



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

## **CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

### **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

#### **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DEL TALLER DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ADELCA ALOAG.”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

#### **AUTORES:**

Paute Laguatasig Francisco Javier

Segovia Vizuete Jaime Bladimir

#### **TUTOR:**

Ing. MSc. Espín Beltrán Cristian Xavier

**Latacunga – Ecuador**

**Febrero – 2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **Paute Laguatasig Francisco Javier** y **Segovia Vizuite Jaime Bladimir**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DEL TALLER DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ADELCA ALOAG”**, siendo el Ing. MSc. Espín Beltrán Cristian Xavier, tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Paute Laguatasig Francisco Javier

C.I.: 172404616-2



Segovia Vizuite Jaime Bladimir

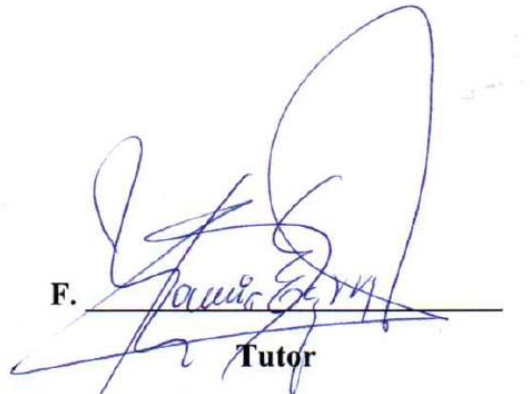
C.I.: 235005695-4

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

**“ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DEL TALLER DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ADELCA ALOAG”** de, Paute Laguatasig Francisco Javier y Segovia Vizuite Jaime Bladimir, 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, Febrero 2020

  
F. \_\_\_\_\_  
Tutor  
Ing. MSc. Espín Beltrán Cristian Xavier

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: PAUTE LAGUATASIG FRANCISCO JAVIER, SEGOVIA VIZUETE JAIME BLADIMIR, con el título de Proyecto de titulación: “ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DEL TALLER DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ADELCA ALOAG”, 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 a, Febrero 2020

F.

**Lector 1 (Presidente)**

Ing. MSc. Marín Vélez Diana del Carmen

CC: 120414450-3

F.

**Lector 2**

Ing. MSc. Tello Córdor Ángel Marcelo

CC: 050151855-9

F.

**Lector 3**

Ing. PhD. Ulloa Enríquez Medardo Ángel

CC: 100097032-5

## AVAL DE LA EMPRESA



## CARTA DE AVAL

Alóag, a 31 de enero del 2020.

Ing. Santiago Mena.

**JEFE DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.**

**ADELCA ACERÍA DEL ECUADOR S.A.**

Mediante la presente, doy a conocer que los señores: Paute Laguatasig Francisco Javier y Segovia Vizuite Jaime Bladimir, estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, participan en la realización del proyecto de investigación: "ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DEL TALLER DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA EMPRESA ADELCA ALOAG", llevado a cabo en los meses de octubre 2019 hasta febrero 2020.

Se manifiesta el apoyo para el estudio y la ejecución del proyecto de investigación, proporcionando la información necesaria para su culminación.

Atentamente.

Ing. Santiago Mena. MBA.

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios y a la vida por permitirme concluir la carrera universitaria y graduarme de Ingeniero Industrial con el apoyo de mis padres y hermanos dedicando todo su esfuerzo hasta verme culminar los estudios de pregrado.*

*Agradezco también a todas esas personas de buen corazón que me han abierto sus puertas durante toda la trayectoria estudiantil que han sido mis padrinos Dr. Vinicio Utreras y Sra. Matilde Caiza, un ejemplo a seguir y siempre me han formado en la calidad de persona que soy.*

*Finalmente, agradezco al alma mater, la Universidad Técnica de Cotopaxi y a toda su planta docente por los conocimientos brindados en sus aulas de estudio.*

**BLADIMIR SEGOVIA**

*Agradezco a Dios y a la vida por permitirme concluir la carrera universitaria y graduarme de Ingeniero Industrial con el apoyo de mis padres, hermanos, mi abuelita Laura y demás familiares que me ayudaron a recorrer este camino lleno de dificultades e inconvenientes pero que con su apoyo se logró cumplir este sueño anhelado.*

*De manera especial también agradezco a mis amigos por estar en momentos alegres y tristes adquiriendo experiencias y nuevos conocimientos, a Jessi quien me apoya con consejos y nunca me deja solo.*

*Finalmente, agradezco al alma mater, la Universidad Técnica de Cotopaxi y a toda su planta docente por los conocimientos brindados en sus aulas de estudio.*

**FRANCISCO PAUTE**

## DEDICATORIA

*Este proyecto de grado está dedicado a la constancia que he puesto durante todos estos años de estudio, a todos los sacrificios personales que he realizado, a Dios por todas sus bendiciones, dedicado a mis padres: René Segovia e Inés Vizúete por su comprensión y confianza que han puesto en mí, dedicado por todos los esfuerzos y sacrificios que han realizado para apoyarme en los estudios y a mis hermanos por ser mi fortaleza moral durante todo este tiempo. Siempre estaré orgulloso de ustedes y el cumplir esta meta es gracias a ustedes.*

**BLADIMIR SEGOVIA**



*Este proyecto de grado está dedicado a Dios por todas sus bendiciones, dedicado a mis padres: Blanca Laguatasig y Luis Paute quienes me guían por el camino correcto con sus consejos, cariño y comprensión; ellos han forjado mi carácter y me han puesto en el lugar que estoy ahora.*

**FRANCISCO PAUTE**

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pág.
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b> .....	ii
<b>AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	iii
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN</b> .....	iv
<b>AVAL DE LA EMPRESA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>DEDICATORIA</b> .....	viii
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	ix
Índice de tablas .....	xiv
Índice de gráficos .....	xv
Índice de Ecuaciones .....	xvii
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	2
<b>3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO</b> .....	3
<b>4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	4
4.1. Evaluación del problema mediante el diagrama de causa – efecto.....	5
4.1.1. Maquinaria.....	6
4.1.2. Personal. ....	6
4.1.3. Métodos. ....	7
4.1.4. Materiales. ....	7
<b>5. OBJETIVOS</b> .....	8
5.1. Objetivo general .....	8
5.2. Objetivos específicos .....	8
<b>6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS</b> .....	9
6.1. Actividades del objetivo 1 .....	9

6.2.	Actividades del objetivo 2.....	10
6.3.	Actividades del objetivo 3.....	11
<b>7.</b>	<b>FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA .....</b>	<b>12</b>
7.1.	Sistema de producción .....	12
7.1.1.	Definición de Procesos.....	13
7.1.2.	Indicadores de calidad.....	14
7.1.3.	Definición Productividad.....	14
7.1.4.	Eficiencia.....	16
7.1.5.	Eficacia.....	16
7.1.6.	Horas hombre.....	17
7.1.7.	Eficiencia económica.....	18
7.1.8.	Esperas.....	18
7.1.9.	Transportes.....	19
7.2.	Herramientas de diagnóstico.....	20
7.2.1.	Diagrama de procesos.....	22
7.2.2.	Diagrama de Pareto.....	25
7.2.3.	Diagrama de causa – efecto (ISHIKAWA).....	27
7.2.4.	Diagrama hombre – máquina.....	29
7.2.5.	Método de Monte Carlo.....	31
<b>8.</b>	<b>VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS .....</b>	<b>33</b>
8.1.	Preguntas científicas: .....	33
<b>9.</b>	<b>METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>33</b>
9.1.	Tipo de investigación .....	33
9.1.1.	Investigación exploratoria.....	33
9.1.2.	Investigación descriptiva.....	33
9.1.3.	Investigación explicativa.....	33
9.2.	Métodos de investigación.....	33

9.2.1.	Método inductivo.....	34
9.2.2.	Método Bibliográfico. ....	34
9.2.3.	Método Analítico.....	34
9.3.	Técnicas de investigación.....	34
9.3.1.	La observación.....	34
9.3.2.	La entrevista. ....	35
9.3.3.	Diagrama de Pareto. ....	35
9.3.4.	Diagrama de procesos.....	35
9.3.5.	Diagrama Hombre – Máquina. ....	35
9.3.6.	Método de Montecarlo. ....	35
<b>10.</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>36</b>
10.1.	Descripción general del taller.....	36
10.1.1.	Secciones del taller de ingeniería Industrial. ....	38
10.1.2.	Subáreas con la que colabora el taller de ingeniería Industrial.....	39
10.1.3.	Subáreas con la que colabora el taller de ingeniería industrial.....	40
10.1.4.	Áreas de trabajo del taller de ingeniería Industrial. ....	41
10.2.	Recopilar información de los tres macroprocesos existentes en el Taller de Ingeniería Industrial para fundamentar la propuesta mediante la interpretación de la base de datos históricos existentes.....	43
10.2.1.	Análisis general de los 3 macroprocesos dentro del taller de ingeniería industrial.....	43
10.2.2.	Identificación e interpretación de los resultados del análisis de los 3 macroprocesos.....	48
10.2.3.	Clasificación de los trabajos registrados en la base de datos.....	51
10.3.	Analizar la información recolectada mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico para determinar el estado actual del Taller de ingeniería Industrial.....	52
10.3.1.	Selección del trabajo más crítico en cada macroproceso.....	52
10.3.2.	Identificar daños más comunes que se presentan en la reparación de paneles.....	57

10.3.3.	Determinar los tiempos de ciclo de la actividad de muestreo seleccionada de mantenimiento y fabricaciones. ....	59
10.3.4.	Identificación del porcentaje de utilización de la máquina Roladora y CNC plasma.....	62
10.4.	Proponer una mejora de los tres macroprocesos con el fin de plasmar niveles óptimos en los indicadores del taller de ingeniería industrial.....	65
10.4.1.	Análisis de mejora en la reparación de paneles. ....	65
10.4.2.	Mejorar y controlar la muestra seleccionada en el macroproceso de fabricación.....	75
<b>11.</b>	<b>IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....</b>	<b>82</b>
11.1.	Impacto técnico .....	82
11.2.	Impacto económico .....	82
11.3.	Impacto ambiental .....	82
<b>12.</b>	<b>PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO .....</b>	<b>83</b>
<b>13.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>84</b>
13.1.	Conclusiones .....	84
13.2.	Recomendaciones.....	85
<b>14.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>86</b>
<b>15.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo 1:</b>	<b>Base de datos del 2018 y 2019 .....</b>	<b>89</b>
<b>Anexo 2:</b>	<b>Base de datos de Proyectos.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexo 3:</b>	<b>Análisis global del año 2018.....</b>	<b>91</b>
<b>Anexo 4:</b>	<b>Informe de actividades realizadas para orden de trabajo.....</b>	<b>92</b>
<b>Anexo 5:</b>	<b>Distribución de corte para Tundish .....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 6:</b>	<b>Lista de partes para la fabricación del Tundish .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexo 7.</b>	<b>Hoja de vida del docente tutor .....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo 8.</b>	<b>Hoja de vida de los estudiantes .....</b>	<b>97</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Beneficiarios del proyecto.....	3
<b>Tabla 2:</b> Actividades del objetivo 1.....	9
<b>Tabla 3:</b> Actividades del objetivo 2.....	10
<b>Tabla 4:</b> Actividades del objetivo 3.....	11
<b>Tabla 5:</b> Codificación de órdenes de trabajo .....	40
<b>Tabla 6:</b> Diagrama de Flujo de Proyectos .....	44
<b>Tabla 7:</b> Diagrama de Flujo de mantenimiento .....	46
<b>Tabla 8:</b> Diagrama de Flujo de fabricaciones .....	47
<b>Tabla 9:</b> Costos 2018 del taller de ingeniería .....	48
<b>Tabla 10:</b> Costos 2019 del taller de ingeniería. ....	49
<b>Tabla 11:</b> Muestreo de las actividades a mejorar .....	57
<b>Tabla 12:</b> Fallas en los paneles.....	58
<b>Tabla 13:</b> Diagrama de flujo de reparación de paneles .....	60
<b>Tabla 14:</b> Diagrama de flujo de fabricación del Tundish.....	61
<b>Tabla 15:</b> Diagrama hombre - máquina de la CNC plasma.....	63
<b>Tabla 16:</b> Resultados del diagrama hombre - máquina de la CNC plasma .....	64
<b>Tabla 17:</b> Resultados del diagrama hombre - máquina de la Roladora.....	64
<b>Tabla 18:</b> Resultados del diagrama hombre - máquina de la Roladora.....	64
<b>Tabla 19:</b> Resumen de la base de datos de fallas de paneles.....	65
<b>Tabla 20:</b> Total de fallas de los paneles. ....	66
<b>Tabla 21:</b> Tabla de probabilidades de fallo .....	70
<b>Tabla 22:</b> Pronóstico de fallas para el 2020 .....	71
<b>Tabla 23:</b> Comparación de fallas de los paneles en los años 2018 – 2020.....	73
<b>Tabla 24:</b> tiempo de corte en plancha de 15mm.....	75
<b>Tabla 25:</b> Tabla de corte en plancha de 20mm.....	76
<b>Tabla 26:</b> Tabla de corte en plancha de 30mm.....	76
<b>Tabla 27:</b> Cálculo de tiempo de soldadura .....	78
<b>Tabla 28:</b> Nuevo diagrama de flujo de la fabricación del Tundish .....	79
<b>Tabla 29:</b> hoja de control del Tundish.....	81
<b>Tabla 30:</b> Presupuesto para el proyecto de investigación.....	83
<b>Tabla 31:</b> Análisis global del año 2018 .....	91

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1:</b> Diagrama de ISHIKAWA .....	5
<b>Gráfico 2:</b> Administración moderna de una organización.....	13
<b>Gráfico 3:</b> Representación de un cuello de botella.....	19
<b>Gráfico 4:</b> Diagrama de transporte y distribución de productos terminados.....	20
<b>Gráfico 5:</b> La mejora de la productividad enfocada a los procesos.....	22
<b>Gráfico 6:</b> Diagrama de procesos .....	23
<b>Gráfico 7:</b> Diagrama de Pareto .....	26
<b>Gráfico 8:</b> Diagrama causa - efecto .....	28
<b>Gráfico 9:</b> Diagrama hombre- máquina.....	30
<b>Gráfico 10:</b> Taller de ingeniería industrial .....	36
<b>Gráfico 11:</b> Horas hombre 2019 de cada macroproceso .....	37
<b>Gráfico 12:</b> Taller - sección de suelda.....	38
<b>Gráfico 13:</b> Taller - sección de rolado.....	39
<b>Gráfico 14:</b> Organigrama Institucional del Taller de Ingeniería Industrial.....	41
<b>Gráfico 15:</b> Lay Out del Taller de Ingeniería Industrial.....	42
<b>Gráfico 16:</b> Consumo de H-H en el 2018.....	49
<b>Gráfico 17:</b> Consumo de H-H en el 2019.....	50
<b>Gráfico 18:</b> Diagrama de Pareto de mantenimiento 2018 .....	53
<b>Gráfico 19:</b> Diagrama de Pareto de mantenimiento 2019 .....	53
<b>Gráfico 20:</b> Análisis Pareto de reparaciones 2018.....	54
<b>Gráfico 21:</b> Análisis Pareto de reparaciones 2019 .....	54
<b>Gráfico 22:</b> Pareto de Fabricaciones 2018.....	56
<b>Gráfico 23:</b> Pareto de Fabricaciones 2019.....	56
<b>Gráfico 24:</b> Pareto de paneles con más frecuencia de daño en 2018.....	58
<b>Gráfico 25:</b> Pareto de paneles con más frecuencia de daño en 2019.....	59
<b>Gráfico 26:</b> Fallas de los paneles 2018 vs 2019 .....	66
<b>Gráfico 27:</b> Probabilidad de fallo de los paneles.....	70
<b>Gráfico 28:</b> Fallas de paneles 2018 vs 2019 vs 2020 .....	74
<b>Gráfico 29:</b> Pantalla de inicio de la hoja de control. ....	80
<b>Gráfico 30:</b> Base de datos del 2018.....	89
<b>Gráfico 31:</b> Base de datos del 2019.....	89
<b>Gráfico 32:</b> Informe de actividades de reparación de paneles.....	92

<b>Gráfico 33:</b> Informe de actividades de fabricación de un Tundish .....	92
<b>Gráfico 34:</b> Plancha de 2400 mm x 6000 mm.....	93
<b>Gráfico 35:</b> Corte de 2400 mm x 2515 mm.....	93
<b>Gráfico 36:</b> Corte de 3485 mm x 2400 mm.....	94
<b>Gráfico 37:</b> Corte de 2400 mm x 6000 mm.....	94
<b>Gráfico 38:</b> Lista de partes para la fabricación del Tundish.....	95



## Índice de Ecuaciones

<b>Ecuación 1:</b> Fórmula de productividad .....	15
<b>Ecuación 2:</b> Fórmula de productividad .....	15
<b>Ecuación 3:</b> Fórmula de eficiencia .....	16
<b>Ecuación 4:</b> Fórmula de eficacia .....	17
<b>Ecuación 5:</b> Probabilidad de imprevistos .....	67
<b>Ecuación 6:</b> Probabilidad de arco eléctrico .....	67
<b>Ecuación 7:</b> Probabilidad de nivel de acero alto .....	67
<b>Ecuación 8:</b> Probabilidad de sin refrigeración.....	67
<b>Ecuación 9:</b> Probabilidad de fatiga del material.....	68
<b>Ecuación 10:</b> Probabilidad de lanza de O2.....	68
<b>Ecuación 11:</b> Probabilidad de falla de soldadura .....	68
<b>Ecuación 12:</b> Probabilidad de frecuencia .....	69
<b>Ecuación 13:</b> Probabilidad de cambio de cuba.....	69

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TEMA:** “ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DEL TALLER DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ADELCA ALOAG”

**Autores:**

Paute Laguatasig Francisco Javier

Segovia Vizueté Jaime Bladimir

### RESUMEN

La empresa Adelca Aloag dedicada a la fundición y procesamiento del acero, cuenta con áreas especializadas para brindar apoyo dentro de las mismas, siendo el taller de ingeniería industrial un área que colabora horizontalmente con todos los departamentos de la fundidora para planificar, diseñar, implantar y operar eficientemente los trabajos integrados por personas, materiales y herramientas con la finalidad de evitar demoras en los procesos de fabricación y mantenimiento de piezas dentro del taller y poder asegurar el mejor desempeño de sistemas relacionados con la producción de acero. El taller cuenta con 3 macroprocesos: mantenimiento, fabricaciones y proyectos, los mismos que son el objetivo principal de esta investigación para analizar los procesos del taller, mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico que permitan determinar el estado actual y establecer mejoras. Con la aplicación del método inductivo y analítico nos permiten partir desde el análisis de la base de datos de los años 2018, 2019 y con la aplicación de herramientas de diagnóstico: gráficos estadísticos, diagrama causa - efecto, diagrama de Pareto, diagrama de procesos y método de Montecarlo; por consiguiente da como resultados que el taller fue 43% más productivo en el año 2018 a razón del 2019, esto se debe a que en este año el taller se dedicó más a las actividades de mantenimiento siendo la más crítica la reparación de paneles con la causa más frecuente la fatiga de material (cambios drásticos de temperatura) realizando una predicción a través del método de Montecarlo de 32 fallas para el presente año 2020, por otra parte, se reduce en un 34% el tiempo de fabricación del tundish, todo lo detallado en esta investigación permite la toma de decisiones y proponer mejoras para un futuro de esta importante área dentro de la fundidora.

**Palabras clave:** Fundición, demoras, herramientas de diagnóstico, fatiga de material, método Montecarlo, criticidad y mejoras.

# COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

## FACULTY ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME:** "ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING WORKSHOP PROCESSES IN ADELCA ALOAG"

**Authors:**

Paute Laguatasig Francisco Javier

Segovia Vizuite Jaime Bladimir

### ABSTRACT

The company Adelca Aloag carries out smelting and processing of steel activities; it has specialized areas to provide support to different departments. The industrial engineering workshop is considered an area that collaborates horizontally with all the departments of the smelter to plan, design, implement and efficiently operate the assignments that require people, materials and tools to avoid delays in the manufacturing and maintenance for parts and to ensure the best performance of systems related to steel production. The workshop has 3 macro processes: maintenance, manufactures, and projects. The main objective of this research is to analyze the processes of the workshop through the application of diagnostic tools to determine the current state and set improvements. The use of inductive and analytical method allows the researchers to start from the analysis of the database from 2018 and 2019 years as well as the application of diagnostic tools: statistical graphs, cause and effect diagram, Pareto diagram, process diagram, and Montecarlo method. Therefore, the results showed the workshop was 43% more productive in 2018 that differs from 2019 because during the second year the workshop was mainly dedicated to maintenance activities being the most critical the repair of panels with fatigue material as the most frequent cause (drastic temperature changes) after that a prediction through the Monte Carlo method of 32 faults for the present year 2020 was made; on the other hand, the time of manufacture of Tundish is reduced by 34%. All detail in this research allows taking decisions to propose improvements for the future of this important area within the smelter.

**Keywords:** smelting, delays, diagnostic tools, material fatigue, Montecarlo method, criticality, and improvements.



## *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 del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: PAUTE LAGUATASIG FRANCISCO JAVIER** y **SEGOVIA VIZUETE JAIME BLADIMIR**, cuyo título versa "**ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DEL TALLER DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ADELCA ALOAG**", 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 certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,

.....  
Lcdo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg.

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**

C.C. 172241757-1



## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

**Título del Proyecto:**

ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DEL TALLER DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN ADELCA ALOAG.

**Fecha de inicio:**

Octubre del 2019

**Fecha de finalización:**

Febrero del 2020

**Lugar de ejecución:**

Vía Alóag, Sto. Domingo Km.1 ½, Alóag - Cantón Mejía – Pichincha – Ecuador, Adelca C.A.

**Facultad que auspicia:**

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS (CIYA)

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial

**Proyecto de investigación vinculado:**

Ingeniería Industrial

**Equipo de trabajo:**

➤ **TUTOR:**

Ing. MSc. Espín Beltrán Cristian Xavier

➤ **ESTUDIANTES:**

Paute Laguatasig Francisco Javier

Segovia Vizquete Jaime Bladimir

**Área de conocimiento:**

Ingeniería, industria y construcción

**Línea de investigación:**

Procesos Industriales

**Sub línea de investigación de la Carrera:**

- Procesos Productivos

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La investigación de este proyecto se la realiza enfocada en proponer un mejoramiento de los procesos productivos en el taller de ingeniería industrial de Adelca Aloag, se plantea iniciar con un levantamiento de información aplicando herramientas de análisis con el propósito de determinar los problemas más relevantes que el taller presenta actualmente en cuanto a sus procesos productivos porque el fin es proponer una mejora a futuro que pueda resolver los problemas que tiene el taller, esto ayudará a tener un enfoque flexible ante los cambios de entorno y de procedimientos que debe ir realizando el taller al margen de la mejora continua año tras año.

Por otra parte, el presente proyecto de investigación debe partir de un análisis y levantamiento de los procesos generando información más detallada de las actividades realizadas sirviendo como base para aplicar herramientas de análisis y proponer una mejora, por consecuente, aplicar los diferentes tipos de herramientas que permitan detectar todos los inconvenientes que se presenten en el taller beneficiando directamente al área para llegar a ser más productiva, eficiente reduciendo costos de fabricación y mantenimiento. Otro de los aportes que dará esta investigación es el análisis de los niveles de utilización de las máquinas CNC router plasma y la roladora porque no se ha determinado una capacidad instalada de estas.

Para culminar la investigación se enfocará en las partes más conflictivas de los procesos productivos proponiendo soluciones a futuro, recomendaciones que le permitan al taller de ingeniería mejorar los diferentes indicadores, todo esto representado en dólares que se ahorra la empresa al aplicar las mejoras planteadas.

### 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto

Beneficiarios	Características	Género	
		Masculino	Femenino
DIRECTOS	Supervisor del Taller de Ingeniería Industrial	1	
	Dibujante	1	
	Pasante del área	1	
	Trabajadores del Taller de Ingeniería Industrial	8	
INDIRECTOS	Personal administrativo de la fundidora	5	2
	Trabajador de hornos	2	
	Supervisor de colada continua	1	
	Trabajadores de colada continua	7	
	Supervisor de grúas	1	
	Trabajadores de puentes grúas	4	
	Jefe de eléctricos	1	
	Eléctricos de la fundidora	8	
	Supervisor de servicios	1	
	Trabajadores de servicios generales	9	
	Supervisor de producción	1	
	Supervisor de calidad		1
	Trabajadores de calidad	4	
	Supervisor de refractarios		1
	Trabajadores de refractarios	5	
	Bodega	3	
Jefatura de Mantenimiento	1		
	Total	65	3
<b>Total, beneficiarios directos e indirectos</b>		<b>68</b>	

Elaborado por: Grupo de investigación

#### 4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Actualmente en el taller de ingeniería industrial se ha podido determinar algunas situaciones problemáticas que permiten identificar hacia dónde va direccionada la solución de este proyecto de investigación; entre las más relevantes tenemos:

- ✓ Existen cuellos de botella en la ejecución de actividades de los procesos productivos del taller de ingeniería industrial.
- ✓ Carencia de herramientas de diagnóstico para la aplicación de una mejora continua.
- ✓ Poca utilización de los equipos y herramientas dentro del taller.
- ✓ Falta de estandarización de los procesos productivos del taller.
- ✓ El no cumplimiento de procedimientos en las actividades dentro del taller.
- ✓ La ejecución de varias actividades a la vez.

Todas estas situaciones problemáticas mencionadas anteriormente, dan la pauta de las herramientas que se debe utilizar para un análisis y mejora, buscando niveles óptimos de rendimiento y competitividad para el taller; esto depende en gran parte de lo apropiado que se estén ejecutando las actividades de su sistema productivo y al carecer de un estudio que involucra, se tiene la necesidad de hacerlo.

Es el primer estudio de análisis y mejora que se realiza en el taller de ingeniería industrial ubicado dentro de la fundidora en Adelca Aloag, por esta razón la problemática a estudiar no cuenta con un estudio de referencia interno. El punto de partida es diagnosticar el estado actual del taller de ingeniería industrial, esto permite identificar cuál de los 3 macroprocesos: mantenimiento, fabricaciones y proyectos; son más susceptibles a mejoras.

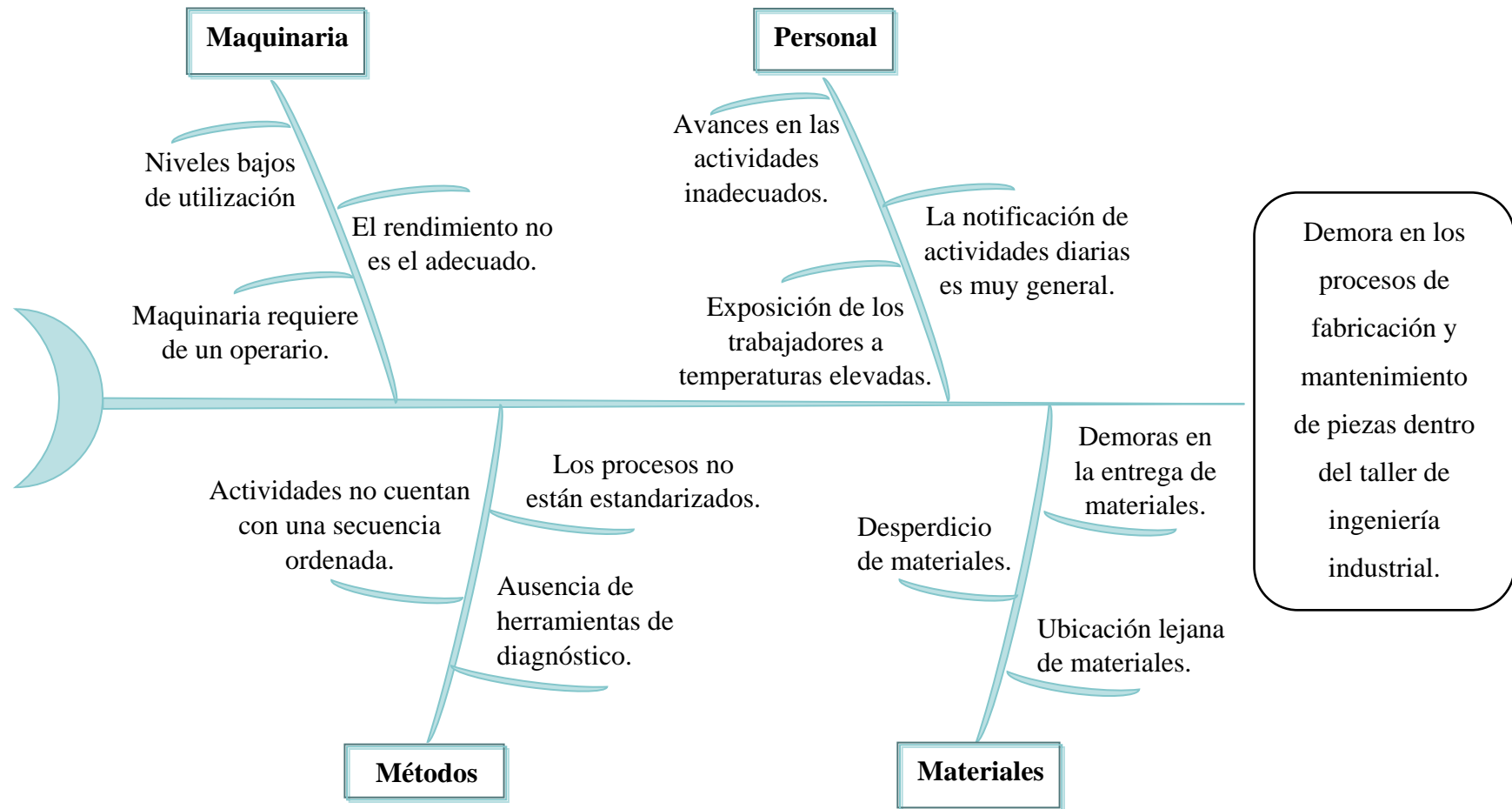
La situación actual del taller, después de realizar un análisis de la base de datos de 2 años, se evidencia que del total de horas hombre que son empleadas en esta área; un 70% se las dedica a mantenimiento, un 25% a fabricaciones y un 5% a proyectos. Entonces, encajando a la problemática para apreciar un crecimiento en el taller debería ser el porcentaje de fabricaciones más elevado.

#### **Planteamiento del problema:**

¿Cómo mejorar los 3 macroprocesos (mantenimiento, fabricaciones y proyectos) productivos del taller de ingeniería industrial en Adelca Aloag?



#### 4.1. Evaluación del problema mediante el diagrama de causa – efecto



**Gráfico 1:** Diagrama de ISHIKAWA

**Fuente:** Grupo investigador

#### **4.1.1. Maquinaria.**

##### *Niveles bajos de utilización.*

El Taller de Ingeniería Industrial cuenta con un activo de 117.927,00 de dólares en máquinas y herramientas; de este total cuenta con dos cortadoras CNC corte por plasma y una roladora de tubos; entre estas 3 máquinas suman un total de \$ 69.397,00 de dólares que se están depreciándose mientras pasa el tiempo. Estas máquinas pasan la mayor parte del tiempo paradas por lo que representan al taller una pérdida en vista que no están generando el retorno de capital invertido a través de su utilización.

