos instrumentos se pudo analizar los diferentes métodos y técnicas que se puede aplicar al proyecto para la mejora de la eficiencia productiva.

### **4.4.2 Grabaciones**

Con las grabaciones de los audios, se pudo obtener una mejor información referente a los tiempos y actividades realizados por el trabajador en cada línea de producción.

### **4.4.3 Diagramas de Flujo**

Mediante el diagrama de flujo se tiene una vista previa de los procesos y distribución de las operaciones de cada una de las líneas de producción.

### **4.4.4 Cursograma Analítico del Proceso**

El curso grama analítico del proceso permite analizar las actividades por separados que en conjunto forman un proceso, este es un instrumento que se emplea para anotar los tiempos y distancias recabadas en toda la línea de producción

#### 4.5 PROCEDIMIENTOS

- Se realizó visitas a la empresa con la finalidad de recolectar la mayor cantidad de información posible del proceso productivo.
- Se realizó entrevistas al personal administrativo acerca de los roles que cumplen cada individuo en la empresa para obtener el organigrama.
- Se elaboró el layout de la empresa mediante la recolección de medidas en la empresa con la finalidad de tener un panorama claro de la disposición en planta.
- Se realizó el levantamiento del mapa de procesos con la interacción del dueño de la empresa, con la finalidad de presentar una visión general de la actividad económica de la misma.
- Se recolecto información de los historiales de venta para determinar las principales líneas de producción de la empresa.
- Una vez obtenidas las principales líneas de producción se caracteriza cada línea para identificar las máquinas y personal que interactúan en la ejecución del producto.
- Mediante la observación en cada línea de producción seleccionado, se levanta los diagramas de flujo correspondiente a cada producto.
- Así mismo se recolecto las actividades que realiza un trabajador en una jornada laboral mediante el circulo de Ohno que consiste en evidenciar oportunidades de mejora durante un día normal de trabajo.
- Se analizó las líneas de producción actual mediante las herramientas curso grama analítico y diagramas de recorrido para identificar transportes y esperas resultantes del proceso.
- Una vez obtenidos la información necesaria se analizó la eficiencia de cada línea de producción para identificar el estado actual del proceso.
- Se elaboró una matriz donde constan las oportunidades de mejora o mudas con las posibles soluciones por cada línea de producción.
- Una vez consolidados los datos se propuso algunas herramientas que aminoren las deficiencias del proceso productivo
- Terminado este proceso se analiza los datos nuevamente para determinar la eficiencia productiva del estado actual y el estado futuro.

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

#### 5.1.1 Historia y Dedicación de la Empresa

La empresa “Caral Ingeniería Mecánica”, es una empresa familiar fundada por los hermanos Carrión Vélez, aproximadamente por el año 1992 en la ciudad de Quito, esta se encuentra constituida como taller de mecanizados de partes y piezas en máquinas CNC en todo tipo de material, empezó con apenas un torno y una instalación pequeña, con las cuales pretendía satisfacer a sus clientes en ese entonces, desde ahí ha venido tomando un gran impulso en el mercado y un importante crecimiento interno de sus instalaciones.

Hoy en día, Caral ingeniería mecánica cuenta con una plantilla que varía entre 5 y 6 trabajadores dentro del proceso productivo, mismos que hacen las funciones de soldadores, torneros y fresadores además cuentan con 2 ingenieros responsables de la producción y 1 administrador responsable de ventas.

#### 5.1.2 Ubicación de la Empresa

La empresa “Caral ingeniería mecánica” se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Quito en el barrio Colla Loma, calle Sabanilla N63-10 y Las Acacias 170513 en la provincia de Pichincha.

En la siguiente figura se muestra la ubicación de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica” y el avistamiento de la misma.

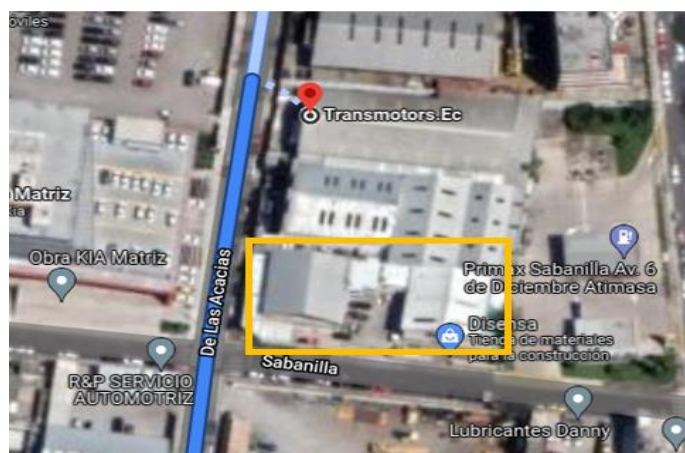


Figura 5.1. Ubicación de la empresa Caral Ingeniería Mecánica.

#### 5.1.3 Disposición en Planta de la Empresa

La distribución en planta de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica” son dos naves, en la cual en la nave 1 se realiza los procesos productivos de la empresa, mientras que en la nave 2 se

almacena equipos inactivos además se encuentra ubicada el área de corte. Cuenta también con una pequeña oficina, donde labora el personal administrativo y dispone además de un parqueadero donde estacionan vehículos de los empleados, proveedores de materia prima y clientes.

La siguiente figura, muestra toda el área marcada en color amarillo disponible para la empresa.



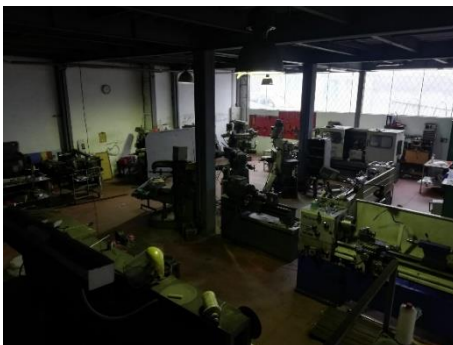
**Figura 5.2.** Avistamiento de la disposición en planta, de la empresa.

A continuación, se explica a detalle cada uno de los espacios ocupados por las distintas distribuciones en la empresa

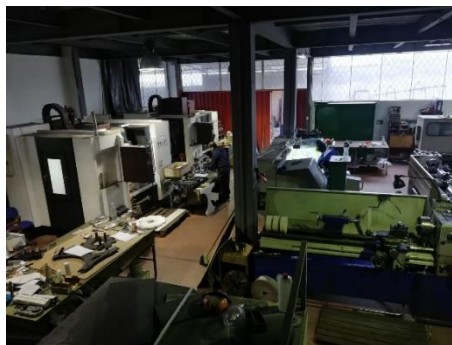
### 5.1.3.1 Nave 1

En la nave 1 se encuentra los casilleros de los trabajadores, un área de sanitario, equipos y maquinarias necesarios para la producción. Este recinto es quizá el más importante para la empresa puesto que acá se realiza la actividad productiva.

A continuación, la siguiente figura presenta el avistamiento de la parte interna de la nave 1



**a)** Vista izquierda



**b)** Vista derecha

**Figura 5.3.** Vista interna de la nave N°1.

### 5.1.3.2 Nave 2

En esta nave se encuentran 2 máquinas inyectoras inactivas, restos de materiales, 2 compresores, la mesa de corte y piezas obsoletas o muestras de la actividad productiva de la empresa, la mayor utilización que le dan a este espacio es de centro de corte de la empresa, como tal aquí se corta la materia prima a las especificaciones del cliente.



**Figura 5.4.** Vista interna de la nave N°2.

### 5.1.3.3 Oficina

Esta zona de la empresa es la primera con la cual se encuentran los clientes a la hora de realizar un pedido, como se puede observar en la **figura 5.2.** este pequeño espacio se encuentra ubicada en las instalaciones de la franquicia Disensa, que también corresponde a los hermanos Carrión Vélez, por lo cual le hace un punto estratégico de captación mutua de clientes. En esta zona de la empresa, labora una persona la cual es la encargada de recibir los pedidos de los clientes además de programar la producción y evaluar las fechas de entrega, de igual manera al término de la fecha de entrega los clientes podrán solicitar sus productos en esa misma zona.



**Figura 5.5.** Vista interna, oficina.



#### 5.1.3.4 Parqueadero

Esta zona disponible se comparte entre dos entidades, como se mencionó anteriormente es utilizada para los clientes, operarios y personal administrativo, en gran mayoría para el personal administrativo de Caral Ingeniería Mecánica.



Figura 5.6. Vista externa, parqueadero.

#### 5.1.4 Organigrama

Los niveles de autoridad de la empresa Caral Ingeniería Mecánica, se presentan en orden descendente en la siguiente figura, además cabe recalcar que, al ser una mediana empresa, el gerente general suele hacer las funciones de un operario en ciertas ocasiones.

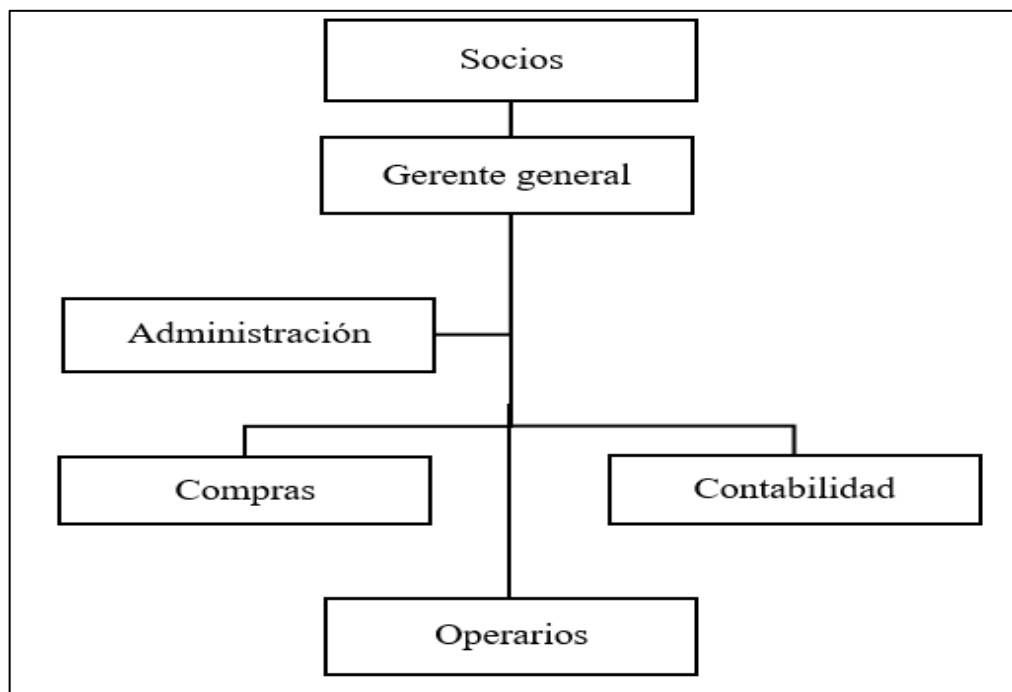


Figura 5.7. Organigrama de la empresa.

### 5.1.5 Layout de la Empresa

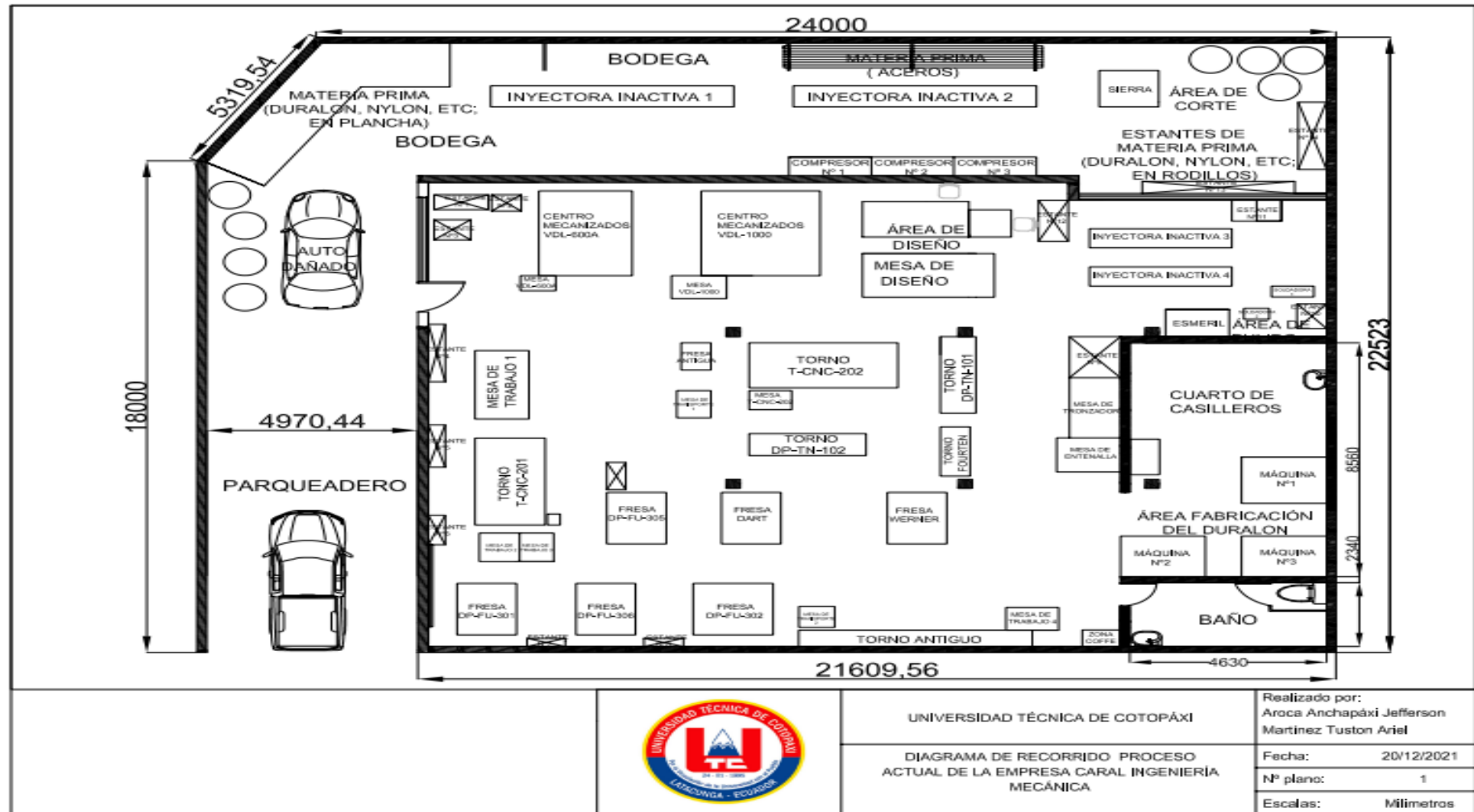


Figura 5.8. Layout de la empresa “Caral Ingeniería Mecánica”.

### 5.1.6 Mapa de Procesos

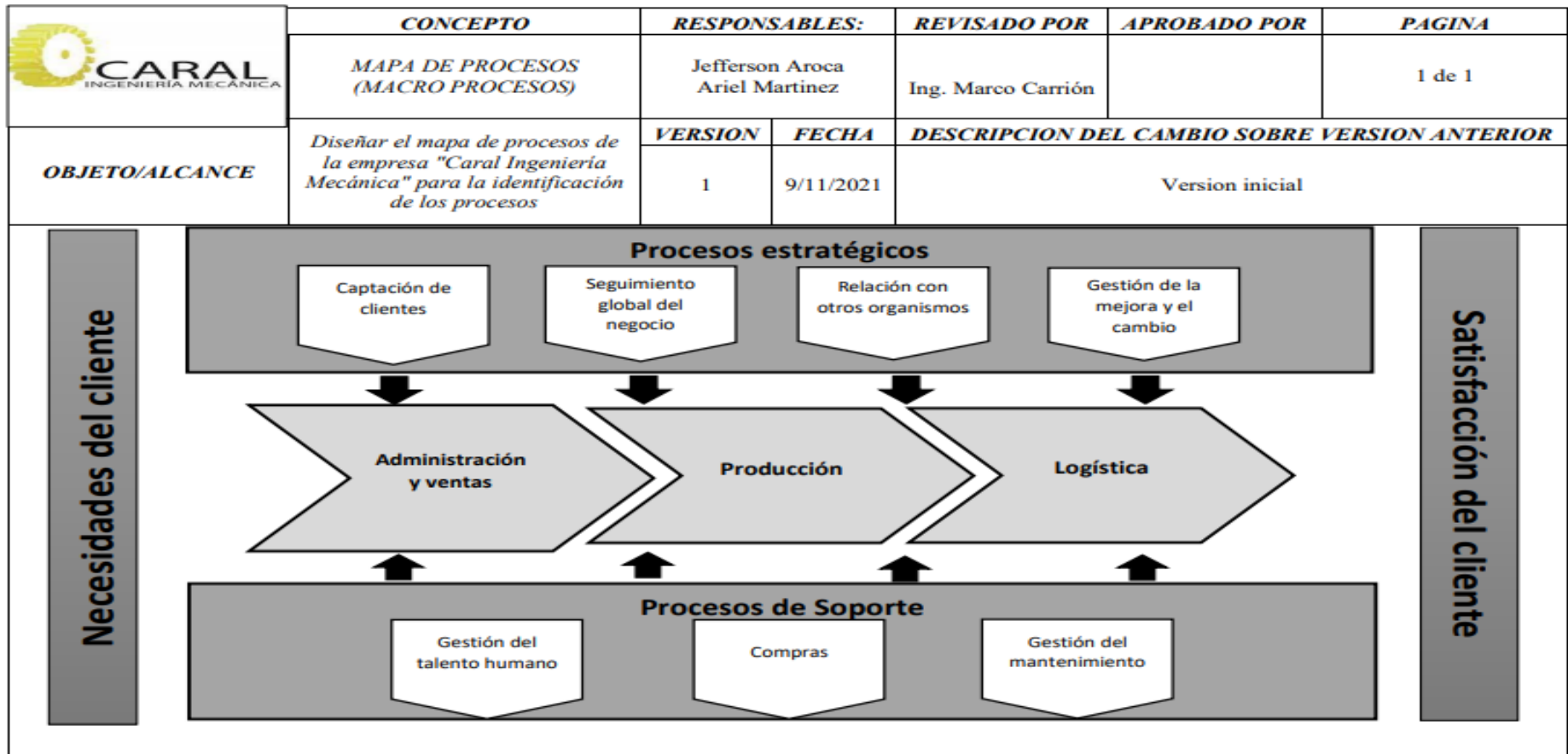


Figura 5.9. Mapa de procesos “Caral Ingeniería Mecánica”.

### **5.1.7 Sistema de Producción**

La empresa está diseñada con un sistema de producción bajo pedido, esta se caracteriza por elaborar un solo tipo de producto por cada proceso de transformación, esto quiere decir que la puesta en marcha de la producción se hace únicamente cuando un cliente solicita un producto en específico es por eso que su forma de producción es variada en una jornada laboral.

## **5.2 SELECCIÓN DE LOS PROCESOS CRÍTICOS DE LA EMPRESA**

Como se mencionó anteriormente, Caral Ingeniería Mecánica es una empresa que se dedica a los procesos de mecanizado, por lo cual la producción es constantemente variada. Dicho de este modo, analizar los productos más importantes de la empresa, es el punto de partida para enfocar los esfuerzos del estudio a realizar.

A continuación, se muestra el análisis de los procesos críticos.

### 5.2.1 Historial de Piezas Producidas

En la siguiente tabla, se recolecto la información de las facturas de los últimos meses de la empresa, esta tabla muestra los productos más solicitados en el mes de noviembre hasta el mes de enero cabe recalcar que existen productos que se han manufacturado una o dos veces como máximo en ese periodo de tiempo, por lo cual no se ha considerado en el análisis y se ha tomado los productos que han venido rotando más en este periodo.

