



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS EN  
EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA MICROEMPRESA FUTEC”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Industrial

**Autores:**

Rosillo Jiménez Frank Michael

Vivar Quillupangui Sebastian Alexis

**Tutor:**

Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán Mg.

**LATACUNGA - ECUADOR**

**MARZO 2024**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Rosillo Jiménez Frank Michael, con cedula de ciudadanía N° 2200534531, Vivar Quillupangui Sebastian Alexis, con cedula de ciudadanía N° 1726012832 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACION: “ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA MICROEMPRESA FUTECH”**, siendo el Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán Mg., Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, marzo del 2024

Rosillo Jiménez Frank Michael  
CC: 2200534531

Vivar Quillupangui Sebastian Alexis  
CC: 1726012832

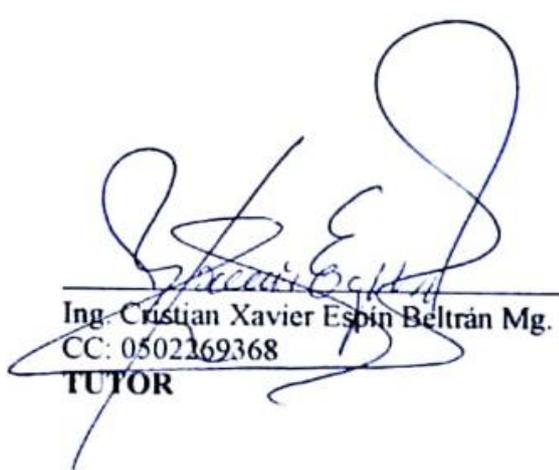


## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

**“ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA MICROEMPRESA FUTEC”**, Rosillo Jiménez Frank Michael y Vivar Quillupangui Sebastian Alexis, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, marzo del 2024



Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán Mg.  
CC: 0502169368

**TUTOR**



## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

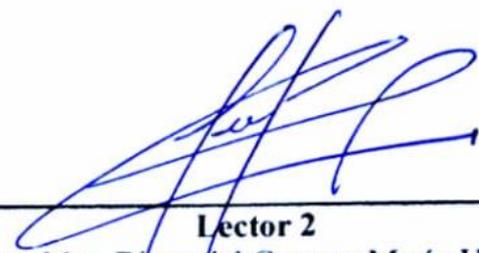
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad De ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Rosillo Jiménez Frank Michael y Vivar Quillupangui Sebastian Alexis, con el título del Proyecto de Investigación: **“ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA MICROEMPRESA FUTECH”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

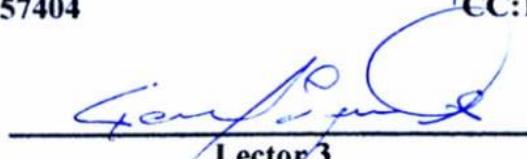
Por lo expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo del 2024

Para constancia firman:

  
\_\_\_\_\_  
**Lector 1**  
Ing. Msc. Ángel Guillermo Hidalgo Oñate  
CC:0503257404

  
\_\_\_\_\_  
**Lector 2**  
Ing. Msc. Diana del Carmen Marín Vélez  
CC:1204144503

  
\_\_\_\_\_  
**Lector 3**  
Ing. Msc. Josué Jonnatan Constante Armas  
CC:0502034564



Consortio Fundiciones Industriales

Latacunga, 05 de febrero del 2024

## AVAL DE LA EMPRESA

Ing. Luis Cuartas  
**Gerente de Consorcio Fundiciones Industriales "FUTEC"**

Presente. -

En calidad de Gerente de la empresa "FUTEC", avalo que el Proyecto de Investigación con el título: **"ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA MICROEMPRESA FUTEC"** de autoría de los postulantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi: **Rosillo Jiménez Frank Michael** con cedula de ciudadanía N° **2200534531**, **Vivar Quillupangui Sebastián Alexis** con cedula de ciudadanía N° **1726012832**, de la carrera de Ingeniería Industrial, cumple con los requerimientos metodológicos y aportes que requiere la empresa para ejecución del proyecto de investigación.

Sin otro particular, saludos cordiales a la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Atentamente,**



https://www.futec.com.ec/  
**LUIS GERMAN CUARTAS  
RUIZ**

Luis German Cuartas Ruiz  
**CI: 1758102725**  
**Gerente Consorcio Fundiciones Industriales**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios por la vida y la sabiduría que me ha concedido, permitiéndome perseverar en el cumplimiento diario de mis metas.*

*Un agradecimiento especial se dirige a mis padres, quienes han sido mi pilar fundamental, guiándome con cariño y sabios consejos, alentándome incluso en momentos difíciles.*

*Reconozco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por brindarme la oportunidad de iniciar mi carrera universitaria en Ingeniería Industrial.*

*Expreso mi profundo agradecimiento a mi compañero de tesis, Sebastián Vivar, cuya colaboración y apoyo fueron esenciales, siendo también una valiosa amistad.*

*Además, mi gratitud se extiende al Ing. Xavier Espín, mi tutor, por guiarme con sabiduría y paciencia durante la elaboración de mi tesis.*

*Finalmente, agradezco a mi familia y amigos por ser parte integral de mi trayectoria universitaria, brindándome aliento y motivación constante.*

**Frank R.**

## **AGRADECIMIENTO**

*De manera primordial, quiero agradecer a mi Dios y a mi Virgencita del Cisne por haberme dado sus bendiciones durante todos estos años de estudio, por cuidarme, por la salud y paciencia que me ha otorgado para lograr mi cometido.*

*A mi familia, que son el pilar fundamental para lograr todo lo que me propongo, gracias por haber creído en mí y por echarme la mano siempre, gracias por su amor infinito.*