##### *El rendimiento no es el adecuado.*

Las máquinas presentes en el taller requieren de un plan de mantenimiento por tener piezas móviles que se deterioran por la presencia de polvo en el taller lo que no permite que la máquina tenga un rendimiento adecuado. Por otra parte, las máquinas de Corte CNC requieren de la adquisición de la licencia de MATCH 3, un programa que lee los códigos que se generan al momento de crear un plano de diseño para una pieza a ser cortada.

##### *Maquinaria requiere de un operario.*

Al no ser totalmente automatizadas, las máquinas de Corte CNC requieren de un operario que regule la altura de corte y evite que la boquilla entre en contacto directo con la plancha de acero provocando rotura de la antorcha de corte y toberas, esto incide en demoras en el proceso de cortado.

En el caso de la roladora de tubos cuenta con un sistema semi automático que no proporciona medidas de radios adecuadas lo que genera un reproceso en la actividad de rolado cada vez que no se logre el radio de doblado requerido en el tubo.

#### **4.1.2. Personal.**

##### *Avances inadecuados en las actividades.*

En la base de datos referente a eficiencia de los trabajadores se presenta actividades que no fueron entregadas a tiempo o en el plazo establecido, esto evidencia que los avances diarios de los trabajadores no se están cumpliendo, generando demoras en los procesos.

***La notificación de actividades diarias es muy general.***

La base de datos de las órdenes de trabajo del taller es llenada con las actividades diarias y estas son notificadas por los jefes de grupo; en la actualidad no se especifican las actividades ni el tiempo destinado a cumplirlas, se detallan de manera general lo que no ayuda a efectuar un análisis más preciso que pueda mejorar al taller.

***Exposición de los trabajadores a temperaturas elevadas.***

Los trabajadores se exponen a temperaturas muy elevadas cuando se presenta cambios de paneles en el proceso productivo del acero; esto hace que se requiera de tiempos de descanso generando un aumento en las horas notificadas.

**4.1.3. Métodos.**

***Las actividades no están estandarizadas.***

No existen tiempos estándares ni una secuencia en el que deben realizar las actividades los trabajadores, por consecuente, los trabajadores reportan de acuerdo con lo realizado.

***Actividades no cuentan con una secuencia ordenada.***

Las actividades en el taller de ingeniería se están llevando a cabo de manera desordenada lo que genera demoras y cuellos de botella en los procesos del taller.

***Ausencia de herramientas de diagnóstico.***

El no diagnosticar los procesos esto impide evaluar el estado actual, además evita que el taller pueda plantear mejoras con el fin de ser más eficiente en sus actividades reduciendo gastos y tiempos.

**4.1.4. Materiales.**

***Demoras en la entrega de materiales.***

Los materiales para la fabricación o mantenimiento son muy esencial y el taller de ingeniería cuenta con bodegas que se abastecen constantemente, pero algunos proveedores no entregan a tiempo dejando a los trabajadores sin materiales para poder continuar con sus actividades.

***Desperdicio de materiales.***

Una de las causas de no realizar las actividades en un orden secuencial se evidenció al cortar las piezas requeridas para la fabricación del Tundish de forma desordenada generando desperdicios del material, además de requerir más tiempo para realizar esta actividad.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. Objetivo general**

Analizar los procesos del Taller de Ingeniería Industrial en Adelca Aloag, mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico que permita determinar el estado actual y mejoras en el área mencionada.

### **5.2. Objetivos específicos**

- Recopilar información de los tres macroprocesos: mantenimiento, fabricaciones y proyectos del taller de ingeniería industrial para la fundamentación de una propuesta de mejora.
  
- Analizar la información recolectada mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico para determinar el estado actual del taller de ingeniería industrial.
  
- Proponer una mejora en el taller de ingeniería industrial para su aplicación y mejoramiento de las actividades en los procesos del taller.

## 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

### 6.1. Actividades del objetivo 1

**Tabla 2:** Actividades del objetivo 1.

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
1. Recopilar información de los tres macroprocesos: mantenimiento, fabricaciones y proyectos del taller de ingeniería industrial para la fundamentación de una propuesta de mejora.	1.1 Observación e identificación general de los 3 macroprocesos dentro del taller de ingeniería industrial	Diagramas de flujo de los tres macroprocesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de flujo de mantenimiento</li> <li>• Diagrama de flujo de fabricaciones</li> <li>• Diagrama de flujo de proyectos</li> </ul>
	1.2 Análisis e interpretación de los resultados de la base de datos 2018 y 2019 de los 3 macroprocesos	Identificación de todas las actividades que realizan el taller y compilación general a los 3 macroprocesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráficas estadísticas de pastel de los años 2018 y 2019</li> <li>• Tabla de costos anuales del 2018 y 2019 por macroproceso</li> </ul>
	1.3 Clasificación de los trabajos registrados en la base de datos	Identificación de todas las tareas y actividades que realiza el taller de ingeniería industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tabla de actividades que realizan en el taller</li> </ul>

**Elaborado por:** Grupo de investigación

## 6.2. Actividades del objetivo 2

*Tabla 3:* Actividades del objetivo 2.

<b>OBJETIVO 2</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>RESULTADO DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>MEDIOS DE VERIFICACIÓN</b>
2. Analizar la información recolectada mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico para determinar el estado actual del Taller de ingeniería Industrial.	2.1 Selección del trabajo más crítico en cada macroproceso	Muestreo del trabajo para realizar el análisis de estudio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagramas de Pareto de mantenimiento.</li> <li>• Diagramas de Pareto de fabricaciones.</li> <li>• Tabla de muestreo de actividades</li> </ul>
	2.2 Identificar daños más comunes que se presentan en la reparación de paneles	Daños históricos que generan los paneles entre daño y daño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráfica de daños presentes en el 2018 y 2019</li> </ul>
	2.3 Determinar los tiempos de ciclo en la muestra seleccionada de los macroprocesos de mantenimiento y fabricaciones	Determinación del tiempo actual que se demoran en realizar el trabajo seleccionado en la muestra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de flujo de la reparación de paneles</li> <li>• Diagrama de flujo de la fabricación del Tundish</li> </ul>
	2.4 Identificación del porcentaje de utilización de las máquinas Roladora y CNC.	Tiempos de ciclo actuales de las muestras de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama hombre máquina de reparación de paneles</li> <li>• Diagrama hombre máquina de fabricación del Tundish</li> </ul>

**Elaborado por:** Grupo de investigación

### 6.3. Actividades del objetivo 3

**Tabla 4:** Actividades del objetivo 3.

OBJETIVO 3	ACTIVIDADES	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
3. Proponer una mejora en el taller de ingeniería industrial para su aplicación y mejoramiento de las actividades en los procesos del taller.	3.1 Análisis de mejora en la reparación de paneles	Encontrar una frecuencia en los daños más comunes que causan las reparaciones en los paneles.	Análisis y predicción de daños en los paneles a través del método Montecarlo
	3.2 Mejorar y controlar la muestra seleccionada en el macroproceso de fabricación	Mejora de la estructura del diagrama de flujo de fabricación del Tundish	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño y aplicación de un nuevo diagrama de Flujo de fabricación del Tundish</li> <li>• Hoja de control</li> </ul>

**Fuente:** Grupo Investigador

## **7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

A continuación, se detalla definiciones de lo que es un sistema de producción, conceptos generales de los indicadores, además, se detalla todo referente a las diferentes herramientas de diagnóstico aplicadas en el desarrollo de este proyecto de investigación.

### **7.1. Sistema de producción**

Un sistema de producción es el conjunto de características que interactúan para que un proceso se pueda realizar creando bienes o servicios. Según Miranda & Toirac “Esta creación de bienes o servicios se produce cuando unos elementos de entrada (inputs), mediante un proceso de transformación se convierten en un bien o salidas (outputs).” (Miranda & Toirac, 2015, pág. 235)

Un sistema productivo para Carlos Aguilar en su publicación en el 2014, se refiere a “una serie de elementos organizados, relacionados y que interactúan entre ellos, y que van desde las máquinas, las personas, los materiales, e incluso hasta los procedimientos y el estilo de administración, todos esos componentes relacionados hacen que las materias primas y la información que intervenga en el proceso, sea transformada y llegue a ser un producto o servicio terminado, teniendo un resultado de calidad, costo y plazo.” (Aguilar, 2017, pág. 23)

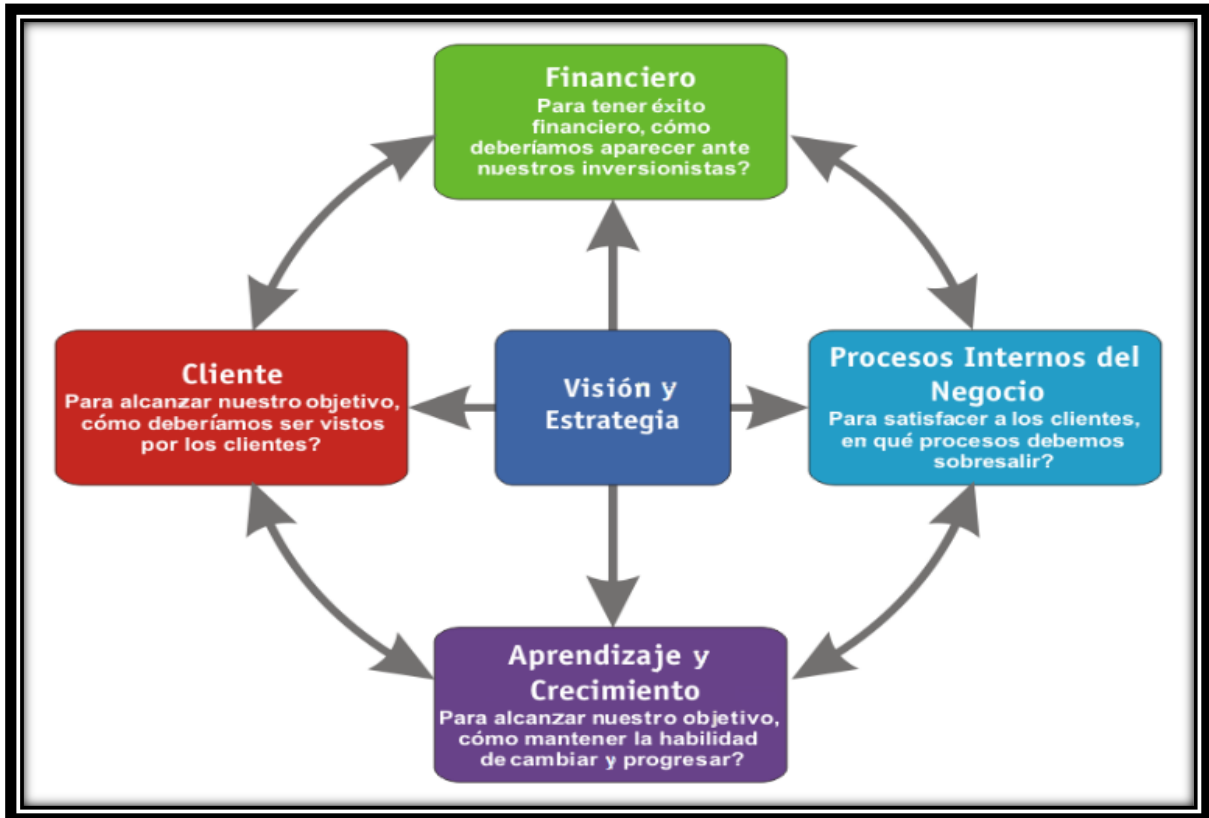
Este autor menciona un ciclo de administración importante en el manejo de un sistema productivo que se lo plasma a continuación en la gráfica 6 donde se muestra un ciclo que hace referencia a la visión y estrategia que deben tener los procesos productivos en la actualidad, hace alusión a 4 importantes aspectos que se deben tener en cuenta para llegar a un sistema productivo óptimo; estos son:

- Financiamiento
- Aprendizaje y crecimiento
- Procesos internos
- Cliente

Todos estos aspectos tienen correlación unos con otros como se lo puede observar en la gráfica 6, los mismos que son directamente proporcional al estado productivo de una organización; mientras más bien estén desarrollados estos cuatro aspectos, mayor productiva será la organización.



**Gráfico 2:** Administración moderna de una organización



Fuente: (Aguilar, 2017)

### 7.1.1. Definición de Procesos.

En la actualidad existen infinidad de definiciones en cuanto a procesos, una de las más conocidas es:

Una actividad o grupo de actividades mediante las cuales uno o varios insumos son transformados y adquieren un valor agregado, obteniéndose así un producto para un cliente. (Carro Paz, 2014, pág. 21)

Por otra parte, también un proceso es una secuencia de pasos lógicos que se enfocan en lograr algún resultado específico, los procesos también son diseñados para mejorar la productividad de algo y establecer un orden o eliminar algún tipo de problema. (Editorial Definición MX., 2015, pág. 44)

Entonces, se puede decir que un proceso es una secuencia de pasos que culminan con un resultado, en este caso, el taller de ingeniería industrial está constituido de muchos procesos, cada uno se clasifica por mantenimiento, fabricaciones y proyectos siendo estos los tres macroprocesos en esta área.

### **7.1.2. Indicadores de calidad.**

Realizando un enfoque más amplio del tema propuesto desde un inicio, las diferentes herramientas de diagnóstico son claves para un análisis de los macroprocesos para conocer los indicadores de calidad, los mismos que permiten diagnosticar un estado actual. Paulatinamente se irá detallando cada uno de los macroprocesos para conocer eficiencia, eficacia, productividad, nivel de utilización de equipos, entre otros dentro del taller de ingeniería industrial en Adelca Alog.

Definiendo un indicador de calidad, vendría a ser una medida cuantitativa que puede usarse como guía para valorar y controlar la calidad de las diferentes actividades en un proceso productivo, es decir, la forma especificada en la que se mide o evalúa cada uno de los criterios.

El blog de calidad y excelencia ISOTools define a los indicadores de la calidad como:

Instrumentos de medición, de carácter tangible y cuantificable, que permiten evaluar la calidad de los procesos, productos y servicios para asegurar la satisfacción de los clientes. Dicho de otro modo, miden el nivel de cumplimiento de las especificaciones establecidas para una determinada actividad o proceso empresarial. (ISOTools, 2015, págs. 3 - 5)

Por otra parte, desde un punto de vista moderno el artículo publicado en Redalyc.org define a los indicadores:

Los indicadores de calidad son aquellos que se asocian a los resultados y operación de los procesos clave de una organización y se determinan con base en los factores y componentes críticos de éxito, esto es, el desarrollo de acciones concretas y los resultados finales de los procesos que garanticen el logro de los objetivos. Los indicadores de calidad miden si las acciones más relevantes que realiza la organización contribuyen al logro de los resultados. (Educativos, 2017, págs. 32 - 45)

### **7.1.3. Definición Productividad.**

Actualmente la palabra productividad es de gran importancia para tener en cuenta los niveles productivos de una área o toda la empresa en general por ello lo definen como: “Un indicador relativo que mide la capacidad de un factor productivo, o varios, para crear determinados bienes, por lo que al incrementarla se logran mejores resultados, considerando los recursos empleados para generarlos.” (Miranda & Toirac, 2015, pp. 235 - 237)

**(Ecuación 1:** Fórmula de productividad)

$$Productividad = Eficiencia \times Calidad$$

**Fuente:** (Miranda & Toirac, 2015)

Humberto Gutiérrez en su libro productividad y calidad define que la productividad: “Tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o en un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores resultados considerando los recursos empleados para hacerlo” (Gutiérrez, 2019, pág. 20)

Entonces, interpretando lo mencionado por Humberto Gutiérrez; quiere decir que los resultados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o utilidades mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total empleado, horas hombre, horas máquina, etc.

Según Escalante y González la productividad es: “la capacidad de la sociedad para utilizar en forma racional y óptima los recursos que dispone. La productividad es un indicador muy importante para medir cuan eficientemente se está llevando a cabo en el proceso de producción de bienes o servicios. (Escalante Lago & González Zúñiga, 2015, pág. 11)

Por otra parte, la productividad cuenta con 2 componentes muy importantes que son la eficacia y la eficiencia; dos indicadores de la calidad que permiten analizar y proponer mejoras.

**(Ecuación 2:** Fórmula de productividad)

$$Productividad = \frac{Tiempo\ real}{Tiempo\ disponible} \times \frac{Unidades\ producidas}{Unidades\ planificadas}$$

**Fuente:** (Gutiérrez, 2019)

Escalante y González afirman que: “Elevar la productividad en la empresa beneficiara a los trabajadores con: mejores sueldos y más oportunidades de desarrollo, mejores conocimientos de trabajo, más fuentes de empleo y un buen lugar para trabajar.” (Escalante Lago & González Zúñiga, 2015, págs. 14-15)

#### 7.1.4. Eficiencia.

Se plantea eficiencia productiva porque al lograr esta eficiencia, los índices de productividad son altos y, consecuentemente, las organizaciones están obteniendo resultados satisfactorios. Sin embargo, alcanzar este estado requiere bastante esfuerzo conjunto, eficaz y continuo, necesario contar con colaboradores satisfechos, clientes fieles y demás relaciones de mercado. Según Gutiérrez define que eficiencia: “Es la relación entre el resultado alcanzado y los recursos utilizados” (Gutiérrez, 2019, pág. 23) Entonces, buscar eficiencia es tratar de optimizar los recursos y procurar que no haya desperdicios de estos.

(Ecuación 3: Fórmula de eficiencia)

$$Eficiencia = \frac{Producción}{Insumos\ utilizados}$$

Fuente: (Gutiérrez, 2019)

Esto plasmando a las organizaciones; su objetivo es garantizar su eficiencia al máximo. Esto significa: producir a toda máquina, de forma sana, y alcanzar el objetivo con el menor número de recursos empleados.

Toyota no permite un incremento del output para crear la apariencia de mejora en la eficiencia, cuando hay la necesidad de reducir la producción o mantener el mismo output. Denominamos a esto comportamiento mejora de eficiencia por mera apariencia. Cuando hablamos de obtener una mejora en la eficiencia del 20 por ciento, hay dos modos de hacerlo. Es fácil incrementar el número de máquinas para elevar la eficiencia. Pero a veces más difícil reducir el número de trabajadores y aun elevar la eficiencia. (Japan Management Association , 2018, pág. 17)

Si se toma en cuenta la idea anterior se puede expresar que los requerimientos del taller no son producir más sino tratar de eliminar desperdicios y poder adoptar la filosofía de Toyota que pueda disminuir el uso de recursos para producir lo justo. “La eficiencia es la propiedad de la sociedad de aprovechar al máximo sus recursos limitados.” (Mankiw, 2017, pág. 5)

#### 7.1.5. Eficacia.

Según Gutiérrez define que eficacia: “Es el grado en que se realizan las actividades planeadas y se alcanzan los resultados planeados” (Gutiérrez, 2019, pág. 25) En otras palabras, la eficacia es la capacidad de lograr el efecto que se desea.

La eficacia no es otra cosa que la relación entre un producto disponible y la necesidad para la que ha sido creado, cuando esta relación es positiva, la eficacia del producto es alta, pero si la necesidad del cliente sigue sin ser atendida tras la adquisición de dicho producto, el indicador es negativo, algo en el proceso ha fallado. “Su enfoque radica en la aplicación de la creatividad para la toma de decisiones, en la búsqueda de soluciones o respuestas a los problemas, en el diseño y la planificación de proyectos.” (Chavarria, 2015, pág. 30)

**(Ecuación 4:** Fórmula de eficacia)

$$Eficacia = \frac{Resultados\ obtenidos}{Acciones\ realizadas}$$

**Fuente:** (Gutiérrez, 2019)

Después de analizar todos los factores mencionados anteriormente en cuanto a los indicadores de calidad, estos al ser aplicados en cualquier área de trabajo dentro de una organización se tiene como resultado la transformación productiva basándose en dos puntos importantes:

- Existen ganancias importantes para las organizaciones si controlan la productividad.
- La producción de bienes y servicios con alto valor agregado promueve el crecimiento económico de las organizaciones.

El objetivo principal de este autor es identificar rutas de transformación productiva de las organizaciones que describen transiciones entre ventajas comparativas actuales y objetivos de política industrial de largo plazo a la final si analizamos esto es bueno porque no se enfoca en un método tradicional, sino que involucra todos los indicadores que van de la mano con la productividad (Maldonado, 2018, págs. 51 - 60).

#### **7.1.6. Horas hombre.**

Una hora hombre es la cantidad de trabajo que es realizada por un trabajador en una hora. Raúl López menciona que: “Las horas – hombre son una unidad convencional para cuantificar las horas de trabajo de las personas en una actividad para la obtención de productos o servicios. (Janampa, 2014, págs. 1 - 2)

El cálculo de las horas hombre son muy útiles en la planificación de un proyecto, la ejecución de un lote de producción, la carga laboral y toda actividad o proceso productivo que requiere asignación de personal, permitiendo establecer el costo de mano de obra directa y de una u otra manera también es útil para determinar la eficiencia o las mejoras en eficiencia lograda en los procesos.

Una ideología de Toyota es que: “Cuando el output necesario no cambia o debe reducirse, no intente su eficiencia produciendo más. No intente mejorar la eficiencia por mera apariencia. Aunque pueda ser difícil asuma como un desafío reducir las horas-hombre como medio para mejorar la eficiencia.” (Japan Management Association , 2018, pág. 17)

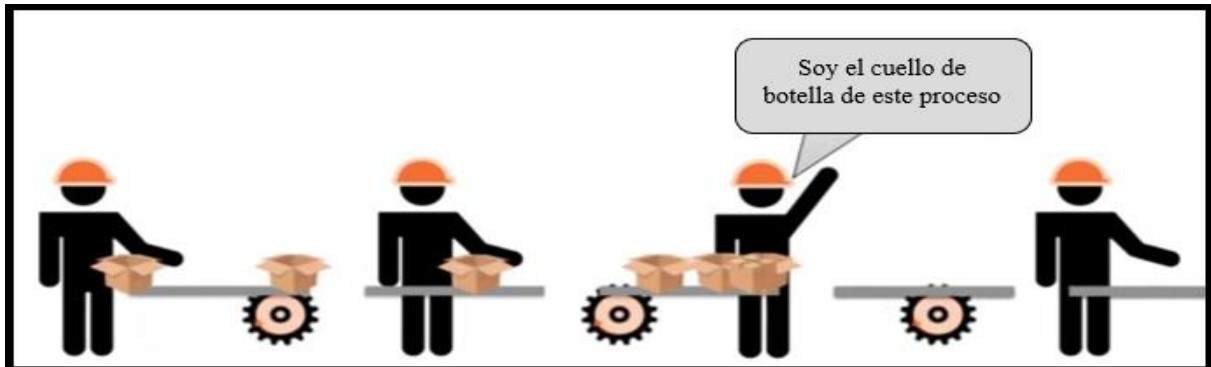
#### **7.1.7. Eficiencia económica.**

Se puede definir como eficiencia económica a la eficiencia con la cual un sistema económico utiliza los recursos productivos a fin de satisfacer sus necesidades. De acuerdo con Todaro el concepto significa en materias de “producción, utilizar los factores de producción en combinaciones de menor coste, en consumo, asignación de gastos que maximicen la satisfacción (utilidad) del consumidor” (Todaro, 2017, pág. 687). Uno de los tantos objetivos de la economía se relaciona con el aumento de la producción, la cual ha estado presente desde sus inicios. Expertos en la materia, utilizaban términos como aumento de producto o producción, al incremento en la productividad ya sea de máquinas específicas o del sistema en general. “Es un análisis económico que permite asignar eficientemente los recursos económicos asignados para ejecutar un proceso productivo, además, la eficiencia económica se debe aplicar con el fin de ahorrar recursos.” (Cachanosky, 2015)

#### **7.1.8. Esperas.**

En el gráfico 7 se puede identificar un cuello de botella partiendo de un análisis del concepto general que ayudará a mejorar significativamente la productividad porque reduce horas – hombre, las mismas que se pueden emplear en otras actividades dentro del área o de la organización.

**Gráfico 3:** Representación de un cuello de botella



**Fuente:** (Universida Particular del Norte UPN , 2017)

Una espera es conocida también como un cuello de botella y dentro de un proceso productivo, es una fase de la cadena de producción más lenta que otras, que ralentiza el proceso de producción global. El cuello de botella determina la cantidad de piezas posibles después de un determinado periodo de tiempo. Es importante identificar los cuellos de botella en los procesos de producción y sobre todo efectuar un análisis profundo en como aumentar la eficiencia en esta operación (Universida Particular del Norte UPN , 2017, pág. 2)

Un problema que limita el crecimiento de las organizaciones son los cuellos de botella y para un estudio de estos se debe identificar cuáles son las principales causas que lo generan:

- ✓ Falta de materiales
- ✓ Personal no capacitado
- ✓ Falta de almacenes
- ✓ Desinterés administrativo

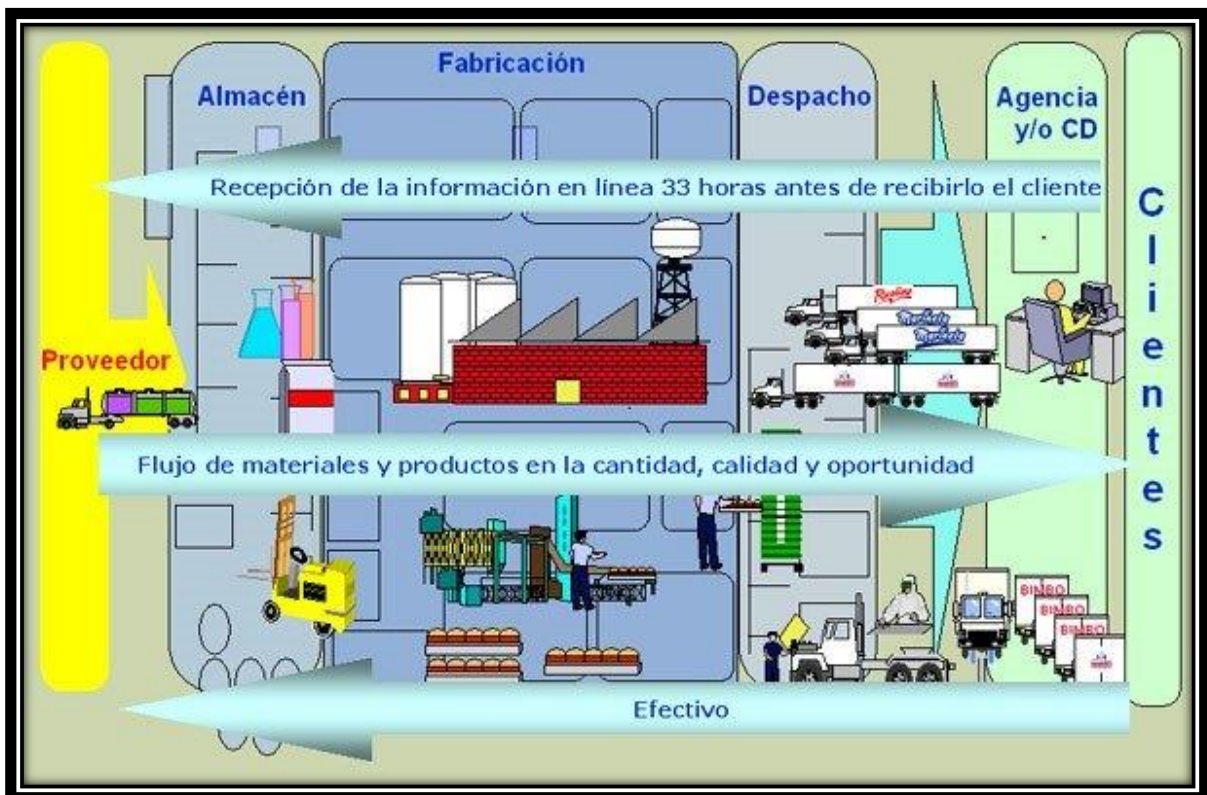
Una vez identificado todo esto, ayudará a que la empresa evite contratiempos y pérdidas que serán difíciles de recuperar.

### **7.1.9. Transportes.**

Se debe tomar en cuenta este tipo de factores de los transportes de materiales, herramientas, etc, para mejorar la productividad de una empresa de un lugar a otro, esto se lo puede lograr a través de la aplicación de métodos y equipamientos más adecuados de los que actualmente utiliza en la ejecución de sus tareas diarias.

Transportes son considerados a toda actividad que requiera de algún tipo de traslado a materiales o herramientas que se emplean en el proceso productivo. Entonces si se realiza un análisis de esto; los equipamientos para transportes tienen un costo elevado, lo que lleva muchas veces a la aplicación de equipamientos de transporte manuales o semimanuales (Antonio, 2017, págs. 4 - 9)

**Gráfico 4:** Diagrama de transporte y distribución de productos terminados



Fuente: (Antonio Portal Rueda Carlos, 2017)

## 7.2. Herramientas de diagnóstico.

Una parte introductoria a las herramientas de diagnóstico es que se debe tomar en cuenta que en la actualidad toda organización que busque la excelencia en sus operaciones deberá tener sus procesos diagnosticados y controlados constantemente porque esto le permite conocer donde puede mejorar sus procesos productivos, ¿Cómo hacer esto? A través de la aplicación de las herramientas adecuadas que analicen todos los problemas e ineficiencias en la ejecución de las actividades. Es necesario identificar todas las herramientas a utilizar en cada una de las etapas del proceso, para poder identificar aquellas que mejor se apliquen al mismo.

Para Héctor Meneses autor de diagnóstico de procesos enfocados como buenas prácticas de gestión menciona que:



“Realizar un diagnóstico de procesos en una empresa, puede ser una tarea sencilla, muchas veces los diagnósticos de procesos se inician con el levantamiento de información correlacionada al tema con los colaboradores encargados de llevarlos a cabo”. El resultado de estas sesiones de trabajo se traduce por lo general en mapas de procesos, donde se detallan todas las actividades, así como también el inicio, fin, entradas, salidas y los responsables de ejecutar cada actividad. (Meneses, 2019, págs. 1- 17)

Los procesos se manejan como un mecanismo de gestión que se aplica para generar bienes y servicios dentro de una empresa. Depende de la coherencia y la articulación de estos procesos para que se logre la eficiencia y la eficacia de la productividad de una empresa.