**Tabla 5.1.** Cálculo del promedio de piezas producidas mensual

OCTUBRE 2021-DICIEMBRE 2022					
CODIGO	PRODUCTOS	MATERIAL	OCTUBRE - NOVIEMBRE	NOVIEMBRE - DICIEMBRE	PROMEDIO MENSUAL
A1	Formato deli 250 ml	Duralon	1	2	2
A2	Polea Z20	Aluminio	3	4	4
A3	Esparragos	Acero inoxidable	5	3	4
A4	Ejes para manzana con bichilla Dext 50mm x longitud 200mm	Acero Bonificado	40	40	40
A5	Rueda dentada Z30	Duralon	30	30	30
A6	Chavetero simple	Acero simple	2	4	3
A7	Engranaje conico recto	Acero inoxidable	4	3	4
A8	Platos deli Z 20	Duralon	6	4	5
A9	Tornillo sin fin de paso corto	Duralon	2	2	2
A10	Matriz de mascarillas KN-95	Acero Inoxidable	2	3	3
A11	Cojinete de friccion 5cm	Acero	4	3	4
A12	Corona sin fin Z10	Acero	3	7	5
A13	Piñon elicoidal Z40	Duralon	50	50	50

Como se observa en la tabla anterior se determinaron las ventas mensuales de los productos más rotados en los meses descritos, luego se procede a realizar un promedio mes a mes de los productos, lo cual se presenta en la columna promedio mensual

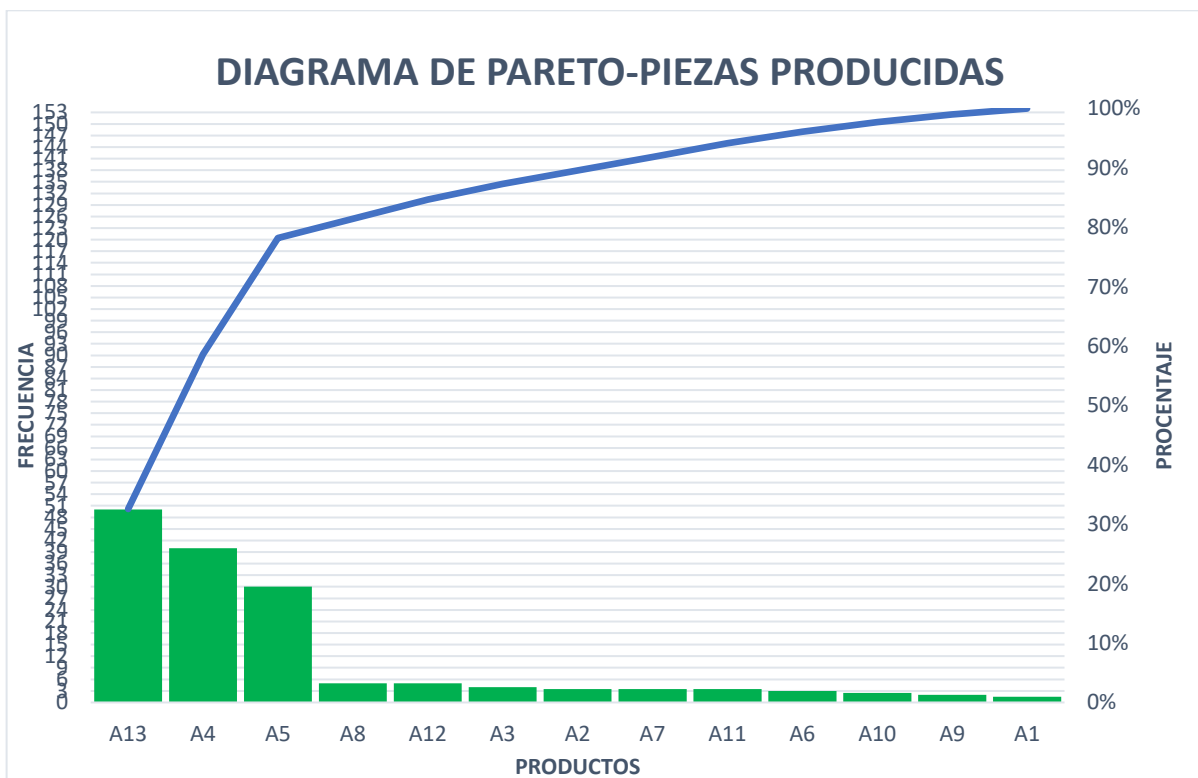
### 5.2.2 Diagrama de Pareto

En la siguiente tabla, se toma el promedio mensual procedente de la Tabla 5.1, con el cual se calcula un porcentaje de participación de los productos producidos de la empresa en los dos últimos meses, luego se procede a calcular el porcentaje acumulado que por consiguiente permite la tabulación para realizar el diagrama de Pareto.

**Tabla 5.2.** Cálculos para el diagrama de Pareto

OCTUBRE 2021-DOCIEMBRE 2022				
CODIGO	PRODUCTOS	PROMEDIO MENSUAL	% PARTICIPACIÓN	% ACUMULADO
A13	Piñon elicoidal Z40	50	33%	33%
A4	Ejes para manzana con bichilla Dext 50mm x longitud 200mm	40	26%	59%
A5	Rueda dentada Z30	30	20%	78%
A8	Platos deli Z 20	5	3%	81%
A12	Corona sin fin Z10	5	3%	85%
A3	Esparragos	4	3%	87%
A2	Polea Z20	4	2%	90%
A7	Engranaje conico recto	4	2%	92%
A11	Cojinete de friccion 5cm	4	2%	94%
A6	Chavetero simple	3	2%	96%
A10	Matriz de mascarillas KN-95	3	2%	98%
A9	Tornillo sin fin de paso corto	2	1%	99%
A1	Formato deli 250 ml	2	1%	100%

A continuación, se presenta el Diagrama de Pareto procedente de la tabulación de los datos obtenidos



**Figura 5.3.** Aplicación del diagrama de Pareto.

### 5.2.2.1 Análisis del diagrama de pareto

Como se observa en el gráfico anterior, las barras de color verde representan los productos que, en promedio se producen mes a mes, mientras que la línea azul representa el porcentaje de participación acumulado.

Se puede observar que el 80 % de las ventas potenciales de “Caral Ingeniería Mecánica”, se da por tres productos: A13, A4 y A5, la nomenclatura mencionada en los productos se da por cuestiones de privacidad en la información, por parte de la empresa. Dicho de este modo los cambios y propuestas que se realice en el trabajo de investigación será en favor a los productos más demandados para la empresa.

## 5.3 LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

### 5.3.1 Producto A13

A continuación, se detalla las máquinas que se utilizan en el proceso productivo del producto mencionado.



**Tabla 5.3.** Línea de producción para el producto A13.

<b>Descripción de operación</b>	<b>Elemento</b>
<b>Su función es cortar el material de la pieza en barra de duralón de acuerdo sus dimensiones estipuladas.</b>	Cierra circular 
<b>Torneado del material para dejarle en el volumen específico de la pieza.</b>	Torno T-CNC-201 
<b>Realiza el fresado de dientes helicoidales de la pieza.</b>	Fresa DP-FU-301 
<b>Fresado del chivetero interior de la pieza.</b>	Fresa DP-FU-306 





### 5.3.2 Producto A4

**Tabla 5.4.** Línea de producción para el producto A4.

Descripción de operación	Elemento
<p><b>Tornea el material (Acero bonificado), para dejarle en el volumen específico de la pieza.</b></p>	<p>Torno T-CNC-201</p> 
<p><b>Mecanizado de chaveteros externos de acuerdo a su dimensionamiento requerido.</b></p>	<p>Centro de mecanizados VDL-600A</p> 

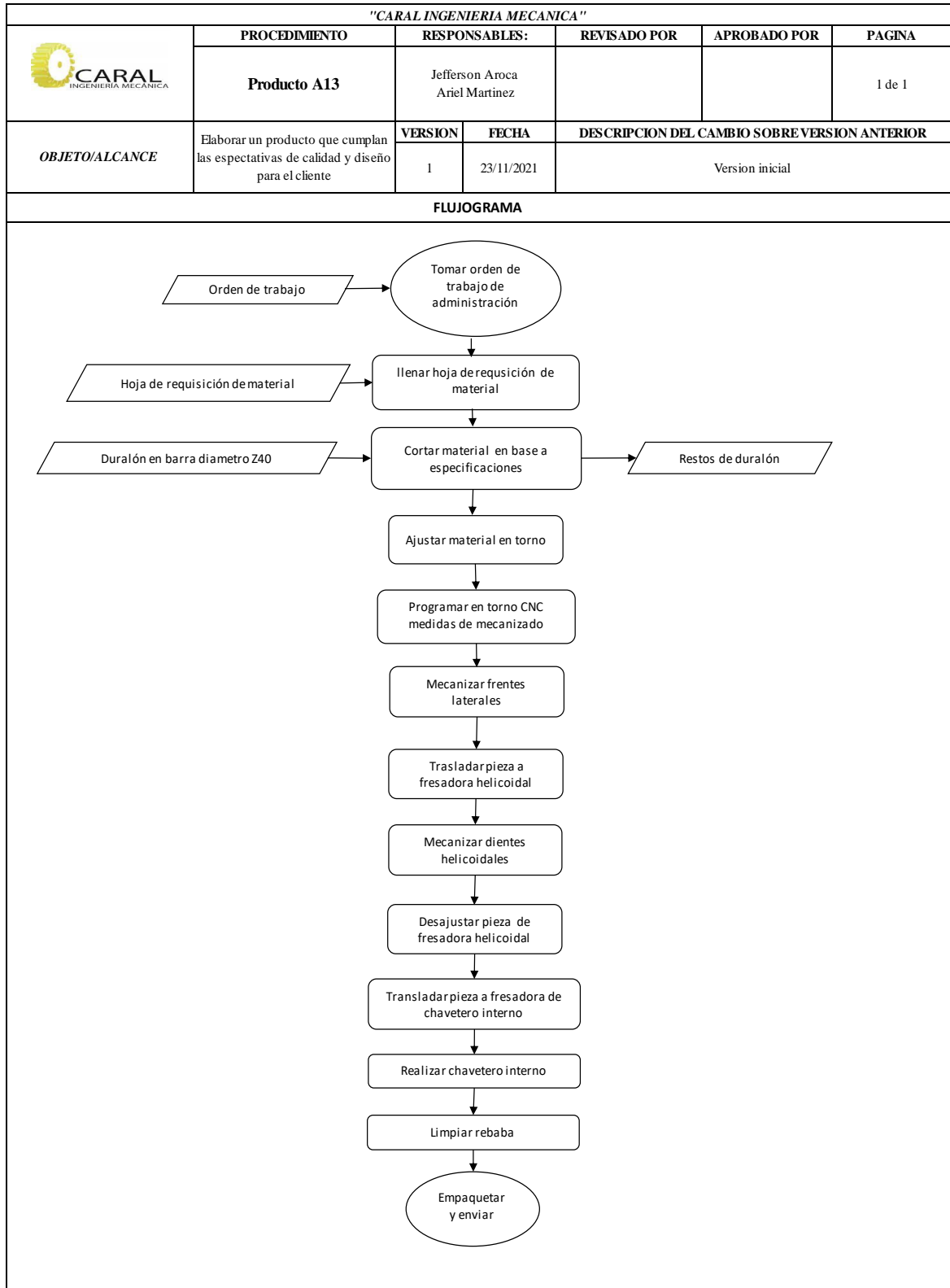
### 5.3.3 Producto A5

**Tabla 5.5.** Línea de producción para el producto A5.

Descripción de operación	Elemento
<p><b>Corta el material de la pieza de la plancha de duralón a las medidas requeridas.</b></p>	<p>Cierra circular</p> 
<p><b>Su función es mecanizar y reducirle el volumen y realiza los dientes a las medidas requeridas.</b></p>	<p>Centro de mecanizados VDL-1000</p> 

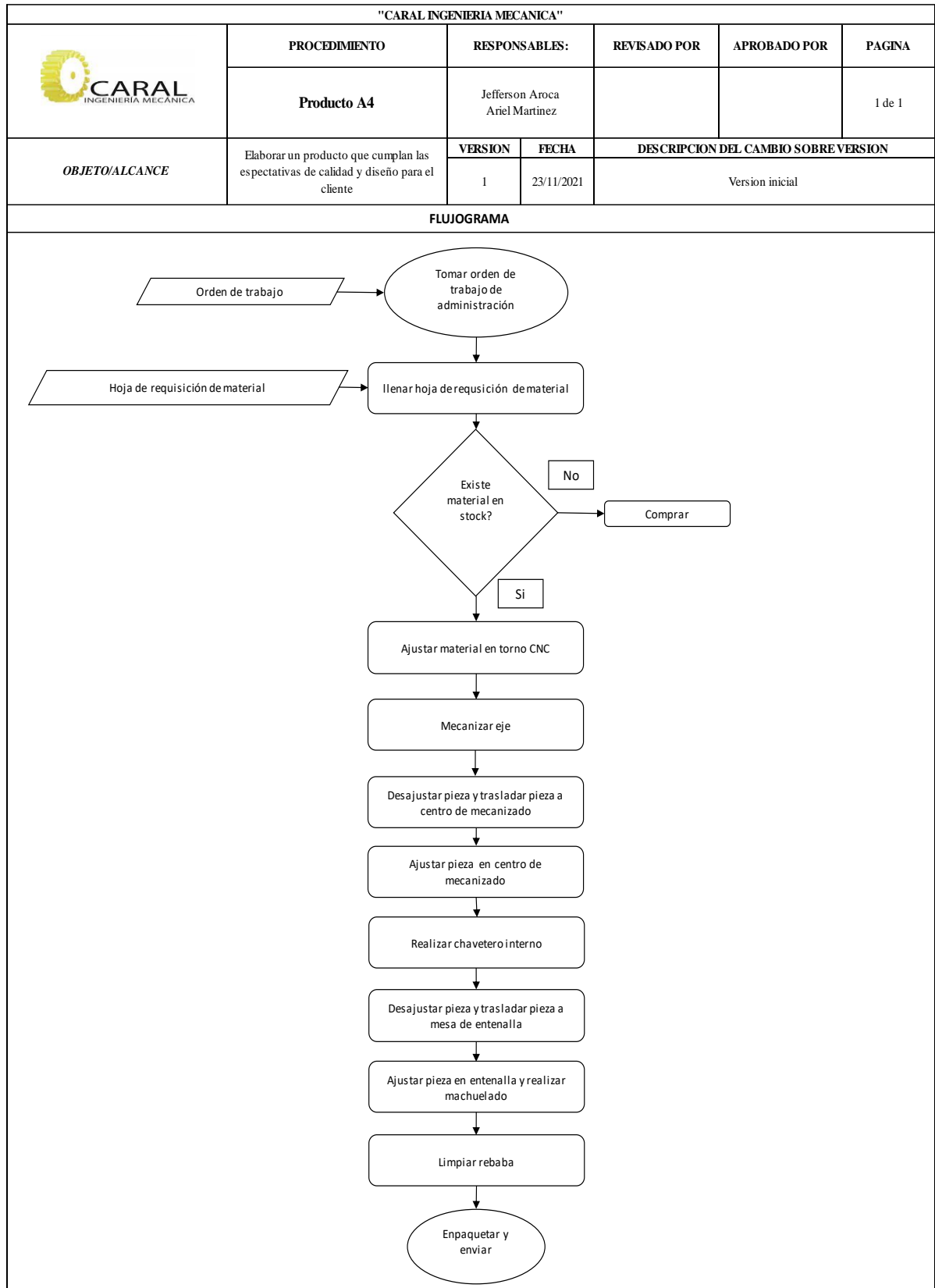
## 5.4 DIAGRAMAS DE FLUJO

### 5.4.1 Diagrama de Flujo Producto A13



**Figura 5.10.** Diagrama de flujo para la elaboración del producto A13.

### 5.4.2 Diagrama de Flujo Producto A4



**Figura 5.11.** Diagrama de flujo para la elaboración del producto A4.

### 5.4.3 Diagrama de Flujo Producto A5

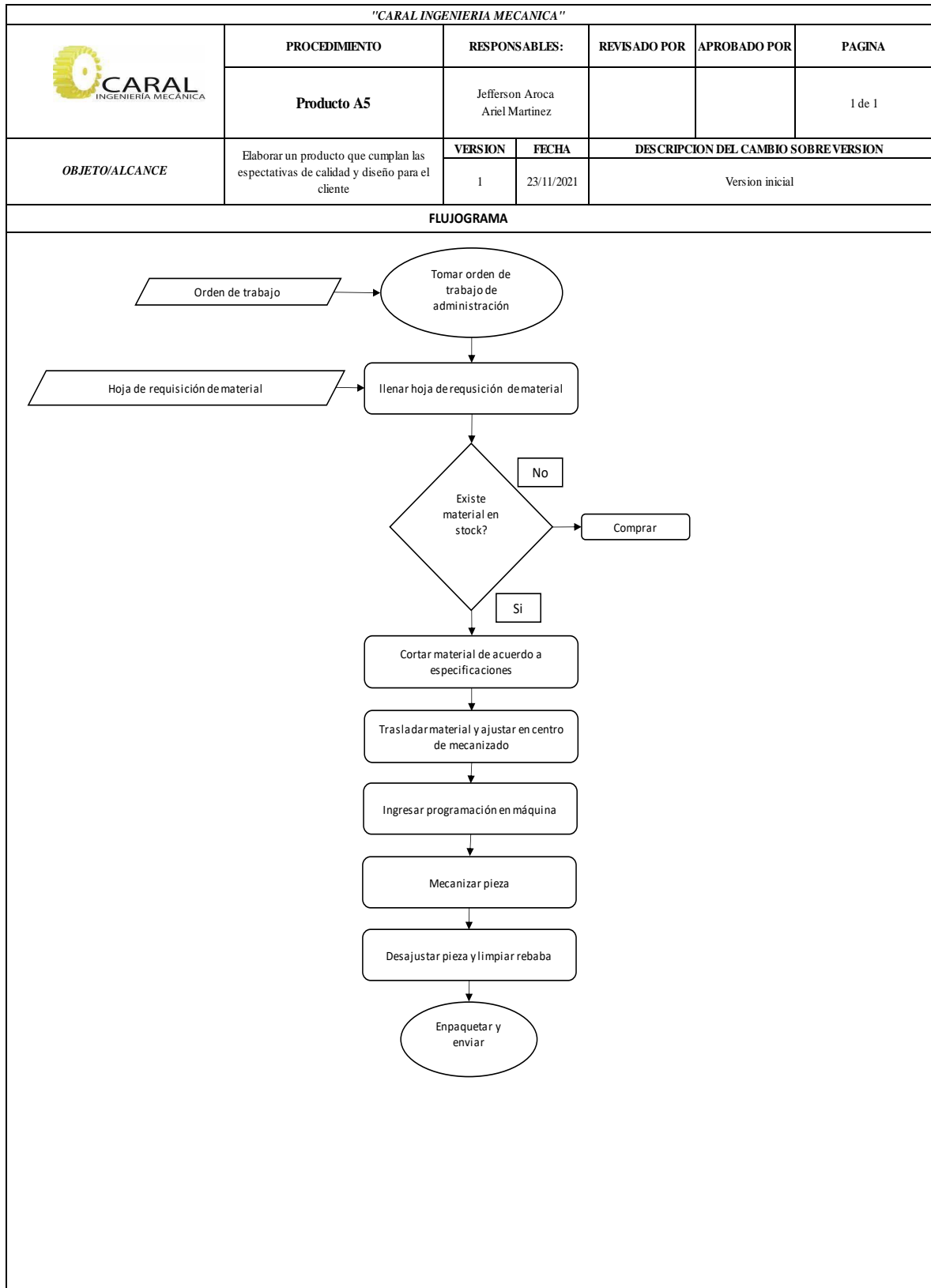


Figura 5.12. Diagrama de flujo para la elaboración del producto A5.

## **5.5 IDENTIFICACIÓN DE MUDAS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO**

### **5.5.1 Sobre Producción**

La empresa Caral Ingeniería Mecánica tiene un sistema de producción bajo pedido, es decir el cliente solicita la manufactura de una pieza y automáticamente se activa la línea de producción, por tal razón la empresa no procesa más de lo solicitado, dicho de este modo la organización no sobre produce ninguna clase de producto.

### **5.5.2 Análisis de los Transportes**

Para el análisis de este desperdicio, se describe todas las actividades que el operador realiza, mediante la herramienta cursograma analítico, a través de esta se identifica todos los transportes en cada línea de producción referente a la pieza, que se a su vez se complementa con la herramienta diagrama de recorrido.

#### **5.5.2.1 Cursograma analítico del proceso**

Para la identificación de estos desperdicios, se incurre en la herramienta cursograma analítico del proceso, esta herramienta permite encontrar oportunidades de mejora en el registro de las actividades. Por lo tanto, posibilita identificar transportes en el sistema productivo tradicional de la empresa.