*También quiero agradecer a mi buen amigo Frank por haber compartido su maravillosa amistad conmigo y por su apoyo para cumplir este objetivo.*

*Y, por último, a mi tutor, el Ing. Xavier Espín, por su gran labor como docente, gracias por su compromiso y guía en este tiempo.*

*Muchas gracias, de todo corazón, a todos ustedes.*

**Sebastián V.**

## **DEDICATORIA**

*Al concluir una de las etapas más significativas de mi vida, deseo dedicar este logro a una mujer que desempeñó el papel de madre en mi vida, Mery Conde. A ti, querida mamá, te agradezco profundamente por todo: por tu amor incondicional, tu apoyo constante, tu paciencia inquebrantable y por siempre estar a mi lado. Eres y serás mi fuente de inspiración eterna.*

*Expreso mi gratitud a mi padre, Pedro Rosillo, cuyo apoyo incondicional y sabios consejos fueron el impulso fundamental que necesitaba para completar mis estudios.*

*Agradezco a mi hermana Maryuri Rosillo y a mi cuñado Ismael Palma por cada valioso consejo y, además, por darme la dicha de ser tío de una hermosa sobrina, Amelia Palma. Cada logro que alcance será dedicado a ella, siendo un modelo a seguir.*

*Mi reconocimiento también se dirige a mi hermano, y al mismo tiempo, mi compañero, Bryan Rosillo, quien estuvo presente en cada día de este trayecto y me brindó su aliento constante. Le agradezco con profundo cariño por su apoyo.*

**Frank R.**

## **DEDICATORIA**

*Ahora que estoy culminando una etapa muy importante para mí, quiero dedicar este logro a mi señora madre, Isabel Quillupangui. Mami, muchas gracias por todo, por tu amor, por tu apoyo, por tu paciencia, por siempre haber estado para mí. Tú siempre has sido y serás mi inspiración, esa estrellita que guía mi camino para hacer las cosas bien. Todos y cada uno de mis logros van a ser dedicados para ti, mi viejita hermosa.*

*A mi padre, Juan Vivar, por su apoyo estos últimos años para poder culminar mis estudios.*

*A mis hermanas Nancy, Wilma y Cecilia, a mis cuñados Napoleón y Vinicio, a mis sobrinos Darío, Pamela, Santiago, Nicole, Marlon, Emerson, Samantha y Martín; gracias por cada consejo, por cada abrazo, por siempre haber estado para mí desde muy pequeño. Cada meta que alcance siempre será en su nombre.*

*A mi hermano Juan Fernando y a mi querido gatito Luyan les envío un beso enorme al cielo.*

*Con mucho amor y cariño.*

**Sebastián V.**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TÍTULO: “ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA MICROEMPRESA FUTEC”

**Autores:**

Rosillo Jiménez Frank Michael

Vivar Quillupangui Sebastián Alexis

#### RESUMEN

El objetivo primordial de este trabajo de investigación es la estandarización de los procesos operativos dentro del área de producción de la microempresa “FUTEC”, ubicada en el barrio Playa de Laso, dedicada a la fabricación de piezas mediante la fundición de metales ferrosos. Uno de los problemas que más destaca la empresa radica en la ejecución empírica de tareas, ya que carecen de una documentación técnica y detallada de los distintos procesos. Esta carencia ha llevado a que tanto los empleados antiguos como nuevos sean propensos a cometer errores y fallos en las operaciones, lo que afecta directamente la eficiencia del proceso de producción y generando posibles retrasos o productos defectuosos. Se propone analizar las condiciones actuales del proceso de producción mediante una investigación de campo, así mismo, busca evaluar la eficiencia actual mediante un estudio de tiempos y el uso de diagramas de procesos. Además, desarrollar una propuesta de mejora que incluya la estandarización de tiempos y la eliminación de actividades que no generan valor al proceso de producción, con el fin de incrementar la eficiencia. Los resultados obtenidos revelaron operaciones que no generaban valor al proceso de producción y permitieron calcular el tiempo estándar para cada una de las operaciones. La estandarización de los procesos operativos en la microempresa “FUTEC” llevó a un aumento de la eficiencia, pasando del 51.88 % al 74.07%, impactando positivamente en la producción lo que le generará mayores utilidades para la empresa.

**Palabras clave:** Eficiencia, Estandarización, Producción, Operaciones.

# **TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

## **ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES FACULTY**

### **THEME: “STANDARDIZATION OF OPERATIONS IN THE PRODUCTION AREA OF THE FUTEC MICROBUSINESS”**

#### **Authors:**

Rosillo Jiménez Frank Michael

Vivar Quillupangui Sebastián Alexis

#### **ABSTRACT**

The primary objective of this research paper is to standardize the operational processes within the production area of FUTEC microbusiness, located in the Playa de Lasso neighborhood, and dedicated to the manufacture of parts by casting ferrous metals. One of the problems which the company highlights is the empirical execution of tasks, since it lacks detailed technical documentation of different processes. This absence has led both old and new employees to commit mistakes and failures in operations, directly affecting the efficiency in production and creating possible delays or defective products. The paper aims to analyze the current conditions in production through field research, and to evaluate current efficiency through a time study and the use of process diagrams. Furthermore, to develop an improvement proposal which includes standardizing times and eliminating activities that do not contribute value to production, in order to increase efficiency. The results obtained exposed operations that did not create value to production and allowed the calculation of the standard time for each operation. The standardization of operations at FUTEC led to an increase in efficiency, from 51.88% to 74.07%, positively impacting production and creating greater profits for the company.