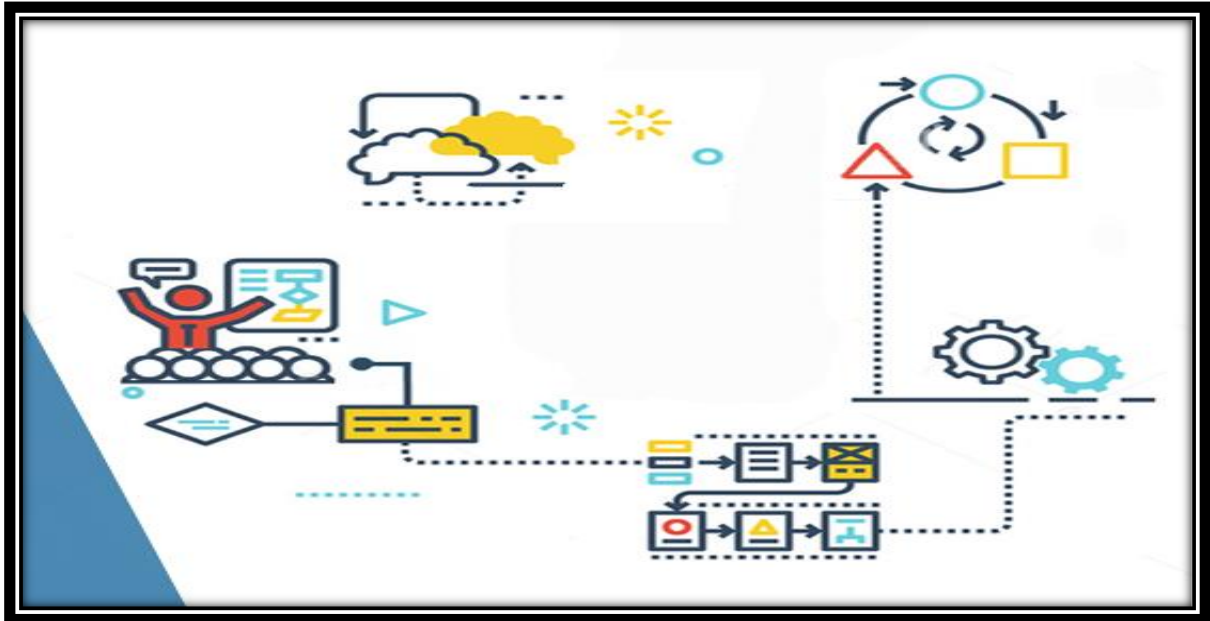
Es importante que se manejen herramientas de diagnóstico y evaluación de procesos, las cuales permiten analizar los procesos productivos, la calidad y el rendimiento dentro del taller de ingeniería industrial en la empresa Adelca Aloag. Estas herramientas son aplicables a los procesos que realizan las organizaciones sin importar si son de manufactura, de servicios o administrativos. Lo que se debe hacer es adaptar las técnicas a las necesidades específicas de cada organización (Isotools, 2017, pág. 5)

Por otra parte, Anaya Nieto Daniel manifiesta que:

Un buen diagnóstico de procesos no estará completo si no se identifican todos los formatos, fichas y reportes que se utilizan para gestionar dichos procesos. Esto quiere decir que se debe poder relevar también las herramientas de gestión que se emplean para llevar a cabo el seguimiento, monitoreo y control a las actividades y personas que forman parte del proceso. (Anaya, 2015, págs. 810 - 824)

En conclusión sobre las herramientas de diagnóstico; para poder hacer un verdadero diagnóstico de los procesos enfocados a dar soluciones a una área específica dentro de una organización, no basta con un mapa de procesos detallado; debe ir enfocado más allá, a detectar problemas presentes en el proceso productivo como se muestra en el gráfico 9 que implica tener un claro entendimiento de las actividades que se están desarrollando, las herramientas de gestión, los datos generados dentro de los procesos, roles, y los indicadores de gestión.

**Gráfico 5:** La mejora de la productividad enfocada a los procesos



**Fuente:** José A. Díaz León. MSc. MBA. Ing. Industrial

A continuación, se menciona las principales herramientas de diagnóstico de procesos.

- ❖ Diagrama de procesos
- ❖ Diagrama de Pareto
- ❖ Diagrama de causa – efecto
- ❖ Diagrama hombre – máquina
- ❖ Método de Montecarlo

### **7.2.1. Diagrama de procesos.**

#### ***Definiciones.***

Un concepto general plantea Felipe P. y Muñoz Juan sobre los diagramas de procesos:

Son la representación gráfica de los procesos y son una herramienta de gran valor para analizar los mismos y ver en qué aspectos se pueden introducir mejoras. Lo primero que se debe realizar para representar gráficamente un proceso es identificar el inicio y el fin del proceso, puntos clave para evitar lo que se llaman actualmente "bucles" o reprocesos; son fuente de ineficiencias y un buen elemento para ser analizado por los grupos de mejora. (Felipe P, 2016, págs. 60 - 78)

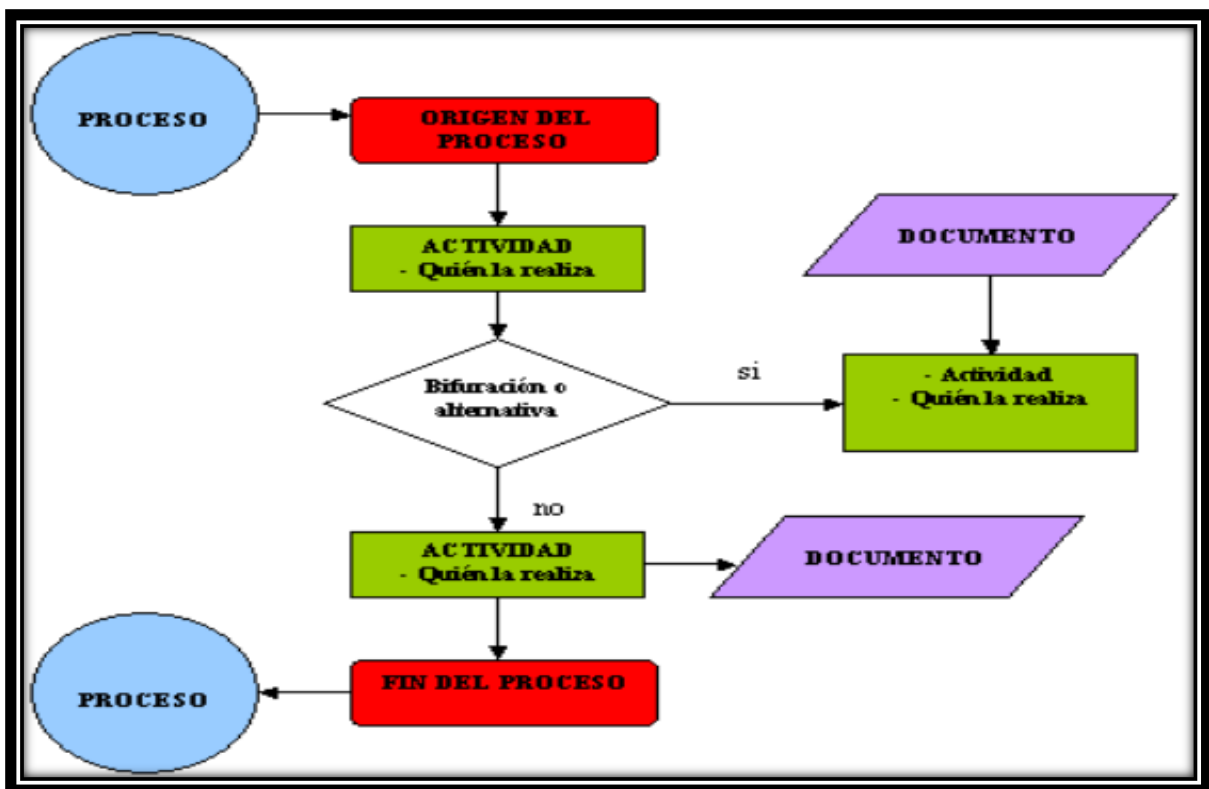
Becerra proporciona que un diagrama de flujo es:

Una representación gráfica en secuencia de todas las actividades que se deben seguir dentro de un proceso o un procedimiento, esto se lo debe identificar mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza; incluye, además, toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. (Becerra, Monografias.com, 2017, págs. 2 - 4)

Un concepto más general es planteado por Teresa Canive: “Este tipo de diagrama es una herramienta visual muy utilizada en la actualidad para la gestión del trabajo. Su función principal es la detectar y comunicar los pasos a seguir para lograr entender el proceso como tal” (Canive, 2014, págs. 1 - 7)

### ***Representación gráfica.***

**Gráfico 6:** Diagrama de procesos



Fuente: Julia Máxima Uriarte

### ***Simbología.***

A continuación, se presenta el significado de la simbología empleada en los diagramas de proceso:

- ✓ Óvalo o Elipse: se lo emplea al inicio y al final (Abre y cierra el diagrama).

- ✓ Rectángulo: esta figura geométrica es la más utilizada porque representa la ejecución de las actividades.
- ✓ Rombo: representa el poder de decisión (Fórmula una pregunta o cuestión)
- ✓ Círculo: actúa como un conector (Representa el enlace de actividades con otra dentro de un procedimiento)

### ***Importancia.***

“Las aplicaciones de este tipo de herramienta son absolutamente variadas: desde procesos cognitivos de toma de decisión (típicos en los manuales de algunos oficios) como en el diseño de complejas piezas de software y procesos industriales, en los que se representa el cómo se están llevando a cabo.” (Uriarte, 2018, pág. 54)

### ***Pasos para realizar un diagrama de procesos.***

1. Listar los procesos y subprocesos que irán representados y el tipo de símbolo que les corresponde.
2. Identificar los puntos de inicio y los puntos de decisión, con sus respectivas opciones.
3. Trazar las líneas de flujo respetando la secuencia cronológica entre los procesos yendo paso por paso en el recorrido.
4. Verificar el proceso y asignar un título que deje claro lo que ilustra.

### ***Ventajas del diagrama de procesos.***

- ✓ Ayudan a ilustrar modelos y a conectar ideas para aumentar nuestra productividad en el entorno profesional.
- ✓ Favorecen la comprensión del proceso al mostrarlo como un dibujo. Un buen diagrama de procesos reemplaza varias páginas de texto.
- ✓ Permiten identificar los problemas y las oportunidades de mejora del proceso. Se identifican los pasos, los flujos de los reprocesos, los conflictos de autoridad, los cuellos de botella, y los puntos de decisión.
- ✓ Son una excelente herramienta para capacitar a los nuevos empleados y también a los que desarrollan la tarea, cuando se realizan mejoras en el proceso.

### ***Desventajas del diagrama de procesos.***

- ✓ No sirven para representar todo tipo de procesos, o bien se quedan cortos en algunos casos de extrema complejidad.

- ✓ Pueden ser laboriosos en su elaboración, dado que carecen de la capacidad sintética de la palabra escrita.
- ✓ Un error en la simbología puede hacer inviable el diagrama entero.

### **7.2.2. Diagrama de Pareto.**

#### ***Definiciones.***

Según Juan Gonzalo Laverde el diagrama de Pareto es:

Un método coordinado para identificar, calificar y tratar de eliminar de manera permanente los defectos. Es un tipo especial de histograma con el que se busca aislar los defectos principales de los problemas triviales con el fin de solucionar con eficiencia las dificultades más representativas del sistema estudiado. (Gonzalo, 2015, págs. 28 - 32)

Según Juan Gonzalo Laverde el diagrama de Pareto es:

“El Diagrama de Pareto consiste en un gráfico de barras similar al histograma que se conjuga con una curva de tipo creciente y que representa en forma decreciente el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores que afectan a un proceso, operación o resultado”.

Si se analiza los dos autores citados anteriormente, se puede decir que los dos autores concluyen que el principal rol de este diagrama es aislar los defectos o problemas que están en un proceso.

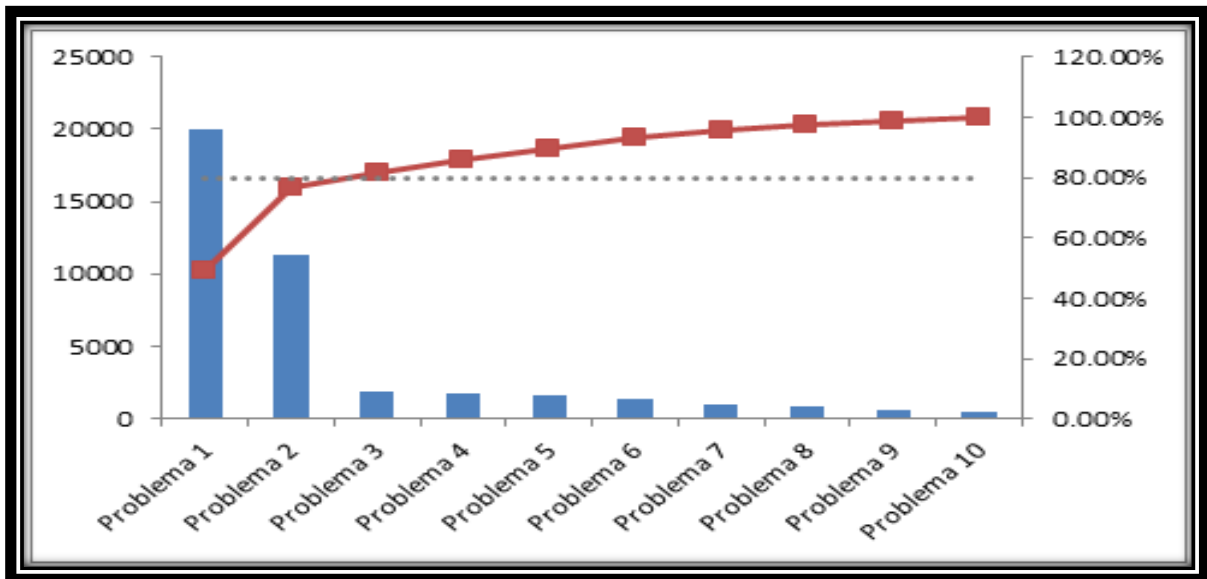
#### ***Pasos para la elaboración de un diagrama de Pareto.***

Los pasos para seguir para la construcción de un diagrama de Pareto son:

1. Seleccionar los datos
2. Agrupar los datos
3. Tabular los datos
4. Dibujar el diagrama de Pareto
5. Representar el gráfico de barras
6. Delinear la curva acumulativa
7. Identificar el diagrama
8. Analizar el diagrama de Pareto

### ***Representación gráfica del diagrama de Pareto.***

**Gráfico 7:** Diagrama de Pareto



**Fuente:** Juran, J. M; Gryna, M. F: Manual de Control de Calidad

### ***Importancia del diagrama de Pareto.***

Según Gehisy en el año 2017 afirma que:

Pareto es una de las 7 herramientas de la calidad que nos permite diagnosticar el estado actual siendo importante porque implica medir con qué frecuencia se está produciendo cada una de las causas identificadas de un problema haciendo una comparación de un antes vs después, ayuda a cuantificar el impacto (porcentajes) para lograr mejoras (Gehisy, 2017, pág. 4)

### ***Ventajas de utilizar un diagrama de Pareto.***

- ✓ Permite centrarse en los aspectos cuya mejora tendrán más impacto, optimizando por tanto los esfuerzos.
- ✓ Proporciona una visión sencilla y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- ✓ Ayuda a evitar que empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras menos significativas.
- ✓ Su visión gráfica del análisis es fácil de comprender y estimula al equipo para continuar con la mejora.

### ***Aplicaciones del diagrama de Pareto.***

- ✓ Determinar cuál es la causa clave de un problema, separándolas de otras presentes, pero menos importantes.
- ✓ Decidir cuál será el objetivo de las acciones de mejora, optimizando la eficiencia de los esfuerzos llevados a cabo para ello.
- ✓ Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- ✓ Puede ser utilizado tanto para investigar efectos, como analizar causas.
- ✓ Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y errores.

### **7.2.3. Diagrama de causa – efecto (ISHIKAWA).**

#### ***Definiciones.***

“Es una herramienta de control de tipo gráfico que se utiliza con el fin de establecer mediante un análisis sistemático profundo, conciso y coherente, la relación entre el atributo estudiado y las variables del proceso.” (Ishikawa, 2012, págs. 60 - 78). Es decir, este diagrama se ilustra la manera en la cual estos factores pueden estar vinculados a un problema o a un efecto potencial.

Ramírez José hace referencia que: “Es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de la causa” (Ramírez, 2016, págs. 12-18)

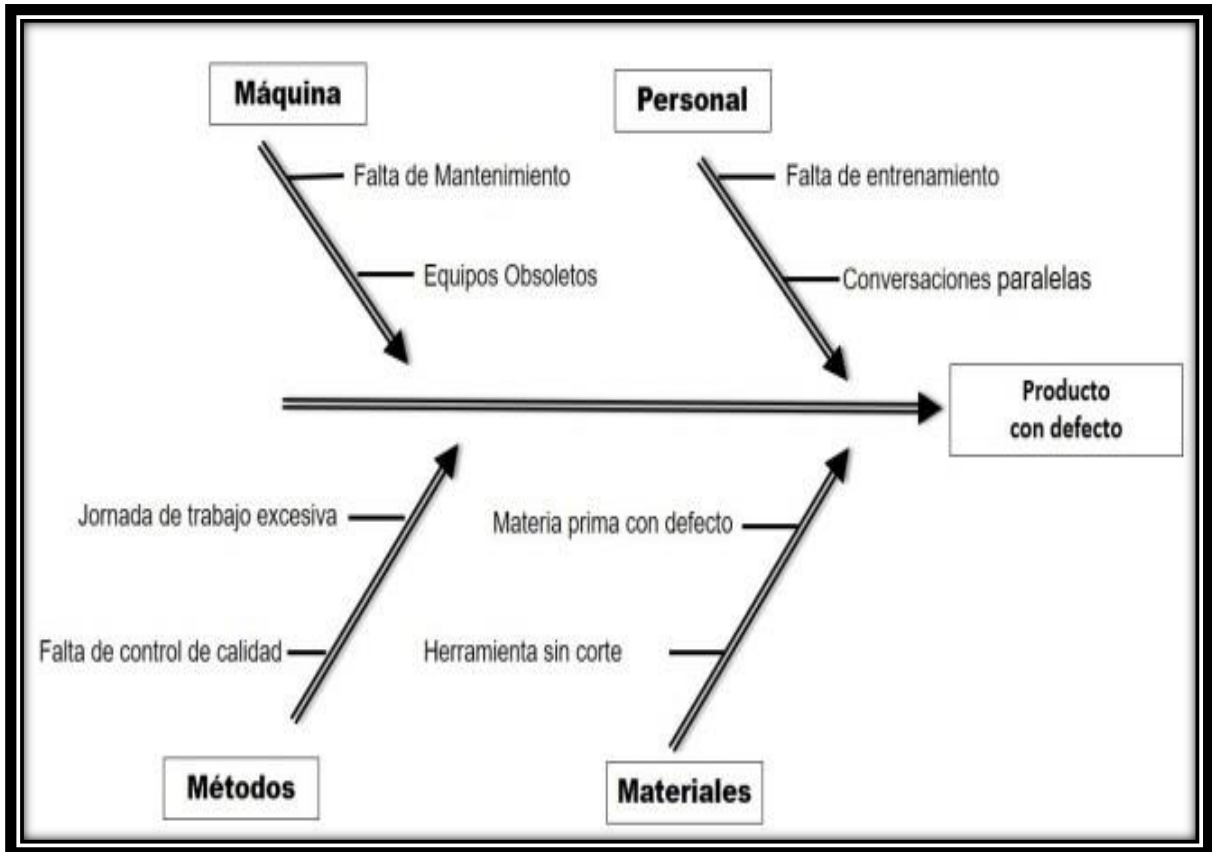
Entonces tomando en cuenta los criterios anteriores, este tipo de diagramas nos ayudan a atacar a la problemática encontrada en un tema de investigación y dar soluciones a los mismos que se presenten en una empresa. en un diagrama de causa - efecto se encuentra que es de por si educativo, sirve para que las personas conozcan por completo el proceso con que trabajan, visualizando con claridad las relaciones entre los efectos y sus causas exponiendo con claridad los orígenes de un problema.

#### ***Representación gráfica del diagrama de Ishikawa.***

Realizando un análisis a este diagrama encontramos que la primera parte muestra todos aquellos posibles factores que puedan estar originando alguno de los problemas que tenemos, la segunda fase, luego de contar con la lluvia de ideas, viene la ponderación o valoración de estos factores a fin de centrarse específicamente sobre los problemas principales. Esta herramienta de

diagnóstico se lo utiliza en la actualidad para establecer las causas y efectos que dan como resultado el problema de investigación.

**Gráfico 8:** Diagrama causa - efecto



**Fuente:** Jeison Arenhart De Bastiani, Blog de la calidad

### ***Pasos para elaborar un diagrama de Ishikawa.***

1. Defina el problema que se va a analizar
2. Dibuje una flecha horizontal apuntando hacia la derecha y escriba el problema dentro de un rectángulo ubicado en la punta de la flecha.
3. Realice una lluvia de ideas para levantar las posibles causas que puedan estar generando el problema.
4. Se dividen las causas identificadas en categorías, por ejemplo: máquina, mano de obra, método y materiales o de la forma que sea más coherente con el problema analizado.
5. Detallar el efecto en la parte inferior de la espina de pescado que produce la causa identificada.



### ***Importancia del diagrama de Ishikawa.***

Ishikawa afirma que:

Este tipo de diagramas ayudan a pensar sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema, y no solamente en las más obvias o simples. Este tipo de diagrama es idóneo para motivar el análisis y la discusión grupal de manera que facilita ampliar la comprensión del problema, visualizar razones, factores principales, identificar posibles soluciones de una problemática planteada. (Ishikawa, 2012, pág. 75)

### ***Aplicaciones del diagrama de Ishikawa.***

- ✓ Permite ampliar la visión de las posibles causas de una problemática identificada, desde un punto de vista sistemático y más completo.
- ✓ Utilizado para identificar posibles soluciones.
- ✓ Herramienta utilizada para generar mejoras en los procesos productivos de una organización.

### **7.2.4. Diagrama hombre – máquina.**

#### ***Definiciones.***

Roberto García Criollo en su libro Estudio del trabajo define como al diagrama hombre – máquina como:

La representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen trabajadores y máquinas, y que permite conocer el tiempo empleado por cada uno, es decir, conocer el tiempo usado por los trabajadores y el utilizado por las máquinas. El analista elaborara un diagrama de esta clase cuando su investigación preliminar revele que el ciclo de trabajo del operador es más corto que el ciclo de operación de la máquina” (Criollo, 2015, pág. 126)

Según Moreno afirma que:

El diagrama hombre - máquina se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una estación de trabajo a la vez. El diagrama muestra la relación de tiempo exacta entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. (Moreno, 2018, págs. 1-3)

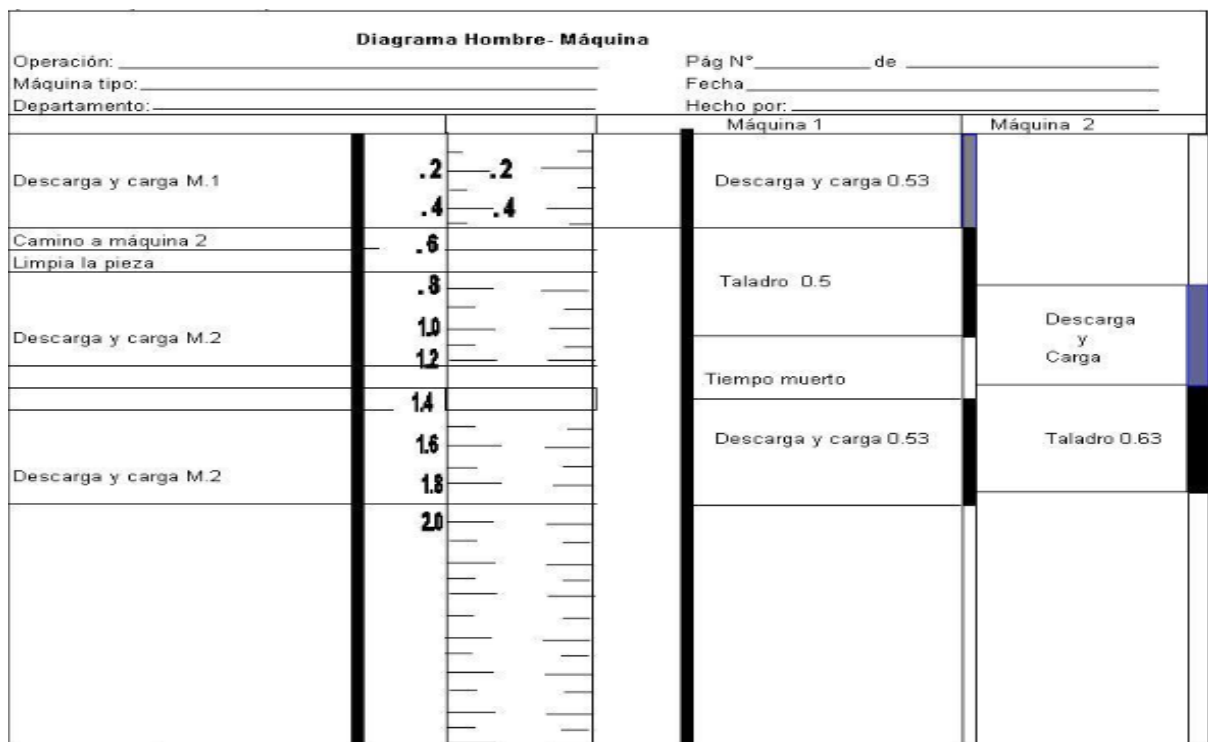
Relacionando los dos conceptos anteriores, vemos que este tipo de diagrama nos permite contemplar un tiempo de ciclo de las actividades, se puede calcular eficiencia económica, productividad, costos de producción, números de máquinas a asignar a un trabajador, eficiencia, rendimiento, prácticamente nos permite tener un amplio conocimiento de los diferentes indicadores productivos.

### *Fin de realizar un diagrama hombre – máquina*

- ❖ Determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas
- ❖ Estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez
- ❖ Conocer el tiempo para llevar a cabo el balance de actividades del hombre y su máquina

### *Representación gráfica de un diagrama hombre – máquina*

**Gráfico 9:** Diagrama hombre- máquina



**Fuente:** Roberto García Criollo. Introducción al estudio de trabajo

### *Importancia del diagrama hombre – máquina*

Según More afirma que:

La importancia de esta metodología de análisis está en que permite y proporciona los métodos que son capaces de cuantificar la producción, de medirla y de saber si es factible, cuánto dinero genera realizar una actividad económica, el tiempo que tarda en producirse “algo”, y determinar la relación hombre – máquina, esa

es la esencia de esta importante herramienta dentro de la ingeniería de métodos.  
(Moreno, 2018, págs. 1-3)

***Pasos para elaborar un diagrama hombre – máquina.***

1. Seleccionar la operación que será diagramada.
2. Determinar los límites del ciclo que se quiere diagramar.
3. Dividir la operación en elementos.
4. Medir el tiempo de duración de cada elemento.
5. Construir el diagrama.

**7.2.5. Método de Monte Carlo.**

El método de Monte Carlo en la actualidad y a lo largo de los años, se ha convertido en una herramienta estándar para calcular una infinidad de valores posibles en diferentes aplicaciones del mundo contemporáneo. A continuación, se detalla el método con una descripción de los conceptos básicos y sus potencialidades:

Montecarlo está relacionado con la simulación, y la simulación no es otra cosa que la construcción de dispositivos o métodos experimentales como es este caso; que permitan la recreación simple de procesos que suceden en entornos complejos para su mejor comprensión, entonces, el objetivo principal de la simulación de Montecarlo es imitar el comportamiento de variables reales para, en la medida de lo posible analizar o predecir cómo van a evolucionar y es lo que se va a realizar en esta investigación para obtener la predicción de cuantas fallas se van a producir en los paneles para este 2020.

Lo clave del método de Montecarlo está en:

- Empezar creando un modelo matemático de lo que se quiere analizar, es decir adaptarle al objeto de estudio.
- Identificar las variables cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema.
- Realizar el experimento consistente en generar muestras aleatorias para las variables.
- Tras repetir  $n$  veces el experimento, se tendrá  $n$  observaciones de las variables del objeto de estudio. (González, 2015, págs. 305 - 320)

Son las observaciones que hace Gonzales, J. y Escalante, A. en su publicación realizada en diciembre del 2015 en Alfaomega Club; biblioteca virtual; entonces, analizando estas etapas

claves del método se puede concluir que nuestro análisis será tanto más preciso cuanto mayor sea el número de  $n$  experimentos realizados al objeto de estudio.

### ***Cómo realizamos el método de Montecarlo***

La complejidad que presenta dicho método se debe simular mediante un computador porque es evidente y recomendable comprender el método de cálculo detrás de esta simulación.

En cualquier proyecto donde se aplique este método, hay dos elementos que tienen un comportamiento no determinista:

- ✓ **Las tareas.** - Las cuales tienen un valor medio y una variabilidad de acuerdo con una distribución estadística, que permite relacionar un determinado valor de plazo o coste a un porcentaje de representatividad.
- ✓ **Los riesgos.** – Están sujetos a una probabilidad de ocurrencia y a un impacto. Como, por ejemplo; si se tiene un riesgo con una probabilidad de ocurrencia del 15%, y un impacto de 1000 \$ y 1 día, diremos que el 15% de las veces que se ejecute el proyecto, este va a durar un día más y costar 1000 \$ más, el 85% de las veces restantes no. (González, 2015, págs. 305 - 320)

Una vez encontradas las distribuciones estadísticas de las tareas y riesgos se puede calcular un valor determinado a cada tarea o riesgo generando números aleatorios y mientras más grande sea la muestra más exacta será el resultado, esto permite calcular duración del proyecto para cada valor aleatorio.

Si repetimos este cálculo un número suficientemente alto de veces (sobre 1000 puede ser correcto), podemos obtener varios valores de plazo y coste para el proyecto; los cuales pueden representarse en un gráfico de Pareto mostrando el número de veces que ha aparecido en el análisis un determinado valor de plazo o coste. A partir de este gráfico podemos acabar calculado la distribución estadística que sigue el proyecto en su conjunto, y por tanto determinar el porcentaje de las veces que este va a cumplir una determinada restricción.

### ***Software de simulación***

Actualmente existen diferentes programas comerciales que permiten aplicar el método de Montecarlo, entre los más conocidos tenemos a Microsoft Project y Microsoft Excel, este último es el que se va a utilizar en la predicción de fallas de los paneles para el año 2020. Al ser una herramienta muy utilizada es aplicable a cualquier proyecto y mientras más grande sea, mejor será la aplicación de los riesgos de incertidumbre que pueda tener este, ayudando a tener la probabilidad de éxito o de fracaso.

## **8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS**

### **8.1. Preguntas científicas:**

¿Cómo caracterizar los macroprocesos del taller de ingeniería industrial para la interpretación de la base de datos existente?

¿Cómo realizar el análisis de la información recolectada mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico?

¿Cómo realizar la propuesta de mejora para los procesos de reparación de paneles y los procesos de fabricación del Tundish?

## **9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **9.1. Tipo de investigación**

#### **9.1.1. Investigación exploratoria.**

La investigación exploratoria ofrece un acercamiento al problema de investigación sobre la demora en los procesos de fabricación y mantenimiento de piezas dentro del taller de ingeniería industrial permitiendo familiarizar con lo que se desconocía del porque se producen este tipo de demoras dando como resultado la información inicial para el desarrollo del tema de investigación de los procesos productivos en el taller.

#### **9.1.2. Investigación descriptiva.**

Este tipo de investigación permite como su nombre mismo lo dice, describir el estado actual del taller de ingeniería industrial, identificar las actividades más críticas en mantenimiento y fabricaciones para realizar el análisis de estas, con todos los procesos involucrados y aplicando las diferentes herramientas de diagnóstico.

#### **9.1.3. Investigación explicativa.**

Este tipo de investigación es muy importante en el desarrollo de este proyecto porque explica las causas que originan las demoras dentro del proceso de mantenimiento y fabricaciones ampliando el qué de la investigación exploratoria y el cómo de la investigación descriptiva para llegar a establecer conclusiones y recomendaciones del proyecto.