A continuación, se presenta la toma de tiempos con su respectivo cursograma analítico, la toma de tiempos se efectuó para 5 observaciones y posterior a esto calcular el promedio de los tiempos que se realiza en cada actividad

### 5.5.2.1.1 Producto A13

Se procedió a la toma de tiempos con una muestra de 5 observaciones, en el cual se realizó un promedio para la obtención de los tiempos de cada actividad

**Tabla 5.6.** Toma de tiempos para la elaboración del producto A13

"CARAL INGENIERIA MECANICA"							
	Toma de tiempos en la ejecución de una unidad de producto	<b>RESPONSABLES:</b>		<b>INSTRUMENTO UTILIZADO</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>PAGINA</b>	
	<b>Producto A13</b>	Jefferson Aroca Ariel Martinez		Cronómetro		1 de 1	
<b>OBJETO/ALCANCE</b>	Tomar los tiempos que se emplea en cada actividad para la elaboración de un producto	<b>VERSION</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA VERSIÓN</b>			
		1	29/11/2021	Versión inicial			
<b>ACTIVIDADES</b>		<b>Toma de tiempos (segundos)</b>					
		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>Promedio</b>
1	Tomar orden de trabajo	5,00	5,02	6,03	5,70	5,42	5,43
2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	10,30	9,54	10,58	9,65	10,25	10,06
3	Llenar hoja de requisición de material	122,00	123,50	120,25	124,19	123,45	122,68
4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,00	2,31	2,35	1,98	2,09	2,15
5	Trasladar material a mesa de corte	32,82	30,20	31,96	35,13	32,05	32,43
6	Medir material a especificaciones solicitadas	15,10	13,77	12,24	13,40	12,93	13,49
7	Cortar material	10,00	8,21	7,16	8,36	9,63	8,67
8	Trasladar material a torno CNC	32,72	28,14	31,98	32,54	29,52	30,98
9	Ajustar material en máquina	20,73	23,50	25,32	26,12	24,47	24,03
10	Programar máquina a especificaciones solicitadas	40,23	34,58	37,87	35,82	41,14	37,93
11	Mecanizar pieza	900,00	875,00	901,16	896,13	898,33	894,12
12	Desajustar pieza	19,50	16,24	20,17	18,56	20,44	18,98
13	Inspeccionar	15,00	17,24	14,08	17,32	16,27	15,98
14	Trasladar pieza a fresadora helicoidal	4,34	4,22	3,65	4,02	5,07	4,26
15	Ajustar pieza en máquina	43,37	36,55	42,73	39,72	43,62	41,20
16	Mecanizar dientes helicoidales	630,00	631,23	632,43	629,32	630,40	630,68
17	Desajustar pieza de máquina	42,77	40,86	43,89	45,22	42,56	43,06
18	Inspeccionar	23,00	21,32	22,12	20,14	24,06	22,13
19	Trasladar pieza a fresadora de chavetero	2,97	5,06	4,56	3,54	6,35	4,50
20	Ajustar pieza en máquina	44,36	51,67	42,32	45,73	41,65	45,15
21	Mecanizar chavetero interno	600,00	589,00	598,23	601,25	597,10	597,12
22	Desajusta pieza	49,21	48,32	43,76	45,83	48,42	47,11
23	Inspeccionar	13,00	14,02	13,25	15,45	12,03	13,55
24	Trasladar pieza a mesa	9,85	10,30	10,11	9,85	14,25	10,87
25	Limpiar rebaba	120,00	118,50	119,13	125,12	124,12	121,37
26	Empacar y enviar	248,00	247,45	246,95	246,24	245,26	246,78

Con los promedios obtenidos de cada unidad, se procede a realizar el cursograma analítico del proceso para un lote de 10 unidades que es la demanda del cliente, además se subraya las oportunidades de mejora encontradas en el análisis.

**Tabla 5.7.** Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A13.


CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __1__		Operar. <input type="checkbox"/>		Mater. <input checked="" type="checkbox"/>		Maqui. <input type="checkbox"/>				
Proceso productivo		RESUMEN								
Fecha: 30/11/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia: Analisis completo		●	Operación	12						
Método: Actual: __X__ Propuesto: _____		→	Transporte	5						
Producto: A13		■	Inspección	3						
Nombre del operario: Multiple		◐	Espera	2						
Elaborado por: Aroca Jefferson-Martinez Ariel		▼	Almacenaje	0						
Total de Actividades realizadas				22						
Distancia total en metros				84						
Tiempo min/hombre				472						
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					●	→	■	◐	▼	
1	Trasladar material a mesa de corte		33,26	32,43						
2	Medir material a especificaciones solicitadas			134,88						
3	Cortar material			86,72						
4	Trasladar material a torno CNC		33,22	30,98						
5	Ajustar material en máquina			240,28						
6	Programar máquina a especificaciones solicitadas			379,28						
7	Mecanizar pieza			8941,24						
8	Desajustar pieza			189,82						
9	Inspeccionar			159,82						
10	Trasladar pieza a fresadora helicoidal		4,95	4,26						
11	Ajustar pieza en máquina			411,98						
12	Mecanizar dientes helicoidales			6306,76						
13	Desajustar pieza de máquina			430,60						
14	Inspeccionar			221,28						
15	Trasladar pieza a fresadora de chavetero		2,53	4,50						
16	Ajustar pieza en máquina			451,46						
17	Mecanizar chavetero interno			5971,16						
18	Desajusta pieza			471,08						
19	Inspeccionar			135,50						
20	Trasladar pieza a mesa		9,7	10,87						
21	Limpiar rebaba			1213,74						
22	Empacar y enviar			2467,80						
<b>Tiempo del Ciclo (min 471,61</b>		<b>m</b>	<b>83,66</b>	<b>28.296,4</b>	<b>s</b>					

Observaciones:

### 5.5.2.1.2 Producto A4

Se procedió a la toma de tiempos con una muestra de 5 observaciones, en el cual se realizó un promedio para la obtención de los tiempos de cada actividad











**Tabla 5.8.** Toma de tiempos para la elaboración del producto A4.

"CARAL INGENIERIA MECANICA"							
	Toma de tiempos en la ejecución de una unidad de producto	<b>RESPONSABLES:</b>		<b>INSTRUMENT O UTILIZADO</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>PAGINA</b>	
	<b>Producto A4</b>	Jefferson Aroca Ariel Martinez		Cronómetro		1 de 1	
<b>OBJETO/ALCANCE</b>	Tomar los tiempos que se emplea en cada actividad para la elaboración de un producto	<b>VERSION</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA VERSIÓN</b>			
		1	7/12/2021	Versión inicial			
<b>ACTIVIDADES</b>		<b>Toma de tiempos (segundos)</b>					
		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>Promedio</b>
1	Tomar orden de trabajo	5,01	4,36	4,21	5,93	6,13	5,13
2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	10,30	9,68	11,32	12,97	11,78	11,21
3	Llenar hoja de requisición de material	122,53	121,32	124,78	122,77	122,83	122,85
4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,21	1,97	2,56	1,93	2,73	2,28
5	Trasladar material comprado a torno CNC	4,82	5,03	4,97	5,23	5,17	5,04
6	Ajustar material en torno	23,45	21,58	25,23	23,77	26,74	24,15
7	Programar torno en base a especificaciones solicitadas	32,06	28,35	30,17	29,92	29,16	29,93
8	Mecaniza pieza	5400,23	5398,23	5399,47	5401,27	5397,07	5399,25
9	Desajustar pieza	19,77	17,42	20,72	22,65	20,49	20,21
10	Inspeccionar	10,07	10,03	11,24	10,89	9,63	10,37
11	Trasladar pieza a centro de mecanizado	5,87	5,12	4,93	5,78	4,09	5,16
12	Centrado de herramientas de mecanizado	1798,33	1802,33	1796,91	1801,33	1798,27	1799,43
13	Ajustar pieza en centro de mecanizado	84,20	77,24	73,84	80,24	75,67	78,24
14	Programar centro de mecanizado	42,81	38,33	37,13	40,20	40,69	39,83
15	Mecaniza pieza	1803,81	1799,13	1801,91	1799,16	1804,27	1801,66
16	Desajustar pieza	59,45	63,15	55,48	64,67	67,20	61,99
17	Inspeccionar	9,17	8,03	10,93	9,57	10,07	9,55
18	Trasladar pieza a mesa de trabajo	15,42	16,39	14,53	16,77	15,67	15,76
19	Ajustar pieza en tornillo de banco	21,76	22,52	23,65	21,73	25,41	23,01
20	Machuelar	1775,87	1800,17	1779,63	1812,37	1807,91	1795,19
21	Limpiar rebaba	120,83	121,33	115,23	124,77	117,95	120,02
22	Empacar y enviar	248,63	247,32	246,93	248,36	247,87	247,82



Con los promedios obtenidos de cada unidad, se procede a realizar el cursograma analítico del proceso para un lote de 10 unidades que es la demanda del cliente, además se subraya las oportunidades de mejora encontradas en el análisis.

**Tabla 5.9.** Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto


CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° <u>1</u> De: <u>1</u> Diagrama N°: <u>2</u>		Operar. <input type="checkbox"/>		Mater. <input checked="" type="checkbox"/>		Maqui. <input type="checkbox"/>				
Proceso productivo		RESUMEN								
Fecha: 8/12/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia: Analisis completo			Operación	9						
Método: Actual: <u>X</u> Propuesto: <u>    </u>			Transporte	3						
Producto: A4			Inspección	2						
Nombre del operario: Multiple			Espera	4						
Elaborado por: Aroca Jefferson-Martinez Ariel			Almacenaje	0						
		Total de Actividades realizadas		18						
		Distancia total en metros		27						
		Tiempo (minutos)		1.641						
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Trasladar material comprado a torno CNC		4,73	5,04						
2	Ajustar material en torno			241,54						
3	Programar torno en base a especificaciones solicitadas			299,32						
4	Mecaniza pieza			5392,54						
5	Desajustar pieza			202,10						
6	Inspeccionar			103,72						
7	Trasladar pieza a centro de mecanizado		6,20	5,16						
8	Centrado de herramientas de mecanizado			1799,43						
9	Ajustar pieza en centro de mecanizado			782,38						
10	Programar centro de mecanizado			398,32						
11	Mecaniza pieza			18016,56						
12	Desajustar pieza			619,90						
13	Inspeccionar			95,54						
14	Trasladar pieza a mesa de trabajo		16,42	15,76						
15	Ajustar pieza en tornillo de banco			230,14						
16	Machuelar			17951,90						
17	Limpiar rebaba			1200,22						
18	Empacar y enviar			2478,22						
19										
Tiempo Minutos <b>1640,63</b>		m	<b>27,35</b>	<b>98.437,8</b> s						

Observaciones:

### 5.5.2.1.3 Producto A5

Se procedió a la toma de tiempos con una muestra de 5 observaciones, en el cual se realizó un promedio para la obtención de los tiempos de cada actividad

**Tabla 5.10.** Toma de tiempos para la elaboración del producto A5.

<b>"CARAL INGENIERIA MECANICA"</b>							
	Toma de tiempos en la ejecución de una unidad de producto	<b>RESPONSABLES:</b>		<b>INSTRUMENT O UTILIZADO</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>PAGINA</b>	
	<b>Producto A5</b>	Jefferson Aroca Ariel Martinez		Cronómetro		1 de 1	
<b>OBJETO/ALCANCE</b>	Tomar los tiempos que se emplea en cada actividad para la elaboración de un producto	<b>VERSION</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA VERSIÓN</b>			
		1	22/12/2021	Versión inicial			
<b>ACTIVIDADES</b>		<b>Toma de tiempos (segundos)</b>					
		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>Promedio</b>
1	Tomar orden de trabajo	4,79	5,03	4,98	5,04	6,12	5,19
2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	10,45	10,02	10,79	11,80	10,17	10,65
3	Llenar hoja de requisición de material	121,99	122,07	121,78	123,01	122,19	122,21
4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,03	1,98	2,10	2,97	2,07	2,23
5	Trasladarse a mesa de corte	32,82	31,98	32,97	31,07	32,77	32,32
6	Medir material a especificaciones solicitadas	15,10	13,77	12,24	13,40	12,93	13,49
7	Cortar material	13,21	8,49	9,61	8,73	10,36	10,08
8	Trasladar material a centro de mecanizado	32,98	31,78	31,74	32,98	29,78	31,85
9	Centrado de herramientas de mecanizado	1602,00	1599,24	1601,78	1602,04	1599,89	1600,99
10	Ajustar material en centro de mecanizado	64,20	77,24	73,84	80,24	75,67	74,24
11	Programar máquina a especificaciones solicitadas	33,29	35,73	40,02	37,53	34,79	36,27
12	Mecaniza	4500,78	4501,74	4498,12	4503,17	4499,89	4500,74
13	Desajustar pieza	65,29	62,15	68,53	64,67	66,32	65,39
14	Inspeccionar	9,10	9,17	8,99	9,85	9,43	9,31
15	Trasladarse a mesa de diseño	2,81	1,89	2,03	2,45	1,73	2,18
16	Limpiar rebaba	124,25	213,23	120,89	121,57	120,76	140,14
17	Empacar y enviar	179,89	180,01	181,74	179,76	181,05	180,49

Con los promedios obtenidos de cada unidad, se procede a realizar el cursograma analítico del proceso para un lote de 10 unidades que es la demanda del cliente, además se subraya las oportunidades de mejora encontradas en el análisis.

**Tabla 5.11.** Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A5.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __3__		Operar.	Mater.	<input checked="" type="checkbox"/>	Maqui.					
Proceso productivo		RESUMEN								
Fecha: 23/12/2021		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.				
El estudio Inicia: Analisis completo		●	Operación	6						
Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: _____		→	Transporte	3						
Producto: A5		■	Inspección	1						
Nombre del operario: Multiple		◐	Espera	3						
Elaborado por: Aroca Jefferson-Martinez Ariel		▼	Almacenaje	0						
Total de Actividades realizadas				13						
Distancia total en metros				47						
Tiempo (minutos)				866						
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					●	→	■	◐	▼	
1	Trasladarse a mesa de corte		11,87	32,32						
2	Medir material a especificaciones solicitadas			134,88						
3	Cortar material			100,80						
4	Trasladar material a centro de mecanizado		33,26	31,85						
5	Centrado de herramientas de mecanizado			1600,99						
6	Ajustar material en centro de mecanizado			742,38						
7	Programar máquina a especificaciones solicitadas			362,72						
8	Mecaniza			45007,40						
9	Desajustar pieza			653,92						
10	Inspeccionar			93,08						
11	Trasladarse a mesa de diseño		1,50	2,18						
12	Limpiar rebaba			1401,40						
13	Empacar y enviar			1804,90						
Tiempo Minutos: <b>866,15</b>		m	<b>46,63</b>	<b>51.968,8</b>	s					

Observaciones:



### 5.5.2.3 Análisis de los datos obtenidos

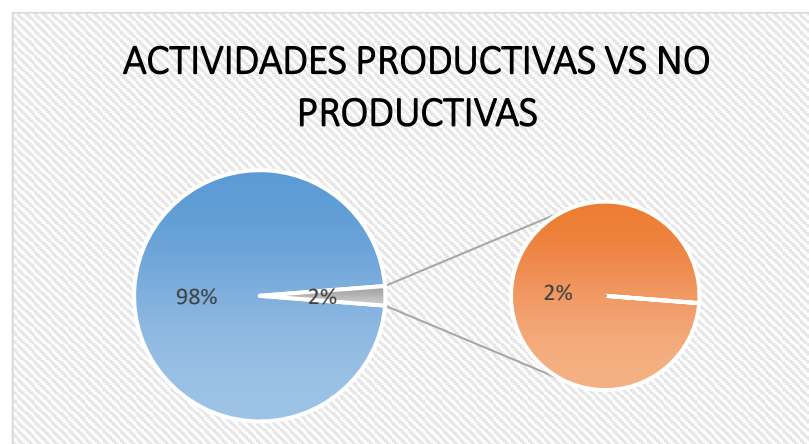
#### 5.5.2.3.1 Producto A13

En la siguiente tabla se muestra un resumen del cursograma analítico del proceso A13, en la cual se presenta los tiempos totales tanto de operaciones, trasportes, inspecciones, esperas y almacenaje en la elaboración de un lote de 10 unidades de producto. De igual manera se obtiene el tiempo total de las actividades improductivas objeto de estudio, que son las esperas y trasportes innecesarios, dando como resultado un tiempo de 619,56 segundos en esperas y 83,04 segundos en transporte. Además, se calculó el tiempo de ciclo que es la suma del tiempo de todas las actividades que ejecuta el operario y muestra como resultado 28296,44 segundos/10 unidades.

**Tabla 5.12.** Resumen de los datos obtenidos en la Tabla 5.7.

Producto A13				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Total de tiempo Actividades productivas (seg)	Total de tiempo Actividades improductivas (seg)
●	Operación	12	27077,24	
→	Transporte	4		83,04
■	Inspección	3	516,60	
●	Espera	2		619,56
▼	Almacenaje	0		
Total de tiempo (segundos)			<b>27593,84</b>	<b>702,60</b>
Total de Actividades realizadas		<b>21</b>		
Distancia total en metros		<b>83,66</b>		
Total tiempo ciclo (segundos)		<b>28.296,44</b>		
Tiempo ciclo (minutos)		<b>471,61</b>		

A continuación, se presenta el porcentaje de actividades productivas ante las actividades no productivas identificadas en la anterior tabla:



**Figura 5.14.** Representación de las en porcentaje actividades, productivas vs no productivas.

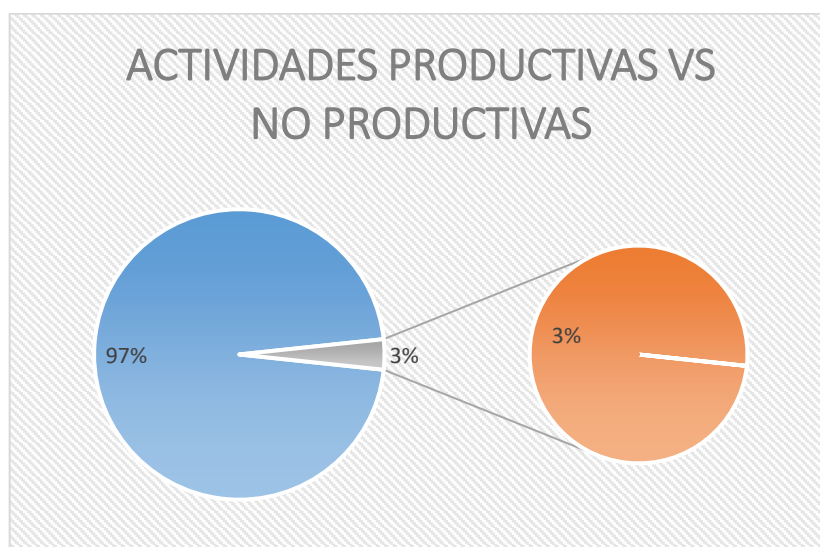
### 5.5.2.3.2 Producto A4

En la siguiente tabla se muestra un resumen del cursograma analítico del proceso A4, en la cual se presenta los tiempos totales tanto de operaciones, trasportes, inspecciones, esperas y almacenaje en la elaboración de un lote de 10 unidades de producto. De igual manera se obtiene el tiempo total de las actividades improductivas, objeto de estudio que son las esperas y trasportes innecesarios, dando como resultado un tiempo de 3279,45 segundos en esperas y 25,96 minutos en transporte. Además, se calculó el tiempo de ciclo que es la suma del tiempo de todas las actividades que ejecuta el operario y muestra como resultado 98437,79 segundos/10 unidades

**Tabla 5.13.** Resumen de los datos obtenidos en la Tabla 5.9.

Producto A4				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Total de tiempo Actividades productivas (seg)	Total de tiempo Actividades improductivas (seg)
●	Operación	9	94933,12	
→	Transporte	3		25,96
■	Inspección	2	199,26	
■	Espera	4		3279,45
▼	Almacenaje	0		
Total de tiempo (segundos)			<b>95132,38</b>	<b>3305,41</b>
Total de Actividades realizadas		<b>18</b>		
Distancia total en metros		<b>27,35</b>		
Total tiempo ciclo (segundos)		<b>98.437,79</b>		
Tiempo ciclo (minutos)		<b>1.640,63</b>		

A continuación, se presenta el porcentaje de actividades productivas ante las actividades no productivas identificadas en la anterior tabla:



**Figura 5.15.** Representación de las en porcentaje actividades, productivas vs no productivas.

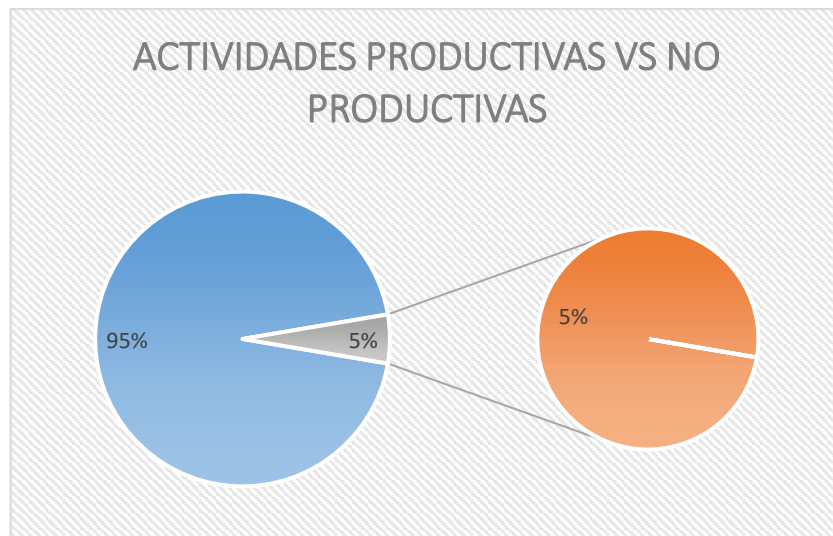
### 5.5.2.3.3 Producto A5

En la siguiente tabla se muestra un resumen del cursograma analítico del proceso A5, en la cual se presenta los tiempos totales tanto de operaciones, trasportes, inspecciones, esperas y almacenaje en la elaboración de un lote de 10 unidades de producto. De igual manera se obtiene el tiempo total de las actividades improductivas objeto de estudio, que son las esperas y trasportes innecesarios, dando como resultado un tiempo de 2706,09 segundos en esperas y 66,36 segundos en transporte. Además, se calculó el tiempo de ciclo que es la suma del tiempo de todas las actividades que ejecuta el operario y muestra como resultado 51968,83 segundos/10 unidades.