**Keywords:** Efficiency, Standardization, Production, Operations.

## CERTIFICATION

I, **EDDY CARRION BRAVO** bearer of Citizen's ID card No. **070385045-3**, certify that I am fluent (conversant) in the English and Spanish languages, and that the above document is an accurate translation of the original attached document identifiable as: "**Estandarización de los Procesos Operativos en el Área de Producción de la Microempresa FUTEC**", submitted by: **Mr. FRANK MICHAEL ROSILLO JIMÉNEZ** and **Mr SEBASTIÁN ALEXIS VIVAR QUILLUPANGUI**. The original document consists of **1** page and its translation consists of **2** pages (this page included), both of which are identified and stamped with the stamp from the *Unit of Languages (UIDI), Centro de Educación Continua de la Escuela Politécnica Nacional (CEC-EPN)*.

This document only certifies the translation, its seals and the stamps it bears. It does not certify the content of the document for which it was issued or the person bearing it.

When electronically signed, no stamps are required in the document.

  
Eddy Carrion, MA TEFL  
Translator



Date: February 23, 2024  
UIDI-CEC-EPN  
[traducciones@cec-epn.edu.ec](mailto:traducciones@cec-epn.edu.ec)  
(593) 2 252 5766 ext. 118  
Quito-Ecuador

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xii
INFORMACIÓN GENERAL .....	xxii
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMA.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema .....	1
1.1.2 Formulación del problema.....	1
1.2 BENEFICIARIOS.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4 HIPÓTESIS.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos .....	4
1.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.1 ANTECEDENTES.....	6
2.2 MARCO REFERENCIAL.....	10
2.2.1 Proceso.....	10

2.2.2	Proceso Operativo.....	11
2.2.3	Elementos de un proceso .....	11
2.2.4	Factores que intervienen en un proceso.....	12
2.2.5	Levantamiento de un proceso .....	12
2.2.6	Análisis de los procesos.....	13
2.2.7	Diagrama de procesos.....	13
2.2.8	Pasos para elaborar un diagrama de procesos .....	13
2.2.9	Mapa de procesos .....	14
2.2.10	Producción artesanal.....	14
2.2.11	Eficiencia de tiempo de producción ( $\eta$ ).....	15
2.2.12	Estandarización de los procesos .....	15
2.2.13	Importancia de la estandarización .....	15
2.2.14	Síntomas de carencia de estandarización.....	16
2.2.15	Herramienta Bizagi.....	16
2.2.16	Modelamiento de procesos con el estándar BPMN.....	17
2.2.17	Documentación de un proceso.....	21
2.2.18	Análisis ABC.....	23
2.2.19	Estudio de tiempos.....	23
2.2.20	Herramientas para el estudio de tiempos .....	24
2.2.21	Cálculo del número de observaciones .....	24
2.2.22	Método de Westinghouse .....	24
2.2.23	Matriz de suplementos por descanso .....	25
2.2.24	Tiempo observado .....	26
2.2.25	Tiempo normal .....	26
2.2.26	Tiempo estándar .....	26

2.2.27	5'S.....	26
2.2.28	Manual de procedimientos.....	26
3	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	28
3.1	METODOLOGÍA.....	28
3.1.1	Modalidad o enfoque de la investigación .....	28
3.1.2	Tipo de investigación.....	28
3.1.3	Método inductivo.....	28
3.1.4	Técnicas e instrumentos.....	29
3.1.5	Métodos específicos de la especialidad a emplear en la investigación .....	30
3.2	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	30
3.2.1	Actividades del objetivo 1 .....	30
3.2.2	Actividades del objetivo 2 .....	53
3.2.3	Actividades del objetivo 3 .....	75
3.3	EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO.....	93
3.3.1	Impacto Técnico .....	93
3.3.2	Impacto Ambiental .....	93
3.3.3	Impacto Social .....	94
3.3.4	Impacto Económico.....	94
4	CONCLUSIONES DE PROYECTO .....	95
4.1	CONCLUSIONES.....	95
4.2	RECOMENDACIONES.....	95
	BIBLIOGRAFÍA .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Personal “FUTEC” .....	2
Tabla 1.2: Beneficiarios indirectos.....	2
Tabla 1.3: Cuadro de variables.....	3
Tabla 1.4: Cuadro de actividades según objetivos específicos.....	4
Tabla 2.1: Factores que intervienen en un proceso .....	12
Tabla 2.2: Etapas del levantamiento de un proceso. ....	12
Tabla 2.3: Pasos para crear un diagrama de procesos .....	13
Tabla 2.4: Elementos gráficos BPMN.....	21
Tabla 2.5: Pasos para la documentación de un proceso .....	22
Tabla 2.6: Factores de valoración sistema de Westinghouse .....	25
Tabla 2.7: Sistema de suplementos por descanso.....	25
Tabla 3.1: Técnicas e instrumentos .....	29
Tabla 3.2. Análisis ABC de ventas del 2022.....	41
Tabla 3.3: Hoja de registro de actividades. ....	52
Tabla 3.4: Comparación del método tradicional vs el método estadístico.....	54
Tabla 3.5: Tiempos de las actividades de la subárea de la recepción de materia prima. ....	54
Tabla 3.6: Tiempos de las actividades de la subárea de moldeo. ....	55
Tabla 3.7: Tiempos de las actividades de la subárea de fundición y procesos del horno. ....	55
Tabla 3.8: Tiempos de las actividades de la subárea de insumos terminados. ....	56
Tabla 3.9: Cálculo de límites L.C.S. y L.C.I. ....	63
Tabla 3.10: Tabla para el cálculo del número de observaciones.....	65
Tabla 3.11: Cálculo de rango, media, desviación estándar y coeficiente de rango. ....	66
Tabla 3.12: Coeficiente mayor. ....	67
Tabla 3.13: Sistema de suplementos por descanso.....	68