### **9.2. Métodos de investigación**

La metodología utilizada para el análisis y mejora de los procesos del taller de ingeniería industrial en Adelca Aloag son los siguientes:

### **9.2.1. Método inductivo.**

Se utiliza este método para sustentar los objetivos planteados, mediante la inspección de los tres macroprocesos (mantenimiento, fabricaciones, proyectos) y el levantamiento de las actividades que más se repiten en el taller, de esta manera se puede realizar un análisis de los resultados obtenidos dando respuesta a los objetivos para llegar a una conclusión de los procesos del taller.

### **9.2.2. Método Bibliográfico.**

Este método proporciona etapas básicas y fundamentales que se requieren para realizar el proyecto como lo es la fundamentación científica - teórica y la correcta conceptualización de los procedimientos del taller. El método bibliográfico da un aporte a la investigación debido al análisis de información recopilada del 2018 y 2019.

### **9.2.3. Método Analítico.**

El método analítico permite descomponer el tema de estudio en etapas de análisis de información y propuesta de la mejora de los procesos. Además, este método permite desglosar cada macroproceso para establecer un estudio individual de las actividades que se ejecutan en cada uno de ellos.

## **9.3. Técnicas de investigación**

Las técnicas de investigación utilizadas para el análisis y mejora de los procesos del taller de ingeniería industrial en Adelca Aloag son las siguientes:

### **9.3.1. La observación.**

Esta técnica de investigación va a ser el primer paso para seguir con la investigación de este proyecto permitiendo familiarizarnos con las actividades de cada macroproceso (mantenimiento, fabricaciones y proyectos) que realiza el taller de ingeniería, además, de identificar todas las áreas involucradas en la investigación. Este tipo de técnica se basa en la visualización del fenómeno de estudio para lo cual se recopiló información histórica almacenada en la base de datos de los años 2018 y 2019, además de proceder a un levantamiento de actividades y diagramas de procesos que ayuden a entender cómo se desempeñan dentro del taller.

### **9.3.2. La entrevista.**

Esta técnica es la más utilizada porque se va a estar en constante dialogo con los trabajadores y el jefe del taller de ingeniería quien pone las orientaciones principales hacia donde se va a llegar con el proyecto de investigación.

### **9.3.3. Diagrama de Pareto.**

Esta técnica se la utilizará con dos enfoques:

- ✓ Permite determinar por procesos las actividades que se realizan con más frecuencia y cuáles de estas debemos establecer un análisis más detallado para la propuesta de mejora.
- ✓ Dará un análisis más detallado de las fallas que presentan los procesos del taller de ingeniería una vez que se haya establecido un diagrama de procesos.

### **9.3.4. Diagrama de procesos.**

Este diagrama permite identificar todas las actividades que realizan los trabajadores y la secuencia con las que se ejecutan, los trayectos que toman, los materiales y las herramientas que utilizan para cumplirlos. Este diagrama ayuda a detallar las actividades de forma más clara, además de establecer un tiempo de ciclo de las muestras seleccionadas.

### **9.3.5. Diagrama Hombre – Máquina.**

Este diagrama se utiliza para estudiar y analizar los procesos de cortado y rolado mostrando la relación de tiempo entre el ciclo de trabajo de la persona y el ciclo de operación de la máquina. Se lo utilizará para obtener un balance del ciclo de trabajo para una posterior recomendación al taller a mejorar su eficiencia de las máquinas.

### **9.3.6. Método de Montecarlo.**

Esta metodología se emplea para realizar una predicción de daños para este año 2020 en los paneles de refrigeración del horno de fundición de acero, tomando como referencia las causas principales que ocasionan y el número de daños producidos en el año 2018 y 2019.

## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 10.1. Descripción general del taller

Adelca es una empresa siderúrgica ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Mejía, Parroquia Alóag, Km. 1 ½ vía Aloag - Santo Domingo, actualmente pionera en el reciclaje y fabricación de acero. Sus actividades se encuentran supervisadas bajo estrictas normas técnicas y de seguridad, además de un programa integral en protección ambiental y contribución con la comunidad.

**Gráfico 10:** Taller de ingeniería industrial



**Elaborado por:** Grupo investigador

Desde su creación, ha mantenido una permanente innovación en sus sistemas de producción y en los servicios orientados a satisfacer a los clientes, siendo necesario reinvertir en sus procesos productivos, con la finalidad de dotarle a la empresa de una tecnología avanzada y personal capacitado que garantizan la entrega de productos de calidad con precios competitivos en el mercado y en el menor tiempo posible. (ADELCA, 2019)

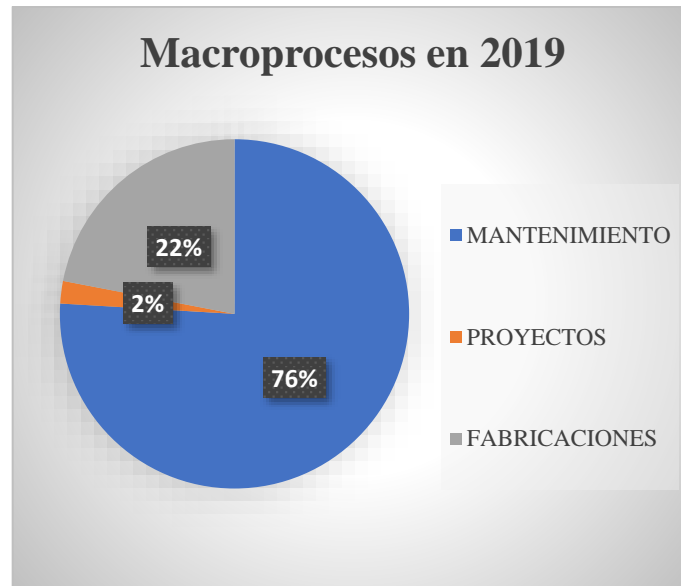
El taller de Ingeniería Industrial está ubicado en el área de fundición como una subárea de apoyo, dedicado a 3 grandes procesos productivos de los cuales se deslindan un sinnúmero de actividades que ejecuta el taller; estos son:

1. Mantenimiento
2. Fabricaciones
3. Proyectos



A continuación, se muestra la gráfica 10 en donde se plasma los porcentajes de cada macroproceso que realiza el taller de ingeniería industrial respecto al consumo de horas hombre empleadas durante el año 2019.

**Gráfico 11:** Horas hombre 2019 de cada macroproceso



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

Entonces, se puede identificar que el macroproceso de mantenimiento es el que lidera el consumo de horas hombre, dentro de las actividades de mantenimiento que realiza el taller de ingeniería industrial encontramos:

- Armados - Cambios
- Construcciones - Cortes
- Instalaciones - Mantenimiento programado
- Montajes - Rellenados
- Reparaciones - Rolados
- Soldaduras - Trabajos varios

Del 76% referente a las horas hombre empleadas para el mantenimiento, cada una de las actividades anteriormente mencionadas irán ocupando un porcentaje, el mismo que será representado en el análisis y discusión de los resultados.

Dentro de las actividades de fabricación, las más frecuentes son:

- Fabricación de paneles
- Fabricación de Tundish
- Fabricaciones de codos refrigerados

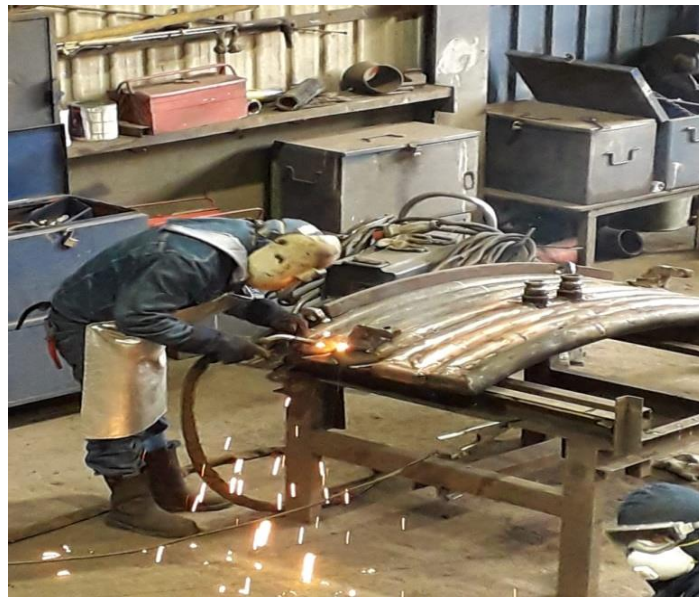
Finalmente, el 2% reflejado en la gráfica, corresponde a proyectos realizados en el año 2019 siendo un valor muy por debajo de lo normal. Esto nos quiere decir que el taller de ingeniería industrial no está evolucionando.

#### 10.1.1. Secciones del taller de ingeniería Industrial.

- Suelta
- Cortes
- Oficinas
- Perfilería
- Rolado

Todas las secciones mencionadas, las encontramos al interior del taller cumpliendo cada una de ellas un papel importante para poder llevar a cabo los trabajos planificados. En la sección de acabados cuentan con tomas de aire en donde proceden al grateado y pintado de las fabricaciones o reparaciones que estén culminadas correctamente. A continuación, en las gráficas 11 y 12 se puede observar las áreas o secciones de suelda y rolado dentro del taller.

**Gráfico 12:** Taller - sección de suelda



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Gráfico 13:** Taller - sección de rolado



**Elaborado por:** Grupo investigador

Otra sección muy importante del taller son las oficinas donde se encuentra un dibujante realizando levantamiento de planos, el pasante de apoyo y el superviso del taller; el cual, programa las actividades diarias y supervisa que se cumplan los trabajos previamente establecidos de acuerdo con la planificación de producción que lleva toda el área de fundición.

#### **10.1.2. Subáreas con la que colabora el taller de ingeniería Industrial.**

El área global donde se ubica el taller de ingeniería industrial es la Fundidora de Adelca Aloat, comprendiendo subáreas con las cuales el taller ingeniería industrial colabora horizontalmente con todos los departamentos de la fundidora. Estos son:

- Hornos                               - Colada continua
- Grúas                                   - Eléctricos
- Producción                           - Refractarios
- Bodega

Cumpliendo con la misión del taller que plasma planificar, implantar, operar, reparar y diseñar eficientemente las actividades integradas por personas, materiales, equipos e información con la finalidad de preservar el mejor desempeño de sistemas relacionados con la producción del acero en toda el área de fundición.” (ADELCA, 2019)

### 10.1.3. Subáreas con la que colabora el taller de ingeniería industrial.

Para entender de mejor manera las actividades realizadas en el taller se anexará en el análisis de resultados los diagramas de flujo de los tres macroprocesos existentes.

Todo parte de generar una orden de producción, mantenimiento, o de cualquier otra índole por parte del gerente de mantenimiento de la fundidora para que el jefe del taller de ingeniería industrial tome la respectiva prioridad emergente de ser el caso para que genere la respectiva orden de trabajo. En caso de ser emergente se asigna instantáneamente el equipo de trabajo para las actividades a desarrollarse; estos deben ir notificando las actividades diarias realizadas. En caso de no ser emergente, primero se elabora un plan de ejecución. (ADELCA, 2019)

El taller de ingeniería industrial Adelca Aloag es un área que cumple con la tarea de apoyo para la fundidora guiado en tres macroprocesos que están divididos en: mantenimiento, fabricaciones y proyectos. Cada macroproceso se maneja por órdenes de trabajo, dichas órdenes se manejan mediante códigos que se los puede identificar en la tabla 5.

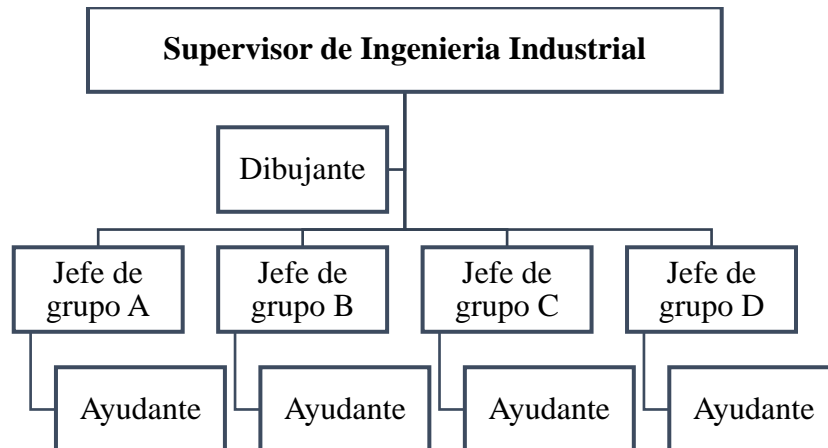
**Tabla 5:** Codificación de órdenes de trabajo

Macroproceso	Código	Actividad
Mantenimiento	ZA-01	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reparaciones</li> <li>• Construcciones</li> <li>• Cambios</li> <li>• Otros</li> </ul>
	ZA-03	Mantenimientos Programados.
Fabricaciones	ZPIF	Fabricación de implementos para la fundidora.
Proyectos	ZA-02	Impulsar nuevos cambios que mejoren el proceso de fabricación de palanquilla.

Elaborado por: Grupo investigador

El Taller de ingeniería industrial cuenta con 12 trabajadores de los cuales 5 son jefes de soldadores, 5 son ayudantes de soldadura, 1 dibujante y el supervisor de Ingeniería Industrial. Esta distribución se la representa en el gráfico 13 con un organigrama interno del taller.

**Gráfico 14:** Organigrama Institucional del Taller de Ingeniería Industrial.



Elaborado por: grupo de Investigación.

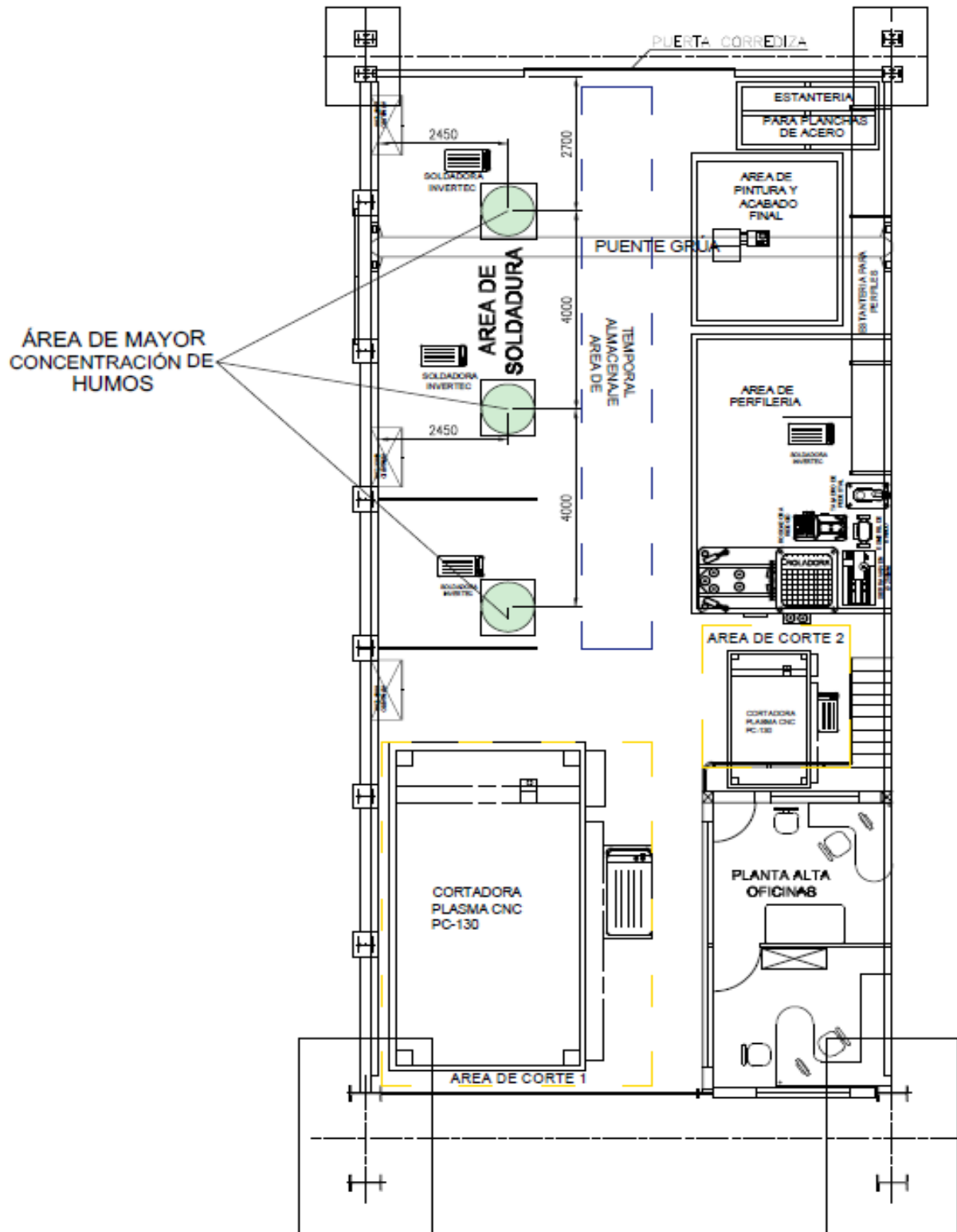
#### 10.1.4. Áreas de trabajo del taller de ingeniería Industrial.

El taller de Ingeniería Industrial cuenta actualmente con una distribución de áreas que fue establecida para sacar el máximo provecho a su limitado espacio mostrando una distribución de las diferentes áreas en la gráfica 14 siendo el lay out del taller de ingeniería industrial visualizando los diferentes espacios internos de este:

- ✓ Área de corte 1 (cortadora plasma CNC PC - 130)
- ✓ Planta alta oficinas
- ✓ Planta baja cancelas
- ✓ Área de corte 2 (cortadora plasma CNC PC - 100)
- ✓ Área de perfilería
- ✓ Área de rolado
- ✓ Área de almacenamiento temporal
- ✓ Área de soldadura
- ✓ Área de grateado y pintado
- ✓ Estantería

todas las áreas mencionadas anteriormente están plasmadas en el lay out siendo muy importantes cada una de ellas dentro ya que cumplen con una actividad en específico para la fabricación o mantenimiento de las diferentes piezas que realizan al interior del taller.

**Gráfico 15:** Lay Out del Taller de Ingeniería Industrial



Elaborado por: Grupo de Investigación

## **10.2. Recopilar información de los tres macroprocesos existentes en el Taller de Ingeniería Industrial para fundamentar la propuesta mediante la interpretación de la base de datos históricos existentes.**

### **10.2.1. Análisis general de los 3 macroprocesos dentro del taller de ingeniería industrial.**

Para esta actividad se requirió de una visita al taller de ingeniería industrial Adelca Aloag que permitió familiarizar al grupo de investigación con los macroprocesos existentes. Además de realizar una entrevista con el supervisor de ingeniería para coordinar los permisos de acceso a la base de datos históricos, los documentos relacionados con la investigación como lo son diagramas de flujo, hoja de activos existentes en el taller de ingeniería entre otros.

A continuación, se presenta los tres diagramas de flujo existentes con los pasos a seguir los tres macroprocesos para ser aprobados y posteriormente ejecutar una orden de producción teniendo en cuenta los diferentes cargos y áreas que intervienen en estos.

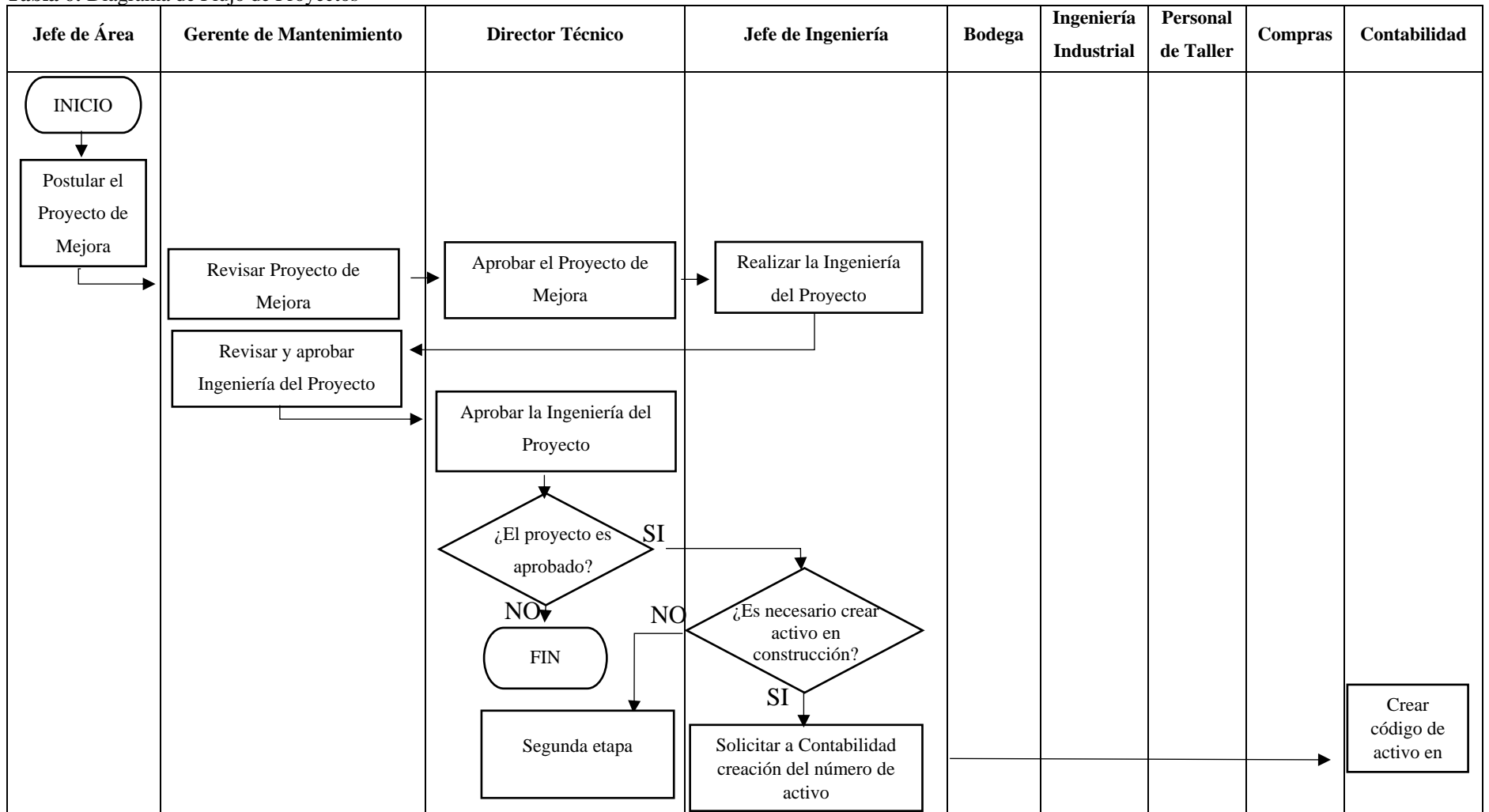
Una vez planificado una actividad ya sea esta de mantenimiento dentro o fuera del taller, una fabricación o la ejecución de un proyecto por parte del taller de ingeniería, se va a evidenciar todos los procedimientos a seguir.

#### ***Diagrama de flujo de Proyectos.***

Uno de los valores establecidos por Adelca es el mejoramiento continuo, por esta razón la empresa promueve innovar sus procesos y cada área presenta un macroproceso ZA-02 detallado en la tabla 5 con el fin de tener constantemente planificación y ejecución de proyectos dentro de la empresa.

Este macroproceso comienza por una sustentación del proyecto la cual requiere una investigación la cual se presenta al jefe de área, el cual conjuntamente con el gerente de mantenimiento y director técnico examinarán el proyecto y verificarán la viabilidad si existe algún inconveniente con el proyecto este será cancelado. Como paso siguiente de la aprobación se procede a pedir materiales los cuales deben ser emitidos por la bodega de acería y en caso de no existir se debe emitir una orden de compra. Como paso final se procede a la fabricación e implementación del proyecto el cual se lo supervisara el jefe de ingeniería, este proceso se lo presenta de forma completa en el ANEXO 2. En la tabla 6 se presenta solo el proceso inicial.

**Tabla 6:** Diagrama de Flujo de Proyectos



Elaborado por: grupo investigador



### ***Diagrama de flujo de Mantenimiento.***

El diagrama de flujo de mantenimiento está detallado en la tabla 7 en donde se indica con los pasos a seguir para poder cumplir con una orden de mantenimiento emitida por el jefe del taller, además se puede identificar que este diagrama de flujo está orientado a dar cumplimiento a procesos administrativos; más no cumple con mejorar los procesos productivos que lleva a cabo el taller de ingeniería juntamente con todos los colaboradores internos de esta área importante para la fundidora.

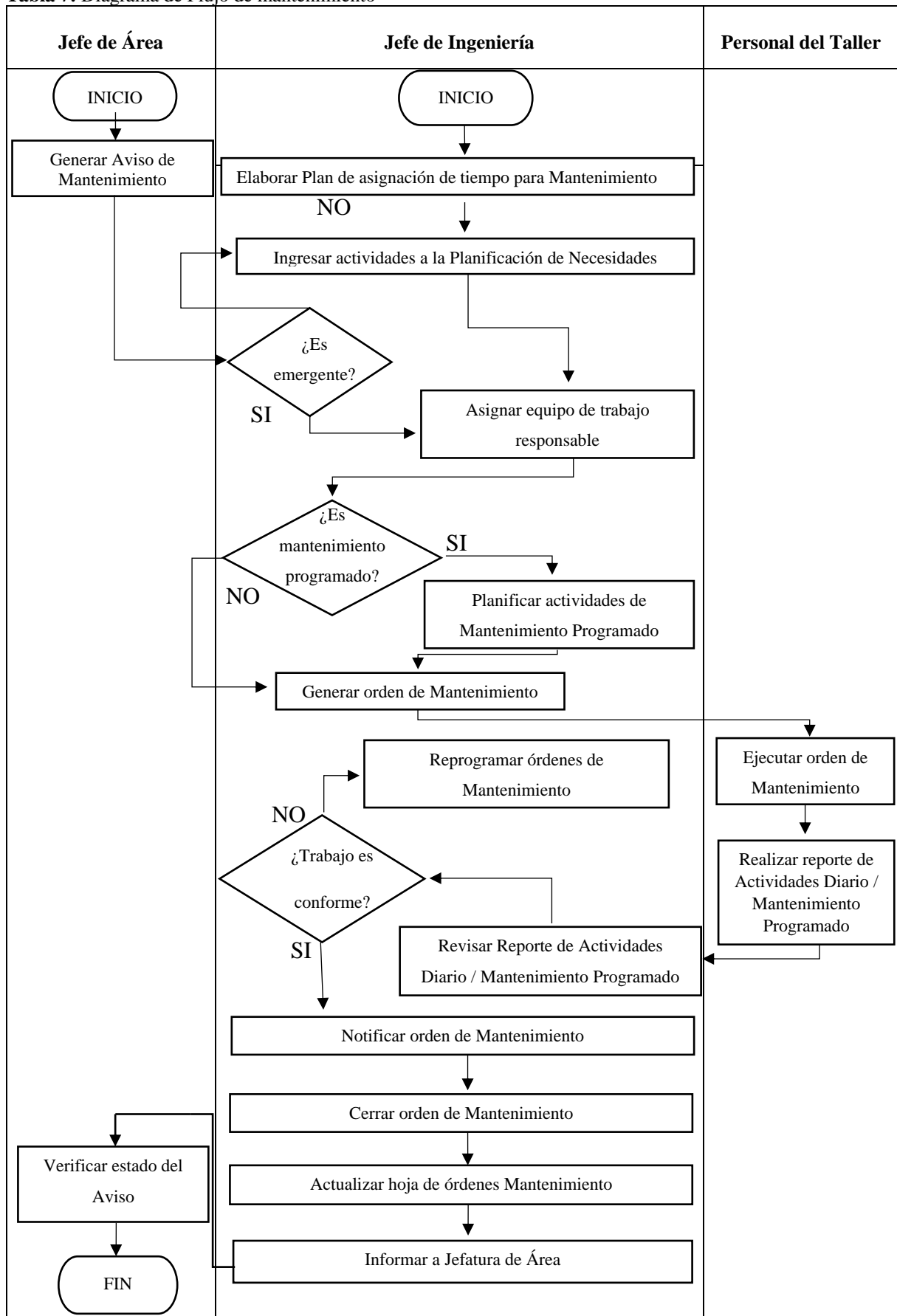
### ***Diagrama de flujo de Fabricaciones.***

En el taller de ingeniería Industrial de Adelca Aloag también se realizan fabricaciones que sirven o se instalan en la fundidora de Acería, las principales fabricaciones son:

- ✓ Paneles que ayudan a la refrigeración del horno fundición.
- ✓ Los Tundish los cuales se instalan en la colada continua para el proceso de solidificación del acero, es decir, la transformación del acero líquido a palanquilla.
- ✓ Codos refrigerados que permiten conducir y refrigerar los gases que emite el horno de fundición a altas temperaturas.
- ✓ Campanas del horno de fundición y del horno de afino del acero las cuales permiten sellar de forma segura para evitar salpicaduras de acero al entrar en contacto con los electrodos.
- ✓ Entre otras fabricaciones por menores que se encarga el taller como lo es elaboración de piezas para reparaciones y mejoras de la fundidora.

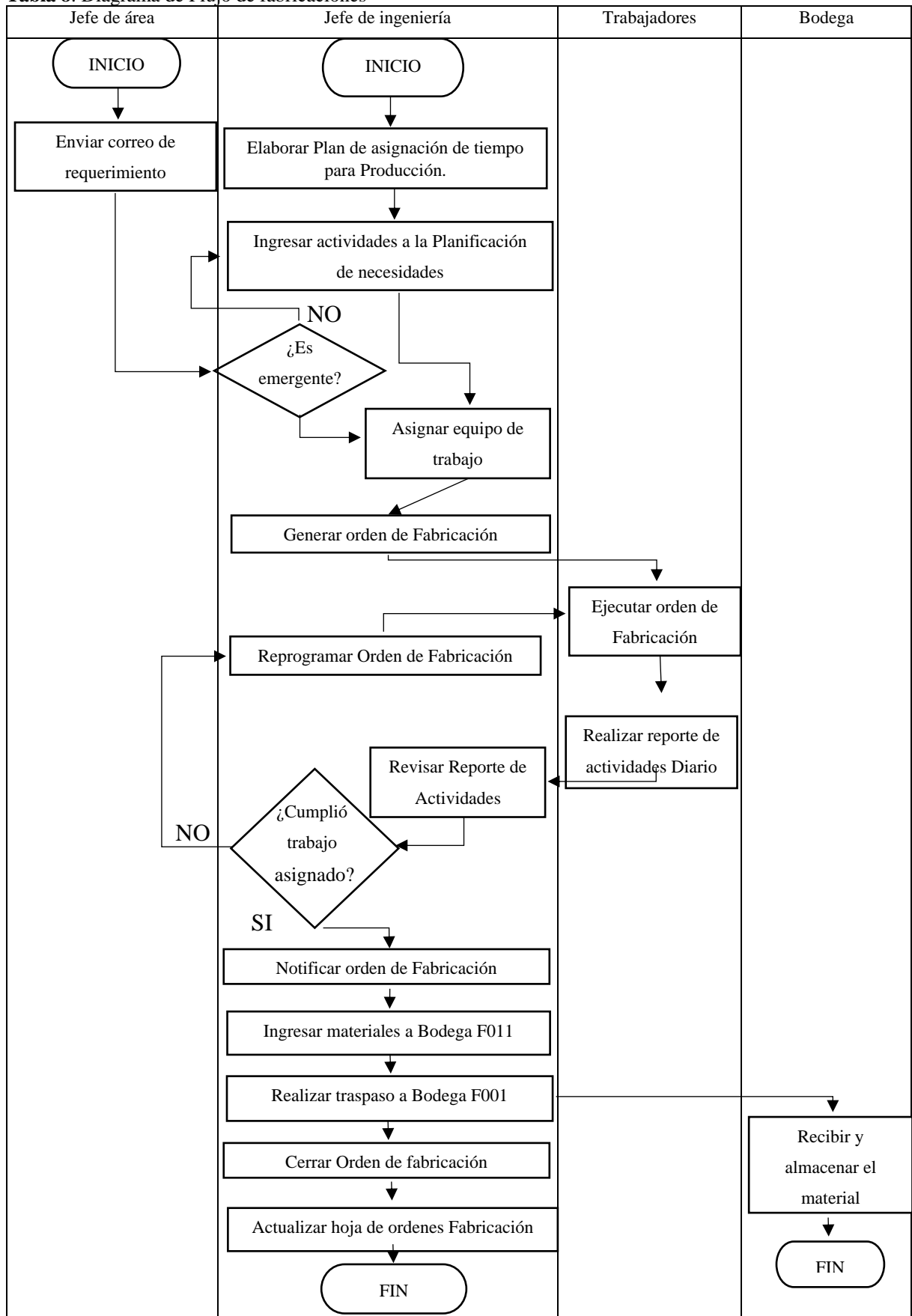
Los pasos que se presentan a continuación son la secuencia de pasos que se deben seguir para poder dar cumplimiento a las órdenes de fabricación y como se puede notar se concentra de forma administrativa, más no en las actividades específicas que se ejecutan para dar el cumplimiento a las órdenes de trabajo.