**Tabla 5.14.** Resumen de los datos obtenidos en la Tabla 5.11.

Producto A5				
SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Total de tiempo Actividades productivas (seg)	Total de tiempo Actividades improductivas (seg)
●	Operación	6	49103,30	
→	Transporte	3		66,36
■	Inspección	1	93,08	
D	Espera	3		2706,09
▼	Almacenaje	0		
Total de tiempo (segundos)			<b>49196,38</b>	<b>2772,45</b>
Total de Actividades realizadas		<b>13</b>		
Distancia total en metros		<b>46,63</b>		
Total tiempo ciclo (segundos)		<b>51.968,83</b>		
Tiempo ciclo (minutos)		<b>866,15</b>		

A continuación, se presenta el porcentaje de actividades productivas ante las actividades no productivas identificadas en la anterior tabla:



**Figura 5.16.** Representación de las en porcentaje actividades, productivas vs no productivas.

#### 5.5.2.4 Oportunidades de mejora transportes

En la siguiente tabla se muestra el total de tiempo empleado en transportes y esperas con respecto al producto, además de la distancia en metros por cada línea de producción mismas que son consideradas como tiempo desperdiciado o mudas.

**Tabla 5.15.** Tiempos desperdiciados en cada producto.

OPORTUNIDADES DE MEJORA				
PRODUCTOS	TRANSPORTES		ESPERAS	TOTAL, DE TIEMPO
	Tiempo (Segundos)	Distancia (metros)	Tiempo (Segundos)	DESPERDICADO (Segundos)
A13	83,04	83,66	619,16	702,6
A4	25,96	27,35	3279,45	3305,41
A5	66,36	46,63	2706,09	2772,45

#### 5.5.3 Análisis de las Esperas

##### 5.5.3.1 Diagrama hombre - máquina

Para la identificación de la muda de espera del operario y máquina del producto A13, se incurre en la herramienta del diagrama hombre - máquina, esta herramienta permite encontrar oportunidades de mejora en el registro de las actividades del hombre y la máquina para la realización del producto a estudiarse.

##### 5.5.3.1.1 Diagrama hombre – máquina para el producto A13:

Se pudo encontrar con esta herramienta los procesos en los cuales está presente el producto A13, en el que para la elaboración del mismo se identificó 6 procesos los cuales se los denominó como: proceso de requisición, proceso de corte, proceso de torneado, proceso de fresado (helicoidal), proceso de fresado (chaveteros) y proceso de acabados.

En el proceso de requisición y proceso de acabados, el operario no ejerce interacción con ninguna máquina, por lo cual, no se ha tomado en cuenta en este desperdicio; esto con el fin de identificar esperas del trabajador con respecto a la máquina y viceversa en cada proceso.

Se efectuó este procedimiento de acuerdo al lote de 10 piezas de producto obtenido, dando como resultado los siguientes datos, además se subraya en color amarillo las oportunidades de mejora identificados



- **Proceso de Corte:**

**Tabla 5.16.** Hombre – Máquina, proceso de corte.

	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Sierra Circular	TIEMPO (segundos)	
PROCESO DE CORTE	5	Trasladarse a mesa de corte	32,43	Nada	167,31	
	6	Medir material a especificaciones solicitadas	134,88			
	7	Cortar material	86,72	<b>OPERANDO</b>	86,72	
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE			<b>254,03</b>		254,03
	UTULIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>100,00%</b>	U. MÁQUINA	<b>34,14%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>0</b>	T. I. MÁQUINA	<b>167,31</b>

- **Proceso de torneado**

**Tabla 5.17.** Hombre – Máquina, proceso de torneado.

	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Torno T-CNC-201	TIEMPO (segundos)	
PROCESO DE TORNEADO	8	Trasladar material a torno T-CNC-201	30,98	Nada	650,54	
	9	Ajustar material en maquina	240,28			
	10	Programar máquina a especificaciones solicitadas	379,3			
	11	<b>Mecaniza pieza cortada, frentes laterales</b>	<b>6723,24</b>	OPERANDO	8941,24	
	12	Limpia pieza en torno	2218,00			
	13	Desajustar pieza	189,82	Nada	349,64	
	14	Inspecciona la pieza	159,82			
	TIEMPO DEL CICLO DE TORNEADO			9941,42		9941,42
	UTULIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>32,37%</b>	U. MÁQUINA	<b>89,94%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>6723,24</b>	T. I. MÁQUINA	<b>1000,18</b>

- **Proceso de fresado (Helicoidal):**

**Tabla 5.18.** Hombre – Máquina, proceso de fresado helicoidal.

	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Fresa DP-FU-301	TIEMPO (segundos)	
PROCESO DE FRESADO (HELICOIDAL)	15	Trasladar pieza a Fresa DP-FU-301, realiza fresado elicoidal	4,26	Nada	416,24	
	16	Ajustar pieza en maquina	411,98			
	17	Mecanizar dientes helicoidales	6306,76	PROCESANDO	6306,76	
	18	Desajustar pieza de maquina	430,60	Nada	651,88	
	19	Inspecciona la pieza	221,28			
	TIEMPO DEL CICLO DE FRESADO			<b>7374,88</b>		7374,88
	UTULIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>100,00%</b>	U. MÁQUINA	<b>85,52%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>0,00</b>	T. I. MÁQUINA	<b>1068,12</b>

- **Proceso de fresado (chaveteros):**

**Tabla 5.19.** Hombre – Máquina, proceso de fresados chaveteros.

PROCESO FRESADO DE (CHAVETEROS)	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Fresa DP-FU-306	TIEMPO (segundos)
	20	Trasladar pieza a fresadora DP-FU-306, para hacer chavetero	4,50	Nada	455,96
21	Ajustar pieza en maquina	451,46			
22	Mecaniza chavetero interno	5971,16	PROCESANDO	5971,16	
23	Desajustar pieza de maquina	471,08			
24	Inspecciona la pieza	135,50	Nada	606,58	
TIEMPO DEL CICLO DE FRESADO			<b>7033,70</b>		<b>7033,70</b>
UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>100,00%</b>	U. MÁQUINA	<b>84,89%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>0,00</b>	T. I. MÁQUINA	<b>1062,54</b>

### 5.5.3.1.2 Diagrama hombre – máquina para el producto A4:

De la misma manera como en el producto A13 se procede a identificar los procesos en los cuales está presente el producto A4, del mismo modo se identificó 4 procesos los cuales se los denominó como: proceso de requisición, proceso de torneado, proceso de mecanizado y proceso de machuelados, acabados y envío.

En el proceso de requisición y proceso de machuelados, acabados y envío, el operario no ejerce interacción con máquina alguna, por lo cual, no se ha tomado en cuenta en esta etapa; el fin de dividir los procesos tiene como finalidad identificar esperas del trabajador con respecto a las máquinas y viceversa en cada proceso.

Se efectuó este procedimiento de acuerdo al lote de 10 piezas de producto obtenido, dando como resultado los siguientes datos, además se subraya en color amarillo las oportunidades de mejora identificados

- **Proceso de torneado:**

**Tabla 5.20.** Hombre – Máquina, proceso de torneado.

PROCESO DE TORNEADO	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Torno T-CNC-201	TIEMPO (segundos)
	5	Trasladar material comprado a torno CNC	5,04		
6	Ajustar material en torno	241,54	Nada	545,90	
7	Programar torno en base a especificaciones solicitadas	299,32			
8	Mecaniza pieza	45066,34	OPERANDO	53992,54	
9	Limpia pieza en torno	8926,20			
10	Desajustar pieza	202,10	Nada	305,82	
11	Inspeccionar	103,72			
TIEMPO DEL CICLO DE TORNEADO			<b>54844,26</b>		54844,26
UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>17,83%</b>	U. MÁQUINA	<b>98,45%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>45066,34</b>	T. I. MÁQUINA	<b>851,72</b>

- **Proceso de mecanizado:**

**Tabla 5.21.** Hombre – Máquina, proceso de mecanizado.

PROCESO DE MECANIZADO	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Centro de Mecanizados VDL-600A	TIEMPO (segundos)
		12	Trasladar pieza a centro de mecanizado	5,16	Nada
	13	Centrado de herramientas de mecanizado	1799,43		
	14	Ajustar pieza en centro de mecanizado	782,38		
	15	Programar centro de mecanizado	398,32		
	16	Mecaniza pieza	14531,16	PROCESANDO	18016,56
	17	Sopletea pieza en máquina	3485,40	Nada	715,44
	18	Desajustar pieza	619,90		
	19	Inspeccionar	95,54		
	TIEMPO DEL CICLO DE MECANIZADO		<b>21717,29</b>		21717,29
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>33,09%</b>	U. MÁQUINA	<b>82,96%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>14531,16</b>	T. I. MÁQUINA	<b>3700,73</b>

### 5.5.3.1.3 Diagrama hombre – máquina para el producto A5:

De la misma manera como en el producto A13 y A4, se procede a identificar los procesos en los cuales está presente el producto A5, en el que para la elaboración del mismo se identificó 4 procesos los cuales se los denominó como: proceso de requisición, proceso de corte, proceso de mecanizado y proceso de terminados y envío.

En el proceso de requisición y proceso de terminados y envío, el operario no ejerce interacción con máquina alguna, por lo cual, no se ha tomado en cuenta en esta etapa; el fin de dividir los procesos es para identificar esperas del trabajador con las máquinas y viceversa en cada proceso.

Se efectuó este procedimiento de acuerdo al lote de 10 piezas de producto obtenido, dando como resultado los siguientes datos, además se subraya en color amarillo las oportunidades de mejora identificados

- **Proceso de corte**

**Tabla 5.22.** Hombre – Máquina, proceso de corte.

PROCESO DE CORTE	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	CIERRA CIRCULAR	TIEMPO (segundos)
		5	Trasladarse a mesa de corte	32,32	Nada
	6	Medir material a especificaciones solicitadas	134,88		
	7	Cortar material	100,80	<b>OPERANDO</b>	100,80
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE		<b>268,00</b>		268,00
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100,00%</b>	U. MÁQUINA	<b>37,61%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0</b>	T. I. MÁQUINA	<b>167,20</b>

- **Proceso de mecanizado**

**Tabla 5.23.** Hombre – Máquina, proceso de mecanizado.

	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Centro de Mecanizados VDL-1000	TIEMPO (segundos)	
PROCESO DE MECANIZADO	8	Trasladar pieza a centro de mecanizado	31,85	Nada	2737,94	
	9	Centrado de herramientas de mecanizado	1600,99			
	10	Ajustar pieza en centro de mecanizado	742,38			
	11	Programar centro de mecanizado	362,72			
	12	Mecaniza pieza	41714,60	PROCESANDO	45007,40	
	13	Sopletea pieza en máquina	3292,80			
	14	Desajustar pieza	653,92	Nada		747,00
	15	Inspeccionar	93,08			
	TIEMPO DEL CICLO DE MECANIZADO			<b>48492,34</b>		48492,34
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>13,98%</b>	U. MÁQUINA	<b>92,81%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>41714,60</b>	T. I. MÁQUINA	<b>3484,94</b>	

### 5.5.3.2 Análisis de los resultados

Para la elaboración del producto A13, A4 y A5 se determinó el porcentaje de utilización total correspondiente al lote de 10 piezas fabricadas dando como resultado las siguientes tablas:

**Tabla 5.24.** Análisis de resultados, producto A13.

<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ACTUAL</b>		
<b>PRODUCTO A13</b>		
Proceso	Utilización Hombre	Utilización Máquina
Requisición	100,00%	
Corte	100,00%	34,14%
Torneado	32,37%	89,94%
Fresado helicoidal	100,00%	85,52%
Fresado chaveteros	100,00%	84,89%
Terminados y enviado	100,00%	
<b>UTILIZACIÓN TOTAL</b>	<b>88,73%</b>	<b>73,62%</b>

En esta tabla se puede observar los 6 procesos encontrados para este producto, en el cual detalla la utilización total del trabajador de 88,73%, mientras que el de las máquinas es de 73,62%. Se encontró que, en el torneado, existe una espera muy elevada por parte del trabajador mientras el torno está trabajando.

**Tabla 5.25.** Análisis de resultados, producto A4.

<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>		
<b>PRODUCTO A4</b>		
Proceso	Utilización Hombre	Utilización Máquina
Requisición	100,00%	
Torneado	17,83%	98,45%
Mecanizado	33,09%	82,96%
Machuelado, acabados y envío	100,00%	
<b>UTILIZACIÓN TOTAL</b>	<b>62,73%</b>	<b>90,70%</b>

En esta tabla se puede observar los 4 procesos encontrados para este producto, en el cual detalla la utilización total del trabajador de 62,73%, mientras que el de las máquinas es de 91%.

Se encontró que, en el torneado, existe una espera muy elevada por parte del trabajador mientras el torno está trabajando, de igual manera en el proceso de mecanizado existe una espera muy elevada del centrado de herramientas y existe en el mismo proceso una espera elevada por parte del trabajador cuando esta máquina trabaja.

**Tabla 5.26.** Análisis de resultados, producto A15.

<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>		
<b>PRODUCTO A5</b>		
Proceso	Utilización Hombre	Utilización Máquina
Requisición	100,00%	
Corte	100,00%	37,61%
Mecanizado	13,98%	92,81%
Terminados y envío	100,00%	
<b>UTILIZACIÓN TOTAL</b>	<b>78,49%</b>	<b>65,21%</b>

En esta tabla se puede observar los 4 procesos encontrados para este producto, en el cual detalla la utilización total del trabajador de 78,49%, mientras que el de las máquinas es de 65%.

Se encontró que igual manera en el proceso de mecanizado existe una espera muy elevada del centrado de herramientas y existe en el mismo proceso una espera elevada por parte del trabajador cuando esta máquina trabaja.

### **5.5.3.3 Oportunidades de mejoras esperas**

En la siguiente tabla se muestra el total del tiempo empleado en esperas con respecto al hombre y máquina en la elaboración de los productos, estos tiempos son considerados como mudas y se las refleja en la siguiente tabla.

**Tabla 5.27.** Oportunidades de mejora en la muda de espera en cada producto.

PRODUCTO	OPORTUNIDADES DE MEJORA ESPERAS			
	OPERARIO		MAQUINA	
	DESCRIPCION DEL DESPERDICIO	TIEMPO EN SEGUNDOS	DESCRIPCION DEL DESPERDICIO	TIEMPO EN SEGUNDOS
A13	Espera mientras el torno T-CNC-201 esta trabajando	6723,24		
A4	Espera mientras el torno T-CNC-201 esta trabajando	45066,34		
	Espera mientras el centro de mecanizados VDL-600A esta trabajando	14531,16	Espera mientras el trabajador centra las herramientas	1799,43
A5	Espera mientras el centro de mecanizados VDL-1000 esta trabajando	41714,6	Espera mientras el trabajador centra las herramientas	1600,99

### 5.5.4 Análisis de la Eficiencia Mediante el Cálculo del OEE

Para obtener el indicador de eficiencia global de los equipos, se procede determinar la disponibilidad, el rendimiento y calidad de los productos analizados.

#### 5.5.4.1 Disponibilidad

La disponibilidad calcula el porcentaje de utilización de la capacidad real, con respecto a la capacidad efectiva y se ve afectada directamente por los paros no planeados en la planta.

**Tabla 5.28.** Cálculo del OEE, disponibilidad.

DISPONIBILIDAD DE MAQUINAS EN LA LINEA											
INFORMACIÓN		PAROS PLANEADOS (Tiempo en Minutos)				PAROS NO PLANEADOS (Tiempo en Minutos)			INDICADORES KPIS		
FECHA DE OBSERVACIÓN	(MINUTOS) DE TRABAJO TEÓRICO	PAUSAS ACTIVAS	REFRIGERIO	LIMPIEZA EN MAQUINA	TOTAL PLANEADOS	RETRASO DE USO DE MAQUINA POR EL TRABAJADOR	PARO POR REUNION DE NUEVOS DISEÑOS DE PIEZAS	TOTAL NO PLANEADOS	TIEMPO PRODUCTIVO (Min)	TIEMPO DISPONIBLE (Min)	DISPONIBILIDAD
23/11/2021	480,00	10	15	6	31	20	29	49	400,00	449,00	89%
24/11/2021	480,00	10	16	4	30	21		21	429,00	450,00	95%
25/11/2021	480,00	11	18	3,5	32,5	22		22	425,50	447,50	95%
26/11/2021	480,00	12	14	4	30	20	18	38	412,00	450,00	92%
29/11/2021	480,00	10	15	4,5	29,5	21	23	44	406,50	450,50	90%
									414,60		92%

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\sum D1 + D2 + D3 + D4 + D5}{\text{Días observados}} \quad (5.1)$$

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\sum 89 + 95 + 95 + 92 + 90}{5}$$

$$DISPONIBILIDAD = 92,26\%$$

### 5.5.4.2 Rendimiento

Para hacer el cálculo del rendimiento correctamente, se utiliza como unidad de medida el tiempo, en lugar de las piezas producidas y esperadas. Para ello, basta con dividir el tiempo productivo entre la suma de los tiempos resultantes, de producir cada unidad de producto. Cabe recalcar que “Caral ingeniería mecánica” ofrece la entrega de cada lote de 10 unidades en un tiempo de 5 días laborables entre los tres productos, por lo cual será el tiempo disponible para cumplir la demanda.

**Tabla 5.29.** Cálculo del OEE, rendimiento.

TIEMPO DE CICLO PRODUCTOS (MINUTOS) PARA 10 UNIDADES		
A13	A4	A5
471,61	1640,63	866,15

$$RENDIMIENTO = \frac{TIEMPO PRODUCTIVO DISPONIBLE}{TC1 + TC2 + TC3} \quad (5.2)$$

$$RENDIMIENTO = \frac{2073 \text{ minutos}}{2978,38 \text{ minutos}}$$

$$RENDIMIENTO = 69,60\%$$

### 5.5.4.3 Calidad

De igual manera para calcular la calidad, se determina el número de piezas que salen defectuosas por cada producto y se multiplica por el tiempo de ciclo de cada unidad ya que el cálculo correcto se efectúa en unidades de tiempo y no en el número de piezas ya que son productos diferentes.

**Tabla 5.29.** Cálculo del OEE, calidad.

	PRODUCTOS DEFECTUOSOS		
	A13	A4	A5
	2	1	0
TC/UNIDAD MINUTOS	47,16	164,06	
TIEMPO DEFECTOS MINUTOS	94,32	164,06	
TOTAL TIEMPO DEFECTOS MINUTOS		258,38	
TIEMPO TOTAL TRABAJADO MINUTOS		2978,38	



$$CALIDAD = \frac{TIEMPO\ TRABAJADO - TIEMPO\ DEFECTOS}{TIEMPO\ TRABAJADO} \quad (5.3)$$

$$CALIDAD = \frac{2978,38 - 258,38}{2978,38}$$

$$CALIDAD = 91,33\%$$

Finalmente se calcula la eficiencia global de los equipos OEE

$$OEE = DISPONIBILIDAD * RENDIMIENTO * CALIDAD \quad (5.4)$$

$$OEE = 92,26 * 69,60 * 91,32$$

$$OEE = 58,64\%$$

Para interpretar los valores estándar referentes al OEE se toma como referencia lo siguiente:

- 100%: Producción perfecta.
- $\geq 85\%$ : Objetivo adecuado a largo plazo.
- $\geq 60\%$ : Indica que existe un margen sustancial de mejora.
- $\geq 40\%$ : Puntuación baja fácilmente mejorable.

De acuerdo al indicador OEE y los rangos de aceptabilidad el 58.64%, se encuentra en puntuación baja fácilmente mejorable.

## 5.6 PROPUESTAS DE MEJORA

### 5.6.1 Transportes

Cómo se ha identificado en los cursogramas analíticos de los respectivos productos, se propone reducir la distancia que recorre la pieza dentro de la planta, mediante una distribución de la maquinaria abarcando los siguientes puntos y consideraciones por la alta gerencia de la empresa.