Tabla 3.14: Actividades de la subárea de recepción de materia prima. ....	69
Tabla 3.15: Suplementos por descanso (Subárea de recepción de materia prima).....	69
Tabla 3.16: Actividades de la subárea de moldeo. ....	70
Tabla 3.17: Suplementos por descanso (Subárea de moldeo). ....	70
Tabla 3.18: Actividades de la subárea de fundición y procesos del horno.....	71
Tabla 3.19: Suplementos por descanso (Subárea de fundición y procesos del horno).....	71
Tabla 3.20: Actividades de la subárea de insumos terminados. ....	72
Tabla 3.21: Suplementos por descanso (Subárea de insumos terminados). ....	72
Tabla 3.22: Cálculo del tiempo estándar por actividad. ....	73
Tabla 3.23: Tiempo estándar de fabricación. ....	74
Tabla 3.24: Acciones para el personal en base a las 5S. ....	77
Tabla 3.25: Actividades eliminadas de la subárea de recepción de materia prima. ....	80
Tabla 3.26: Actividades eliminadas de la subárea de fundición y procesos del horno. ....	80
Tabla 3.27: Propuestas para mejorar el desempeño en el área de producción. ....	81
Tabla 3.28: Actividades propuestas de la subárea de la recepción de materia prima.....	86
Tabla 3.29: Suplementos por descanso (Subárea de recepción de materia prima).....	86
Tabla 3.30: Actividades propuestas de la subárea de moldeo. ....	86
Tabla 3.31: Suplementos por descanso (Subárea de moldeo). ....	87
Tabla 3.32: Actividades propuestas de la subárea de fundición y procesos en el horno.....	87
Tabla 3.33: Suplementos por descanso (Subárea de fundición y procesos en el horno).....	88
Tabla 3.34: Actividades propuestas de la subárea de insumos terminados. ....	88
Tabla 3.35: Suplementos por descanso (Subárea de insumos terminados). ....	88
Tabla 3.36: Cálculo del tiempo promedio, tiempo normal y tiempo estándar. ....	89
Tabla 3.37: Cálculo de tiempo de fabricación propuesto. ....	90
Tabla 3.38: Comparación de la utilidad actual y proyectada. ....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Elementos de un proceso.....	11
Figura 2.2: Simbología diagrama de proceso .....	14
Figura 2.3: Gráfico del modelador de procesos bizagi .....	19
Figura 2.4: Flujos de secuencia .....	18
Figura 2.5: Gráfico de pools .....	19
Figura 2.6: Líneas de mensaje .....	19
Figura 2.7: Objetos de datos .....	20
Figura 2.8: Anotaciones.....	20
Figura 2.9: Lanes .....	20
Figura 3.1: Vista principal de la microempresa "FUTEC".....	31
Figura 3.2: Recepción de chatarra. ....	31
Figura 3.3: Recepción de arena refractaria. ....	31
Figura 3.4: Bodega de carbón coque y carbonilla. ....	32
Figura 3.5: Piedra caliza. ....	32
Figura 3.6: Bodega de bentonita.....	32
Figura 3.7: Mezcladora.....	33
Figura 3.8: Conformado de molde con arena de contacto. ....	34
Figura 3.9: Conformado de molde con arena de relleno. ....	34
Figura 3.10: Horno de fundición. ....	35
Figura 3.11: Colado de material fundido.....	35
Figura 3.12: Extracción de la producción.....	36
Figura 3.13: Esmerilado. ....	36
Figura 3.14: Carga de producción en pallets. ....	36

Figura 3.15: Diagrama de procesos del área de producción.....	37
Figura 3.16: Mapa de procesos de la microempresa "FUTEC" .....	38
Figura 3.17: Descargue de chatarra. ....	42
Figura 3.18: Balanza.....	43
Figura 3.19: Chatarra clasificada y pesada. ....	43
Figura 3.20: Arena refractaria. ....	43
Figura 3.21: Bentonita. ....	44
Figura 3.22: Carbonilla.....	44
Figura 3.23: Preparación de arena de moldeo. ....	45
Figura 3.24: Transporte de arena de moldeo. ....	45
Figura 3.25: Conformado de moldes. ....	46
Figura 3.26: Matachos. ....	46
Figura 3.27: Aireado de molde. ....	47
Figura 3.28: Ejemplo de reparación de molde.....	47
Figura 3.29: Vaciado de chatarra al horno. ....	48
Figura 3.30: Vaciado de material fundido a olla. ....	49
Figura 3.31: Vaciado de material fundido a cuchara. ....	49
Figura 3.32: Escoriado de colada. ....	50
Figura 3.33: Extracción de producción.....	50
Figura 3.34: Esmerilado. ....	51
Figura 3.35: Producto final.....	51
Figura 3.36: Carga de producción. ....	51
Figura 3.37: Diagrama de procesos de la microempresa “FUTEC” con el software bizagi. ...	57
Figura 3.38: Subproceso de la recepción de materia prima.....	58
Figura 3.39: Subproceso del conformado de moldes. ....	59

Figura 3.40: Subproceso de colado de material.....	60
Figura 3.41: Diagrama de procesos propuesto en el software bizagi. ....	82
Figura 3.42: Propuesta del subproceso de la recepción de materia prima.....	83
Figura 3.43: Propuesta del subproceso de conformado de moldes.....	83
Figura 3.44: Propuesta del subproceso de colado de material.....	84
Figura 3.45: Comparación de eficiencia actual y proyectada.....	91