**Tabla 7:** Diagrama de Flujo de mantenimiento



Elaborado por: Adelca (Orosco, 2018)

**Tabla 8:** Diagrama de Flujo de fabricaciones



Elaborado por: Adelca (Orosco, 2018)

### 10.2.2. Identificación e interpretación de los resultados del análisis de los 3 macroprocesos.

#### Macroprocesos del taller de ingeniería industrial en Adelca Alog.

Estos son:

- ✓ Mantenimiento
- ✓ Fabricaciones
- ✓ Proyectos

Dentro de cada macroproceso contiene un sinnúmero de actividades que realiza el taller de ingeniería que se los detalla en la tabla 11 de este proyecto de investigación.

#### *Análisis de la base de datos del 2018.*

En la siguiente tabla 9 se identifican cual es el número de horas hombre al año y el costo de materiales por cada uno de los macroprocesos del año 2018. Para la obtención de estos datos se ha hecho un análisis a toda la base de datos del taller de ingeniería industrial donde se reportan las ordenes de trabajo las mismas que contienen un sinnúmero de parámetros, entre los más importantes son:

- ✓ Número de orden de trabajo
- ✓ Código del macroproceso a la que pertenece la orden de trabajo
- ✓ Horas notificadas
- ✓ Descripción de la actividad que se realiza

Algo muy importante que se consideró para este análisis son los filtros que se aplicó en la base de datos para obtener resultados verdaderos, se los puede observar en el ANEXO 1.

**Tabla 9:** Costos 2018 del taller de ingeniería

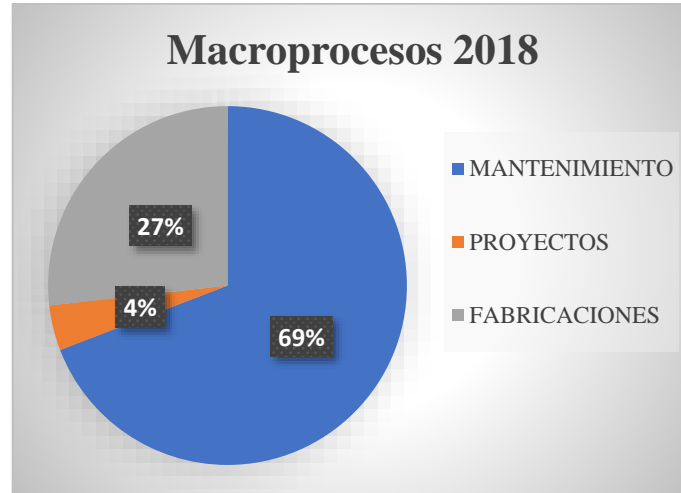
Actividad	Código	H-H por código	Costo de mano de obra (\$)	Costo de Materiales (\$)
Mantenimiento	ZA-01	12.268	233.879,93	424.509,27
	ZA-03	4053		
Proyectos	ZA-02	962	13.785,46	23.897,86
Fabricaciones	ZPIF	6320	90.565,60	79.356,56
TOTAL:		23.603	338.230,99	527.763,69
<b>COSTO TOTAL DEL AÑO 2018</b>				<b>\$ 865.994,68</b>

**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

La gráfica 15 representa los porcentajes de utilización de horas hombre de los tres macroprocesos en el año 2018:

**Gráfico 16:** Consumo de H-H en el 2018



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

En el año 2018 la actividad de mantenimiento es el macroproceso con mayor porcentaje de utilización dejando a los demás con porcentajes inferiores como se lo puede observar en la gráfica 14. Los proyectos tienen un porcentaje del 4%, se considera un valor mínimo que en consideraciones puede ser un valor preocupante que se debería elevar para que el taller pueda tener mejoras continuas.

#### *Análisis de la base de datos del 2019.*

En la siguiente tabla 10 se identifican cual es el número de horas hombre al año y el costo de materiales por cada uno de los macroprocesos del año 2019:

**Tabla 10:** Costos 2019 del taller de ingeniería.

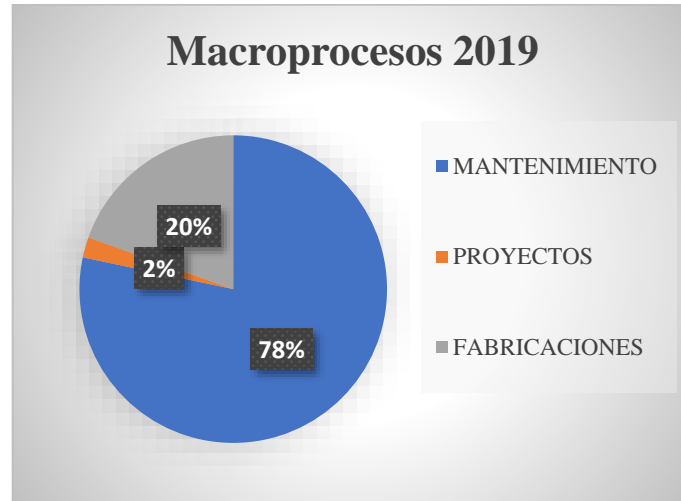
Actividad	Código	H-H por código	Costo de mano de obra (\$)	Costo de Materiales (\$)
Mantenimiento	ZA-01	8745	152.248,24	339.334,18
	ZA-03	1879		
Proyectos	ZA-02	290	4.155,70	4.614,55
Fabricaciones	ZPIF	2652	38.003,16	27.087,12
TOTAL:		13.566	194.407,10	371.035,85
<b>COSTO TOTAL DEL AÑO 2019</b>				<b>\$ 565.442,95</b>

**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

En la gráfica 16 se detallan los porcentajes del 2019 correspondientes a la utilización de horas hombre de cada macroproceso.

**Gráfico 17:** Consumo de H-H en el 2019.



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

Interpretando los resultados entre los dos gráficos, es claramente apreciable la variación en un 9% que se eleva el proceso de mantenimiento en el taller de ingeniería industrial de un año a otro disminuyendo los procesos de fabricación y de proyectos dando como conclusión que el taller fue menos productivo en el año 2019 a razón del año 2018, además, se evidencia que el taller de ingeniería está reduciendo a niveles críticos los proyectos, estancándose y dejando de lado la mejora continua y dedicándose la mayor parte del tiempo a las actividades de mantenimiento.

Las gráficas y las tablas presentadas anteriormente son el resultado del análisis de toda la base de datos del taller de ingeniería industrial de los años 2018 y 2019. Se puede identificar que del año anterior a la fecha el taller ha reducido el porcentaje del proceso de proyectos el cual es vital para que la empresa Adelca Aloag no se quede estancada y pueda tener una mejora continua porque son estos proyectos las mejoras para las demás áreas que conforman la empresa.

### **10.2.3. Clasificación de los trabajos registrados en la base de datos.**

Descripción de las actividades que se realizan en cada macroproceso dentro del taller de ingeniería industrial:

#### **MANTENIMIENTO**

- ✓ Armados
- ✓ Cambios
- ✓ Construcciones
- ✓ Cortes
- ✓ Instalaciones
- ✓ Mantenimiento programado
- ✓ Montaje
- ✓ Rellenados
- ✓ Reparaciones
- ✓ Rolado y Ruteo
- ✓ Soldadura
- ✓ Trabajos varios

#### **FABRICACIONES**

- ✓ Tundish
- ✓ Codos de refrigeración
- ✓ Camisas de refrigeración
- ✓ Paneles de refrigeración
- ✓ Filos de cucharas

#### **PROYECTOS**

- ✓ Viga de soporte para cables de transformación
- ✓ Instalación de postes y viga en la cámara de transformación
- ✓ Construcción de CNC router plasma 6325

Para más detalles de las actividades con los diferentes porcentajes que representan del total de horas hombre notificadas y los costos se los puede apreciar en el ANEXO 2 sobre el análisis global del año 2018.

### **10.3. Analizar la información recolectada mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico para determinar el estado actual del Taller de ingeniería Industrial**

#### **10.3.1. Selección del trabajo más crítico en cada macroproceso.**

##### *Mantenimiento.*

Este es un macroproceso que en el 2019 tuvo un 78% de utilización de las horas hombre, por ende, consta de muchas ordenes de producción y para este análisis se procederá a seleccionar la actividad más crítica.

En este análisis para obtener el diagrama de Pareto se visualiza cual de todas las actividades de este macroproceso es la más crítica se realizó una serie de análisis que se los detallan a continuación:

1. Filtrar la base de datos de todas las ordenes de mantenimiento con el código ZA – 01 y ZA – 03 que son los códigos de este macroproceso.
2. Condicionar a la base de datos para visualizar solo las ordenes de mantenimiento cerradas.
3. Clasificar todas las actividades que se realizan en este macroproceso.
4. Registrar el número de horas notificadas por cada orden de mantenimiento.
5. Realizar una tabla resumen donde se contempla los datos que facilitan graficar los diagramas de Pareto.

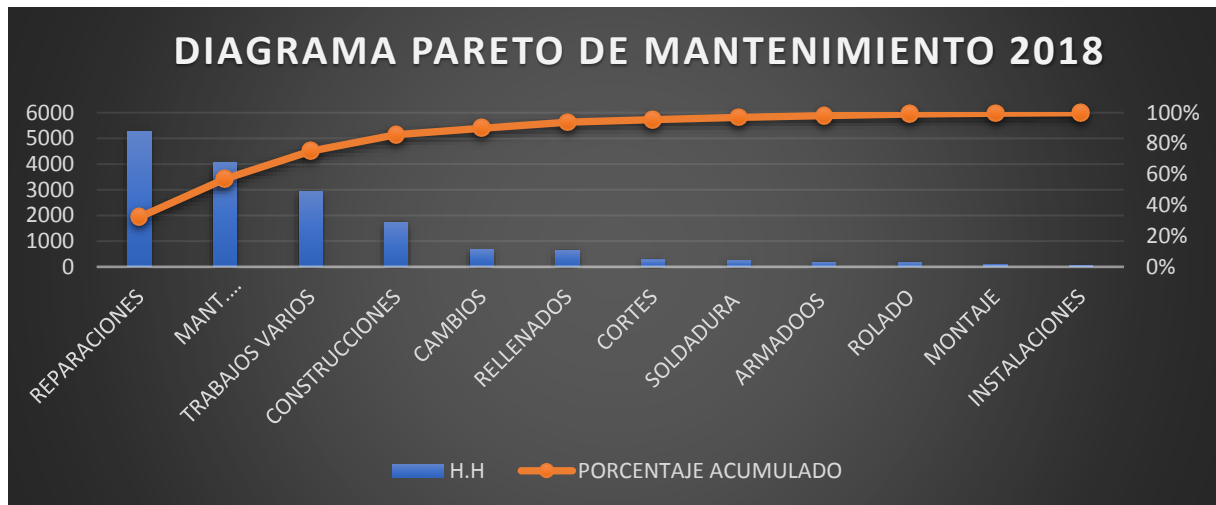
Todos estos pasos contemplados anteriormente se los ha realizado minuciosamente para que no haya margen de error en cuanto al análisis de la base de datos proporcionada por el taller de ingeniería industrial.

Esta actividad realizada va a aportar a la investigación con el muestreo de la actividad objeto de estudio para este macroproceso, su respectivo porcentaje del total de mantenimiento que es del 69% para el año 2018 y de un 78% para el año 2019 elevándose el porcentaje. También permite visualizar los costos de mano de obra y materiales que se han empleado y por consiguiente se puede tomar en cuenta cuales son las actividades que más costos generan al taller.

A continuación, se presenta un diagrama de Pareto en las gráficas número 17 y 18 de los años 2018 y 2019 donde se puede observar cual es la actividad que está fuera de los parámetros permitidos.



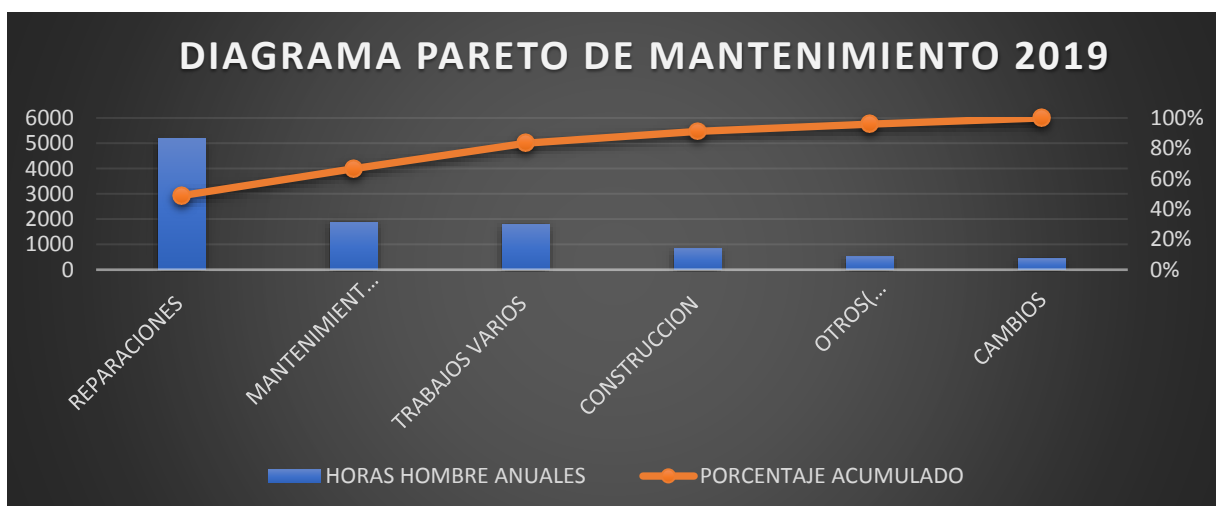
**Gráfico 18:** Diagrama de Pareto de mantenimiento 2018



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

**Gráfico 19:** Diagrama de Pareto de mantenimiento 2019



**Elaborado por:** Grupo de investigación

**Fuente:** Adelca

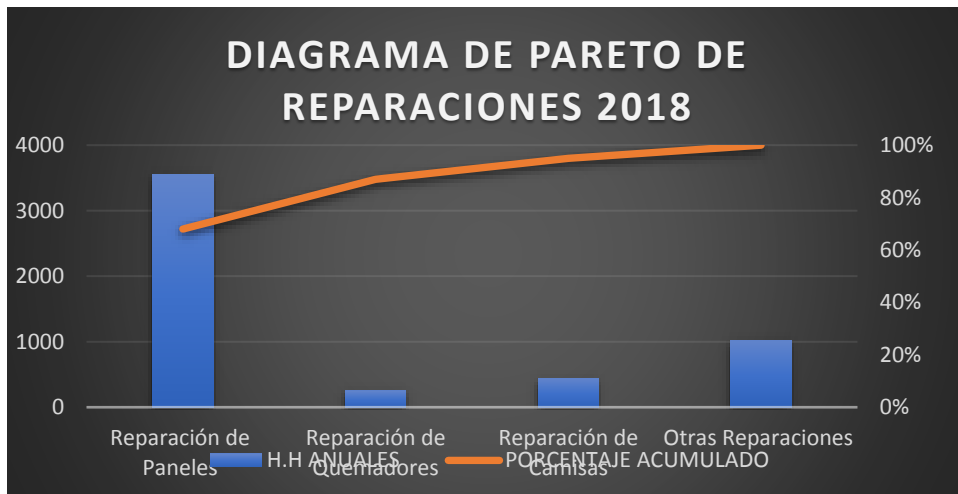
En este análisis aplicando un diagrama de Pareto efectuado a las actividades de mantenimiento se identificó que la actividad de reparaciones es la que consume el mayor número de horas hombre al año. Reparaciones dispuso alrededor de 5 mil horas hombre anuales y si la comparamos con el total de horas hombre ocupadas por el taller de ingeniería representa el 34% en el año 2019. Para la investigación dentro del macroproceso de mantenimiento se tomará como muestra las reparaciones.

A continuación, se detalla las actividades que se realizan dentro de lo que es reparaciones:

- Reparación de paneles
- Reparación de camisas
- Reparaciones de quemadores
- Otras reparaciones

Entonces, también vamos a ver cuál de todas las actividades de reparaciones es la más crítica y también se lo va a hacer con la utilización de diagramas de Pareto del año 2018 y 2019, con el fin de identificar cual de todas da más problemas en la actualidad del taller de ingeniería industrial:

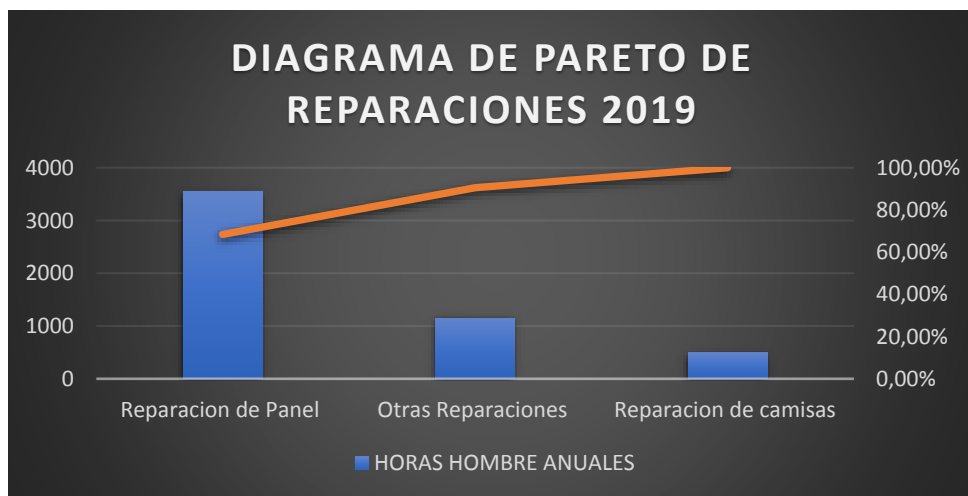
**Gráfico 20:** Análisis Pareto de reparaciones 2018



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

**Gráfico 21:** Análisis Pareto de reparaciones 2019



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

Las gráficas anteriores plasmadas representan un análisis de Pareto con un enfoque de horas utilizadas de todas las reparaciones que realiza el taller de ingeniería industrial teniendo un resultado claro en los 2 años 2018 y 2019 siendo las reparaciones de paneles la actividad más crítica, la misma que será motivo de análisis para la propuesta de mejoras que tiene como objetivo esta investigación.

Un dato adicional se lo encuentra en los anexos de este documento donde se obtiene luego de analizar la base de datos del taller de ingeniería industrial donde se logró obtener los paneles que más se reparan, además, los costos que representan al taller de ingeniería en el año 2018 y 2019.

### ***Fabricaciones.***

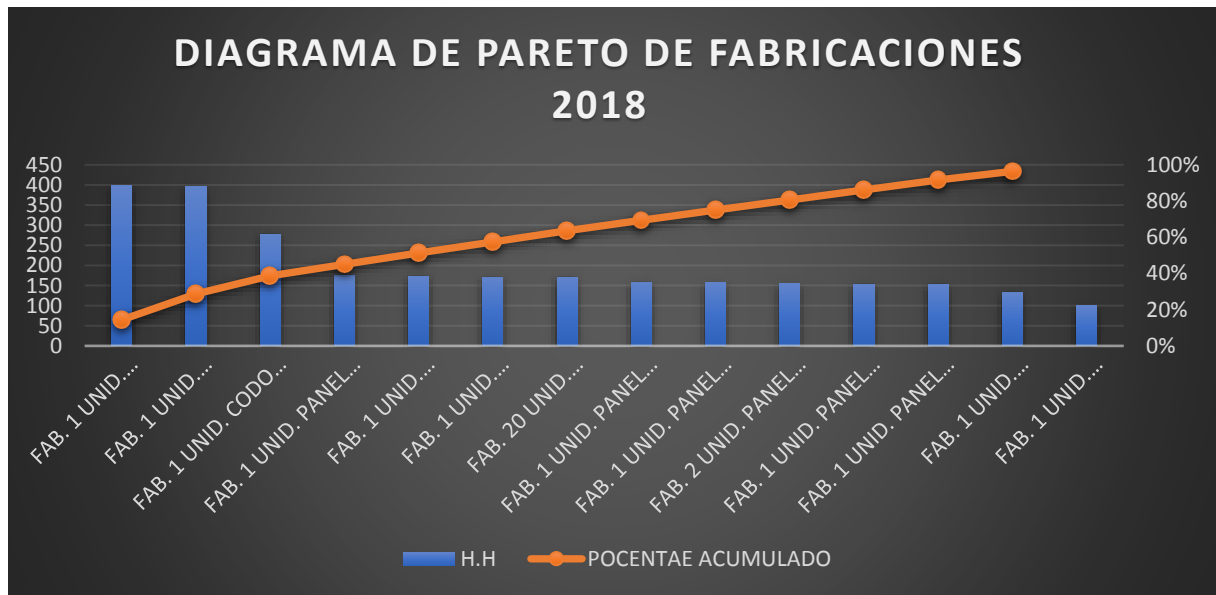
Luego de identificar las actividades más representativas del macroproceso de fabricaciones en la tabla 11 de este documento; se seleccionó las que más consumen horas hombre en el proceso de fabricación utilizando el mismo procedimiento que en el análisis anterior:

1. Filtrar de la base de datos de todas las ordenes de fabricaciones con el código ZPIF que es el código de este macroproceso.
2. Condicionar a la base de datos para visualizar solo las ordenes de fabricaciones cerradas.
3. Clasificar todas las actividades que se realizan en este macroproceso.
4. Registrar el número de horas notificadas por cada orden de fabricación.
5. Realizar una tabla resumen donde se contempla los datos que facilitan graficar los diagramas de Pareto.

De igual manera, al realizar este análisis del macroproceso de fabricaciones; va a permitir seleccionar la actividad de más crítica la cual va a ser tomada como muestra para objeto de estudio de la propuesta de mejora que tiene esta investigación.

A continuación, se realiza un análisis de Pareto de los años 2018 y 2019 en las siguientes gráficas 21 y 22:

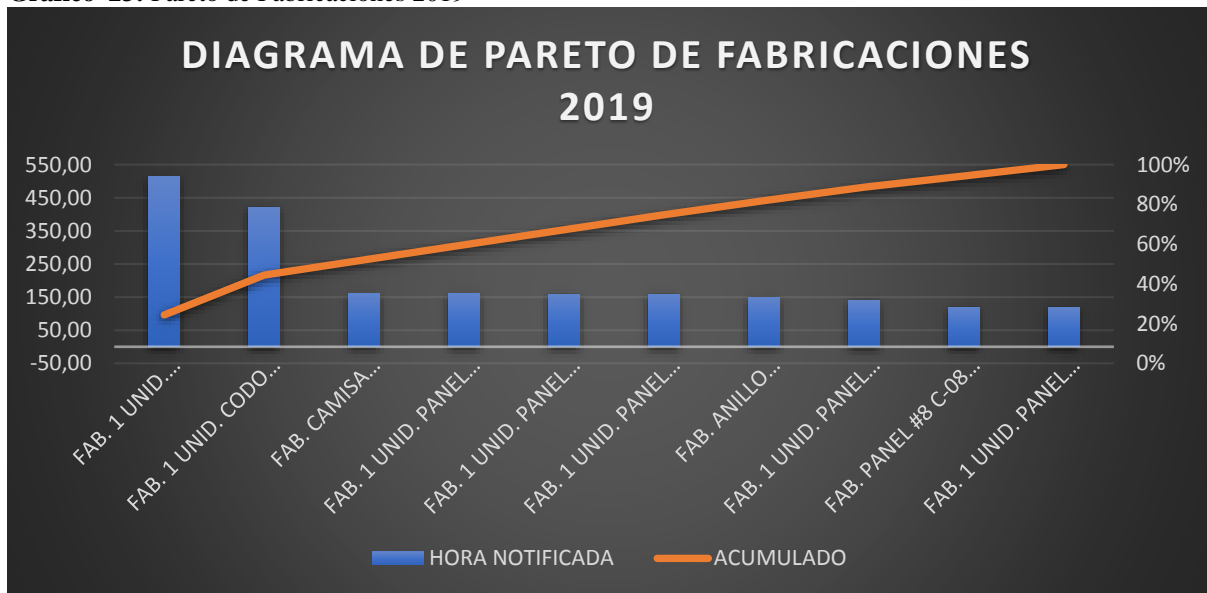
Gráfico 22: Pareto de Fabricaciones 2018



Elaborado por: Grupo de investigación

Fuente: Adelca

Gráfico 23: Pareto de Fabricaciones 2019



Elaborado por: Grupo de investigación

Fuente: Adelca

Realizando un análisis de las gráficas anteriores; se concluye que la fabricación de Tundish es la que más horas hombre requiere en el proceso de fabricación durante los 2 años después de haber realizado el análisis a la base de datos del taller de ingeniería industrial. Este proceso de fabricación de Tundish va a ser seleccionado para el estudio de mejoras que se plantea más adelante en este proyecto de investigación.

### ***Proyectos.***

En este macroproceso ya no se toma una muestra porque los índices de proyectos en el año 2019 están por debajo del rango aceptable en un 2%, por lo cual se tiende a depreciar dentro de esta investigación porque no causa un impacto mayor en el análisis para responder a la problemática.

A continuación, se detalla la tabla 11 de muestro de las actividades a mejorar:

**Tabla 11:** Muestreo de las actividades a mejorar

<b>MACROPROCESO</b>	<b>ACTIVIDAD DE MUESTREO</b>
Mantenimiento	Reparación de paneles
Fabricaciones	Fabricación de Tundish
Proyectos	Se excluye de la propuesta de mejoras

Elaborado por: Grupo investigador

### **10.3.2. Identificar daños más comunes que se presentan en la reparación de paneles.**

Para lograr identificar cuáles son los daños más comunes en los paneles se procede de igual forma al análisis de la base de datos reportados en el taller de ingeniería de la misma manera que en anteriores análisis:

1. Filtrar de la base de datos de todas las ordenes de reparación de paneles con el código 0 hasta el 8, siendo cada uno de estos una causa específica de fallo.
2. Condicionar a la base de datos para visualizar solo las ordenes de reparación de paneles cerradas.
3. Clasificar todas las fallas de los paneles que se registran.
4. Registrar el número de veces que se reparan los paneles de acuerdo con cada causa de daño.
5. Realizar una tabla resumen donde se contempla los datos que facilitan graficar los diagramas de Pareto en los años 2018 y 2019.

Al realizar esta clasificación de las diferentes causas de perforaciones en los paneles se va a lograr determinar el número exacto de fallas que se han presentado en los años pasados, esto se lo hace con el fin de realizar una proyección de fallas para este año 2020 con lo cual se recomendaría ir planificando previamente.

A continuación, en la tabla 12 se presenta los fallos más comunes que conllevan a la reparación de paneles y también el número de veces que se ha reparado por esa causa en los dos años.