- Agrupar las máquinas de iguales características en células de trabajo, de tal manera que se ubiquen en una misma área.
- Las 2 inyectoras inactivas salgan del área de pulido y las pongan cerca de la puerta para optimizar ese espacio y realizar netamente el proceso de acabado y pulido

- Los cuartos de casilleros deben ubicarse cerca de la puerta de acceso al área de producción para optimizar el tiempo en la entrada a vestirse de los operarios
- El espacio optimizado del área de casilleros la utilicen netamente para el lavado de las piezas ya que, las lavan en el servicio higiénico
- Una mejora sustancial en la empresa será el abrir una puerta cerca de los centros de mecanizado, para acudir al centro de corte de forma rápida y evitar la vuelta excesiva

### 5.6.1.1 Redistribución en planta

Para reducir los tiempos que tarda el operario con las piezas en trasladarse de puesto a puesto de trabajo se emplean la redistribución en planta que consiste en ubicar las máquinas y herramientas de tal manera que evite en lo máximo el desplazamiento de operario y las consideraciones mencionadas anteriormente.

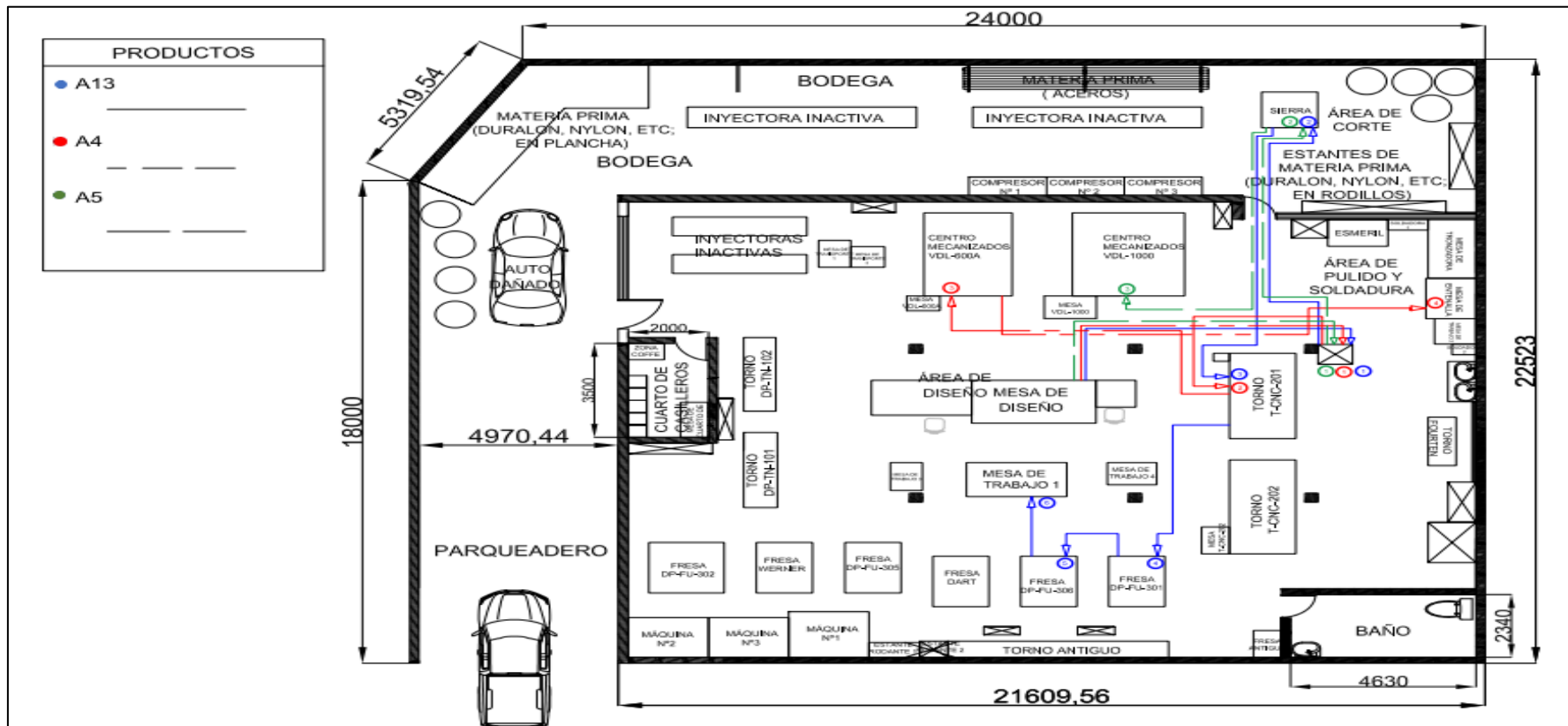


Figura 5.17. Redistribución de planta, realizado por los autores.

## 5.6.2 Esperas

Cómo se ha identificado en los diagramas hombre – máquina realizada para cada producto, se propone reducir los tiempos de espera que ejerce el trabajador y la máquina, abarcando los siguientes puntos.

- Realizar capacitaciones para el personal, puesto que se coordinó con la gerencia de que los tornos CNC y los centros de mecanizados son máquinas automatizadas, las cuales es casi nula la manipulación del trabajador con las mismas. Con estas capacitaciones se pretende que estos tiempos de espera sean utilizados en otras actividades productivas.
- Comprar todos los portabrocas faltantes en los centros de mecanizados, al tener todas estas herramientas completas el trabajador, no incurrirá en la realización de la actividad centrado de herramientas, por lo cual esta se omitirá y la espera por las máquinas serán de 0 segundos.


## 5.7 ANÁLISIS DE LAS MEJORAS PROPUESTAS

### 5.7.1 Transportes











#### 5.7.1.1 Producto A13

Para determinar la factibilidad de las propuestas, se vuelve a calcular los tiempos de los transportes en el estado mejorado a continuación, en la siguiente tabla se realiza la toma de tiempos para 5 observaciones y se grafica nuevamente el cursograma analítico.

**Tabla 5.31.** Tiempos tomados, propuesta.

"CARAL INGENIERIA MECANICA"							
	Toma de tiempos en la ejecución de una unidad de producto	RESPONSABLES:		INSTRUMENT O UTILIZADO	REVISADO POR	PAGINA	
	Producto A13	Jefferson Aroca Ariel Martinez		Cronómetro		1 de 1	
OBJETO/ALCANCE	Tomar los tiempos que se emplea en cada transporte para la elaboración de una unidad	VERSION	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA VERSIÓN			
		1	5/1/2022	Versión mejorada			
ACTIVIDADES	Toma de tiempos (segundos)						
	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	
	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	6,92	6,27	6,98	6,72	6,34	6,65
	Trasladar material a mesa de corte	5,92	6,72	6,89	6,24	6,8	6,51
	Trasladar material a torno CNC	8,09	8,45	8,31	8,07	8,23	8,23
	Trasladar pieza a fresadora helicoidal	4,50	4,51	4,48	4,49	4,50	4,50
	Trasladar pieza a fresadora de chavetero	2,02	2,03	2,10	2,04	2,07	2,05
	Trasladar pieza a mesa	2,11	2,19	2,17	2,09	2,13	2,14

**Tabla 5.32.** Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A13.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N°_1_ De:_1_ Diagrama N°:_1_		Operar.	Mater.	<input checked="" type="checkbox"/>	Maqui.					
Proceso productivo		RESUMEN			PRO	Econ.				
Fecha: 6/1/2022		<b>SÍMBOLO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>							
El estudio Inicia: Analisis completo			Operación		12					
Método: Actual:___ Propuesto:___X___			Transporte		5					
Producto: A13			Inspección		3					
Nombre del operario: Multiple			Espera		2					
Elaborado por: Aroca Jefferson-Martinez Ariel			Almacenaje		0					
Total de Actividades realizadas					22					
Distancia total en metros					28					
Tiempo min/hombre					471					
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Trasladar material a mesa de corte		8,38	6,51						
2	Medir material a especificaciones solicitadas			134,88						
3	Cortar material			86,72						
4	Trasladar material a torno CNC		10,64	8,23						
5	Ajustar material en máquina			240,28						
6	Programar máquina a especificaciones solicitadas			379,28						
7	Mecanizar pieza			8941,24						
8	Desajustar pieza			189,82						
9	Inspeccionar			159,82						
10	Trasladar pieza a fresadora helicoidal		5,21	4,50						
11	Ajustar pieza en máquina			411,98						
12	Mecanizar dientes helicoidales			6306,76						
13	Desajustar pieza de máquina			430,60						
14	Inspeccionar			221,28						
15	Trasladar pieza a fresadora de chavetero		1,30	2,05						
16	Ajustar pieza en máquina			451,46						
17	Mecanizar chavetero interno			5971,16						
18	Desajusta pieza			471,08						
19	Inspeccionar			135,50						
20	Trasladar pieza a mesa		2,2	2,14						
21	Limpiar rebaba			1213,74						
22	Empacar y enviar			2467,80						
<b>Tiempo del Ciclo (min 470,61</b>		<b>m</b>	<b>27,73</b>	<b>28.236,8</b>	<b>s</b>					

Observaciones:
----------------

### 5.7.1.2 Producto A4

Para determinar la factibilidad de las propuestas, se vuelve a calcular los tiempos de los transportes en el estado mejorado a continuación, en la siguiente tabla se realiza la toma de tiempos para 5 observaciones y se grafica nuevamente el cursograma analítico.

**Tabla 5.33.** Tiempos tomados, propuesta.

"CARAL INGENIERIA MECANICA"							
	Toma de tiempos en la ejecución de una unidad de producto	<b>RESPONSABLES:</b>		<b>INSTRUMENT O UTILIZADO</b>	<b>REVISADO POR</b>	<b>PAGINA</b>	
	<b>Producto A4</b>	Jefferson Aroca Ariel Martinez		Cronómetro		1 de 1	
<b>OBJETO/ALCANCE</b>	Tomar los tiempos que se emplea en cada actividad para la elaboración de un producto	<b>VERSION</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA VERSIÓN</b>			
		1	10/1/2022	Versión inicial			
<b>ACTIVIDADES</b>		<b>Toma de tiempos (segundos)</b>					
		<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>Promedio</b>
Trasladarse a tomar hoja de requisición de material		6,09	6,52	6,3	6,57	6,91	6,48
Trasladar material comprado a torno CNC		4,38	4,77	4,21	4,29	4,86	4,50
Trasladar pieza a centro de mecanizado		8,18	8,23	8,14	8,06	8,21	8,16
Trasladar pieza a mesa de trabajo		9,65	9,57	9,21	9,12	9,32	9,37

**Tabla 5.34.** Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A4.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO									
Hoja N°__1__ De: __1__ Diagrama N°: __2__		Operar. _____		Mater. <input checked="" type="checkbox"/>		Maqui. _____			
<b>Proceso productivo</b>		<b>RESUMEN</b>							
Fecha: 11/01/2022		<b>SÍMBOLO</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>PRO</b>		<b>Econ.</b>			
El estudio inicia: Analisis completo			Operación	9					
Método: Actual: _____ Propuesto: __X__			Transporte	3					
Producto: A4			Inspección	2					
Nombre del operario: Multiple			Espera	4					
Elaborado por: Aroca Jefferson-Martinez Ariel			Almacenaje	0					
		Total de Actividades realizadas		18					
		Distancia total en metros		27					
		Tiempo (minutos)		1.611					
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS				
1	Trasladar material comprado a torno CNC		4,5	4,50					
2	Ajustar material en torno			241,54					
3	Programar torno en base a especificaciones solicitadas			299,32					
4	Mecaniza pieza			53992,54					
5	Desajustar pieza			202,10					
6	Inspeccionar			103,72					
7	Trasladar pieza a centro de mecanizado		10,73	8,16					
8	Centrado de herramientas de mecanizado			0,00					
9	Ajustar pieza en centro de mecanizado			782,38					
10	Programar centro de mecanizado			398,32					
11	Mecaniza pieza			18016,56					
12	Desajustar pieza			619,90					
13	Inspeccionar			95,54					
14	Trasladar pieza a mesa de trabajo		11,76	9,37					
15	Ajustar pieza en tornillo de banco			230,14					
16	Machuelar			17951,90					
17	Limpiar rebaba			1200,22					
18	Empacar y enviar			2478,22					
19									
Tiempo Minutos 1610,57		m	26,99	96.634,4	s				

Observaciones:

### 5.7.1.3 Producto A5

Para determinar la factibilidad de las propuestas, se vuelve a calcular los tiempos de los transportes en el estado mejorado a continuación, en la siguiente tabla se realiza la toma de tiempos para 5 observaciones y se grafica nuevamente el cursograma analítico.

**Tabla 5.35.** Tiempos tomados, propuesta.

"CARAL INGENIERIA MECANICA"							
	Toma de tiempos en transportes	RESPONSABLES:		INSTRUMENT O UTILIZADO	REVISADO POR	PAGINA	
	Producto A5	Jefferson Aroca Ariel Martinez		Cronómetro		1 de 1	
OBJETO/ALCANCE	Tomar los tiempos que se emplea en cada transporte para la elaboración de una unidad	VERSION	FECHA	DESCRIPCIÓN DE LA VERSIÓN			
		1	27/1/2022	Versión mejorada			
ACTIVIDADES		Toma de tiempos (segundos)					
		T1	T2	T3	T4	T5	Promedio
Trasladarse a tomar hoja de requisición de material		6,91	6,71	6,82	6,64	6,84	6,78
Trasladarse a mesa de corte		6,42	6,74	6,51	6,92	6,68	6,65
Trasladar material a centro de mecanizado		7,21	7,33	7,41	7,47	7,32	7,35
Trasladarse a mesa de diseño		2,56	2,71	2,74	2,49	2,32	2,56

**Tabla 5.36.** Cursograma sinóptico del proceso, para la elaboración del producto A5.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO										
Hoja N° __1__ De: __1__ Diagrama N°: __3__		Operar. <input type="checkbox"/>		Mater. <input checked="" type="checkbox"/>	Maqui. <input type="checkbox"/>					
Proceso productivo		RESUMEN								
Fecha: 28/01/2022		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	PRO		Econ.				
El estudio Inicia: Analisis completo		●	Operación	6						
Método: Actual: __ __ Propuesto: __X__		→	Transporte	3						
Producto: A5		■	Inspección	1						
Nombre del operario: Multiple		D	Espera	3						
Elaborado por: Aroca Jefferson-Martinez Ariel		▼	Almacenaje	0						
Total de Actividades realizadas				13						
Distancia total en metros				20						
Tiempo (minutos)				839						
NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Segundos	SÍMBOLOS PROCESOS					
					●	→	■	D	▼	
1	Trasladarse a mesa de corte		8,38	6,65						
2	Medir material a especificaciones solicitadas			134,88						
3	Cortar material			100,80						
4	Trasladar material a centro de mecanizado		10,21	7,35						
5	Centrado de herramientas de mecanizado			0,00						
6	Ajustar material en centro de mecanizado			742,38						
7	Programar máquina a especificaciones solicitadas			362,72						
8	Mecaniza			45007,40						
9	Desajustar pieza			653,92						
10	Inspeccionar			93,08						
11	Trasladarse a mesa de diseño		1,60	2,56						
12	Limpiar rebaba			1401,40						
13	Empacar y enviar			1804,90						
Tiempo Minutos: 838,63		m	20,19	50.318,0 s						

Observaciones:

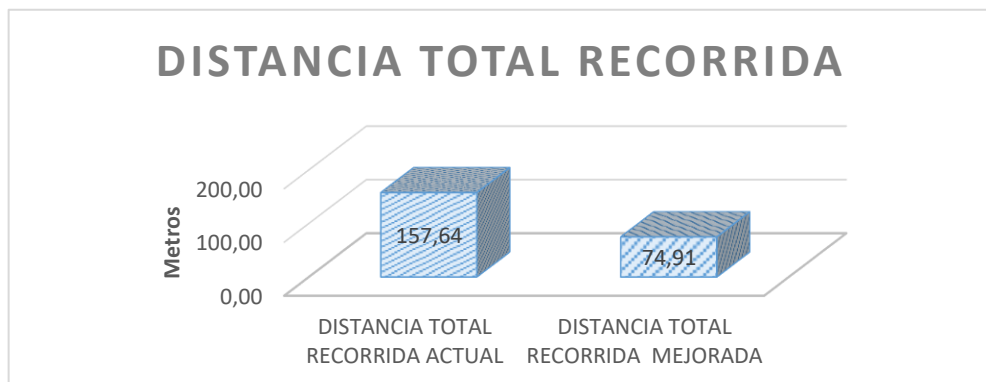
### 5.7.1.4 Comparación de los transportes actual vs mejorado

En la siguiente tabla se procede a realizar una comparación entre el estado actual vs el estado mejorado de los transportes.

**Tabla 5.37.** Comparación de los transportes, actual vs mejorado.

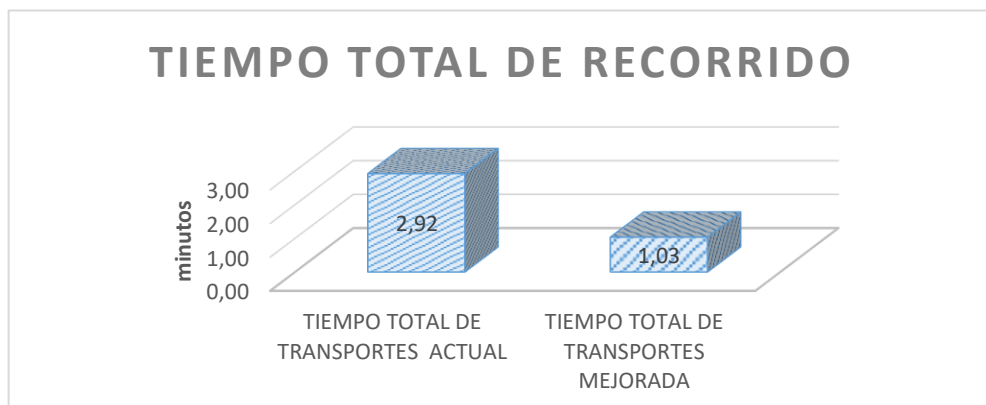
PRODUCTO	TRANSPORTES ACTUAL-MEJORADO					
	ACTUAL			MEJORADO		
	TIEMPO DEL CICLO/10 UNIDADES (minutos)	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA (metros)	TIEMPO TOTAL DE TRANSPORTES (minutos)	TIEMPO DEL CICLO/10 UNIDADES (minutos)	DISTANCIA TOTAL RECORRIDA (metros)	TIEMPO TOTAL DE TRANSPORTES (minutos)
A13	471,61	83,66	1,38	470,61	27,73	0,39
A4	1640,63	27,35	0,43	1610,57	26,99	0,37
A5	866,15	46,63	1,11	838,63	20,19	0,276
		<b>157,64</b>	<b>2,92</b>		<b>74,91</b>	<b>1,03</b>

Para visualizar de mejor manera los resultados de la propuesta, se presenta las respectivas comparaciones mediante un diagrama de barras



**Figura 5.18.** Distancia total recorrida, metros.

En el grafico anterior, claramente se puede observar que de 157.64 metros que recorre el lote de 10 unidades de los tres productos, se reduce en 74.91 metros lo cual es un ahorro considerable



**Figura 5.19.** Distancia total recorrida, minutos.



En el gráfico anterior, claramente se puede observar que de 2.92 minutos que recorre el lote de 10 unidades de los tres productos, se reduce en 1.03 minutos lo cual es un ahorro considerable.

## 5.7.2 Esperas

### 5.7.2.1 Producto A13:

Para reducir el tiempo de espera mientras la máquina opera se acordó con la empresa que el tiempo máximo de espera después de cada limpieza será de 30 segundos ya que el torno T-CNC-201, es una máquina altamente automatizada la cual no necesita que el trabajador este todo el momento de operación de la misma en espera de que salga el producto.