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Eficiencia de tiempo de producción.....	15
Promedio.....	61
Desviación estándar muestral.....	62
Límite cental superior.....	62
Límite cental inferior.....	62
Rango de los tiempos de ciclo.....	64
Promedio.....	64
Coefficiente de rango.....	64
Tiempo promedio.....	67
Tiempo normal.....	67
Tiempo estándar.....	68
Tiempo estándar total actual.....	73
Cálculo de la eficiencia.....	74
Tiempo estándar total propuesta.....	90
Utilidad.....	95

## INFORMACIÓN GENERAL

**Título:**

“ESTANDARIZACIÓN DE LOS PROCESOS OPERATIVOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA MICROEMPRESA FUTEC”

**Fecha de inicio:**

Octubre 2023

**Fecha de finalización:**

Febrero 2024

**Lugar de ejecución:**

Cotopaxi – Lasso – Parroquia Tanicuchi – Barrio la playa de Lasso – Calle principal S-N Lasso.

**Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial

**Proyecto de investigación vinculado:**

Optimización de procesos productivos utilizando métodos y técnicas para mejoramiento continuo en el sector productivo.

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor:**

- Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán Mg.

**Autores:**

- Rosillo Jiménez Frank Michael
- Vivar Quillupangui Sebastian Alexis

**Área de Conocimiento:**

- **Campo Amplio:** (07) Ingeniería, industria y construcción.
- **Campo Específico:** (02) Industria y producción.
- **Campo Detallado:** (05) Producción Industrial, 7 Diseño industrial y de procesos.

**Línea de investigación:**

Tecnología industrial, gestión de la producción riesgos y seguridad laboral.

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

Sistemas integrados, de producción y operaciones para el desarrollo sostenible.

# **1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 PROBLEMA**

### **1.1.1 Planteamiento del problema**

La microempresa latacungueña “FUTEC”, se encuentra ubicada en el barrio Playa de Lasso en la parroquia de Tanicuchi en el cantón Latacunga provincia de Cotopaxi brindando el servicio de fabricación de piezas por medio de la fundición de metales ferrosos.

Dentro de sus instalaciones se realiza todo tipo de fundiciones industriales como tapas de alcantarillado, poleas industriales, contrapesos para ascensor y productos para gimnasios. Dado que los procesos operativos dentro del área de producción carecen de una estandarización por parte de gerencia y enfrentan una limitada colaboración por parte de los trabajadores, se experimentan demoras significativas en las entregas de los productos. Esta situación provoca insatisfacción entre los clientes y, como consecuencia, se observa una disminución en las ventas.

El hecho de no contar con la información necesaria que ocurre dentro del proceso productivo genera falta de comprensión por parte del operario, cometiendo errores y fallas en la producción, lo cual ocasiona baja eficiencia dentro de los procesos de producción haciendo que la microempresa baje su productividad y pierda clientes potenciales bajando así las ventas y aumentando el riesgo empresarial.

La problemática central de esta investigación está vinculada directamente en la inexistencia de una estandarización de los procesos dentro del área de producción, ya que los operarios realizan sus funciones de manera empírica y no de una forma sistémica y ordenada, lo que genera grandes pérdidas de tiempo y hace que la producción planificada no se cumpla generando retardos en la entrega de productos a sus diferentes clientes.

### **1.1.2 Formulación del problema**

La ausencia de la estandarización de los procesos operativos dentro del área de producción de “FUTEC” incide directamente en la eficiencia operativa.

## 1.2 BENEFICIARIOS

- **Beneficiarios Directos:** a continuación, se detalla en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1:** Personal “FUTEC”

<b>Cargo</b>	<b>Nro. de personal</b>
Gerente General	1 persona
Administrativo	2 personas
Operarios	6 personas
<b>Total</b>	<b>9 personas</b>

- **Beneficiarios Indirectos:** Aproximadamente 3 clientes al mes, proveedores de materia prima y un transportista, como podemos observar en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2:** Beneficiarios indirectos.

<b>Beneficiarios indirectos</b>	<b>Nro. de personas</b>
Clientes aproximados por mes	3
Proveedores de chatarra	1
Proveedores de materiales (carbonilla, carbón coque, piedra caliza, grafito, etc.)	17
Transportista	1
<b>Total</b>	<b>22 personas</b>

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

El proyecto de investigación parte de la necesidad que tiene la microempresa “FUTEC” de estandarizar sus procesos operativos dentro del área de producción. Donde se ha optado por estandarizar los tiempos de cada una de las operaciones que se realizan dentro de esta área, esto permitirá mejorar la eficiencia de producción. Por lo tanto, se tiene previsto establecer tiempos estándar para cada una de las operaciones ejecutadas que permitirán mejorar su eficiencia,

además de realizar propuestas para optimizar las actividades que se desarrollan dentro de producción.

La utilidad de este estudio está enfocada en el control y medición de los procesos operativos, donde se utilizarán herramientas de ingeniería industrial como hojas de registro que sirven para documentar los pasos específicos que deber seguirse para completar una tarea o proceso, diagramas de flujo elaborados en el software Bizagi para localizar actividades que no aporten valor al sistema de producción e identificar acciones de mejora para cada uno de los procesos operativos, y estudio de tiempos para analizar cada paso del proceso y determinar el tiempo requerido para complementarlo.

Este estudio es de gran utilidad para la microempresa, ya que permitirá el manejo adecuado de los procesos que parten desde la recepción de materia prima hasta el producto terminado, lo que hará que la microempresa mejore la calidad del producto final, responderá de manera satisfactoria a demandas cambiantes de los clientes e incrementará su eficiencia.