**Tabla 12:** Fallas en los paneles

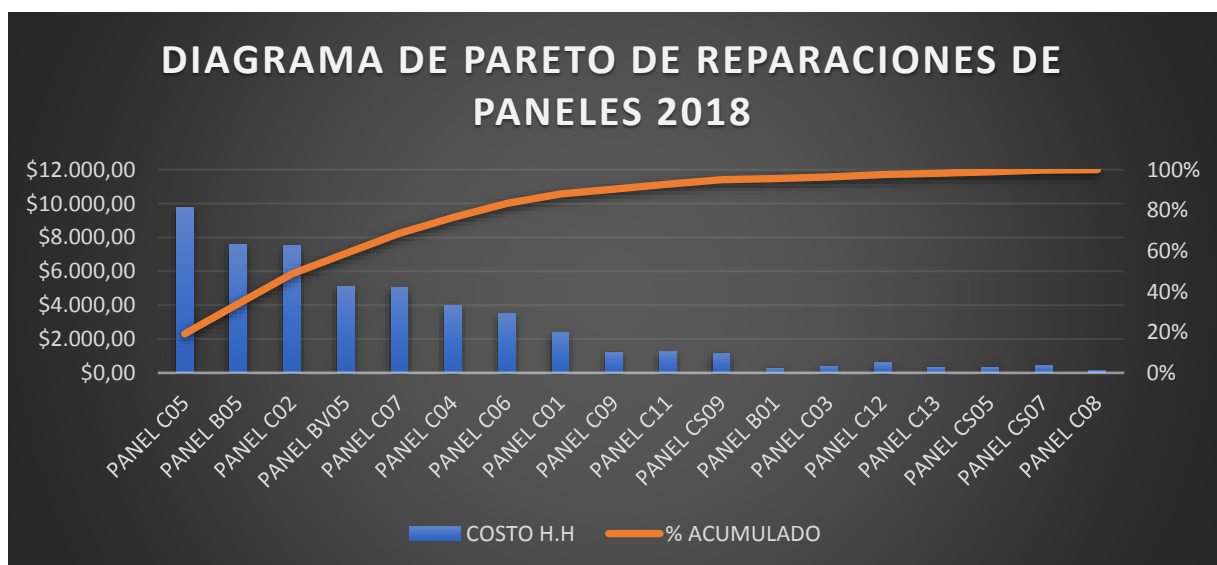
Código de daños	Causas de los daños en los paneles	Número de fallas 2018	Número de fallas 2019
0	Imprevistos	6	5
1	Arco Eléctrico	17	11
2	Nivel de acero alto	2	8
3	Sin refrigeración	3	0
4	Fatiga de material	40	30
5	Lanza de O2	1	1
6	Falla de soldadura	7	4
7	Frecuencia	1	0
8	Cambio de cuba	0	8

**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

Para dar cumplimiento a esta actividad del objetivo 2, también se va a identificar cuáles son los paneles más comunes en ser reparados en el año 2018 y 2019, tomando en cuenta la clasificación de la base de datos donde se filtra solo los paneles de acuerdo con la ubicación que tienen en el horno de fundición, estas son:

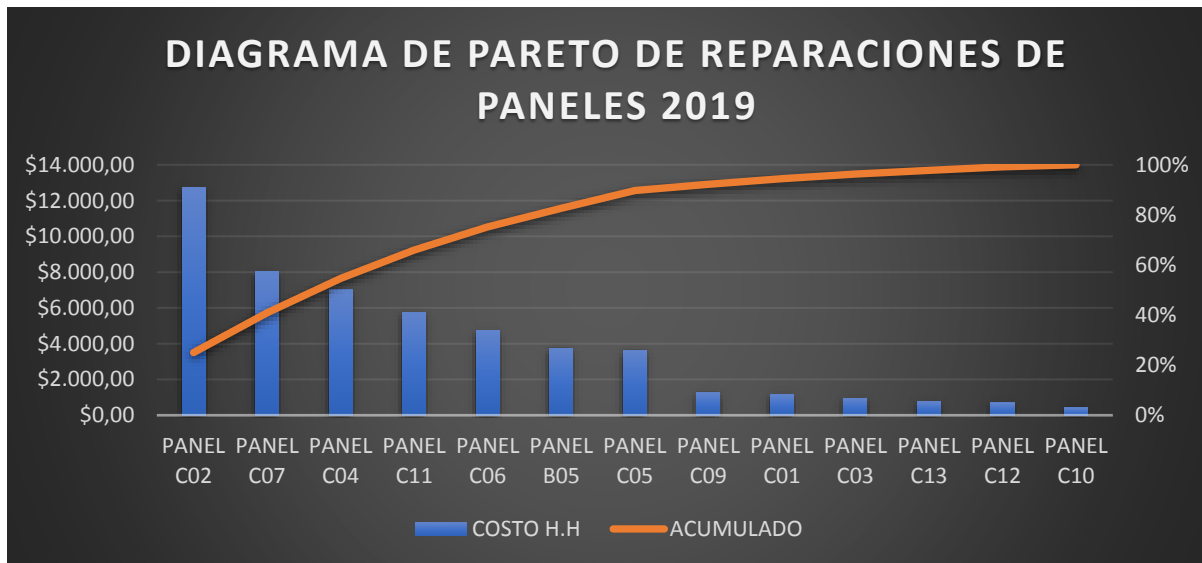
- Bóveda
- Cuba

**Gráfico 24:** Pareto de paneles con más frecuencia de daño en 2018

**Elaborado por:** Grupo de investigación

**Fuente:** Adelca

**Gráfico 25:** Pareto de paneles con más frecuencia de daño en 2019



**Elaborado por:** Grupo de investigación

**Fuente:** Adelca

Realizando una interpretación a las 2 gráficas se identifica que los paneles más críticos en daños y reparaciones en los 2 años son:

- Panel B05
- Panel C02
- Panel C05
- Panel C07

Estos paneles se perforan por diferentes causas ya mencionadas anteriormente, entonces, aquí se puede apreciar un problema dentro del taller de ingeniería industrial porque en los dos últimos años se ha venido reparando de manera constante los paneles consumiendo recursos económicos y tiempo productivo del taller. Lo que se va a realizar es un análisis más a fondo posteriormente con la aplicación del método de Montecarlo para obtener una predicción de fallos y con eso poder contar con un panel ya listo para el cambio.

### **10.3.3. Determinar los tiempos de ciclo de la actividad de muestreo seleccionada de mantenimiento y fabricaciones.**

Los diagramas de procesos son muy importantes para comprender las actividades y tareas que se están realizando paso a paso para llegar a obtener un producto en este caso la fabricación del Tundish, donde se procede a:

1. Seleccionar la orden de fabricación del Tundish.

2. Buscar en la base de datos en el informe de actividades realizadas para la respectiva orden de trabajo.
3. Se clasifica las actividades.
4. Se plasma en el diagrama de flujo elaborado por el grupo de investigación

Todas estas etapas de elaboración del diagrama de flujo del Tundish permiten plasmar todas las actividades que se requieren realizar para obtener una unidad de estos; en el ANEXO 4 se evidencia las actividades registradas en la base de datos de acuerdo con la orden de trabajo del Tundish y del panel, esto permite plasmarlo en un diagrama de procesos del estado actual registrado en la tabla 13 y 14, además, se obtiene el tiempo de ciclo actual que se demoran en fabricar. Lo mismo se va a realizar con la reparación de paneles tomado en cuenta uno de los paneles que más tiempo se tardan en reparar.

Por otra parte, hay que considerar que las horas notificadas son las horas efectivas trabajadas por una o más personas de todo el grupo de trabajo que estén de turno en el taller de ingeniería industrial.

**Tabla 13:** Diagrama de flujo de reparación de paneles

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE REPARACIÓN DE PANELES							
		CÓDIGO: 001	RESUMEN	Nº	Tiempo en horas		
DIAGRAMA Nº: 1 HOJA: 1 DE: 1		○	Operac.	5	32		
FECHA DE ELABORACIÓN: 08/12/2019		⇒	Transpt.	1	2		
PRODUCTO: Reparación de paneles		□	Control	0	6		
ACTIVIDAD: Cortar, biselar, soldar, gratear y pintar		D	Esperas	2	0		
LUGAR: Taller de ingeniería industrial		▽	Almac.	0	0		
<b>OPERARIO (S):</b>							
1	Traslado del panel al taller de ingeniería	○	⇒	□	D	▽	2
2	Grateado y rolado de tubería nueva	○	⇒	□	D	▽	8
3	Corte de tubería deteriorada	○	⇒	□	D	▽	4
4	Soldadura del tramo de tubería nueva en el delta	○	⇒	□	D	▽	12
5	Prueba hidrostática	○	⇒	□	D	▽	3
6	Grateado y soldado de las fugas aún presentes	○	⇒	□	D	▽	6
7	Prueba hidrostática	○	⇒	□	D	▽	3
8	Pintado	○	⇒	□	D	▽	2
<b>TOTAL</b>							<b>40</b>

Elaborado por: Grupo investigador



Tabla 14: Diagrama de flujo de fabricación del Tundish

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL TUNDISH							
		CÓDIGO: 001	RESUMEN	Nº	Tiempo en horas		
DIAGRAMA Nº: 1 HOJA: 1 DE: 1			○	Operac.	16	344	
FECHA DE ELABORACIÓN: 08/12/2019			⇒	Transpt.	1	6	
PRODUCTO: Fabricación de Tundish			□	Control	0	0	
ACTIVIDAD: Cortar, biselar, soldar, gratear y pintar			D	Esperas	2	44	
LUGAR: Taller de ingeniería industrial			▽	Almac.	1	2	
<b>OPERARIO (S):</b>							
1	Ingreso de material para la fabricación del tundish	○	⇒	□	D	▽	6
2	Cortes de planchas para construcción	○	⇒	□	D	▽	30
3	Soldadura y esmerilado de pines	○	⇒	□	D	▽	14
4	Corte de laterales del tundish	○	⇒	□	D	▽	24
5	Armado y punteado de nervaduras del tundish	○	⇒	□	D	▽	20
6	Soldadura y biselado de laterales del tundish	○	⇒	□	D	▽	14
7	Rectificado de biseles ( con amoladoras)	○	⇒	□	D	▽	20
8	Rectificado de agujeros para pines (no coinciden)	○	⇒	□	D	▽	24
9	Soldadura del exterior del tundish	○	⇒	□	D	▽	50
10	Corte de UPN para el contorno del tundish	○	⇒	□	D	▽	20
11	Soldadura de UPN en el contorno del tundish	○	⇒	□	D	▽	20
12	Corte de tapa superior del tundish	○	⇒	□	D	▽	24
13	Soldadura de UPN a placas de 15 mm	○	⇒	□	D	▽	20
14	Corte de filos de tundish	○	⇒	□	D	▽	4
15	Recuperación de pico del tundish	○	⇒	□	D	▽	10
16	Soldadura y cuadrado de bocines	○	⇒	□	D	▽	48
17	Generar espacio en el taller	○	⇒	□	D	▽	2
18	Soldadura placas de 85X260 y de pines de izaje	○	⇒	□	D	▽	18
19	Soldadura de las mismas	○	⇒	□	D	▽	4
20	Grateado y terminado del tundish	○	⇒	□	D	▽	24
<b>TOTAL</b>						<b>396</b>	

Elaborado por: Grupo investigador

Con los diagramas de flujo planteados, se puede evidenciar el tiempo de ciclo en la actualidad que se demora el personal del taller de ingeniería industrial en fabricar un Tundish o en reparar un panel, esto nos permite realizar un diagrama hombre máquina para identificar tiempos productivos e improductivos del trabajador y de las máquinas herramientas que se empleen en estos trabajos.

#### **10.3.4. Identificación del porcentaje de utilización de la máquina Roladora y CNC plasma.**

En esta parte del proyecto de investigación se aplica una herramienta de diagnóstico muy importante como lo es el diagrama hombre – máquina con el fin de conocer el porcentaje de utilización que se está dando en la actualidad a estas máquinas.

Como primer punto se selecciona la operación o actividad macro que se quiere plasmar en el diagrama, en este caso van a ser:

- Proceso de fabricación del Tundish
- Proceso de reparación de paneles

Es necesario identificar de manera correcta el proceso macro porque nos permite identificar las máquinas y herramientas involucradas para la aplicación de este método de diagnóstico.

Posteriormente, se debe determinar dónde empieza y donde termina el ciclo que se requiere diagramar, esto facilita involucrar cuantas veces sean necesarias la utilización de una máquina o de un operario. Después se debe observar varias veces la operación para dividirla en sus diferentes actividades e identificarlos claramente.

Cuando los elementos de la operación, es decir cada una de las actividades a ejecutarse han sido identificadas, momento en el cual se procede a medir el tiempo de la duración de cada una. En este caso ya tenemos el tiempo establecido en la orden notificada en la base de datos mismos tiempos que servirán para el diagnóstico.

Finalmente, una vez obtenido los datos anteriores y siguiendo la secuencia de las actividades desarrolladas, se construye el diagrama hombre máquina para conocer el tiempo de ciclo ósea el tiempo en que se demora fabricar un Tundish o reparar un panel, también se conoce el tiempo productivo de la máquina y del operario con su respectivo porcentaje de utilización.

Tabla 15: Diagrama hombre - máquina de la CNC plasma

<b>DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA CNC PLASMA</b>			
<b>Hoja N° __1__ De: _1_ Diagrama N°: _01_</b>		<b>Proceso: Fabricación del tundish</b>	
<b>Operario</b>		<b>Máquina CNC plasma</b>	
<b>Tempo en horas</b>	<b>Actividad</b>	<b>Tempo en horas</b>	<b>Actividad</b>
<b>6</b>	Ingreso de material para la fabricación		
		<b>30</b>	Cortes de planchas para la fabricación
<b>14</b>	Soldadura y esmerilado de pines		
		<b>24</b>	Corte de laterales del Tundish
<b>20</b>	Armado y soldadura de pines		
<b>14</b>	Soldado y biselado de laterales		
<b>20</b>	Rectificado de biseles		
<b>24</b>	Rectificado de agujero para pines		
<b>50</b>	Soldadura exterior		
<b>20</b>	Corte de UPN		
<b>20</b>	Soldadura de UPN		
		<b>24</b>	Corte de tapa superior del Tundish
<b>20</b>	Soldaduras de placas de 15mm		
		<b>4</b>	Corte de filos del Tundish
<b>10</b>	Recuperación de pico del Tundish		
<b>48</b>	Cuadrado y soldadura de bocines		
<b>2</b>	Generar espacio para almacenaje temporal		
<b>18</b>	Soldadura de placas y pines de izaje		
<b>4</b>	Soldadura de orejas		
<b>24</b>	Grateado del Tundish		
<b>314</b>		<b>82</b>	

Elaborado por: Grupo investigador

**Tabla 16:** Resultados del diagrama hombre - máquina de la CNC plasma

<b>RESULTADOS DEL DIAGRAMA DE LA CNC PLASMA</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Tiempo de Ciclo en horas</b>	<b>Tiempo productivo en horas</b>	<b>Tiempo improductivo en horas</b>	<b>% de Utilización</b>
Operario	396	314	82	79%
CNC Plasma		82	314	21%

Elaborado por: Grupo investigador

**Tabla 17:** Resultados del diagrama hombre - máquina de la Roladora

<b>DIAGRAMA HOMBRE - MÁQUINA DE LA ROLADORA</b>			
Hoja N°__1__ De:_1_ Diagrama N°:_01_		Proceso: Reparación de paneles	
<b>Operario</b>		<b>Máquina Roladora</b>	
Tempo en horas	Actividad	Tempo en horas	Actividad
2	Traslado del panel al taller de ingeniería		
2	Grateado		
		6	Rolado de tubería nueva
4	Corte de tubería deteriorada		
12	Soldadura del tramo de tubería nueva en el delta		
3	Prueba hidrostática		
6	Grateado y soldado de las fugas aún presentes		
3	Prueba hidrostática		
2	Pintado		
34		6	

Elaborado por: Grupo investigador

**Tabla 18:** Resultados del diagrama hombre - máquina de la Roladora

<b>RESULTADO DEL DIAGRAMA DE LA ROLADORA</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Tiempo de Ciclo en horas</b>	<b>Tiempo productivo en horas</b>	<b>Tiempo improductivo en horas</b>	<b>% de Utilización</b>
Operario	40	34	6	85%
Roladora		6	34	15%

Elaborado por: Grupo investigador

## 10.4. Proponer una mejora de los tres macroprocesos con el fin de plasmar niveles óptimos en los indicadores del taller de ingeniería industrial

### 10.4.1. Análisis de mejora en la reparación de paneles.

A continuación, presentamos la descripción de algunos pasos que se ha realizado para la elaboración del método de Montecarlo con su respectiva explicación:

#### 1. *Recopilación de datos histórico de fallas de paneles.*

El taller de ingeniería Industrial es notificado cuando un panel presenta una complicación en el proceso de fundición de manera inmediatamente para su reparación o cambio, se procede al parte de los trabajadores del taller para evitar que los tiempos de para de producción sean altos y se procede a realizar un diagnóstico de la falla registrándolo en la base de datos con el respectivo código dando como resultado el análisis presentado en la gráfica 26.

En la tabla 19, se presenta un resumen del número de fallas obtenidos del análisis de la base de datos de las fallas de paneles en el 2018 y 2019.

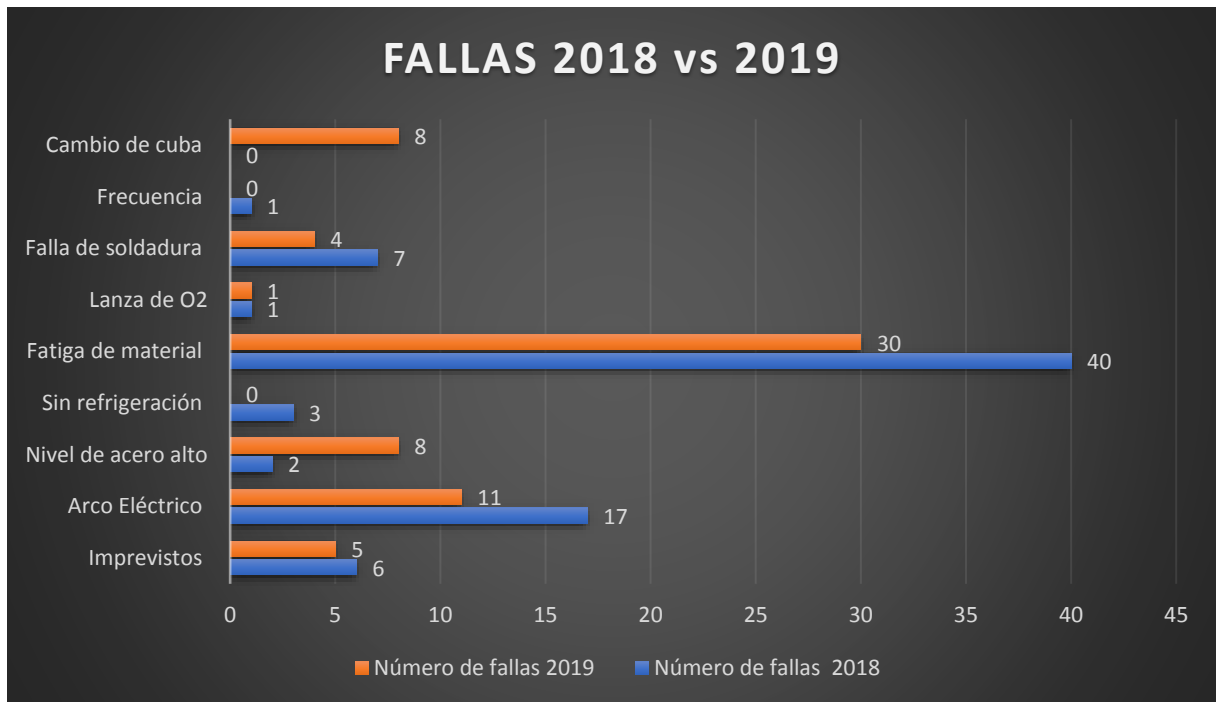
**Tabla 19:** Resumen de la base de datos de fallas de paneles

Código de daños	Daños	Número de fallos 2018	Número de fallos 2019	Total, de fallas
0	Imprevistos	6	5	11
1	Arco Eléctrico	17	11	28
2	Nivel de acero alto	2	8	10
3	Sin refrigeración	3	0	3
4	Fatiga de material	40	30	70
5	Lanza de O2	1	1	2
6	Falla de soldadura	7	4	11
7	Frecuencia	1	0	1
8	Cambio de cuba	0	8	8

**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

Con los datos de la tabla 19 se procede al uso de herramientas gráficas comparativas para observar las variaciones que han tenido las fallas en el año 2018 y 2019.

**Gráfico 26:** Fallas de los paneles 2018 vs 2019

**Elaborado por:** Grupo investigador.

**Fuente:** Adelca

## 2. Establecer probabilidades.

Se establece probabilidades dividiendo el número de fallos de cada código con el total de eventos por falla de los datos obtenidos.

**Tabla 20:** Total de fallas de los paneles.

Fallas	Código	Número de eventos
Imprevistos	0	11
Arco Eléctrico	1	28
Nivel de acero alto	2	10
Sin refrigeración	3	3
Fatiga de material	4	70
Lanza de O2	5	2
Falla de soldadura	6	11
Frecuencia	7	1
Cambio de cuba	8	8
Total, de número de eventos		144

**Elaborado por:** Grupo investigador.

**Fuente:** Adelca

### Probabilidad de imprevistos

(Ecuación 5: Probabilidad de imprevistos)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{11}{144}$$

$$Probabilidad = 0.0764$$

### Probabilidad de arco eléctrico

(Ecuación 6: Probabilidad de arco eléctrico)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{28}{144}$$

$$Probabilidad = 0.1944$$

### Probabilidad de nivel de acero alto

(Ecuación 7: Probabilidad de nivel de acero alto)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{10}{144}$$

$$Probabilidad = 0.0694$$

### Probabilidad de Sin refrigeración

(Ecuación 8: Probabilidad de sin refrigeración)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{3}{144}$$

$$Probabilidad = 0.0208$$

### Probabilidad de fatiga del material

(Ecuación 9: Probabilidad de fatiga del material)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{70}{144}$$

$$Probabilidad = 0.4861$$

### Probabilidad de Lanza de O2

(Ecuación 10: Probabilidad de lanza de O2)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{2}{144}$$

$$Probabilidad = 0.0139$$

### Probabilidad de Falla de Soldadura

(Ecuación 11: Probabilidad de falla de soldadura)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{11}{144}$$

$$Probabilidad = 0.0764$$



### Probabilidad de Frecuencia

(Ecuación 12: Probabilidad de frecuencia)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{1}{144}$$

$$Probabilidad = 0.0069$$

### Probabilidad de Cambio de Cuba

(Ecuación 13: Probabilidad de cambio de cuba)

$$Probabilidad = \frac{\text{número de eventos de imprevistos}}{\text{Total de Eventos}}$$

Elaborado por: Grupo investigador.

$$Probabilidad = \frac{8}{144}$$

$$Probabilidad = 0.0556$$

### 3. Establecer límites.

Se procede a establecer probabilidad acumulada y establecer límites de intervalos que limitaran la búsqueda que se realizara en cada corrida de simulación presentado datos aleatorios para establecer los datos finales del pronóstico 2020.

El primer límite inferior para este método será el valor de cero y para los demás limites inferiores solo se tomará el valor del límite superior anterior. Para los limites superiores se tomará en cuenta la probabilidad acumulada.

**Tabla 21:** Tabla de probabilidades de fallo

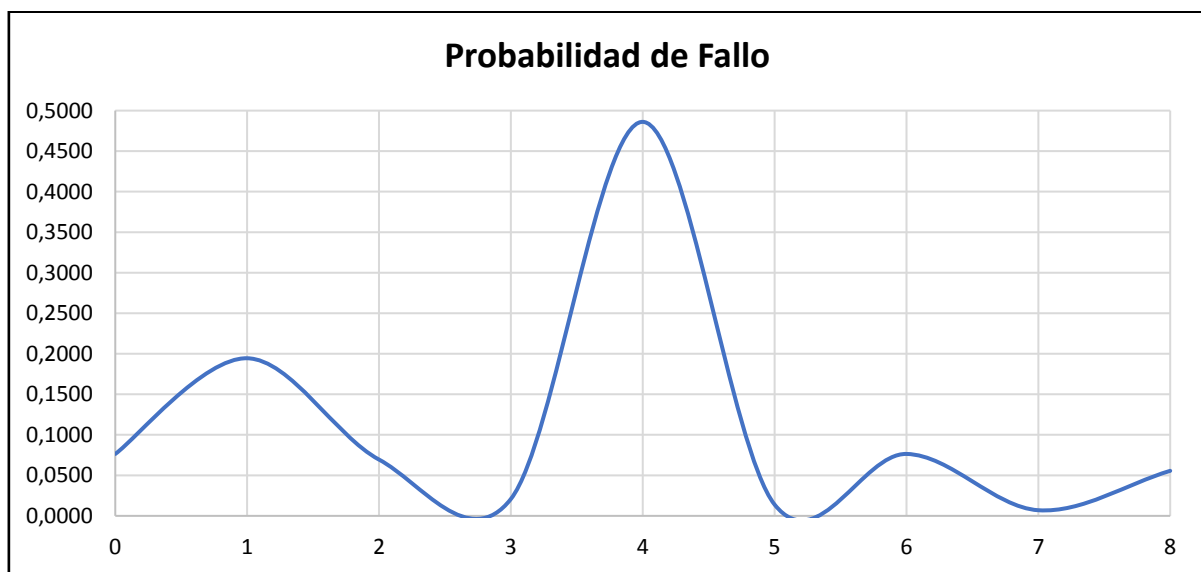
Fallas	Código	Número de eventos	Probabilidad	Probabilidad acumulada	Límite inferior	Límite superior	valor medio esperado
Imprevistos	0	11	0,0764	0,076	0	0,076	0
Arco Eléctrico	1	28	0,1944	0,271	0,076	0,271	0,194
Nivel de acero alto	2	10	0,0694	0,340	0,271	0,340	0,139
Sin refrigeración	3	3	0,0208	0,361	0,340	0,361	0,063
Fatiga de material	4	70	0,4861	0,847	0,361	0,847	1,944
Lanza de O2	5	2	0,0139	0,861	0,847	0,861	0,069
Falla de soldadura	6	11	0,0764	0,938	0,861	0,938	0,458
Frecuencia	7	1	0,0069	0,944	0,938	0,944	0,049
Cambio de cuba	8	8	0,0556	1	0,944	1	0,444

Elaborado por: Grupo investigador

#### 4. Pronóstico de fallas 2020

En la gráfica 26 se presenta un análisis de las probabilidades establecidas en el año 2019 y 2018, se analiza esta grafica dando como resultado que el código 4 que representa a fatiga de material será la falla que más se presentará en el año 2020.

**Gráfico 27:** Probabilidad de fallo de los paneles.



Elaborado por: Grupo investigador.

Para establecer el pronóstico detallado de fallas que se presenta en la tabla 22 se procede a generar aleatorios entre 0 y 1. Mediante los límites que se establecieron para cada fallo se determinara los valores que se encuentren en ese rango. Este método se utilizará una hoja de Excel y con la herramienta buscar determinaremos las fallas del 2020.

Para elaborar el pronóstico de coladas se establecerá nuevamente un aleatorio que este de 0 a 1, este aleatorio se requiere para determinar mediante la distribución normal invertida formula aplicada en Excel que con la aplicación de la media de coladas que un panel estuvo en funcionamiento que se registraron en la base de datos, con la desviación estándar de las coladas se pudo identificar el pronóstico de coladas.

El promedio de fallas anuales que se presentan al año es de 72, por esta razón esta investigación se aplicó para un pronóstico de 72 fallas para el 2020.

**Tabla 22:** Pronóstico de fallas para el 2020

<b>Aleatorio</b>	<b>Resultado</b>	<b>Falla 2020</b>	<b>Probabilidad Aleatoria</b>	<b>Pronóstico de coladas</b>
0,62526181	4	Fatiga de material	0,2289	27,7101897
0,50024263	4	Fatiga de material	0,2245	4,04471984
0,9124275	6	Falla de soldadura	0,1478	467,180788
0,63494229	4	Fatiga de material	0,8912	3251,98061
0,85705155	5	Lanza de O2	0,6613	1918,56635
0,73033288	4	Fatiga de material	0,0682	1191,43027
0,40189001	4	Fatiga de material	0,4877	1189,17122
0,81899327	4	Fatiga de material	0,7465	2322,59878
0,21956068	1	Arco Eléctrico	0,5925	1621,68242
0,13574095	1	Arco Eléctrico	0,7719	2455,64574
0,27384071	2	Nivel de acero/ adherencia	0,9978	5884,17341
0,82737608	4	Fatiga de material	0,2539	158,5968
0,95697359	8	Cambio de cuba	0,4918	1206,02241
0,08347638	1	Arco Eléctrico	0,9660	4218,71951
0,08451708	1	Arco Eléctrico	0,0812	1040,06494
0,85759748	5	Lanza de O2	0,2219	10,0110576
0,27230717	2	Nivel de acero/ adherencia	0,0880	968,899903
0,98371384	8	Cambio de cuba	0,4076	858,189935
0,90734494	6	Falla de soldadura	0,5356	1385,29423
0,05063047	0	Imprevistos	0,9767	4487,71273
0,75395978	4	Fatiga de material	0,7963	2591,96415
0,36267718	4	Fatiga de material	0,6588	1907,5319

0,75795291	4	Fatiga de material	0,1330	576,089643
0,31626718	2	Nivel de acero/ adherencia	0,0671	1204,76129
0,59032163	4	Fatiga de material	0,1106	757,072756
0,3408915	3	Sin refrigeración	0,3676	687,72368
0,9768431	8	Cambio de cuba	0,8422	2877,20721
0,53184862	4	Fatiga de material	0,0252	1952,72047
0,71459491	4	Fatiga de material	0,1843	227,682671
0,4829347	4	Fatiga de material	0,0915	934,05035
0,12544995	1	Arco Eléctrico	0,2585	182,00683
0,75073194	4	Fatiga de material	0,9655	4208,09856
0,49070515	4	Fatiga de material	0,5851	1590,54839
0,48048657	4	Fatiga de material	0,1706	313,622731
0,73434481	4	Fatiga de material	0,1290	606,345139
0,86464438	6	Falla de soldadura	0,6307	1784,37347
0,92343305	6	Falla de soldadura	0,9388	3760,57242
0,51416439	4	Fatiga de material	0,4635	1089,87
0,54915662	4	Fatiga de material	0,0156	2275,81224
0,35955901	3	Sin refrigeración	0,6222	1747,54526
0,99161793	8	Cambio de cuba	0,6649	1934,56419
0,79802847	4	Fatiga de material	0,7541	2361,37749
0,21898919	1	Arco Eléctrico	0,9713	4340,38598
0,80191109	4	Fatiga de material	0,1388	532,69702
0,25977385	1	Arco Eléctrico	0,7964	2592,42838
0,77134267	4	Fatiga de material	0,3957	807,801245
0,23501628	1	Arco Eléctrico	0,8842	3192,19917
0,41580917	4	Fatiga de material	0,0726	1137,5813
0,93508809	6	Falla de soldadura	0,6898	2047,90838
0,02777594	0	Imprevistos	0,8004	2615,31478
0,6075042	4	Fatiga de material	0,4781	1150,02623
0,41514194	4	Fatiga de material	0,8440	2889,7938
0,67904592	4	Fatiga de material	0,3801	741,324663
0,74984234	4	Fatiga de material	0,0531	1397,79242
0,02522996	0	Imprevistos	0,1568	404,922056
0,23628243	1	Arco Eléctrico	0,7121	2152,85873
0,33896468	2	Nivel de acero/ adherencia	0,2026	119,151047
0,87377895	6	Falla de soldadura	0,4975	1229,29001
0,97824891	8	Cambio de cuba	0,2659	219,127798
0,97198294	8	Cambio de cuba	0,8375	2845,66409
0,30280168	2	Nivel de acero/ adherencia	0,9176	3506,94075

0,27976769	2	Nivel de acero/ adherencia	0,4190	905,780692
0,02977949	0	Imprevistos	0,8661	3047,93529
0,88731817	6	Falla de soldadura	0,2234	1,78002577
0,89118147	6	Falla de soldadura	0,0507	1434,57092
0,3196646	2	Nivel de acero/ adherencia	0,4520	1042,75526
0,16596723	1	Arco Eléctrico	0,4143	886,136132
0,78209476	4	Fatiga de material	0,1087	773,307493
0,73634749	4	Fatiga de material	0,6419	1832,91419
0,68963901	4	Fatiga de material	0,4752	1137,9161
0,82774021	4	Fatiga de material	0,4407	996,056166
0,18921729	1	Arco Eléctrico	0,4773	1146,47748

**Elaborado por:** Grupo investigador.

A continuación, se presenta la tabla 23 donde se resumen el número de fallas presentadas en los paneles de refrigeración en los años 2018, 2019 y 2020 con la predicción del número de fallas de acuerdo con la causa provocada.