Reduciendo este tiempo de espera y los tiempos de recorrido reducidos en el anterior cursograma de procesos para la elaboración del producto A13, tenemos los siguientes resultados presentados a continuación:

- **Proceso de corte:**

**Tabla 5.38.** Hombre – Máquina, proceso de corte, propuesto.

PROCESO DE CORTE	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Sierra Circular	TIEMPO (segundos)
	5	Trasladarse a mesa de corte	6,51	Nada	141,39
6	Medir material a especificaciones solicitadas	134,88			
7	Cortar material	86,72	<b>OPERANDO</b>	86,72	
TIEMPO DEL CICLO DE CORTE			<b>228,11</b>		228,11
UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>100,00%</b>	U. MÁQUINA	<b>38,02%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>0</b>	T. I. MÁQUINA	<b>141,39</b>

- **Proceso de torneado:**

**Tabla 5.39.** Hombre – Máquina, proceso de torneado, propuesto.

PROCESO DE TORNEADO	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Torno T-CNC-201	TIEMPO (segundos)
	8	Trasladar material a torno T-CNC-201	8,23	Nada	627,79
9	Ajustar material en maquina	240,28			
10	Programar máquina a especificaciones solicitadas	379,3			
11	Mecaniza pieza cortada, frentes laterales	<b>3000,00</b>	<b>OPERANDO</b>	8941,24	
12	Limpia pieza en torno	2218,00	Nada	349,64	
13	Desajustar pieza	189,82			
14	Inspecciona la pieza	159,82			
TIEMPO DEL CICLO DE TORNEADO					9918,67
UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>51,58%</b>	U. MÁQUINA	<b>90,15%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>3000,00</b>	T. I. MÁQUINA	<b>977,43</b>

- **Proceso de fresado helicoidal:**

**Tabla 5.40.** Hombre – Máquina, proceso de fresado helicoidal, propuesto.

	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Fresa DP-FU-301	TIEMPO (segundos)	
PROCESO DE FRESADO (HELICOIDAL)	15	Trasladar pieza a Fresa DP-FU-301, realiza fresado helicoidal	3,46	Nada	415,44	
	16	Ajustar pieza en maquina	411,98			
	17	Mecanizar dientes helicoidales	6306,76	PROCESANDO	6306,76	
	18	Desajustar pieza de maquina	430,60	Nada	651,88	
	19	Inspecciona la pieza	221,28			
	TIEMPO DEL CICLO DE FRESADO			<b>7374,08</b>		7374,08
	UTULIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>100,00%</b>	U. MÁQUINA	<b>85,53%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>0,00</b>	T. I. MÁQUINA	<b>1067,32</b>	

- **Proceso de fresado de chaveteros:**

**Tabla 5.41.** Hombre – Máquina, proceso de fresado chavetero, propuesto.

	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Fresa DP-FU-306	TIEMPO (segundos)	
PROCESO FRESADO DE (CHAVETERO S)	20	Trasladar pieza a fresadora DP-FU-306, para hacer chavetero	2,05	Nada	453,51	
	21	Ajustar pieza en maquina	451,46			
	22	Mecaniza chavetero interno	5971,16	PROCESANDO	5971,16	
	23	Desajustar pieza de maquina	471,08	Nada	606,58	
	24	Inspecciona la pieza	135,50			
	TIEMPO DEL CICLO DE FRESADO			<b>7031,25</b>		<b>7031,25</b>
	UTULIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>100,00%</b>	U. MÁQUINA	<b>84,92%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>0,00</b>	T. I. MÁQUINA	<b>1060,09</b>	

### 5.7.2.2 Producto A4:

Para reducir el tiempo de espera mientras la máquina opera se acordó con la empresa que el tiempo máximo después de cada limpieza será de 30 segundos en el torno T-CNC-201 y en el centro de mecanizados VDL-600A, ya que son máquinas altamente automatizadas la cual no necesita que el trabajador este todo el momento viendo la operación, así mismo se determina la eliminación de la actividad centrado de herramientas ya que al comprar todas las brocas y fresas para los centros de mecanizados no se incurre en la espera en la máquina, mismo que afecta directamente a la salida de la pieza.

Reduciendo este tiempo de espera y los tiempos de recorrido reducidos en el anterior cursograma de procesos para la elaboración del producto A4, tenemos los siguientes resultados presentados a continuación:

- **Proceso de torneado**

**Tabla 5.42.** Hombre – Máquina, proceso de torneado, propuesto.

	Nº	OPERARIO	TIEMPO	Torno T-CNC-201	TIEMPO	
			(segundos)		(segundos)	
PROCESO DE TORNEADO	5	Trasladar material comprado a torno CNC	4,50	Nada	545,36	
	6	Ajustar material en torno	241,54			
	7	Programar torno en base a especificaciones solicitadas	299,32			
	8	Mecaniza pieza	8640,00	OPERANDO	53992,54	
	9	Limpia pieza en torno	8926,20			
	10	Desajustar pieza	202,10	Nada	305,82	
	11	Inspeccionar	103,72			
	TIEMPO DEL CICLO DE TORNEADO			<b>18417,38</b>		54843,72
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>53,09%</b>	E. MÁQUINA	<b>98,45%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>8640,00</b>	T. I. MÁQUINA	<b>851,18</b>

- **Proceso de mecanizado:**

**Tabla 5.43.** Hombre – Máquina, proceso de mecanizado, propuesto.

	Nº	OPERARIO	TIEMPO	Centro de Mecanizados VDL-600A	TIEMPO	
			(segundos)		(segundos)	
PROCESO DE MECANIZADO	12	Trasladar pieza a centro de mecanizado	8,16	Nada	1188,86	
	13	Centrado de herramientas de mecanizado	<b>0,00</b>			
	14	Ajustar pieza en centro de mecanizado	782,38			
	15	Programar centro de mecanizado	398,32	PROCESANDO	18016,56	
	16	Mecaniza pieza	8880,00			
	17	Sopletea pieza en máquina	3485,40	Nada	715,44	
	18	Desajustar pieza	619,90			
	19	Inspeccionar	95,54			
	TIEMPO OPERATIVO DE MECANIZADO			<b>14269,70</b>		19920,86
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR			<b>37,77%</b>	E. MÁQUINA	<b>90,44%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR			<b>8880,00</b>	T. I. MÁQUINA	<b>1904,30</b>	

### 5.7.2.3 Producto A5:

Para reducir el tiempo de espera mientras la máquina opera se acordó con la empresa de que el tiempo máximo de espera después de cada limpieza será de 30 segundos el centro de mecanizados VDL-600A ya que es una máquina altamente automatizada la cual no necesita que el trabajador este todo el momento de operación de la misma en espera de que salga el producto, y así mismo, se recomienda a la Empresa Caral Ingeniería Mecánica comprar todas las brocas y fresas para los centros de mecanizados con el fin de reducir la espera de la máquina en el centrado de herramientas realizadas por el operario.

Reduciendo este tiempo de espera y los tiempos de recorrido reducidos en el anterior cursograma de procesos para la elaboración del producto A5, tenemos los siguientes resultados presentados a continuación:

- **Proceso de corte**

**Tabla 5.44.** Hombre – Máquina, proceso de corte, propuesto.

PROCESO DE CORTE	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	CIERRA CIRCULAR	TIEMPO (segundos)
		5	Trasladarse a mesa de corte	6,65	Nada
	6	Medir material a especificaciones solicitadas	134,88		
	7	Cortar material	100,80	<b>OPERANDO</b>	100,80
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE		<b>242,33</b>		242,33
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100,00%</b>	U. MÁQUINA	<b>41,60%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0</b>	T. I. MÁQUINA	<b>141,53</b>

- **Proceso de mecanizado**

**Tabla 5.45.** Hombre – Máquina, proceso de mecanizado, propuesto.

PROCESO DE MECANIZADO	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)	Centro de Mecanizados VDL-1000	TIEMPO (segundos)
		15	Trasladar pieza a centro de mecanizado	7,35	Nada
	16	Centrado de herramientas de mecanizado	<b>0,00</b>		
	17	Ajustar pieza en centro de mecanizado	742,38		
	18	Programar centro de mecanizado	362,72	PROCESANDO	45007,40
	19	Mecaniza pieza	<b>11820,00</b>		
		Sopletea pieza en máquina	3292,80	Nada	747,00
		Desajustar pieza	653,92		
		Inspeccionar	93,08		
	TIEMPO DEL CICLO DE MECANIZADO		<b>16972,25</b>		46866,85
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>30,36%</b>	U. MÁQUINA	<b>96,03%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>11820,00</b>	T. I. MÁQUINA	<b>1859,45</b>

#### 5.7.2.4 Análisis de los resultados propuestos

Para la elaboración del producto A13, A4 y A5 se determinó el porcentaje de utilización total correspondiente al lote de 10 piezas fabricadas dando como resultado los siguientes datos:

**Tabla 5.46.** Análisis de resultados mejorados, producto A13.

<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PROPUESTOS</b>		
<b>PRODUCTO A13</b>		
Proceso	Utilización Hombre	Utilización Máquina
Requisición	100,00%	
Corte	100,00%	38,02%
Torneado	51,58%	90,15%
Fresado helicoidal	100,00%	85,53%
Fresado chaveteros	100,00%	84,92%
Terminados y enviado	100,00%	
<b>UTILIZACIÓN TOTAL</b>	<b>91,93%</b>	<b>74,65%</b>

En esta tabla se puede observar los 6 procesos encontrados para este producto, en el cual detalla la utilización total del trabajador de 91,93%, mientras que el de las máquinas es de 74,65%. Aquí se redujo la espera del trabajador mientras el torno trabaja la máquina, obteniendo los resultados anteriores.

**Tabla 5.47.** Análisis de resultados mejorados, producto A4.

<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>		
<b>PRODUCTO A4</b>		
Proceso	Utilización Hombre	Utilización Máquina
Requisición	100,00%	
Torneado	53,09%	98,45%
Mecanizado	37,77%	90,44%
Machuelado, acabados y envío	100,00%	
<b>UTILIZACIÓN TOTAL</b>	<b>72,71%</b>	<b>94,44%</b>

En esta tabla se puede observar los 4 procesos encontrados para este producto, en el cual detalla la utilización total del trabajador de 72,71%, mientras que el de las máquinas es de 94,44%. Aquí se redujo la espera del trabajador mientras el torno trabaja y de igual manera se eliminó el centrado de las herramientas por parte del trabajador, obteniendo los resultados anteriores.

**Tabla 5.48.** Análisis de resultados mejorados, producto A5.

<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>		
<b>PRODUCTO A5</b>		
Proceso	Utilización Hombre	Utilización Máquina
Requisición	100,00%	
Corte	100,00%	41,60%
Mecanizado	30,36%	96,03%
Terminados y envío	100,00%	
<b>UTILIZACIÓN TOTAL</b>	<b>82,59%</b>	<b>68,81%</b>

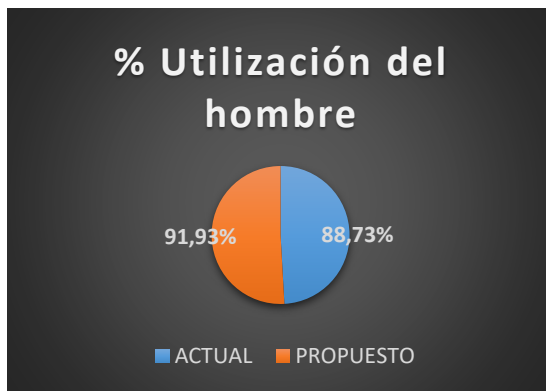
En esta tabla se puede observar los 4 procesos encontrados para este producto, en el cual detalla la utilización total del trabajador de 82,59%, mientras que el de las máquinas es de 68,81%. Aquí se redujo la espera del trabajador mientras el torno trabaja y de igual manera se eliminó el centrado de las herramientas por parte del trabajador, obteniendo los resultados anteriores.

#### 5.7.2.5 Comparación de las esperas actual vs mejorado

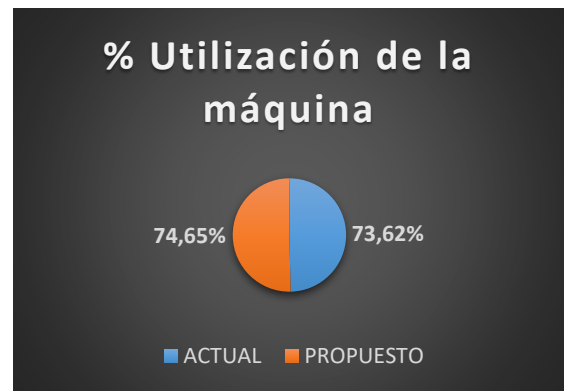
Se pudo obtener un incremento en la participación del hombre y la máquina, reduciendo las mudas de esperas encontradas en la elaboración del respectivo producto, se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Producto A13**

Con la reducción de las esperas se tuvo un incremento del 3,20% de participación del hombre y un 1,03% de participación de las máquinas.



a) Porcentaje de utilización, hombre

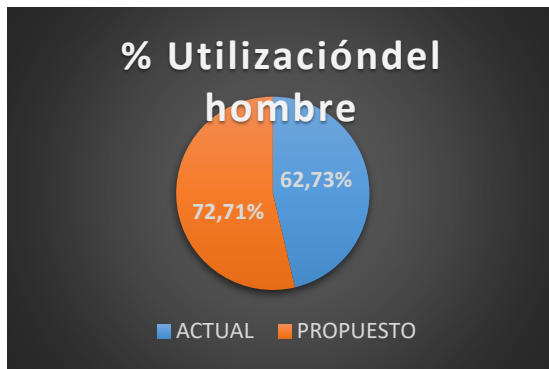


b) Porcentaje de utilización, máquina

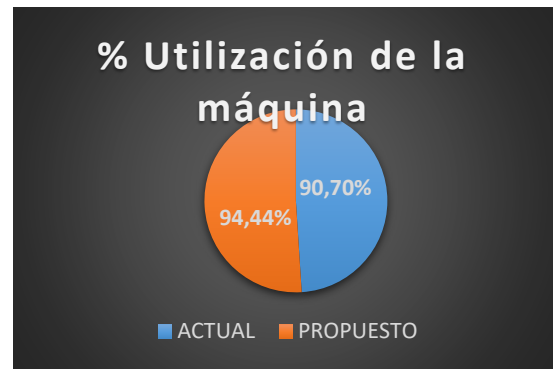
**Figura 5.20.** Porcentaje de utilización hombre y máquina, actual vs mejorado, producto A13.

- **Producto A4**

Con la reducción de las esperas se tuvo un incremento del 9,99% de participación del hombre y un 3,74% de participación de las máquinas.



a) Porcentaje de utilización, hombre



b) Porcentaje de utilización, máquina

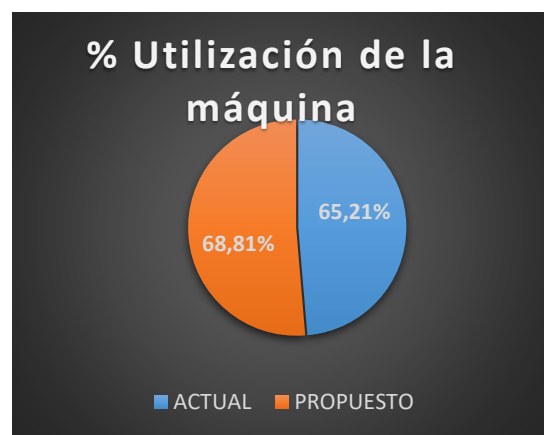
**Figura 5.21.** Porcentaje de utilización hombre y máquina, actual vs mejorado, producto A4.

• **Producto A5**

Con la reducción de las esperas se tuvo un incremento del 4,09% de participación del hombre y un 3,60% de participación de las máquinas.



b) Porcentaje de utilización, hombre



b) Porcentaje de utilización, máquina

**Figura 5.22.** Porcentaje de utilización hombre y máquina, actual vs mejorado, producto A5.

### 5.7.3 Análisis de la Nueva Eficiencia, OEE

#### 5.7.3.1 Disponibilidad

La disponibilidad calcula el porcentaje de utilización de la capacidad real, con respecto a la capacidad efectiva y se ve afectada directamente por los paros no planeados en la planta

**Tabla 5.49.** Cálculo OEE, disponibilidad mejorada.

DISPONIBILIDAD DE MAQUINAS EN LA LINEA											
INFORMACIÓN		PAROS PLANEADOS (Tiempo en Minutos)				PAROS NO PLANEADOS (Tiempo en Minutos)			INDICADORES KPIS		
FECHA DE OBSERVACIÓN	(MINUTOS) DE TRABAJO TEÓRICO	PAUSAS ACTIVAS	REFRIGERIO	LIMPIEZA EN MAQUINA	TOTAL PLANEADOS	RETRASO DE USO DE MAQUINA POR EL TRABAJADOR	PARO POR REUNION DE NUEVOS DISEÑOS DE PIEZAS	TOTAL NO PLANEADOS	TIEMPO PRODUCTIVO (Min)	TIEMPO DISPONIBLE (Min)	DISPONIBILIDAD
23/11/2021	480,00	10	15	6	31	20	29	49	400,00	449,00	89%
24/11/2021	480,00	10	16	4	30	21		21	429,00	450,00	95%
25/11/2021	480,00	11	18	3,5	32,5	22		22	425,50	447,50	95%
26/11/2021	480,00	12	14	4	30	20	18	38	412,00	450,00	92%
29/11/2021	480,00	10	15	4,5	29,5	21	23	44	406,50	450,50	90%
									414,60		92%

$$DISPONIBILIDAD = \frac{\sum 89 + 95 + 95 + 92 + 90}{5}$$

$$DISPONIBILIDAD = 92,26\%$$



### 5.7.3.2 Rendimiento

Para hacer el cálculo del rendimiento correctamente, se utiliza como unidad de medida el tiempo, en lugar de las piezas producidas y esperadas. Para ello, basta con dividir el tiempo productivo entre la suma de los tiempos resultantes, de producir cada unidad de producto. Cabe recalcar que “Caral ingeniería mecánica” ofrece la entrega de cada lote de 10 unidades en un tiempo de 5 días laborables entre los tres productos, por lo cual será el tiempo disponible para cumplir la demanda.

**Tabla 5.50.** Cálculo OEE, rendimiento mejorado.

TIEMPO DE CICLO PRODUCTOS (MINUTOS) PARA 10 UNIDADES		
A13	A4	A5
470,61	1610,57	838,63

$$RENDIMIENTO = \frac{2073 \text{ minutos}}{2919,82 \text{ minutos}}$$

$$RENDIMIENTO = 70,99\%$$

### 5.7.3.3 Calidad

De igual manera para calcular la calidad, se determina el número de piezas que salen defectuosas por cada producto y se multiplica por el tiempo de ciclo de cada unidad ya que el cálculo correcto se efectúa en unidades de tiempo y no en el número de piezas ya que son productos diferentes.

**Tabla 5.51.** Cálculo OEE, calidad mejorada.

	PRODUCTOS DEFECTUOSOS		
	A13	A4	A5
	1	0	0
TC/UNIDAD MINUTOS	47,16	164,06	
TIEMPO DEFECTOS MINUTOS	47,16	0	
TOTAL, TIEMPO DEFECTOS MINUTOS		47,16	
TIEMPO TOTAL TRABAJADO MINUTOS		2919,82	

$$CALIDAD = \frac{2919,82 - 47,16}{2919,82}$$

$$CALIDAD = 98,38\%$$

Finalmente se calcula la eficiencia global de los equipos OEE

$$\text{OEE} = 92,26 * 70,99 * 98,38$$

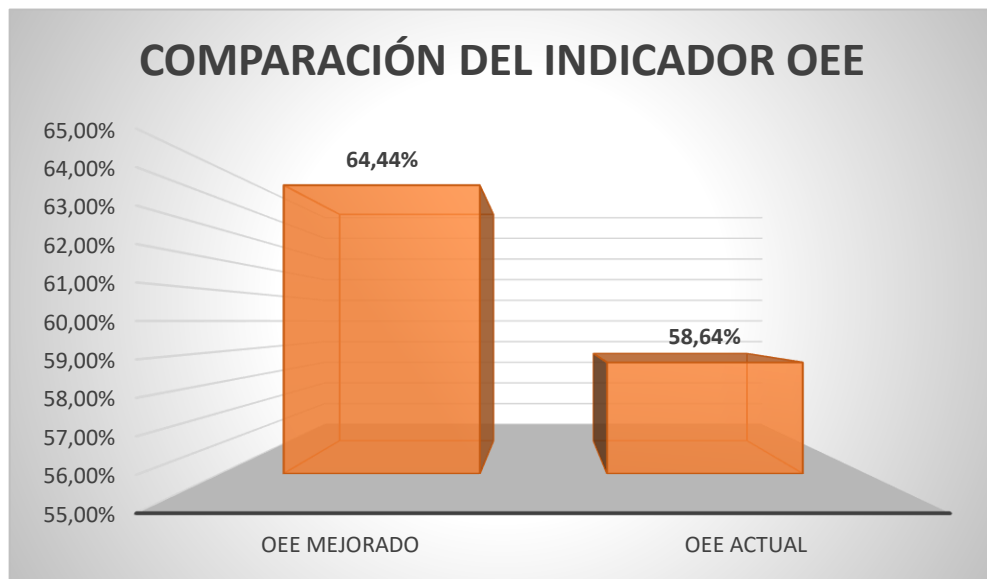
$$\text{OEE} = 64,44\%$$

Para interpretar los valores estándar referentes al OEE se toma como referencia lo siguiente:

- 100%: Producción perfecta.
- $\geq 85\%$ : Objetivo adecuado a largo plazo.
- $\geq 60\%$ : Indica que existe un margen sustancial de mejora.
- $\geq 40\%$ : Puntuación baja fácilmente mejorable.