## **1.4 HIPÓTESIS**

¿La estandarización de los procesos operativos mejorará la eficiencia en la microempresa “FUTEC”?

**Tabla 1.3:** Cuadro de variables

<b>V. Independiente</b>	<b>V. Dependiente</b>
Estandarización de los procesos operativos	Eficiencia

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivo General**

Estandarizar los procesos operativos del área de producción de “FUTEC” mediante el uso de herramientas con el fin de mejorar la eficiencia.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Levantar información de los procesos operativos para la determinación del estado actual del área de producción.
- Determinar los criterios y procesos para la estandarización de las actividades operativas del área de producción.
- Diseñar una propuesta de mejora que mediante la estandarización permita aumentar la eficiencia del proceso de producción.

### 1.6 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

**Tabla 1.4:** Cuadro de actividades según objetivos específicos

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Técnicas e Instrumentos</b>
Levantar información de los procesos operativos para la determinación del estado actual del área de producción.	Visita a las instalaciones de la empresa y análisis de los procesos del área de producción.	Información recopilada sobre los procesos de producción.	<b>Técnica:</b> Observación.
			<b>Instrumento:</b> Hoja de registro.
	Aplicación de un análisis ABC de las ventas para identificar el producto más vendido.	Análisis ABC.	<b>Técnica:</b> Investigación aplicada.
			<b>Instrumento:</b> Hoja de Excel.
	Análisis de los procesos existentes dentro del área de producción para la fabricación de contrapesos para ascensor.	Registro de actividades.	<b>Técnica:</b> Observación.
			<b>Instrumento:</b> Hoja de registro.
Determinar los criterios y procesos para la	Determinación de tiempos que se emplean en cada	Matriz de tiempos.	<b>Técnica:</b> Visita de campo.

estandarización de las actividades operativas del área de producción.	una de las actividades de los procesos de producción.		<b>Instrumento:</b> Hoja de Excel.
	Elaboración del diagrama de proceso de fabricación de contrapesos.	Diagrama de procesos.	<b>Técnica:</b> Investigación aplicada.
			<b>Instrumento:</b> Software Bizagi.
Cálculo de la eficiencia actual de producción de contrapesos.	Eficiencia actual.	<b>Técnica:</b> Investigación aplicada y cálculos realizados.	
		<b>Instrumento:</b> Hoja de Excel.	
Diseñar una propuesta de mejora que mediante la estandarización permita aumentar la eficiencia del proceso de producción.	Reducción de actividades innecesarias en el proceso de fabricación de contrapesos.	Matriz de actividades.	<b>Técnica:</b> Investigación aplicada.
			<b>Instrumento:</b> Hoja de Excel.
	Elaboración de los diagramas de procesos propuestos que intervienen en la fabricación de contrapesos.	Diagramas de procesos.	<b>Técnica:</b> Investigación aplicada.
			<b>Instrumento:</b> Software Bizagi.
	Cálculo del valor de la eficiencia proyectada.	Eficiencia.	<b>Técnica:</b> Investigación aplicada y cálculos realizados.
			<b>Instrumento:</b> Hoja de Excel.

## **2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 ANTECEDENTES**

En un entorno empresarial que evoluciona constantemente y busca constantemente una ventaja competitiva, la estandarización de procesos se considera la base para la mejora continua y el éxito sostenible de las microempresas.

Según la Ing. Wendy Estefanía Cumbajín Suarez en su trabajo de titulación "Diseño de Procesos Industriales mediante Técnicas de Optimización Productiva en Fundición de Aluminio para Elementos Mecánicos" detalla detenidamente los problemas y defectos del taller industrial, especialmente en la fundición de aluminio. La falta de documentación y análisis de procesos exhaustivos se ha identificado como un problema clave que afecta la tecnología y la productividad de la empresa.

Además, se integra la herramienta Bizagi, un software de gestión de procesos de negocio (BPM) que permite modelar procesos utilizando el modelo Business Process Management Notation (BPMN). Esta herramienta se caracteriza por su sencillez en el modelado, permitiendo crear diagramas sin grandes conocimientos. El enfoque cuantitativo del estudio reveló un sorprendente aumento de la productividad global del 7,90% y un aumento de la producción del 32,5%, lo que demuestra la eficacia de los métodos de optimización utilizados. La falta de una representación gráfica continua del proceso fue uno de los principales problemas, lo que provocó una pérdida del 30,79% de un lote de 335 piezas debido a defectos como poros de contracción. Este defecto afectó negativamente la calidad del producto y destacó la necesidad urgente de un control del proceso más eficaz. Su proyecto propuso la estandarización de procesos como solución para reducir el tiempo y el retrabajo.

Esta medida aumenta significativamente la productividad y la satisfacción del cliente. También recomienda implementar un manual de producción que utilice un cronograma para cada proceso para describirlos jerárquicamente, incluidos procesos estratégicos, procesos de tareas y procesos de soporte. Su análisis reveló una serie de problemas que afectan la producción, desde pérdidas de material hasta áreas sucias y defectos de fundición. El uso de gráficos de control mostró mejoras significativas, reduciendo el tiempo de producción de 1,5 horas a 0,7545 horas, permitiendo producir 66 ruedas y aumentando la satisfacción del cliente al 66%. [1]

Según el Ing. Manuel Patricio Gómez Calapaqui en su trabajo de investigación de “Estandarización de los Procesos en el Centro de Acopio de Residuos Recicladora Divino Niño del Cantón Ibarra” se detalla la relevancia y aplicación de esta estrategia a áreas específicas de gestión de residuos. El estudio proporciona una visión completa y detallada de la necesidad de modelos estandarizados que cubran todos los procesos de reciclaje de materiales, desde la adquisición hasta la comercialización. El estudio se centra en la optimización de la logística, el almacenamiento estratégico y la reorganización del diseño de la planta, priorizando la seguridad y el bienestar del personal, al tiempo que se aplica estrictamente normas como la NTE INEN 2505, que están diseñadas para garantizar el manejo seguro de la chatarra. Además, recomienda la creación de documentación detallada que sería la base para mejorar la eficiencia operativa, la reputación y la competitividad de la empresa en la industria procesadora.