**Tabla 23:** Comparación de fallas de los paneles en los años 2018 – 2020

<b>Daños</b>	<b>Número de fallas 2018</b>	<b>Número de fallas 2019</b>	<b>Número de fallas 2020</b>
Imprevistos	6	5	4
Arco Eléctrico	17	11	11
Nivel de acero alto	2	8	7
Sin refrigeración	3	0	2
Fatiga de material	40	30	32
Lanza de O2	1	1	2
Falla de soldadura	7	4	8
Frecuencia	1	0	0
Cambio de cuba	0	8	6

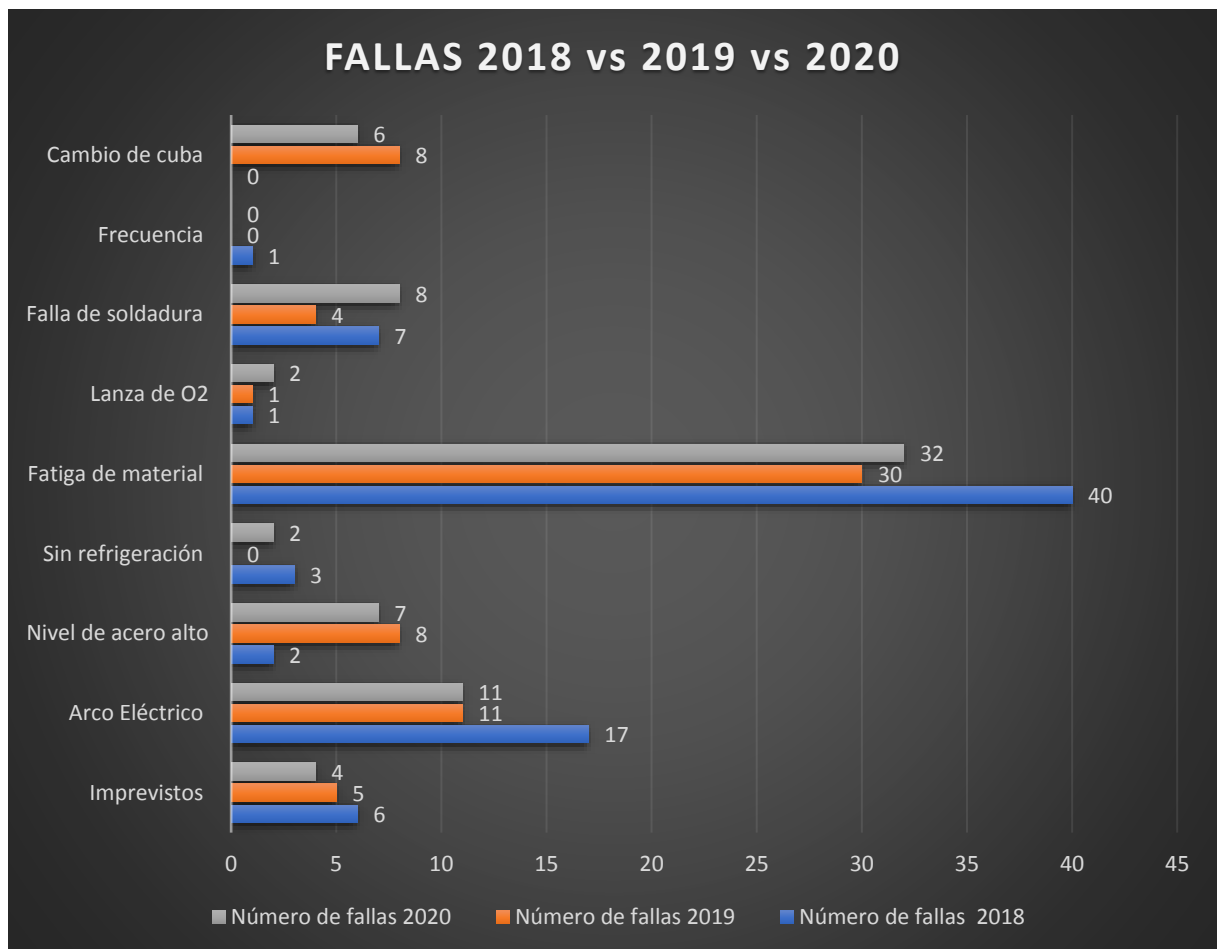
**Elaborado por:** Grupo investigador

Esta tabla 23 es claramente una comparación de los daños en los diferentes paneles de refrigeración para el horno de fundición del acero de acuerdo con las causas que provocan los mismos y con el respectivo número de fallas que se han dado en los años anteriores. Los datos de 2018 y 2019 se obtuvo del análisis de la base de datos, para el año 2020 se aplicó el método de Montecarlo con el que se obtiene la predicción de fallas para este año.

En la gráfica 27 que se presenta a continuación, es la comparación de los 3 años donde se evidencia claramente que la fatiga de material sigue liderando como la causa principal y está en un rango similar a los años anteriores en cuanto a número de fallas en los paneles.

Otra de las causas más frecuentes que se encuentra en la gráfica de comparación de los tres años es el arco eléctrico inducido por los electrodos que conducen la potencia de energía necesaria para el proceso de fundición del acero.

**Gráfico 28:** Fallas de paneles 2018 vs 2019 vs 2020



**Elaborado por:** Grupo investigador

## 10.4.2. Mejorar y controlar la muestra seleccionada en el macroproceso de fabricación.

### 10.4.2.1. Mejora de diagrama de flujo de fabricación de Tundish

Anteriormente las actividades del taller de ingeniería se realizaban de forma desordenada ocasionando demoras en los tiempos de entregas del proceso de fabricación del Tundish. En la tabla 14 se presenta el diagrama de flujo de procesos actual de cómo se está llevando a cabo las actividades teniendo un tiempo de ciclo de 396 horas que se pueden mejorar si se plantea una producción en línea.

Luego de analizar el diagrama de flujo de procesos actual de la fabricación del Tundish se dividió este proceso por las áreas existentes en el taller de ingeniería y se procederá a fabricar con una secuencia en línea para ordenar este proceso y disminuir tiempos.

#### *Etapa 1*

Para la mejora del proceso de fabricación del Tundish se evaluará tiempos de corte mediante la utilización de tablas de cortes proporcionada por el fabricante de la máquina: Cebará T630 la cual establece velocidades de corte en milímetros/minutos. En la tabla 24, 25 y 26 se presenta los nuevos tiempos de corte en las planchas de acero A36 de 15, 20 y 30 mm de espesor respectivamente.

**Tabla 24:** tiempo de corte en plancha de 15mm

ÍTEM	Espesor	Perímetro (mm)	Velocidad de corte (mm/min)	Amperaje	Tiempo estimado (min)	Tobera
12	15mm	23158,75	660	110	35,09	1.50
13	15mm	7477,5	660	110	11,33	1.50
Tiempo total estimado					46,42	
Tiempo por alguna falla (25%)					11,60	
Tiempo estándar de corte					58,02	59 min.
Cambio de toberas y electrodos por corte					60	
Centrado de corte y definir posición inicial de corte					60	
<b>Tiempo total estándar para cortes en plancha de 15 mm</b>					<b>178,02</b>	<b>3 horas</b>

Elaborado por: Grupo investigador

**Tabla 25:** Tabla de corte en plancha de 20mm

ÍTEM	Espesor	Perímetro (mm)	Velocidad de corte (mm/min)	Amperaje	Tiempo estimado (min)	Tobera
2	20mm	20765	450	128	46,14	1.50
4	20mm	8497	450	128	18,88	1.50
5	20mm	9522	450	128	21,16	1.50
6	20mm	4497	450	128	9,99	1.50
7	20mm	5352	450	128	11,89	1.50
8	20mm	7262	450	128	16,14	1.50
9	20mm	4076	450	128	9,06	1.50
10	20mm	4140	450	128	9,20	1.50
11	20mm	2730	450	128	6,07	1.50
Nervadura	20 mm	9840	450	128	21,87	1.50
Tiempo total estimado					170,40	
Tiempo por alguna falla (25%)					42,60	
Tiempo estándar de corte					213,00	4 horas
Cambio de toberas y electrodos por corte					180	
<b>Tiempo total estándar para cortes en plancha de 20 mm</b>					<b>393,00</b>	<b>7 horas</b>

Elaborado por: Grupo investigador

**Tabla 26:** Tabla de corte en plancha de 30mm.

ÍTEM	Espesor	Perímetro (mm)	Velocidad de corte (mm/min)	Amperaje	Tiempo estimado (min)	Tobera
1	30mm	10461	320	130	32,69	1.60
3	30mm	7016	320	130	21,93	1.60
Tiempo estimado					54,62	
Tiempo por alguna falla (25%)					13,65	
Tiempo estándar de corte					68,27	1h14 min
Cambio de toberas y electrodos por corte					60	
Centrado de corte y definir posición inicial de corte					60	
<b>Tiempo total estándar para cortes en plancha de 30 mm</b>					<b>188,27</b>	<b>3 horas</b>

Elaborado por: Grupo investigador



Con estos nuevos tiempos, posteriormente se plantea un nuevo diagrama de flujo dando como resultado un tiempo estándar de corte de 13 horas en total, siendo una reducción significativa en su tiempo de ciclo porque se implementó en el taller de ingeniería industrial un proceso de fabricación en línea, una CNC router de mayor dimensión que permite cortar una plancha entera de acero y por último en la mejora de los procesos del taller se presenta una distribución de corte para reducir el desperdicio de material y tiempos que se encuentra en el ANEXO 5.

### ***Etapa 2.***

En esta etapa de la propuesta a la mejora del proceso de fabricación del Tundish, se realiza un análisis de los tiempos teóricos que se debería demorar el proceso de soldado en sus tres presentaciones:

- Suelda de raíz
- Suelda de relleno
- Suelda de presentación

Para el análisis de este proceso de soldadura que es el más esencial en el proceso de fabricación del Tundish se toma como referencia la norma API 1104 (Instituto Americano del Petróleo) en sus siglas de inglés, tomando como referencia la vigésima primera edición publicada en el año 2013 donde da un sinnúmero de parámetros para la aplicación de procesos de soldadura. En la tabla 27 se detalla las piezas que se sueldan para la fabricación del Tundish con los respectivos cálculos de tiempos que lleva culminar este proceso.

En el ANEXO 6 se puede apreciar toda la lista de partes para la fabricación del Tundish, el mismo que proporciona la información para el cálculo del nuevo tiempo que se va a emplear en los tres procesos de soldadura.

Tabla 27: Cálculo de tiempo de soldadura

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Espesor de la plancha (mm)	Perímetro para soldar en cm	Tiempo de suelda raíz (20 cm/h)	Tiempo de suelda de relleno (30 cm/h)	Tiempo de suelda de presentación (40 cm/h)
1	Placa de asiento	30	105	5,23	3,49	2,62
2	Filo de Tundish	20	208	10,38	6,92	5,19
3	Placa inclinada de asiento	30	70	3,51	2,34	1,75
4	Placa posterior	20	85	4,25	2,83	2,12
5	Placa frontal # 1	20	95	4,76	3,17	2,38
6	Placa frontal # 2	20	45	2,25	1,50	1,12
7	Placa frontal # 3	20	54	2,68	1,78	1,34
8	Placa lateral	20	73	3,63	2,42	1,82
9	Placa inferior del pico	20	41	2,04	1,36	1,02
10	Placa lateral del pico	20	41	2,07	1,38	1,04
11	Placas de retención	20	27	1,37	0,91	0,68
12	Nervadura	20	98	4,92	3,28	2,46
13	Refuerzo lateral posterior	15	232	11,58	7,72	5,79
14	Refuerzo frontal	15	75	3,74	2,49	1,87
15	Refuerzo parte inferior	15	75	3,74	2,49	1,87
16	Orejas de izaje	50	15	0,75	0,50	0,38
<b>TOTAL:</b>				67	45	33
<b>TOTAL, TIEMPO DE SOLDADURA (horas)</b>						145

Elaborado por: Grupo investigador

Tabla 28: Nuevo diagrama de flujo de la fabricación del Tundish

DIAGRAMA DE FLUJO ACTUAL							
		CÓDIGO: 001	RESUMEN	N°	Tiempo en horas		
DIAGRAMA N°: 1 HOJA: 1 DE: 1		○	Operac.	0	250		
FECHA DE ELABORACIÓN: 08/12/2019		⇒	Transpt.	0	8		
PRODUCTO: Fabricación de Tundish		□	Control	0			
ACTIVIDAD: Cortar, biselar, soldar, gratear y pintar		D	Esperas	0			
LUGAR: Taller de ingeniería industrial		▽	Almac.	0			
<b>OPERARIO (S):</b>							
1	Subir plancha de 15mm a la CNC	○	⇒	□	D	▽	1
2	Corte de piezas de 15mm en CNC Azul	○	⇒	□	D	▽	3
3	Retirar y numerar las piasas de plancha de 15 mm	○	⇒	□	D	▽	1
4	Subir plancha de 20mm a la CNC	○	⇒	□	D	▽	1
5	Corte de piezas de 20mm en CNC Azul	○	⇒	□	D	▽	12
6	Retirar y numerar las piasas de plancha de 20 mm	○	⇒	□	D	▽	2
7	Subir plancha de 30mm a la CNC	○	⇒	□	D	▽	1
8	Corte de piezas de 30mm en CNC Azul	○	⇒	□	D	▽	3
9	Retirar y numerar las piasas de plancha de 30 mm	○	⇒	□	D	▽	1
10	Subir plancha de 50mm en CNC	○	⇒	□	D	▽	0,5
11	corte de orejas	○	⇒	□	D	▽	2
12	Retirar y enumerar	○	⇒	□	D	▽	0,5
13	Bicelado de piezas de 15mm	○	⇒	□	D	▽	2
14	Biselado de piezas de 20mm	○	⇒	□	D	▽	6
15	Biselado de piezas de 30mm	○	⇒	□	D	▽	3
16	Corte de UPN 240	○	⇒	□	D	▽	5
17	Centrado de base del Tundish	○	⇒	□	D	▽	1
18	Centrado de lateral derecho	○	⇒	□	D	▽	2
19	Centrado de lateral izquierdo	○	⇒	□	D	▽	3
20	Centrado de lateral tracero	○	⇒	□	D	▽	5
21	Centrado de lateral delantero	○	⇒	□	D	▽	5
22	Suelda raíz a todo el tundish	○	⇒	□	D	▽	67
23	Suelda de relleno a todo el tundish	○	⇒	□	D	▽	45
24	Suelda de presentación a todo el tundish	○	⇒	□	D	▽	33
28	Soldado de Orejas de isaje y placas de 85*260	○	⇒	□	D	▽	18
29	Soldado de números y letras para códigos	○	⇒	□	D	▽	2
30	Grateado del interior del Tundish	○	⇒	□	D	▽	4
31	Grateado del exterior del Tundish	○	⇒	□	D	▽	5
32	Pintar el Tundish	○	⇒	□	D	▽	24
<b>TOTAL</b>							<b>258</b>

Elaborado por: Grupo de investigación

***Hoja de control de fabricación del Tundish:***

A continuación, se puede observar una hoja de control elaborada en la herramienta de Excel, la misma que se planteó como propuesta de mejora en el objetivo 3; actividad 2. Esta herramienta va a ser aplicada para los demás trabajos del taller de ingeniería con el fin de estandarizar las actividades que deben realizar los operarios, además cuenta con el tiempo teórico en el que deben cumplir, únicamente lo que deben hacer los operarios es notificar el número de horas.


La hoja de control contara con una pantalla de inicio que se presenta en la grafico 29 en donde se mostrara la actividad que se seleccionó anteriormente.

**Gráfico 29:** Pantalla de inicio de la hoja de control.



**Elaborado por:** Grupo investigador.

Tabla 29: hoja de control del Tundish.

		TUNDISH		<input type="button" value="INICIO"/>	
CODIGO DE CONTROL	TOO1			H.H NOTIFICADAS	0 HORAS
DESCRIPCION				H.H PLANIFICADAS	556 HORAS
EQUIPO ASIGNADO				EFICIENCIA	0%
CODIGO	ACTIVIDADES	EFICIENCIA	HORA ESTABLECID	HORA OCUPADA	Area
TOO1	Subir plancha de 15mm a la CNC		1		corte y biselado
TOO1	Corte de piezas de 15mm en CNC Azul		3		corte y biselado
TOO1	Retirar y numerar las piezas de plancha de 15 mm		1		corte y biselado
TOO1	Subir plancha de 20mm a la CNC		1		corte y biselado
TOO1	Corte de piezas de 20mm en CNC Azul		12		corte y biselado
TOO1	Retirar y numerar las piezas de plancha de 20 mm		2		corte y biselado
TOO1	Subir plancha de 30mm a la CNC		1		corte y biselado
TOO1	Corte de piezas de 30mm en CNC Azul		3		corte y biselado
TOO1	Retirar y numerar las piezas de plancha de 30 mm		1		corte y biselado
TOO1	Subir plancha de 50mm en CNC		0,5		corte y biselado
TOO1	corte de orejas		2		corte y biselado
TOO1	Retirar y enumerar		0,5		corte y biselado
TOO1	Biselado de piezas de 15mm		2		corte y biselado
TOO1	Biselado de piezas de 20mm		6		corte y biselado
TOO1	Biselado de piezas de 30mm		3		corte y biselado
TOO1	Corte de UPN 240		5		corte y biselado
TOO1	Centrado de base del Tundish		1		Ensamble
TOO1	Centrado de lateral derecho		2		Ensamble
TOO1	Centrado de lateral izquierdo		3		Ensamble
TOO1	Centrado de lateral tracero		5		Ensamble
TOO1	Centrado de lateral delantero		5		Ensamble
TOO1	Primera capa del interior del Tundish		67		Soldadura
TOO1	primera capa de soldadura del exterior del Tundish		45		Soldadura
TOO1	Segunda capa de soldadura del interior del Tundish		33		Soldadura
TOO1	Segunda capa de soldadura del exterior del Tundish		18		Soldadura
TOO1	Tercera capa de soldadura del interior del Tundish		2		Soldadura
TOO1	Soldadura de Orejas de isaje y placas de 85*260		18		Soldadura
TOO1	Soldadura de numeros y letras para codigos		2		Pintura
TOO1	Grateado del interior del Tundish		4		Pintura
TOO1	Grateado del exterior del Tundish		5		Pintura
TOO1	Pintar el Tundish		24		Pintura
Total			278		

Elaborado por: Grupo Investigador.

## **11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **11.1. Impacto técnico**

Dentro del impacto técnico que el proyecto de investigación; análisis y mejora de los procesos del taller de ingeniería industrial denotó, es la utilización de herramientas de diagnóstico: el diagrama de flujo, diagrama de Pareto, diagrama hombre – máquina y el método de Montecarlo.

Por otra parte, la predicción del número de fallas de daños en los paneles de refrigeración para el horno de fundición a través del método Montecarlo para este año 2020 siendo la principal causa la fatiga del material con alrededor de 32 fallas para este año.

En el ámbito técnico la aplicación de las herramientas de diagnóstico utilizadas en este proyecto de investigación denotó en la reducción de un 34% el número de horas hombre utilizadas para la fabricación del Tundish.

### **11.2. Impacto económico**

Dentro del impacto económico que denotó el proyecto de investigación, en el análisis del 2019 se determinó que el taller de ingeniería gasta alrededor de 72.688 dólares anulas en mano de obra en reparaciones.

Por otra parte, en la mejora del proceso de fabricación del Tundish se reduce 138 horas hombre siendo un ahorro de 1.932 dólares para la empresa

### **11.3. Impacto ambiental**

El impacto ambiental denota en la reducción del desperdicio de material con la nueva propuesta de distribución de corte en la plancha de acero y el ahorro del consumo de energía al realizar en menos tiempo los cortes de todas las piezas para la Fabricación del Tundish.

## 12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

**Tabla 30:** Presupuesto para el proyecto de investigación

<b>PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO</b>				
<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>RECURSOS</b>	<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>V. UNITARIO \$</b>	<b>V. TOTAL \$</b>
Útiles de oficina				
Esferos	3	Unidades	\$0,45	\$1,35
Lápiz	5	Unidades	\$0,40	\$2,00
Borradores	3	Unidades	\$0,30	\$0,90
Cuaderno de apuntes	1	Unidades	\$0,95	\$0,95
Equipos				
Cronometro	1	Unidades	\$13,50	\$13,50
Laptop Toshiba	1	Unidades	\$600,00	\$600,00
Programas Office				
AutoCAD 2019	1	Unidades	\$5,00	\$5,00
Visio 2019	1	Unidades	\$5,00	\$5,00
Paquete Office	1	Unidades	\$5,00	\$5,00
Análisis				
Reunión con el jefe de área	10	Horas	\$15	\$150
<b>Total, costos directos</b>				<b>783,70</b>
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>RECURSOS</b>	<b>CANT.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>V. UNITARIO \$</b>	<b>V. TOTAL \$</b>
Transporte y Salida de campo				
Visitas técnicas a la empresa Adelca Aloag	20	Visitas	\$1,50	\$30,00
Revisiones	16	Visitas	\$6,00	\$96,00
Otros gastos				
Impresiones B/N	400	Unidades	\$0,02	\$ 16,00
Impresiones a color	300	Unidades	\$0,04	\$ 12,00
Copias	100	Unidades	\$0,02	\$ 2,00
<b>Total, Costos Indirectos</b>				<b>\$ 156,00</b>
Sub Total				\$ 939,70
Imprevistos 10%				\$ 93,97
<b>Total, Costos Directos + Costos Indirectos</b>				<b>\$ 1.033,67</b>

Elaborado por: Grupo de investigación

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 13.1. Conclusiones

- Luego de levantar la información, el taller de ingeniería industrial en Adelca Aloag cuenta con datos históricos de sus tres macroprocesos, cada actividad que se realiza lleva un número de orden de producción, lo que permitió establecer el número de horas hombre por macroproceso y costos de materiales para determinar el porcentaje que se encuentra cada uno de estos: mantenimiento con un 78% del total de las horas reportadas, fabricaciones con un 20% y proyectos apenas en un 2%.
- Los diagramas de flujo existentes de los tres macroprocesos están enfocados en la administración de estos, más no en la ejecución de las actividades de producción, ensambles, fabricaciones o reparaciones.
- Se identificó dentro del macroproceso de mantenimiento, la actividad con mayor consumo de horas hombre es la actividad de reparaciones de paneles, siendo el 26,17% del 100% de las horas hombre notificadas en el 2019, prácticamente con este porcentaje dedicado solo a reparaciones quiere decir que sus costos también llegan alrededor de 200 mil dólares por año. Los paneles con más daños son los de la bóveda 05 y los de la cuba 02, 05, y 07 con la causa principal siendo la fatiga del material representando un 45% de las fallas en paneles.
- Identificación de maquinaria subutilizada en el taller de ingeniería que supera los 69 mil dólares de inversión, apenas con un porcentaje de utilización en promedio del 18% de las mismas.
- Se logra reducir un 34% las horas hombre empleadas en la fabricación del tundish con la estandarización de las actividades y la implementación de una producción en línea dentro del taller para evitar demoras.



### **13.2. Recomendaciones**

- Se debe impulsar los proyectos en el taller de ingeniería en vista que los índices apenas de un 2% de ejecución, prácticamente por desaparecer esta actividad tan importante para realizar mejoras dentro de la empresa.
- Se debe realizar diagramas de procesos para todos los trabajos que se realizan en el taller de ingeniería, esto permitirá estandarizar las actividades.
- Plantear nuevos sistemas de refrigeración para el horno de fundición, o al menos nuevos ajustes en la fuente que provoca las principales causas (fatiga de material, arco eléctrico) de las perforaciones en los paneles de refrigeración.
- Se debe incrementar el nivel de utilización de las máquinas existentes en el taller de ingeniería a través de la apertura a otras áreas de la empresa que requieran el servicio de estas para que retornen el capital de inversión.
- Para filtrar de mejor manera las actividades en la base de datos del taller de ingeniería se recomienda que se unifiquen los detalles de las ordenes de trabajo ayudando a clasificar de mejor manera y más rápida para un futuro análisis de los datos históricos.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- ADELCA. (2019). *Base de datos*. Taller de Ingeniería Industrial, Aloag.
- Aguilar, C. (2017). *Monozukuri: modelo de desarrollo de una red de proveedores* (Primera ed.).
- Anaya, D. (2015). *TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE PROCESOS Y LA GESTIÓN DE LA CALIDAD*. Madrid, España: Sanz y Torres.
- Antonio, P. R. (2017). *Transporte interno de materiales y distribución de productos terminados*. Asunción, Paraguay.
- Becerra, L. (Agosto de 2017). Obtenido de [www.monografias.com](http://www.monografias.com)
- Becerra, L. (2017). *Monografias.com*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos14/flujograma/flujograma.shtml#CARA#ixzz4D0WSrWIH>
- Cachanosky, I. (2015). Eficiencia Técnica, Eficiencia Económica y Eficiencia Dinámica. *Procesos de mercado*, 80.
- Canive, T. (2014). *SINNAPS, Blog de gestión de proyectos*. Obtenido de <https://www.sinnaps.com/blog-gestion-proyectos/que-es-un-diagrama-de-proceso>
- Carro Paz, R. &. (2014). *Administración de la calidad total*. Mexico: Apunte de Estudio.
- Castek, B. J. (2000). *Activity Diagrams and Operation Architecture*. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20080409215842/http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>
- Castek, B. J. (2016). *Activity Diagrams and Operation Architecture*. España. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20080409215842/http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>
- Chavarria, M. Á. (2015). *La Eficacia de la Creatividad*. Madrid: ESIC Editorial.
- Criollo, R. G. (2015). *ESTUDIO DEL TRABAJO - Ingeniería de Métodos y Medición del trabajo* (Vol. Segunda edición). UML S.A.
- Daniel, A. N. (2002). *TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS PARA EL CONTROL DE PROCESOS Y LA GESTIÓN DE LA CALIDAD*. Madrid, España: Sanz y Torres. Obtenido de <http://www.auditoriainternadegobierno.gob.cl/wp-content/uploads/2017/01/DOCUMENTO-TECNICO-N%C2%B0-75-V02-TECNICAS-Y-HERRAMIENTAS-PARA-EL-CONTROL-DE-PROCESOS-Y-LA-GESTION-DE-LA-CALIDAD.v2.pdf>
- Editorial Definición MX. (13 de Diciembre de 2015). *Definición MX*. Obtenido de Definición MX.: <https://definicion.mx/proceso-productivo/>.
- Educativos, R. L. (MAYO de 2017). *Redalyc.org*. Obtenido de INDICADORES DE CALIDAD DE LAS INDUSTRIAS MEXICANAS: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=27041543002>

- EPAA. (2018). *PROCESO DE MANTENIMIENTO*. Atuntaqui: Dirección Técnica Antonio Ante.
- Escalante Lago, A., & González Zúñiga, J. F. (2015). *Ingeniería Industrial. Métodos y tiempos con manufactura Ágil*. Alfaomega Colombiana.
- Felipe P, M. J. (2016). *La ingeniería del Lean Manufacturing*. Obtenido de <http://mdc.org.co/herramientas-de-diagnostico-y-evaluacion-de-procesos/>
- Gehisy, R. (11 de Abril de 2017). *CALIDAD Y ADR*. Obtenido de <https://aprendiendocalidadyadr.com/diagrama-de-pareto/>
- González, J. A. (Diciembre de 2015). *Alfaomega Club*. Obtenido de INGENIERÍA INDUSTRIAL - Métodos y tiempos con manufactura ágil: <https://www.alfaomegacloud.com/library/search/simulacion%20montecarlo?searchWithinContent=&orderBy=name>
- Gonzalo, L. J. (2015). *Mejorando la competitividad de la empresa*. Obtenido de <http://mdc.org.co/herramientas-de-diagnostico-y-evaluacion-de-procesos/>
- Gutiérrez, H. (2019). *CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD* (Cuarta ed.). México: MC GRAW Hill Education.
- Ishikawa, K. (2012). *¿QUÉ ES EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD?* Bogotá, Colombia: NORMA.
- ISOTools. (30 de Marzo de 2015). *Blog Calidad y excelencia*. Obtenido de <https://www.isotools.org/2015/03/30/que-son-los-indicadores-de-calidad/>
- Isotools. (2017). *Herramientas de diagnóstico para la gestión de los procesos*. Obtenido de <https://www.isotools.org/2017/05/31/herramientas-diagnostico-gestion-procesos/>
- Janampa, R. L. (Abril de 2014). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/348883667/Definicion-Horas-Hombre>
- Japan Management Association . (2018). *Kanban y Just in Time en Toyota* . Madrid: TGP Hoshin, S.L.
- Jeannie, C. B. (2016 ). *Activity Diagrams and Operation Architecture*. España. Obtenido de <https://web.archive.org/web/20080409215842/http://www.omg.org/technology/documents/formal/uml.htm>
- Juran, J. M., & Gryna, M. F. (1993). *Manual de Control de Calidad*. Madrid: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>
- Juran, J. M., & Gryna, M. F. (2013). *Manual de Control de Calidad*. Madrid: McGraw-Hill. Obtenido de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>
- Juran, J. M., & Gryna, M. F. (2013). *Manual de Control de Calidad*. Madrid.
- Juran, J. M., & Gryna, M. F. (2015). Madrid, España. Obtenido de <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>

- Jurandir, P., & Reis., G. A. (2017). Obtenido de <https://blogdelocalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>
- Maldonado, N. (2018). *Redalyc.org*. Obtenido de Rutas de Transformación Productiva: <https://www.redalyc.org/busquedaArticuloFiltros.oa?q=productividad>
- Mankiw, G. (2017). *Principios de la Economía*. México : Cengage Learning Editores, SA de C.V.
- Meneses, H. (2019). *Diagnóstico de Procesos enfocados como Buenas Prácticas de Gestión*.
- Miranda, J., & Toirac, L. (2015). *INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARA LA INDUSTRIA DOMINICANA*. Republica Dominicana: Instituto de Santo Domingo.
- Moreno, G. (2018). *Blog de Herramientas, Hombre-Maquina, Ingenieria de Métodos*. Obtenido de [http://guayanaindustrial.blogspot.com/2016/02/diagrama-hombre-maquina-definicion-y\\_28.html](http://guayanaindustrial.blogspot.com/2016/02/diagrama-hombre-maquina-definicion-y_28.html)
- Orosco, O. (2018). *Diagrama de flujo de Mantenimeinto*. Machachi : Adelca .
- PEINADO, J., & GRAEML, A. R. (2007). *Bolg de la Calidad*. Obtenido de <https://blogdelocalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>
- Ramírez, J. (2016). *Monografías.com. Herramientas de la calidad*.
- Suarez, X. A. (2009). *Monografías.com*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos47/diagrama-pareto/diagrama-pareto2.shtml>
- Suarez, X. A. (2018). *Monografías.com*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos47/diagrama-pareto/diagrama-pareto2.shtml>
- Todaro, M. P. (2017). *Economic Development* (Sexta Edición ed.). Londres y New York: Longman.
- Universida Particular del Norte UPN . (2017). *Blog de Ingeniería Industrial*. Obtenido de <https://blogs.upn.edu.pe/ingenieria/2016/11/14/que-es-un-cuello-de-botella-en-el-proceso-de-produccion/>
- Uriarte, J. M. (2018). *Diagrama de procesos*. Obtenido de <https://www.caracteristicas.co/diagrama-procesos/>

15. ANEXOS

A continuación, se visualiza la base de datos proporcionada por el taller de ingeniería industrial para el análisis de sus actividades.