De acuerdo al indicador OEE y los rangos de aceptabilidad el 64.44%, se encuentra en puntuación que indica existe un margen sustancial de mejora

A continuación, se presenta la comparación del indicador OEE entre el estado actual y el estado mejorado, dando un incremento de 5.8% con respecto al estado actual de la empresa.



**Figura 5.23.** Comparación del indicador OEE con respecto al estado actual

## 5.8 PROPUESTA DE IMPLEMENTACION 5 S

Se divisó en el área de producción que existe maquinaria que es servible, pero no es ejecutada en la elaboración de los productos, por tal razón, están ocupando espacio en la planta, la cual podría ser reemplazada por otros equipos que colaboren en el proceso productivo para la obtención de las piezas.

Existe maquinaria que no está servible para la elaboración de los productos, estas se encuentran dañadas o les falta alguna pieza, mismas que aún no se hallan en el mercado y así poder darles arreglo, por este motivo hay que buscar soluciones ya que de igual manera están ocupando espacio en la planta y dan mala imagen en la misma.

De igual manera, existe desorden en los pisos, se pudo visualizar que existe mucho desorden con los desperdicios de las piezas tales como virutas de duralón, aceros, nylon, etc., las cuales son acumuladas a los costados de las máquinas obstaculizando el paso de los trabajadores que pueden ser causantes de accidentes laborales.

En las siguientes imágenes se puede evidenciar lo mencionado anteriormente:



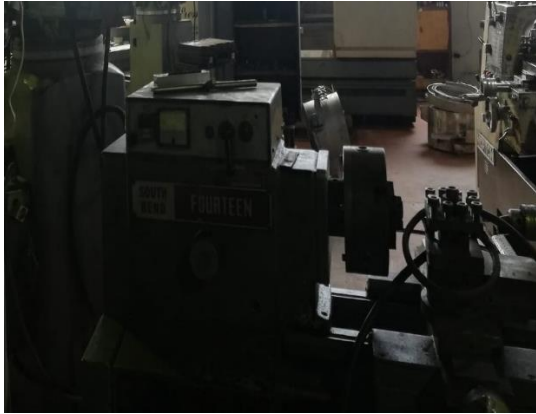
c) Viruta obstaculizando el paso

b) Desperdicios dando mala imagen a la entidad.

**Figura 5.24.** Desorden en planta de producción



**Figura 5.25.** Maquinarias inservibles por falta de repuestos.



**Figura 5.26.** Maquinarias servibles, pero no son utilizadas.



**Figura 5.27.** Maquinarias que no están inmersas en los procesos, ocupando espacio.

Por esta razón se propone realizar el procedimiento de las 5'S, para darle algún destino a las maquinarias servibles e inservibles, el rediseño del layout realizado anteriormente será clave para este proceso.

### **5.8.1 Clasificación o Seiri**

Se elaboró la primera fase de la metodología que es SEIRI la cual es ejecutada con una lista de verificación de todos los elementos presentes en el área de producción: necesarios, obsoletos, dañados, de más. De la misma manera, con esta lista se puede conocer objetos útiles y no útiles, para ubicarles en un destino coherente. Esta etapa pretende eliminar los elementos que están utilizando espacio útil para otros elementos necesarios, áreas o ganar espacio útil, para el recorrido del personal y mesas de transporte de productos a elaborarse.

Dando como resultado la tabla que se presenta a continuación:

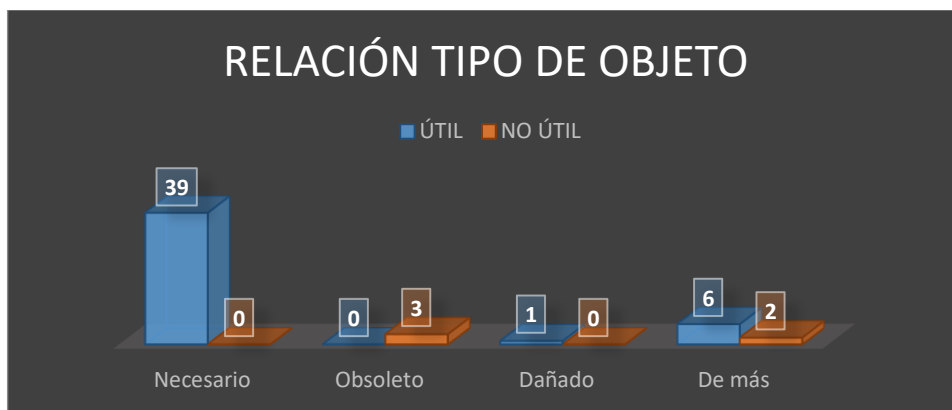
**Tabla 5.52.** Lista de verificación de la primera S, (Clasificación o Seiri)

		LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECK LIST) - SEIRI				
FECHA	1/11/2021	Diseñado por: Aroca Jefferson, Martínez Ariel.				
EMPRESA	CARAL INGENIERÍA MECÁNICA					
ACTIVIDAD:	CLASIFICACIÓN - SEIRI		ÁREA: Producción			
N°	Artículo	Cantidad	Tipo de objeto	¿Son útiles	Destino	
1	Centro de mecanizados VDL-600A	1	Necesario	Si	Organizar	
2	Centro de mecanizados VDL-1000	1	Necesario	Si	Organizar	
3	Esmeril	1	Necesario	Si	Organizar	
4	Soldadoras	2	Necesario	Si	Organizar	
5	Tronzadora	1	Necesario	Si	Organizar	
6	Máquinas fabricantes de duralón	3	De más	Si	Vender o transferir.	
7	Torno antiguo	1	Obsoleto	No	Descartar	
8	Fresa DP-FU-301	1	Necesario	Si	Organizar	
9	Fresa DP-FU-302	1	Necesario	Si	Organizarlos	
10	Fresa DP-FU-305	1	De más	Si	Vender	
11	Fresa DP-FU-306	1	Necesario	Si	Organizar	
12	Fresa Dart	1	De más	Si	Vender	
13	Fresa Werner	1	Dañado	Si	Vender	
14	Fresa Antigua	1	Obsoleto	No	Descartar	
15	Torno T-CNC-201	1	Necesario	Si	Organizar	
16	Torno T-CNC-202	1	Necesario	Si	Organizar	
17	Torno DP-TN-101	1	Necesario	Si	Organizar	
18	Torno DP-TN-102	1	Necesario	Si	Organizar	
19	Torno Fourten	1	Necesario	Si	Organizar	
20	Mesa de diseño	1	Necesario	Si	Organizar	
21	Mesa de entenalla	1	Necesario	Si	Organizar	
22	Computadoras	2	Necesario	Si	Organizar	
23	Mesa de cuarto de casilleros	1	Obsoleto	No	Descartar	
24	Estante de Coffe	1	Necesario	Si	Organizar	
25	Mesa VDL-600A	1	Necesario	Si	Organizar	
26	Mesa VDL-1000	1	Necesario	Si	Organizar	
27	Mesa T-CNC-201	1	Necesario	Si	Organizar	
28	Mesa T-CNC-202	1	Necesario	Si	Organizar	
29	Mesa de trabajo 1	1	Necesario	Si	Organizarlos	
30	Mesa de trabajo 2	1	Necesario	Si	Organizarlos	
31	Mesa de trabajo 3	1	De más	No	Descartar	
32	Mesa de trabajo 4	1	Necesario	Si	Organizar	
33	Mesas de transporte	2	Necesario	Si	Organizar	
34	Estante 1	1	Necesario	Si	Organizar	
35	Estante 2	1	Necesario	Si	Organizar	
36	Estante 3	1	Necesario	Si	Organizar	
37	Estante 4	1	Necesario	Si	Organizar	
38	Estante 5	1	Necesario	Si	Organizar	
39	Estante 6	1	Necesario	Si	Organizar	
40	Estante 7	1	Necesario	Si	Organizar	
41	Estante 8	1	De más	No	Descartar	
42	Estante 9	1	Necesario	Si	Organizar	
43	Estante 10	1	De más	Si	Organizar	
44	Estante 11	1	Necesario	Si	Organizar	
45	Estante 12	1	Necesario	Si	Organizar	
46	Estante 13	1	Necesario	Si	Organizar	
47	Estante 14	1	Necesario	Si	Organizar	
48	Compresores	3	Necesario	Si	Organizar	
49	Inyectoras	4	De más	Si	Vender o transferir	
50	Cierra circular	1	Necesario	Si	Organizar	
51	Auto	1	De más	Si	Vender o transferir	

Posterior a esto, se realizó un diagrama de barras con todos los elementos clasificados, dando como resultado 39 útiles, 3 obsoletos no útiles, 1 dañado útil, 6 de más útiles y 2 de más no útiles.

**Tabla 5.53.** Clasificación de objetos.

TIPO DE OBJETO	ÚTIL	NO ÚTIL
Necesario	39	0
Obsoleto	0	3
Dañado	1	0
De más	6	2



**Figura 5.28.** Diagrama de barras de objetos clasificados.

### 5.8.2 Ordenar o Seiton

Posteriormente se realizó la segunda S que corresponde a ordenar o también conocida como Seiton, en esta lista de verificación solo se encuentran los elementos necesarios y se les detalla su respectiva frecuencia de uso, divisada en el área de producción. Se les reasigna una ubicación de acuerdo a las bibliografías revisadas referentes al distributivo del layout y células de trabajo. En la siguiente tabla se muestran los elementos clasificados de acuerdo a la frecuencia de uso y su ubicación planteada.

**Tabla 5.54.** Lista de verificación de elementos ordenados, aplicación de la segunda “S”

		LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECK LIST) - SEITON			
FECHA	3/11/2021	Diseñado por: Aroca Jefferson, Martínez Ariel.			
EMPRESA	CARAL INGENIERÍA MECÁNICA				
ACTIVIDAD:	ORDENAR - SEITON	ÁREA:	Producción		
N°	Artículo	Cantidad	Necesario	Frecuencia de uso	Ubicación
1	Centro de mecanizados VDL-600A	1	Si	A cada momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
2	Centro de mecanizados VDL-1000	1	Si	A cada momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
3	Esmeril	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
4	Soldadoras	2	Si	Una vez al mes	Alejado de las demás máquinas
5	Tronzadora	1	Si	Una vez al mes	Cerca de las máquinas que realizan el producto similar
6	Fresa DP-FU-301	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
7	Fresa DP-FU-302	1	Si	Menos de una vez al mes	Cerca de las máquinas de caracteres similares
8	Fresa DP-FU-306	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
9	Torno T-CNC-201	1	Si	A cada momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
10	Torno T-CNC-202	1	Si	Todas las semanas	Cerca de las maquinas de caracteres y productos similares
11	Torno DP-TN-101	1	Si	Todas las semanas	Junto a las demás máquinas
12	Torno DP-TN-102	1	Si	Todas las semanas	Junto a las demás máquinas
13	Torno Fourten	1	Si	Una vez al mes	Alejado de las demás máquinas
14	Mesa de diseño	1	Si	A cada momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
15	Mesa de entallada	1	Si	Varias veces al día	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
16	Computadoras	2	Si	A cada momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
17	Estante de Coffe	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
18	Mesa VDL-600A	1	Si	Varias veces al día	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
19	Mesa VDL-1000	1	Si	Varias veces al día	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
20	Mesa T-CNC-201	1	Si	Varias veces al día	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
21	Mesa T-CNC-202	1	Si	Varias veces al día	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
22	Mesa de trabajo 1	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
23	Mesa de trabajo 2	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
24	Mesa de trabajo 4	1	Si	A cada momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
25	Mesas de transporte	2	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
26	Estante 1	1	Si	Una vez al mes	Alejado de las demás máquinas
27	Estante 2	1	Si	Una vez al mes	Alejado de las demás máquinas
28	Estante 3	1	Si	Una vez al mes	Alejado de las demás máquinas
29	Estante 4	1	Si	Todas las semanas	Junto a las demás máquinas
30	Estante 5	1	Si	Todas las semanas	Junto a las demás máquinas
31	Estante 6	1	Si	Todas las semanas	Junto a las demás máquinas
32	Estante 7	1	Si	Todas las semanas	Junto a las demás máquinas
33	Estante 9	1	Si	Todas las semanas	Junto a las demás máquinas
34	Estante 11	1	Si	Todas las semanas	Junto a las demás máquinas
35	Estante 12	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
36	Estante 13	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
37	Estante 14	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
38	Compresores	3	Si	A cada momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares
39	Cierra circular	1	Si	Todos los dias, no en todo momento	Cerca a la persona y junto a las maquinas de caracteres similares



Para esta fase de la metodología, además, se debe implementar la gestión visual para recordar al personal la necesidad de hábito en el cumplimiento de las normas, se presentan las gestiones visuales consideradas necesarias a criterio propio que deben ubicarse en la empresa:



**Figura 5.29.** Señalización para identificar máquinas, equipos, puestos de trabajo.



**Figura 5.30.** Señalización para identificar áreas y zonas de trabajo.



**Figura 5.31.** Señalización para identificar lugares.



**Figura 5.32.** Señalización para identificar salidas de emergencia.



**Figura 5.33.** Señalización para identificar equipos de protección.




**Figura 5.34.** Señalización para identificar lugares.

Para continuar con las tres fases restantes: limpieza, estandarización y disciplina, Caral Ingeniería Mecánica debe tener implementadas la clasificación y el orden, las cuales aún no son ejecutadas en la empresa, por falta de aprobación de la alta dirección y la crisis económica y sanitaria a causa del Covid 19; por esta razón las tres etapas siguientes fueron realizadas como propuestas, para mantener el orden y la limpieza desempeñadas en las dos fases anteriores.

### 5.8.3 Limpieza o Seiso

Para aplicar esta etapa, se debe elaborar preguntas de acuerdo al orden y limpieza desempeñadas en las dos fases anteriores, por lo tanto, se presenta una lista de verificación que la empresa puede aplicar dentro del área de producción con sus respectivos elementos influyentes dentro de la misma, en cada pregunta se debe calificar en cumple (C) o no cumple (NC) respectivamente.


**Tabla 5.55.** Lista de verificación de la tercera “S”, orden y aseo.

		AUDITORIA DE LA TERCERA ETAPA (LIMPIEZA)	
FECHA	5-nov	Diseñado por: Aroca Jefferson, Martínez Ariel	
EMPRESA		CARAL INGENIERIA MECÁNICA	
ROCESO A VERIFICAR		Orden y aseo del área de producción (SEISO)	
Nº	PREGUNTA O CRITERIO A EVALUAR		CUMPLIMIENTO (C) / (NC)
1	El centro de mecanizados VDL-600A se encuentra limpio		
2	El centro de mecanizados VDL-1000 se encuentra limpio		
3	La zona del esmeril se encuentra limpio		
4	La zona de las soldadoras se encuentra limpio		
5	La zona de la tronzadora se encuentra limpio		
6	La fresa DP-FU-301 se encuentra ordenada y limpia		
7	La fresa DP-FU-302 se encuentra ordenada y limpia		
8	La fresa DP-FU-306 se encuentra ordenada y limpia		
9	El torno T-CNC-201 se encuentra ordenado y limpio		
10	El torno T-CNC-202 se encuentra ordenado y limpio		
11	El torno DP-TN-101 se encuentra ordenado y limpio		
12	El torno DP-TN-102 se encuentra ordenado y limpio		
13	El torno Fourten se encuentra ordenado y limpio		
14	La mesa de diseño se encuentra ordenada		
15	La mesa de entenalla se encuentra limpia		
16	Las zonas de las computadoras se encuentran ordenadas y limpias		
17	El estante de Coffe se encuentra ordenado y limpio		
18	La mesa VDL-600A se encuentra limpia		
19	La mesa VDL-1000 se encuentra limpia		
20	La mesa T-CNC-201 se encuentra ordenada y limpia		
21	La mesa T-CNC-202 se encuentra ordenada y limpia		
22	La mesa de trabajo 1 se encuentra limpia		
23	La mesa de trabajo 2 se encuentra limpia		
24	La mesa de trabajo 4 se encuentra limpia		
25	Las mesa de transporte se encuentran limpias		
26	El estante 1 se encuentra ordenado		
27	El estante 2 se encuentra ordenado		
28	El estante 3 se encuentra ordenado		
29	El estante 4 se encuentra ordenado		
30	El estante 5 se encuentra ordenado		
31	El estante 6 se encuentra ordenado		
32	El estante 7 se encuentra ordenado		
33	El estante 9 se encuentra ordenado		
34	El estante 11 se encuentra ordenado		
35	El estante 12 se encuentra ordenado		
36	El estante 13 se encuentra ordenado		
37	El estante 14 se encuentra ordenado		
38	La zona de los compresores se encuentran limpios		
39	La mesa de la sierra se encuentra limpia		
40	Los pisos se encuentran despejados y limpios		
41	Las hojas de requisicion se encuentran ordenadas y en su sitio		
42	Los estantes de las piezas, materia prima sobrantes se encuentran ordenados		

#### 5.8.4 Estandarizar o Seiketsu

Los estándares que cuenta la empresa en el área de producción son casi nulos, por este motivo se desarrolló la siguiente tabla, en base a lo observado en el área de producción los cuales permiten mantener las instalaciones en orden.

**Tabla 5.56.** Verificación de la cuarta etapa (SEIKETSU).

		<b>VERIFICACIÓN DE LA CUARTA ETAPA (Estandarizar)</b>
<b>FECHA</b>	15/11/2021	Diseñado por: Aroca Jefferson, Martínez Ariel
<b>EMPRESA</b>	CARAL INGENIERÍA MECÁNICA	
<b>PROCESO A VERIFICAR</b>	Estandarizar o (Seiketsu)	
<b>Nº</b>	<b>PROPUESTAS DE ESTANDARIZACIÓN</b>	
1	Observaciones e inspecciones	
2	Auditorías internas	
3	Estándares de limpieza y verificación de la aplicación del mismo	
4	Elaborar políticas para el cumplimiento de las normas	
5	Elaborar cronograma de limpieza	
6	Implantar gestiones vizuales	
7	Demarcación de pisos	

### 5.8.5 Disciplina o Shitsuke

Al término de las cuatro etapas anteriores se debe realizar una ficha de seguimiento para evaluar la disciplina en el cumplimiento ya sea de política o estándares establecidos por la organización, a continuación, se presenta una hoja de seguimiento para evaluar la disciplina, basándose en los 4 aspectos anteriores ya tratados.

Tabla 5.57. Plantilla de auditoria 5`S, ejecución de la disciplina.

 <b>CARAL INGENIERÍA MECÁNICA "Auditoria de cumplimiento"</b>							
<b>Área:</b>		<b>Elaborado por:</b>		<b>Fecha:</b>			
<b>CATEGORÍA</b>	<b>CRITERIOS</b>			<b>Puntos</b>		<b>COMENTARIOS</b>	
				<b>Si</b>	<b>No</b>		
<b>A</b>	<b>Clasificar</b>	1	¿Se encuentran únicamente los elementos necesarios en el área de trabajo?				
		2	¿Los elementos innecesarios son retirados del área de trabajo?				
	<b>Total, clasificar</b>			<b>0</b>	<b>0</b>		
	<b>Organizar</b>	3	¿Se encuentran dentro del área de trabajo material , herramientas e implementos de limpieza?				
4		¿Las herramientas a utilizar se encuentran organizadas?					
5		¿Los elementos utilizados por los empleados tienen un lugar definido?					
<b>Total, organizar</b>			<b>0</b>	<b>0</b>			
<b>Limpiar</b>	6	¿El piso y el área de trabajo se encuentran limpios?					
	7	¿Las maquinas se encuentran limpias?					
	8	¿Herramientas y material de trabajo se encuentran limpios y ordenados?					
	<b>Total, limpiar</b>			<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>Estandarizar</b>	9	¿Los puestos de trabajo se encuentran implementados con tableros de control de la producción?					
	10	¿Cuenta con hojas de requisición de material para la elaboración de los productos?					
	11	¿Cuenta el área de trabajo con rutinas de orden y aseo)?					
	12	¿Los pisos se encuentran demarcados para un movimiento eficiente del personal y de productos?					
	13	¿Los tableros de herramientas cuentan con demarcación de los mismos?					
	14	¿Los estantes se encuentran codificados e indican que contienen en su interior?					
<b>Total, estandarizar</b>			<b>0</b>	<b>0</b>			
<b>Disciplina</b>	15	¿En las áreas de trabajo se encuentran las herramientas e implementos necesarios para la elaboración de los productos y las que no son devueltas a su sitio?					
	16	¿Las herramientas e implementos se encuentran organizadas y se encuentran en el lugar debido?					
	17	¿El área de trabajo se encuentra limpio y las herramientas a utilizarse están ordenadas?					
	18	¿Los tableros de control para la elaboración de los productos son respetados ?					
	19	¿Las hojas de requisición son respetadas?					
	20	¿Las rutinas de orden y limpieza son respetadas?					
	21	¿Las señaléticas de los pisos para el recorrido del personal y productos son respetados?					
	22	¿Son devueltas las herramientas innecesarias al tablero en el momento debido?					
	23	¿En los estantes se encuentran las piezas e implementos debidos?					
	<b>Total, disciplina</b>			<b>0</b>	<b>0</b>		

### 5.8.6 Resultados Esperados de la Aplicación de las 5'S

Con la aplicación de las 5'S se conseguirá mejorar la disposición en planta de la empresa, prestando orden y limpieza en el sistema productivo; además de esto, se disminuirá los tiempos de traslado del operario entre máquinas, puesto que facilitaría el tránsito de los mismos. De igual manera, se organizarán las herramientas y materiales que son útiles en el puesto de trabajo.