El trabajo de Gómez Calapaqui proporciona una referencia importante para comprender las aplicaciones prácticas y los beneficios prácticos de la estandarización de procesos en las microempresas. Su enfoque exhaustivo y de mejora continua proporciona no sólo una base teórica sólida, sino también directrices claras y prácticas para la implementación de la estrategia. El objetivo de este enfoque es mejorar la eficiencia operativa y la competitividad en la gestión de residuos sólidos reciclables, confirmando así la importancia de la normalización como motor del desarrollo empresarial y la sostenibilidad en el mercado actual. [2]

Según la Ing. Yeimy Lorena Nope Herrera en su proyecto curricular “Soloaseo Distribuciones SAS Estandarización de Procesos Operativos y de Gestión” se genera un análisis detallados y recomendaciones básicas de optimización en la gestión empresarial. El proyecto se centró en identificar y estandarizar procesos operativos y de gestión con el objetivo principal de reducir tiempos y aumentar la productividad de la empresa. Al diagnosticar rigurosamente los procesos existentes, la estandarización se implementa utilizando métodos específicos como procedimientos, procedimientos operativos estandarizados y diagramas de flujo.

También se hace hincapié en el análisis detallado de los factores clave que afectan la productividad utilizando herramientas como los gráficos de Ishikawa y el análisis detallado de la cadena de suministro. Los resultados obtenidos proporcionan una base sólida para el desarrollo de propuestas de mejora, con especial enfoque en la gestión de inventarios, la creación de formatos mejorados y la determinación de indicadores en áreas clave relacionadas

con el servicio al cliente. Esta investigación sugiere estrategias específicas para mejorar la eficiencia empresarial, enfocándose en reducir los tiempos de respuesta de los clientes.

Se destaca la propuesta de un mapa de procesos, que clasifica las actividades según su contribución a la actividad económica de la empresa, permitiendo tener una visión clara de la misión, la estrategia y los procesos de soporte. La estandarización propuesta por Soloaseo tiene como objetivo fijar pautas y parámetros para cada proceso, permitiendo una evaluación detallada de su desempeño actual y posibles mejoras para aumentar la productividad. Centrarse en sincronizar los sistemas de inventario, analizar los tiempos de respuesta de los proveedores y recomendar la planificación del inventario son pasos necesarios para abordar los problemas identificados. [3]

Según el Ing. Duván Estiven Beltrán Garcés en su proyecto curricular “Implementación de un modelo BPM para estandarización de procesos en el back office a través del software Bizagi en el concesionario Renault AutoStok” aborda un problema fundamental en los negocios: la falta de estructura y estandarización de los procesos back-office. Esta brecha se traduce en desafíos operativos críticos, especialmente en áreas clave como contabilidad, cartera, finanzas, gestión de personas, servicio al cliente, sistemas, auditoría y marketing. El estudio encontró que la falta de procesos estandarizados afecta directamente la eficiencia operativa y la capacidad de la organización para adaptarse a los cambios de personal. Como resultado, también existe una falta de indicadores de gestión, lo que afecta el logro de metas y la calidad de los resultados. Por lo que se recomienda implementar el modelo BPM como primer paso para solucionar estos problemas y utilizar el software Bizagi como herramienta principal.

Este enfoque no sólo tiene como objetivo estandarizar los procesos, sino que también pretende establecer una mentalidad orientada al cambio y a la mejora continua en la cultura de la empresa. Los planes futuros de adaptación del sistema de gestión de calidad basado en la norma ISO 9001:2015 requerirán no sólo de la creación de procesos, sino también de una reorganización organizacional para promover la satisfacción del cliente como principal eje de operación.

Como resultado de la implementación del proyecto, no solo logró la estandarización de los principales procesos, sino también cambios fundamentales en la cultura de la empresa. La implementación de métricas y gestión basada en tendencias ha supuesto importantes mejoras

operativas, como un aumento significativo en la gestión de contratos y una actualización integral de manuales funcionales en áreas clave como sistemas y atención al cliente. [4]

Según el Ing. Ángel André Sánchez Herrera en su proyecto de pregrado “Propuesta de estandarización de los procesos productivos en un centro de acopio de cacao de la ciudad de Guayaquil basado en un estudio de tiempos y movimientos” esta arrojó una propuesta detallada y fundamenta. Mejoramiento de los procesos productivos en el centro de acopio de cacao de Guayaquil. El principal objetivo de la propuesta es mejorar la eficiencia y calidad de los procesos productivos del centro de acopio mediante la estandarización de procesos y el uso de estudios de tiempos y movimientos.

El ingeniero Ángel Sánchez realizó un análisis detallado del proceso de producción actual e identificaron áreas donde se debería mejorar la eficiencia y la calidad. Las propuestas para la estandarización de procesos incluyen definir procedimientos estandarizados para cada tarea, capacitar al personal para realizar los procedimientos y medir continuamente el tiempo de producción para identificar oportunidades de mejora. Además, se realizaron estudios de tiempos y movimientos para identificar cuellos de botella y áreas de mejora en el proceso de fabricación.