Anexo 1: Base de datos del 2018 y 2019

Gráfico 30: Base de datos del 2018

adelca		MANTENIMIENTO - ACERIA																						
EL ACERO QUE NOS UNE		HOJA DE CONTROL ORDENES DE TRABAJO MANTENIMIENTO, PRODUCCION Y PROYECTOS INGENIERIA																						
REPORTES BASE		INFORME DE ORDEN		MENU PRINCIPAL		ORDENES EN CURSO SIN RETRASO			ORDEN	3095046 MANTENIMIENTO PROGRAMADO 17/12/2018					C. PROG	M	HH PLAN	16						
									ESTATUS	CERRADA					FECHA INI.	17-dic-18	FECHA TER.	17-dic-18	EQ. TRAB.	AE	C. TERM.	J. TIEMPO	HH NOTIF.	16
ITEM	# AVISO	# ORDEN	TIPO	FECHA DE LIBERACION N ORDEN	PRIO.	AREA	EQUIPO	DESCRIPCION	AUTOR ORDEN	TIPO DE ACTIV.	ESTATUS	FECHA INI. PROG.	FECHA INI. REPROG.	FECHA TER. PROG.	FECHA TER. REPROG.	FECHA CIERRE / FECHA CIERRE PREVISTO	T. EST. TRAB. (DIAS)	RESPONSABLE (EQ.)	ACTIV. ANTEC.	H.H. NECESARIAS	H.H. FECHA FINI	H.H. FECHA INIC-FI	H.H. SOBR.	CONDICION DE TERMINO
3	1068631	1077500	ZA01	04.01.2017	3	PLANTA GENERAL	PLANTA GENERAL	CORTE DE PLANCHON 20MM P/FILOS CUCHARAS	OOROZCO	SOL	CERRADA	02-ene-18	02-ene-18	04-ene-18	04-ene-18	03-ene-18	2,00	E	0	32	14	30,0	4,0	A. TIEMPO
4	1068632	1077501	ZA01	22.12.2017	3	PLANTA GENERAL	PLANTA GENERAL	ARMADO DE 6 FILOS DE CUCHARA	OOROZCO	SOL	CERRADA	04-ene-18	03-ene-18	15-ene-18	05-ene-18	16-ene-18	11,00	E	3	20	6	39,0	0,0	RETASADA
5	1068132	1076926	ZA01	30.12.2017	1	PLANTA GENERAL	PLANTA GENERAL	TRABAJOS VARIOS ENERO 2018 EQA	OOROZCO	SOL	CERRADA	01-ene-18	01-ene-18	31-ene-18	31-ene-18	31-ene-18	30,00	A	-	0	16	0,0	0,0	J. TIEMPO
7	-	3094742	ZA03	05.01.2018	2	PLANTA GENERAL	PLANTA GENERAL	MANTENIMIENTO PROGRAMADO 05/01/2018	OOROZCO	SOL	CERRADA	05-ene-18	05-ene-18	05-ene-18	05-ene-18	05-ene-18	0,00	BCD	-	0	0	0,0	-31,0	J. TIEMPO
9	1067942	1077603	ZA01	05.01.2018	1	ADL-ALG-FUN-IND-FND-LRF	CUCHARA LF#6	REPARACION CUCHARA #6 PERFORADA	OOROZCO	SOL	CERRADA	07-ene-18	07-ene-18	21-ene-18	21-ene-18	21-ene-18	14,00	ABC	-	0	0	0,0	0,0	J. TIEMPO
10	-	3094743	ZA03	05.01.2018	2	PLANTA GENERAL	PLANTA GENERAL	MANTENIMIENTO PROGRAMADO 08/01/2018	OOROZCO	SOL	CERRADA	08-ene-18	08-ene-18	08-ene-18	08-ene-18	08-ene-18	0,00	B	-	0	12	0,0	-12,0	J. TIEMPO

Elaborado por: Grupo investigador

Fuente: Adelca

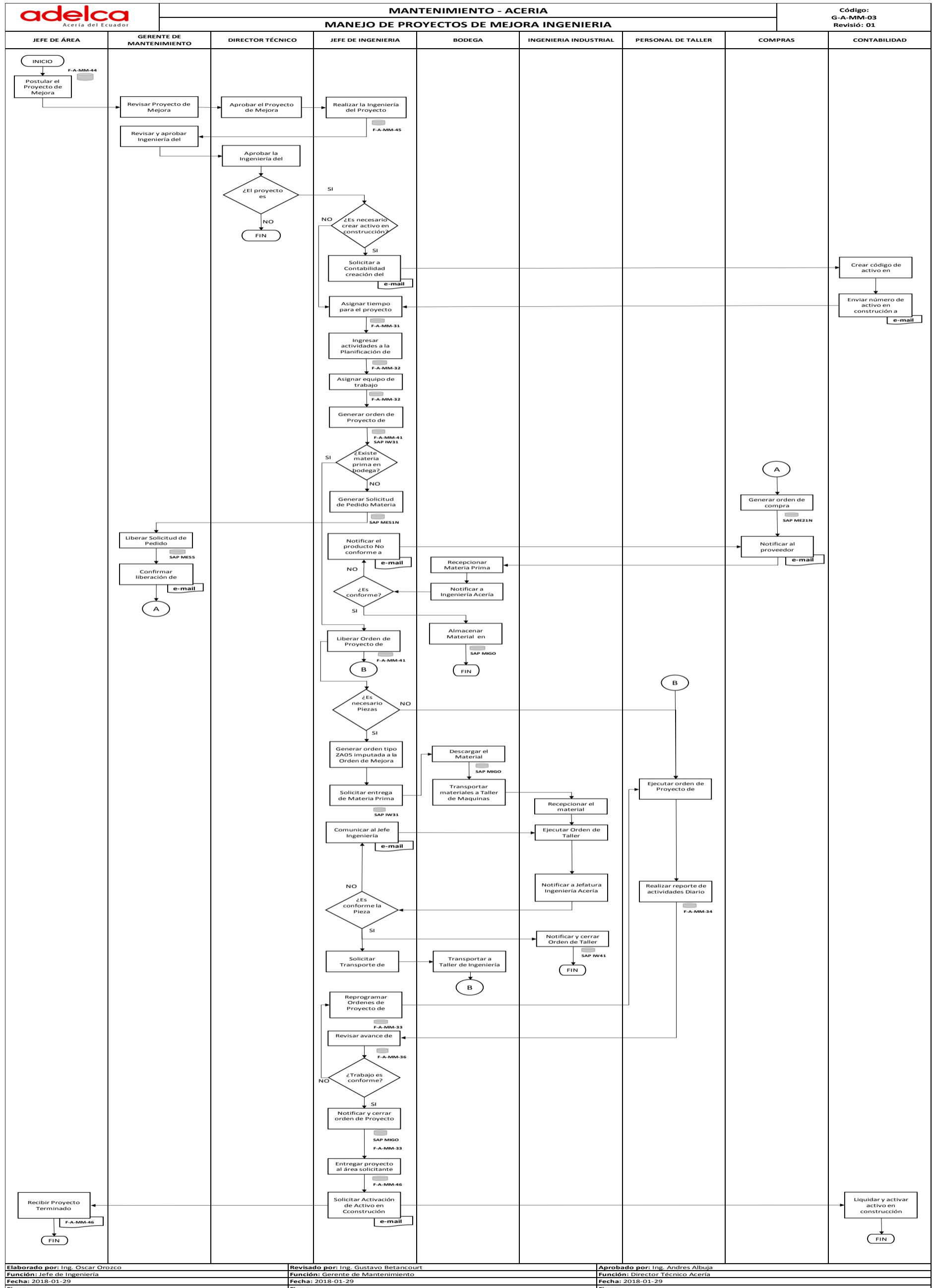
Gráfico 31: Base de datos del 2019

adelca		MANTENIMIENTO - ACERIA																						
EL ACERO QUE NOS UNE		HOJA DE CONTROL ORDENES DE TRABAJO MANTENIMIENTO, PRODUCCION Y PROYECTOS INGENIERIA 2019																						
REPORTES BASE		INFORME DE ORDEN		MENU PRINCIPAL		ORDENES EN CURSO CON RETRASO			ORDEN	95001886 FAB. 10 UNID. ACOPLA P/TERMOCUPLAS MHE0112					C. PROG	E	COSTO							
									ESTATUS	CERRADA					FECHA	3-ene-19	HH PLAN	16	HH NOTIF.	20	C. TERM.	J. TIEMPO	EQ. R.	
ITEM	# AVISO	# ORDEN	TIPO	FECHA DE LIBERACION N ORDEN	PRIO.	AREA	EQUIPO	DESCRIPCION	AUTOR ORDEN	TIPO DE ACTIV.	ESTATUS	FECHA INI. PROG.	FECHA INI. REPROG.	FECHA TER. PROG.	FECHA TER. REPROG.	FECHA CIERRE / FECHA CIERRE PREVISTO	T. EST. TRAB. (DIAS)	RESPONSABLE (EQ.)	ACTIV. ANTEC.	H.H. NECESARIAS	H.H. FECHA FINI	H.H. FECHA INIC-FI	H.H. SOBR.	CONDICION DE TERMINO
10	1E+06	1101754	ZA01	04.01.2019	3	ADL-ALG-FUN-IND-FND-EAF	HORNO ELECTRICO EAF	REPARAR CAMISA 1 P/QUEMADOR EAF	OOROZCO	SOL	CERRADA	05-ene-19	05-ene-19	09-ene-19	09-ene-19	09-ene-19	5,00	A	9	60	16	62,0		
11	1E+06	1101755	ZA01	04.01.2019	1	ADL-ALG-FUN-IND-FND-EAF	CUBA SUPERIOR EAF	REPARAR PANEL C06-009	OOROZCO	SOL	CERRADA	03-ene-19	03-ene-19	06-ene-19	06-ene-19	06-ene-19	4,00	D	-	0	14	0,0		
20	1E+06	1101941	ZA01	08.01.2019	3	ADL-ALG-FUN-IND-FND-EAF	HORNO ELECTRICO EAF	REPARA CAMISA 9 P/QUEMADOR EAF	OOROZCO	SOL	CERRADA	10-ene-19	09-ene-19	14-ene-19	14-ene-19	13-ene-19	5,00	A	10	34	18	40,0		
21	1E+06	1101944	ZA01	08.01.2019	3	ADL-ALG-FUN-IND-FND-EAF	CUBA SUPERIOR EAF	REPARAR PANEL C02-016	OOROZCO	SOL	CERRADA	11-ene-19	11-ene-19	18-ene-19	18-ene-19	18-ene-19	8,00	D	12	80	20	97,0		
22	1E+06	1102304	ZA01	14.01.2019	1	ADL-ALG-FUN-IND-FND-EAF	BOVEDA EAF	REPARACION PANEL B05-022	OOROZCO	SOL	CERRADA	14-ene-19	14-ene-19	21-ene-19	21-ene-19	21-ene-19	8,00	E	-	0	16	0,0		

Elaborado por: Grupo investigador

Fuente: Adelca

Anexo 2: Diagrama de flujo de Proyectos



Esta base de datos permitió realizar los diferentes análisis presentados en el desarrollo de las actividades para dar cumplimiento a los objetivos.

### Anexo 3: Análisis global del año 2018

En este anexo se puede apreciar los principales aspectos analizados en este proyecto de investigación:

- ✓ Actividades de mantenimiento
- ✓ Fabricaciones
- ✓ Proyectos
- ✓ Costos de mano de obra
- ✓ Costos de materiales
- ✓ Costo total del taller de ingeniería en el año 2018

**Tabla 31:** Análisis global del año 2018

<b>ANÁLISIS GLOBAL DEL AÑO 2018</b>						
DESCRIPCIÓN	TOTAL H.H AL AÑO	COSTO PROMEDIO H.H	MANO DE OBRA	COSTO MATERIALES	% M.O RESPECTO AL COSTO	% ACUMULADO
<b>Mantenimiento.</b>						
Armados	184	\$ 14,33	\$ 2.636,69	\$ 3.350,96	1%	1%
Cambios	679		\$ 9.729,96	\$ 22.594,48	3%	4%
Construcciones	1741		\$ 24.948,25	\$ 56.485,54	7%	11%
Cortes	268		\$ 3.840,40	\$ 4.550,43	1%	12%
Instalaciones	58		\$ 831,13	\$ 952,74	0%	39%
Mantenimiento programado	4053		\$ 58.086,02	\$ 64.441,22	17%	56%
Montaje	85		\$ 1.218,04	\$ 1.385,92	0%	57%
Rellenados	639		\$ 9.156,76	\$ 17.123,77	3%	64%
Reparaciones	5261		\$ 75.396,44	\$ 125.810,69	22%	86%
Rolado y Ruteo	168		\$ 2.407,41	\$ 193,09	1%	87%
Soldadura	244		\$ 3.503,64	\$ 4.361,29	1%	88%
Trabajos varios	2940		\$ 42.126,36	\$ 123.259,14	12%	100%
Fabricaciones	6320		\$ 90.562,19	\$ 79.356,56	27%	39%
Proyectos	962		\$ 13.785,46	\$ 23.897,86	4%	61%
<b>TOTALES:</b>	<b>23603</b>			<b>\$ 338.228,76</b>	<b>\$ 527.763,69</b>	<b>100%</b>
<b>TOTAL COSTO DEL TALLER DE INGENIERÍA</b>			<b>\$ 865.992,45</b>			

**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adella

**Anexo 4:** Informe de actividades realizadas para orden de trabajo

La gráfica 31 representa las actividades y horas notificadas en una orden de trabajos para la reparación de panel mientras que la gráfica 32 representa las actividades y horas notificadas en una orden de trabajos para la fabricación de un Tundish.

**Gráfico 32:** Informe de actividades de reparación de paneles

adelca		MANTENIMIENTO - ACERIA							Código F-A-MM-43		
		INFORME DE ACTIVIDADES REALIZADAS PARA ORDEN DE TRABAJO							Revisión 01		
MENU PRINCIPAL   BASE DATOS ACTIV. DIAR.   AJUSTAR CELDAS   CDTs		ORDEN	1102304	F.Ini Reprog.	14/01/2019	Mes de Trabajo	NOVIEMBRE	EQ. Asignado			
		ESTATUS	CERRADA	F.Fin Reprog.	21/01/2019	H.H.Rep.Mes Trab.	0.0	E			
		DESCRIPCION	REPARACION PANEL B05-022	H.H. Planif.	50,0	% Rep. Notif.	0,0%	Sub Totales			
		OBSERVACIONES	-	H.H. Notif.	56,0	% Rep. Planif.	0,0%	56,0			
ITEM	FECHA	TURNO	TRABAJO REALIZADO	EQ.	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	ESTATUS	# PER.	H. INICIO	H. TERMINO	H.H.
1	lun-14/ene/19	SEGUNDO	SE BAJA PANEL DELTA B05 022 PARA SU RESPECTIVA REPARACION ROLADO DE TUBERIA CORTE DE TUBERIA EN MAL ESTADO Y ESMERILADO EN TUBERIA BUENA PARA LA COLOCACION DE TUBERIA NUEVA	E	JOSE TOAQUIZA		EN CURSO	1	03:00 PM	11:00 PM	8,00
2	mar-15/ene/19	SEGUNDO	CORTE DE TUBERIA RELLENO CON SOLDADURA PARTES DESGASTADO POR PERFORACIONES ESMERILADO Y BISELADO ETC	E	JOSE TOAQUIZA		EN CURSO	1	03:00 PM	11:00 PM	8,00
3	mié-16/ene/19	SEGUNDO	armado y soldadura del tercer tubo soldadura entre tubos	E	EDISON MOSQUERA		EN CURSO	2	03:00 PM	11:00 PM	16,00
4	dom-20/ene/19	SEGUNDO	se termina de soldar entre tubos. Soldaduras dfe caps	E	EDISON MOSQUERA		EN CURSO	2	09:00 PM	07:00 AM	20,00
5	lun-21/ene/19	SEGUNDO	pruebas. Gratado pintura	E	EDISON MOSQUERA		TERMINADA	2	09:00 PM	11:00 PM	4,00

Elaborado por: Grupo investigador

Fuente: Adelca

**Gráfico 33:** Informe de actividades de fabricación de un Tundish

adelca		MANTENIMIENTO - ACERIA							Código F-A-MM-43		
		INFORME DE ACTIVIDADES REALIZADAS PARA ORDEN DE TRABAJO							Revisión 01		
MENU PRINCIPAL   BASE DATOS ACTIV. DIAR.   AJUSTAR CELDAS   CDTs		ORDEN	95001753	F.Ini Reprog.	06/06/2018	Mes de Trabajo	DICIEMBRE	EQ. Asignado			
		ESTATUS	CERRADA	F.Fin Reprog.	08/07/2018	H.H.Rep.Mes Trab.	0.0	C			
		DESCRIPCION	FAB. TUNDISH TUNDISH A02 MRF0020	H.H. Planif.	400,0	% Rep. Notif.	0,0%	Sub Totales			
		OBSERVACIONES	-	H.H. Notif.	398,0	% Rep. Planif.	0,0%	398,0			
ITEM	FECHA	TURNO	TRABAJO REALIZADO	EQ.	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	ESTATUS	# PER.	H. INICIO	H. TERMINO	H.H.
1	mar-05/jun/18	PRIMERO	TRAZADPO DE PLANCHA PARA CORTES PARA TUNDISH NUEVO	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	10:00 AM	03:00 PM	10,00
2	mié-06/jun/18	PRIMERO	CORTE DE PLANCHAS PARA FABRICACION DE NUEVO TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	07:00 AM	03:00 PM	16,00
3	jue-07/jun/18	PRIMERO	CORTE DE PLANCHAS PARA FABRICACION DEL NUEVO TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	07:00 AM	03:00 PM	16,00
4	vie-08/jun/18	PRIMERO	CORTE DE PLANCHAS PARA EL NUEVO TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	07:00 AM	12:00 PM	10,00
5	lun-11/jun/18	PRIMERO	APOYO EN EL ARMADO DEL TUNDISH	D	VICTOR QUISHPE		EN CURSO	2	04:00 PM	05:00 PM	2,00
6	lun-11/jun/18	PRIMERO	SE CONTINUA CON EL CORTE DE LAS PLANCHAS PARA NUEVO TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	07:00 AM	09:00 AM	4,00
7	lun-11/jun/18	PRIMERO	SE CONTINUA CON EL CORTE DE LAS PLANCHAS PARA NUEVO TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	02:00 PM	07:00 PM	10,00
8	mar-12/jun/18	PRIMERO	ARMADO DE PLANCHAS FRONTALES DEL TUNDISH Y PUNTEADO	D	VICTOR QUISHPE		EN CURSO	2	07:00 AM	05:00 PM	20,00
9	mar-12/jun/18	PRIMERO	SE EMPIEZA CON EL ARMADO DEL NUEVO TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	07:00 AM	07:00 PM	24,00
10	mié-13/jun/18	SEGUNDO	CORTE Y ARMADO DEL FILO DEL TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	07:00 PM	07:00 AM	24,00
11	jue-14/jun/18	SEGUNDO	SE EMPIEZA CON LA SOLDADURA DEL TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	07:00 PM	07:00 AM	24,00
12	dom-17/jun/18	PRIMERO	SOLDADURA DE TUNDISH Y CORTE DE CARTELAS PARA EL FILO DEL TUNDISH	C	MILTON JEREZ		EN CURSO	2	07:00 AM	05:00 PM	20,00

Elaborado por: Grupo investigador

Fuente: Adelca

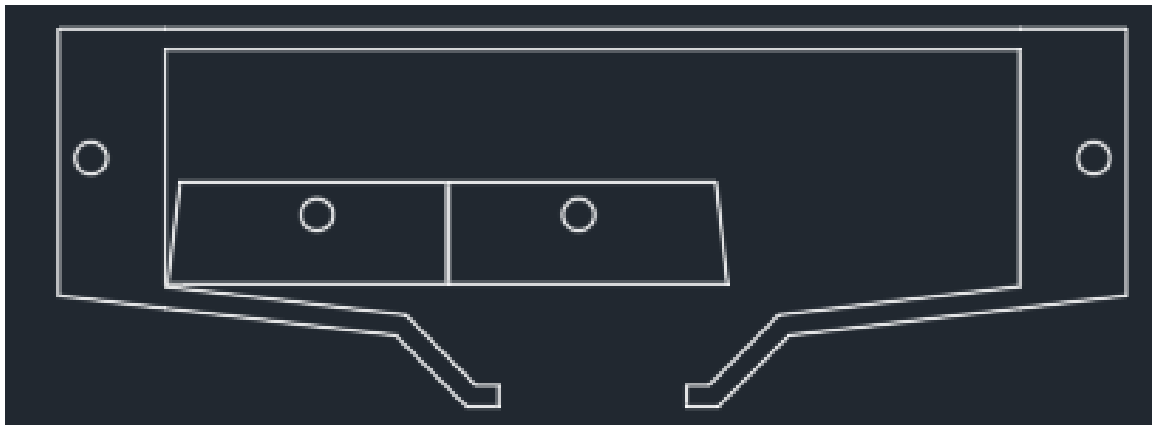


### Anexo 5: Distribución de corte para Tundish

A continuación, se presenta la distribución de las piezas del Tundish establecida en AutoCAD para cortes en CNC Plasma, los archivos se deben guardar en formato DxF para convertirse en códigos G los mismos que son leídos por la cortadora CNC.

#### Plancha de 15 mm de espesor:

Gráfico 34: Plancha de 2400 mm x 6000 mm



Elaborado por: Grupo investigador

Fuente: Adelca

#### Plancha de 20 mm de espesor:

Gráfico 35: Corte de 2400 mm x 2515 mm



Elaborado por: Grupo investigador

Fuente: Adelca

**Gráfico 36:** Corte de 3485 mm x 2400 mm

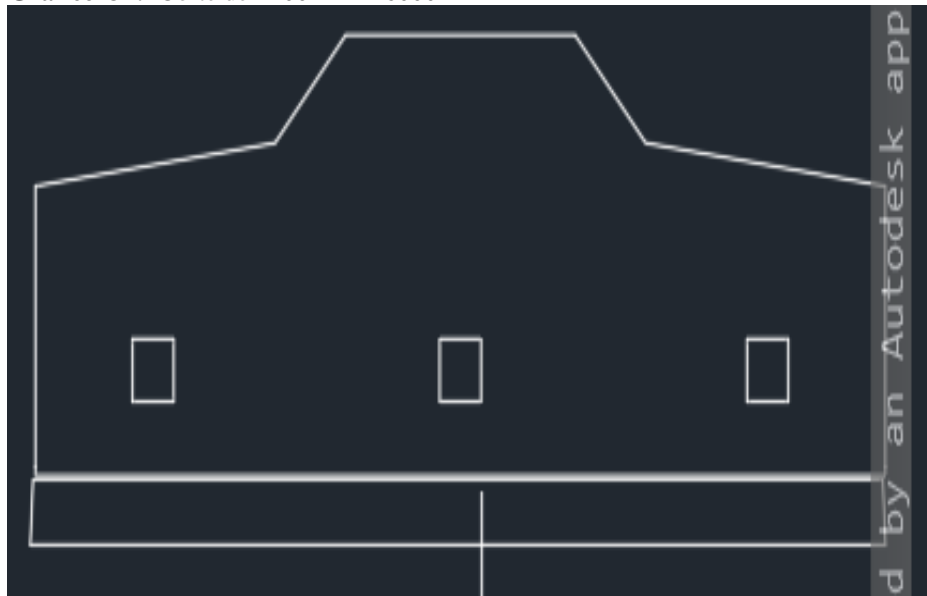


**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

### Plancha de 30 mm de espesor:

**Gráfico 37:** Corte de 2400 mm x 6000 mm



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Fuente:** Adelca

**Anexo 6:** Lista de partes para la fabricación del Tundish

**Gráfico 38:** Lista de partes para la fabricación del Tundish

**ITEM: 1**

**ITEM: 2**

**ITEM: 3**

**ITEM: 4**

**ITEM: 5**

**ITEM: 6**

**ITEM: 7**

**ITEM: 8**

**ITEM: 9**

**ITEM: 10**

**ITEM: 11**

PARTS LIST				
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL
1	3.75 m <sup>2</sup>	HRF0020.101	Placa de Asiento	Steel ASTM A36 - 30mm
2	2 m <sup>2</sup>	HRF0020.102	Filo de Tundish	Steel ASTM A36 - 20mm
3	0.6 m <sup>2</sup>	HRF0020.103	Placa inclinada de Asiento	Steel ASTM A36 - 30mm
4	2 m <sup>2</sup>	HRF0020.104	Placa Pusher	Steel ASTM A36 - 20mm
5	2 m <sup>2</sup>	HRF0020.105	Placa Frontal #1	Steel ASTM A36 - 20mm
6	0.7 m <sup>2</sup>	HRF0020.106	Placa Frontal #2	Steel ASTM A36 - 20mm
7	1 m <sup>2</sup>	HRF0020.107	Placa Frontal #3	Steel ASTM A36 - 20mm
8	2 m <sup>2</sup>	HRF0020.108	Placa Lateral	Steel ASTM A36 - 20mm
9	0.5 m <sup>2</sup>	HRF0020.109	Placa Inferior del Pico	Steel ASTM A36 - 20mm
10	1	HRF0020.110	Placa Lateral del Pico	Steel ASTM A36 - 20mm
11	0.15 m <sup>2</sup>	HRF0020.111	Placas de Retención	Steel ASTM A36 - 20mm

Material: VER TABLA		Nº: 1	Nº: 1	Peso: 2145,000 kg
Validación Técnica: HINDUHO		Edición: 1	Fecha: 04/01/2018	Colaborador: NA
TÍTULO: ESTRUCTURA DE BANDEJA CONJUNTO TUNDISH		Diseño: ING. S. MENA		Aprobado: ING. O. DROCCO
Nº de Planos: HRF0020.1		Fecha: 04/01/2018		Problemas: 0
Proyecto: HRF0020.1		Rev: 00		AC

Elaborado por: Ing. Santiago Mena

Fuente: Adelca

**Anexo 7. Hoja de vida del docente tutor****DATOS PERSONALES:****Nombres:** Cristian Xavier**Apellidos:** Espín Beltrán**Documento de Identidad C.I.:** 050226936-8**Estado civil:** Casado**Fecha de nacimiento:** 23 de noviembre de 1981**Dirección:** Latacunga**Celular:** 0987493868**Email:** cristian.espin@utc.edu.ec**PERFIL PROFESIONAL**

Creativo, dinámico y seguro, con la capacidad de afrontar un cambio y liderarlo, dispuesto y motivado a conllevar una carga de competencia en un medio globalizado, requiriendo a la búsqueda del mejoramiento continuo y la optimización de los recursos alzando la máxima competitividad.

**ESTUDIOS:**

Universidad Técnica de Cotopaxi

Universidad Tecnológica Indo América


**TÍTULOS OBTENIDOS:**

Ingeniero Industrial Magister en Gestión de la Producción

## Anexo 8. Hoja de vida de los estudiantes

### HOJA DE VIDA

#### DATOS PERSONALES:

<b>APELLIDOS:</b>	Segovia Vizquete	
<b>NOMBRES:</b>	Jaime Bladimir	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	235005695 - 4	
<b>ESTADO CIVIL:</b>	Soltero	
<b>NACIONALIDAD:</b>	Ecuatoriano	
<b>FECHA DE NACIMIENTO:</b>	06 de enero de 1995	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Machachi, Coop. Tesalia, lote # 235	
<b>TELÉFONO:</b>	0992040394	
<b>CORREO ELECTRÓNICO:</b>	jaimesegovia.07@hotmail.com	
<b>INSTRUCCIÓN:</b>	Bachiller	

#### ESTUDIOS REALIZADOS:

<b>Primaria:</b>	Escuela Fiscal Mixta Princesa Toa
<b>Secundaria:</b>	Colegio Nacional Machachi
<b>Superior:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi

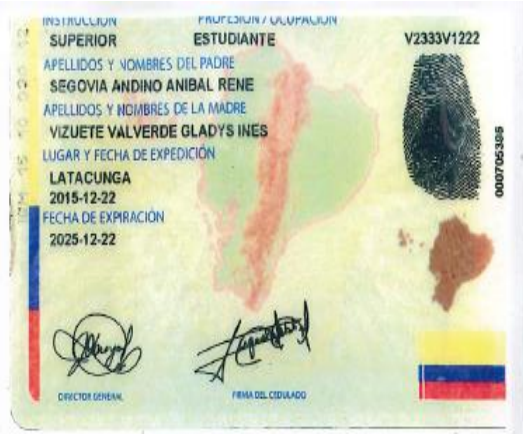
#### CURSOS REALIZADOS:

- **PREVENCIÓN EN RIESGOS LABORALES.** 29 de julio del 2019
- **MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.** 27 de junio del 2019
- **INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES Y ANÁLISIS DE PUESTOS DE TRABAJO.** 21 de noviembre del 2018
- **ACCIÓN TÉCNICA EN MEDICINA DEL TRABAJO.** 10 de octubre del 2018
- **SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE.** 29 de octubre del 2016.
- **PERSPECTIVAS DEL CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA.** 24 de abril del 2015.

**REFERENCIAS PERSONALES:**

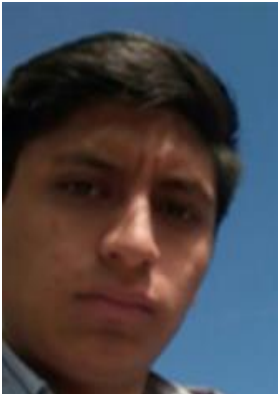
- Sr. René Segovia **Teléfono:** 0993067094
- Dr. Luis Vinicio Utreras **Teléfono:** 0999923298 - 2315762
- Ing. MSc. Jorge Chamorro **Teléfono:** 0984645499

**DOCUMENTOS PERSONALES:**



## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES:

<b>APELLIDOS:</b>	Paute Laguatasig	
<b>NOMBRES:</b>	Francisco Javier	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	172404616-2	
<b>ESTADO CIVIL:</b>	Soltero	
<b>NACIONALIDAD:</b>	Ecuatoriano	
<b>FECHA DE NACIMIENTO:</b>	19 de septiembre de 1995	
<b>DIRECCIÓN:</b>	Machachi, parroquia de Aloasi calle Simón Bolívar	
<b>TELÉFONO:</b>	0985706074	
<b>CORREO ELECTRÓNICO:</b>	francisco.paute6162@utc.edu.ec	
<b>INSTRUCCIÓN:</b>	Bachiller técnico en electrónica de consumo	

### ESTUDIOS REALIZADOS:

<b>Primaria:</b>	Escuela particular Nuestra Señora de los Dolores
<b>Secundaria:</b>	Instituto Tecnológico Superior Aloasi
<b>Superior:</b>	Universidad Técnica de Cotopaxi

### CURSOS REALIZADOS:

- Buenas Prácticas de Gestión en Seguridad y Salud Ocupacional. 2 de junio 2016
- Curso de Primeros Auxilios Básicos 2 de febrero de 2012.

### REFERENCIAS PERSONALES:

- Ing. Manuel Guano	0995288231
- Sr Eduardo Jácome	022309534

**DOCUMENTOS PERSONALES:**

REPUBLICA DEL ECUADOR  
DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTRO CIVIL  
IDENTIFICACIÓN Y CREDENCIACIÓN

CÉDULA DE CIUDADANÍA  
N. 172404616-2

APellidos y Nombres  
PAUTE LAGUATASIO FRANCISCO JAVIER

Lugar de Nacimiento  
PICHINCHA QUITO  
LA MAGDALENA

Fecha de Nacimiento 1995-09-19  
Nacionalidad ECUATORIANA

Sexo M  
Estado Civil SOLTERO



INSTITUCIÓN BACHILLERATO ESTUDIANTE

V3343V2342

APellido y Nombres del Padre  
PAUTE CAZALUSA LUIS ANTONIO

APellido y Nombres de la Madre  
LAGUATASIO SIMBA BLANCA PIEDAD

Lugar y Fecha de Expedición  
MEJIA  
2013-10-10

Fecha de Expiración  
2023-10-10