A continuación, se presenta el boceto planteado con la implementación de las 5'S:

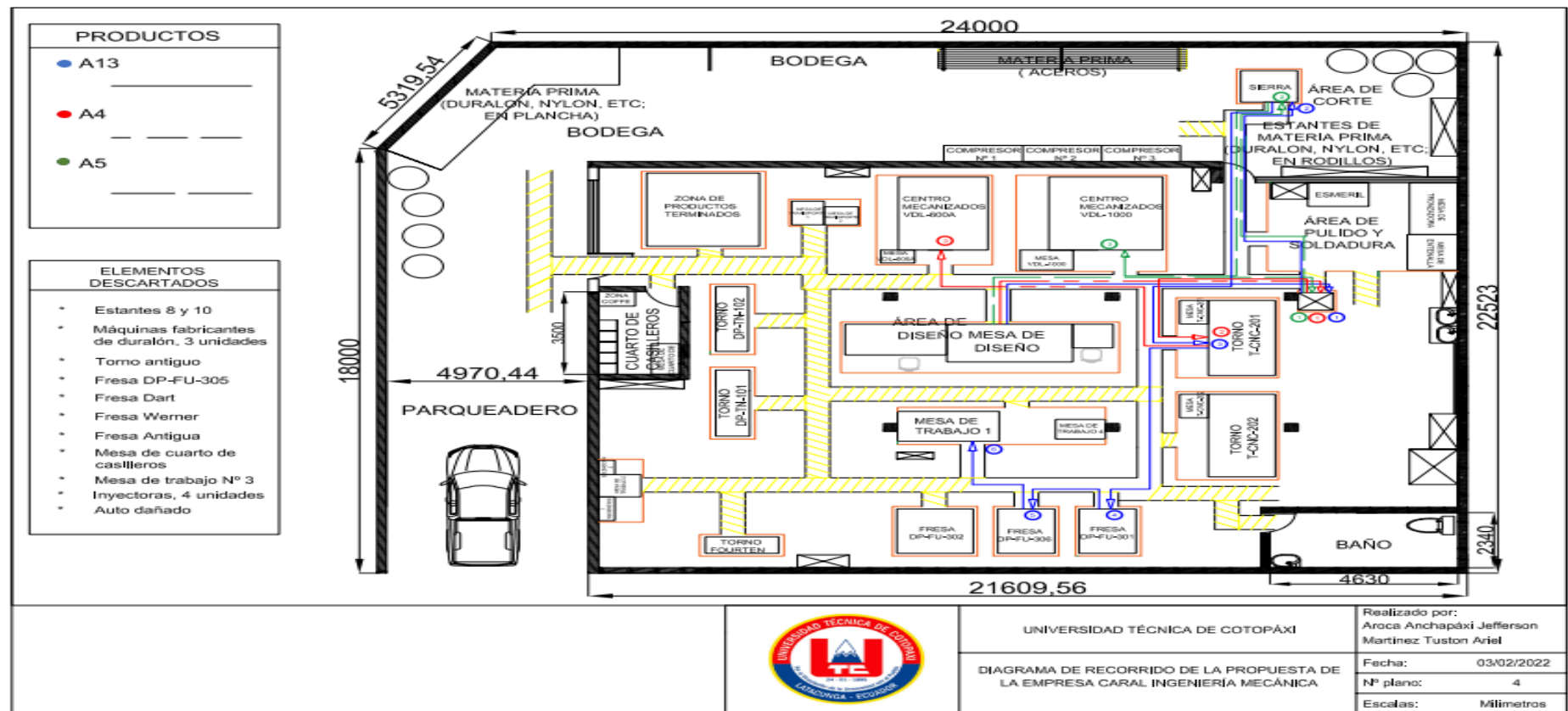



Figura 5.35. Propuesta de layout aplicando la metodología 5'S

## 5.9 COSTO BENEFICIO DE TRASLADOS Y ESPERAS

Se procede al cálculo del costo - beneficio por el lote de 10 piezas, la empresa Caral Ingeniería Mecánica cobra la hora de mecanizado \$ 40, dando como resultado la siguiente tabla:

**Tabla 5.58.** Cálculo del costo actual y propuesto para la obtención de los productos.

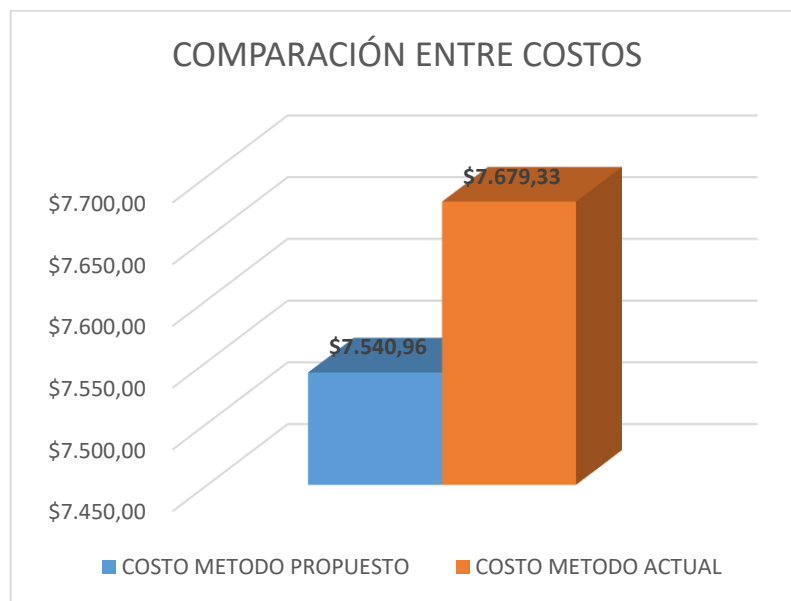
"CARAL INGENIERIA MECANICA"							
		COSTO BENEFICIO DE LA IMPLANTACIÓN		RESPONSABLES:	COSTO HORA MECANIZADO	PAGINA	
				Jefferson Aroca Ariel Martinez	\$ 40,00	1 de 1	
OBJETO/ALCANCE		Determinar el costo beneficio de la implantación de las mejoras		HORAS DE TRABAJO	VERSION		
				6,91	Versión inicial		
<b>COSTO METODO ACTUAL</b>							
PRODUCTO	TIEMPO CICLO 10 UNIDADES MINUTOS	LOTES DE PRODUCCIÓN DE 10 UNIDADES	TIEMPO REQUERIDO PARA CUMPLIR LA DEMANDA MINUTOS	TIEMPO REQUERIDO PARA CUMPLIR LA DEMANDA HORAS	TIEMPO EN DIAS PARA CUMPLIR CON LA DEMANDA	COSTO (\$)/HORA	COSTO TOTAL (\$)
A13	471,61	5	2358,04	39,30	5,69	\$ 40,00	\$ 1.572,02
A4	1640,63	4	6562,52	109,38	15,83	\$ 40,00	\$ 4.375,01
A5	866,15	3	2598,44	43,31	6,27	\$ 40,00	\$ 1.732,29
			<b>11519,00</b>	<b>191,98</b>	<b>27,78</b>	<b>\$ 40,00</b>	<b>\$ 7.679,33</b>
<b>COSTO METODO PROPUESTO</b>							
PRODUCTO	TIEMPO CICLO 10 UNIDADES MINUTOS	LOTES DE PRODUCCIÓN DE 10 UNIDADES	TIEMPO REQUERIDO PARA CUMPLIR LA DEMANDA MINUTOS	TIEMPO REQUERIDO PARA CUMPLIR LA DEMANDA HORAS	TIEMPO EN DIAS PARA CUMPLIR CON LA DEMANDA	COSTO (\$)/HORA	COSTO TOTAL (\$)
A13	470,60	5	2352,98	39,22	5,68	\$ 40,00	\$ 1.568,66
A4	1610,64	4	6442,56	107,38	15,54	\$ 40,00	\$ 4.295,04
A5	838,63	3	2515,90	41,93	6,07	\$ 40,00	\$ 1.677,27
			<b>11311,44</b>	<b>188,5240356</b>	<b>27,28</b>	<b>\$ 40,00</b>	<b>\$ 7.540,96</b>

### 5.9.1 Análisis de resultados del Costo – Beneficio

**Tabla 5.59.** Costo beneficio análisis de resultados de productos A13, A4 y A5.

PRODUCTO	COSTO ACTUAL \$	COSTO PROPUESTO \$	AHORRO \$
A13	\$ 1.572,02	\$ 1.568,71	\$ 3,31
A4	\$ 4.375,01	\$ 4.294,86	\$ 80,15
A5	\$ 1.732,29	\$ 1.677,27	\$ 55,03
<b>AHORRO TOTAL POR PEDIDO</b>			<b>\$ 138,49</b>

El costo actual del producto A13 es de \$ 1.572,02 mientras que el costo propuesto es de \$ 1.568,66, de tal manera que se ha reducido \$3,37 en este producto. De la misma manera, el costo actual del producto A4 es de \$ 4.375,01 mientras que el costo propuesto es de \$ 4.295,04 de tal manera que se ha reducido \$ 79,97 en este producto. De la misma manera, el costo actual del producto A5 es de \$ 1.732,29 mientras que el costo propuesto es de \$ 1.677,27 de tal manera que se ha reducido \$ 55,03 en este producto.



**Figura 5.36.** Comparación del costo actual total ante el propuesto total.

El costo total actual para la elaboración de los productos A13, A4 y A5 es de \$ 7.679,33 mientras que el propuesto es de \$ 7.540,96 dando un ahorro total de \$ 138,37 al mes



## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- En base al análisis de las mudas encontrados en la situación actual de la empresa con la propuesta de aplicación de herramientas de mejora, se muestra claramente que la eficiencia global de los equipos OEE con respecto a los tres productos aumenta de 58.64% a 64,44%, lo cual demuestra factibilidad la aplicación de las mismas en el mejoramiento del sistema productivo.
- El producto A13 y A5 comparten el proceso de corte lo cual, al ubicarse en la nave 2 se identifica tiempos prolongados por el traslado desde la nave 1, esta actividad genera en promedio 32.37 segundos por cada traslado al proceso mencionado, que resulta el mayor tiempo improductivo en la muda transportes.
- De acuerdo al análisis hombre máquina se pudo evidenciar que los tornos CNC y centros de mecanizado son las que más tiempo improductivo generan en el trabajador, ya que son máquinas automáticas y no necesita de manipulación del operario.
- La afectación directa a la espera de las piezas se ve reflejada por la actividad centrado de herramientas, misma que se dan por falta de implementos en la máquina y que analizando su comportamiento se puede eliminar esta actividad con la adquisición de los implementos.
- Ofrecer capacitaciones al personal es un punto clave para reducir los tiempos de espera del trabajador, puesto tomarían conciencia de la muda que genera al mantenerse observando la máquina y se dedicarían a realizar otras actividades productivas.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- La empresa debería considerar la compra de porta brocas para el centro de mecanizado VDL-100, debido a que existen espacios para ingresar más herramientas, con la finalidad de evitar el proceso de cambiar y centrar herramientas que demoran el proceso productivo
- Se recomienda a la alta dirección unir esfuerzos con los operarios para identificar algún otro inconveniente que afecte el desarrollo de las actividades productivas y tomar soluciones lo más rápido posible
- Se recomienda considerar la posibilidad de implantar el sistema kaban, puesto que esto permite controlar de manera visual el estado de los pedidos del cliente.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Hernández and A. Vizán, *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implantación*, EOI., vol. 1. Madrid, 2013.
- [2] L. Socconini, *LEAN MANUFACTURING Paso a paso*, Marge Books., vol. 1. Barcelona, 2019.
- [3] J. Cerón, J. Madrid, and A. Gamboa, “Desarrollo y casos de aplicación de Lean Manufacturing,” *Universidad Santiago de Cali*, pp. 2–3, Aug. 2015.
- [4] R. Carro and L. González, “EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES,” in *Administración de las Operaciones*, 2013, pp. 10–11.
- [5] W. Pinzón and A. Carlos, “Sistema de producción Toyota usando cibernética de tercer orden,” *Épsilon*, vol. 1, no. 24, pp. 178–180, Jun. 2015.
- [6] J. Ramos, “ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO PRODUCTIVO DE UNA LÍNEA DE FIDEOS EN UNA EMPRESA DE CONSUMO MASIVO MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA,” Lima, 2012.
- [7] V. Hernández, P. Zarate, and A. García, “MEJORAMIENTO DEL ÁREA DE MANUFACTURA DE UNA LÍNEA APLICANDO LA MANUFACTURA ESBELTA,” *JÓVENES EN LA CIENCIA*, vol. 3, pp. 285–286, 2017.
- [8] I. Escaida, P. Jara, and M. Letzkus, “MEJORA DE PROCESOS PRODUCTIVOS MEDIANTE LEAN MANUFACTURING,” *UTEM*, pp. 28–29, 2016.
- [9] A. Rojas, “LEAN MANUFACTURING: HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS,” *3C Empresa*, pp. 119–121, Dec. 2017.
- [10] R. Monsalvo, M. Miranda, and M. Romero, *Balace de materia y energía. Procesos industriales*, Patria., vol. 1. México, 2014.
- [11] A. Betancourt and M. Ruíz, “Propuesta de mejoras a la organización y servicio al proceso productivo de la mini-industria procesadora de frutas,” *Editorial Universitaria*, pp. 15–16, 2018.
- [12] A. Nuñez, L. Guitart, and X. baraza, *Dirección de operaciones Decisiones tácticas y estratégicas*, UOC. Barcelona, 2014.
- [13] H. Pulido and R. Vara, *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*, McGraw-Hill., vol. 3. Guanajuato, 2013.
- [14] F. Meyers and M. Stephens, *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*, PEARSON EDUCACIÓN,., vol. 3. México, 2006.

- [15] R. Chase and R. Jacobs, *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros*, McGraw-Hill., vol. 13. México, 2014.
- [16] L. Bayas, “TIEMPOS Y MOVIMIENTOS PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN DE CUERO ESCOLAR EN EL ÁREA SECA DE LA TENERÍA CABARO CÍA. LTDA,” Ambato, 2012.
- [17] J. Platas and Cervantes María, *Planeación, diseño y layout de instalaciones. Un enfoque por competencias*, Patria. México, 2014.
- [18] B. Niebel and A. Freivalds, *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*, McGRAW-HILL., vol. 12. México, 2009.
- [19] G. Baca and M. Cruz, *Introducción a la Ingeniería Industrial*, Ebook., vol. 2. México, 2014.
- [20] B. Render and J. Heizer, *PRINCIPIOS DE ADMINISTRACION DE OPERACIONES*, PEARSON EDUCACIÓN., vol. 9. México, 2014.
- [21] J. Maldonado, *FUNDAMENTOS DE CALIDAD TOTAL*, UNAH. Honduras, 2018.

## 8 ANEXOS

**Tabla 8.1.** Hombre – Máquina, proceso de requisición actual, producto A13.

PROCESO DE REQUISICIÓN	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	1	Tomar orden de trabajo	5,43
	2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	10,06
	3	Llenar hoja de requisición de material	122,68
	4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,15
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE		<b>140,32</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		100%
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		0,00

**Tabla 8.2.** Hombre – Máquina, proceso de requisición propuesto, producto A13.

PROCESO DE REQUISICIÓN	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	1	Tomar orden de trabajo	5,43
	2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	6,65
	3	Llenar hoja de requisición de material	122,68
	4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,15
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE		<b>136,90</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		100%
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		0,00

**Tabla 8.3.** Hombre – Máquina, proceso de terminados y envío actual, producto A13.

PROCESO DE TERMINADOS Y ENVÍO	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	25	Trasladar pieza a mesa	10,87
	26	Limpiar rebaba de la pieza	1213,74
	27	Empacar y enviar pieza	2467,80
	TIEMPO DEL CICLO DE ACABADOS		<b>3692,41</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0,00</b>

**Tabla 8.4.** Hombre – Máquina, proceso de terminados y envío propuesto, producto A13.

PROCESO DE TERMINADOS Y ENVÍO	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	25	Trasladar pieza a mesa	2,14
	26	Limpiar rebaba de la pieza	1213,74
	27	Empacar y enviar pieza	2467,80
	TIEMPO DEL CICLO DE ACABADOS		<b>3683,68</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0,00</b>

**Tabla 8.5.** Hombre – Máquina, proceso de requisición actual, producto A4.

PROCESO DE REQUISICIÓN	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	1	Tomar orden de trabajo	5,13
	2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	11,21
	3	Llenar hoja de requisición de material	122,85
	4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,28
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE		<b>141,46</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0</b>

**Tabla 8.6.** Hombre – Máquina, proceso de requisición propuesto, producto A4.

PROCESO DE REQUISICIÓN	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	1	Tomar orden de trabajo	5,13
	2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	6,48
	3	Llenar hoja de requisición de material	122,85
	4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,28
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE		<b>136,73</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0</b>

**Tabla 8.7.** Hombre – Máquina, proceso de machuelado terminado y envíos actual, producto A4.

PROCESO DE MACHUELA DO, TERMINADOS Y ENVÍO	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	20	Trasladar pieza a mesa de trabajo	15,76
	21	Ajustar pieza en tornillo de banco	230,14
	22	Machuelar	17951,90
	23	Limpiar rebaba	1200,22
	24	Empacar y enviar	2478,22
	TIEMPO DEL CICLO DE ACABADOS		<b>21876,24</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0,00</b>	

**Tabla 8.8.** Hombre – Máquina, proceso de machuelado terminado y envíos propuesto, producto A4

PROCESO DE MACHUELADO, TERMINADOS Y ENVÍO	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	20	Trasladar pieza a mesa de trabajo	9,37
	21	Ajustar pieza en tornillo de banco	230,14
	22	Machuelar	17951,90
	23	Limpiar rebaba	1200,22
	24	Empacar y enviar	2478,22
	TIEMPO DEL CICLO DE ACABADOS		<b>21869,85</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0,00</b>	

**Tabla 8.9.** Hombre – Máquina, proceso de requisición actual, producto A5.

PROCESO DE REQUISICIÓN	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	1	Tomar orden de trabajo	5,19
	2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	10,65
	3	Llenar hoja de requisición de material	122,21
	4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,23
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE		<b>140,28</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0</b>

**Tabla 8.10.** Hombre – Máquina, proceso de requisición propuesto, producto A5.

PROCESO DE REQUISICIÓN	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	1	Tomar orden de trabajo	5,19
	2	Trasladarse a tomar hoja de requisición de material	6,78
	3	Llenar hoja de requisición de material	122,21
	4	Entregar hoja de requisición a encargado de compras	2,23
	TIEMPO DEL CICLO DE CORTE		<b>136,41</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0</b>

**Tabla 8.11.** Hombre – Máquina, proceso de terminados y envío actual, producto A5.

PROCESO DE TERMINADOS Y ENVÍOS	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	16	Trasladar pieza a mesa de diseño	2,18
	17	Limpiar rebaba de la pieza	1401,40
	18	Empacar y enviar pieza	1804,90
	TIEMPO DEL CICLO DE ACABADOS		<b>3208,48</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0,00</b>

**Tabla 8.12.** Hombre – Máquina, proceso de terminados y envío propuesto, producto A5.

PROCESO DE TERMINADOS Y ENVÍOS	Nº	OPERARIO	TIEMPO (segundos)
	25	Trasladar pieza a mesa de diseño	2,56
	26	Limpiar rebaba de la pieza	1401,40
	27	Empacar y enviar pieza	1804,90
	TIEMPO DEL CICLO DE ACABADOS		<b>3208,86</b>
	UTILIZACIÓN DEL TRABAJADOR		<b>100%</b>
	TIEMPO IMPRODUCTIVO DEL TRABAJADOR		<b>0,00</b>



**Figura 8.1.** Toma de tiempos para el estudio, Jefferson.



**Figura 8.2.** Toma de tiempos para el estudio, Ariel.





a) Exponiendo propuestas a socios de la empresa



b) Análisis de apertura de la puerta.

**Figura 8.3.** Analizando las propuestas de mejora por los socios de la empresa.



a) Desperdicios obstaculizando el paso.



b) Adopción de la propuesta planteada.

**Figura 8.4.** Antes vs después, adoptando 5´S.