El estudio de los tiempos y movimientos permite a los autores identificar áreas de mejora en el proceso de producción y proponer soluciones específicas para las áreas de mejora. Por ejemplo, el tiempo promedio de descarga de un saco de cacao se establece en 2 minutos y 30 segundos, y para reducir este tiempo se recomienda implementar un sistema de descarga más eficiente. Además, el tiempo medio de selección de los granos de cacao se fija en 3 minutos y 45 segundos, y se recomienda un sistema de selección más eficiente para reducir este tiempo. [5]

Según los Ings. Caycho Morales Junior Jesús Claudio y Mendoza Morales Cristhian Alexis en su proyecto de pregrado “Estandarización de Procesos para Mejorar la Productividad en una Línea de Ensamble de una Empresa Fabricante de Baterías Automotrices” presentan un estudio detallando a la estandarización de procesos como solución a las deficiencias observadas en la línea de montaje de baterías de automoción. La investigación se llevó a cabo siguiendo un estricto procedimiento metodológico. Identificaron problemas de baja productividad donde los tiempos de ciclo irregulares impactan negativamente la eficiencia y el rendimiento.

Este análisis inicial, apoyado en indicadores EGE y análisis de causalidad mediante diagramas de Ishikawa, sentó las bases para la formulación del problema, que a su vez se convirtió en el objetivo a abordar durante el desarrollo de la investigación. Describen detalladamente el tipo, nivel y diseño de la investigación. Utilizaron un enfoque de estratificación de probabilidad para definir la población de estudio y calcular la muestra. Presentan técnicas, herramientas y procedimientos para la recopilación y análisis de datos, procesados mediante software especializado. Desglosan la implementación del ciclo SDCA (Estandarizar, Implementar, Validar y Documentar), señalando el progreso específico de cada fase. Los datos numéricos mostraron que el tiempo de montaje estándar por celda se redujo de 53,52 segundos a 44,45 segundos, la producción real por turno aumentó de 385 cámaras a 574 cámaras y la optimización del personal se redujo de 11 a 10 operadores.

Además, el análisis detallado mostró que, al estudiar métodos y tiempos, la capacidad de producción aumentó un 49,08%, y al equilibrar la línea de producción, la eficiencia aumentó un 20,19%. Estos resultados muestran un aumento global en la productividad de la línea de montaje del 13,15%. Destacaron los resultados obtenidos mediante el uso extensivo del ciclo SDCA, mostrando importantes mejoras de productividad, aunque no se alcanzó el objetivo de 40,76 segundos por batería previsto en la fase de planificación del ciclo SDCA. Los autores destacan que una combinación de métodos, estudios de tiempos y herramientas como el equilibrio de líneas condujo a mejoras concretas respaldadas por una reorganización eficaz de los procesos y la formación de los empleados. [6]

## **2.2 MARCO REFERENCIAL**

### **2.2.1 Proceso**

Un proceso se caracteriza como una sucesión de actividades vinculadas entre sí, que abarcan desde la incorporación de materiales o información con valor agregado hasta la obtención de uno o varios resultados. Representa la manera en que se llevan a cabo las operaciones dentro de una organización.

Ejemplos de estos procedimientos comprenden desde la fabricación y distribución de bienes o servicios, la administración comercial, formulación de visión estratégica y desarrollo de

productos. Es esencial administrar los procesos mediante el empleo de diversas herramientas de gestión de procesos empresariales. [7]

### 2.2.2 Proceso Operativo

Es una secuencia organizada de actividades que una empresa lleva a cabo para lograr un resultado específico. Estos procesos, esenciales para la producción de bienes o servicios, implican la transformación de insumos en productos finales. La eficiencia en la gestión de estos procesos es crucial para la productividad y calidad, por lo que muchas empresas adoptan prácticas de gestión para optimizar y mejorar sus operaciones. [8]

### 2.2.3 Elementos de un proceso

Un proceso en el contexto organizacional o empresarial consta de varios elementos, los cuales trabajan en conjunto para lograr un objetivo específico. Tales como: entradas, mecanismos y control de actividades y salidas [9]. A continuación, se presenta un ejemplo de la estructura de los elementos de un proceso y se puede observar en la Figura 2.1.



**Figura 2.1:** Elementos de un proceso [9]

**Entradas:** Son el recurso o insumo necesario para iniciar y llevar a cabo el proceso. Pueden incluir materias primas, información, habilidades, tiempo y cualquier otro elemento necesario para realizar las actividades del proceso. [9]

**Mecanismos y control de actividades:** Son las acciones específicas que se realizan en el proceso para transformar las entradas en salidas. Estas actividades constituyen el núcleo del proceso y deben ajustarse de manera secuencial o simultánea según el diseño del proceso. [9]

**Salidas:** Son los resultados o productos generados al finalizar el proceso. Pueden ser productos tangibles, servicios u otro tipo de resultados que satisfagan los objetivos del proceso. [9]

#### 2.2.4 Factores que intervienen en un proceso

**Tabla 2.1:** Factores que intervienen en un proceso. [10]

<b>Factores</b>	<b>Descripción</b>
Factor humano	Las habilidades, conocimientos y actitudes de las personas que participan en el proceso tienen un impacto significativo en su ejecución.
Materia Prima	Son todos los recursos básicos que se transforman en un producto terminado.
Físico	El factor físico señala a las instalaciones físicas de una entidad (planta), insumos, herramientas, tecnología y dispositivos que son indispensables para el funcionamiento del proceso.
Métodos	Son los procedimientos, pasos a seguir, normativas y reglamentos que se implementan al momento de ejecutar los procesos de una organización.
Ambiente	Se relación directamente al entorno donde se desarrolla la actividad o proceso.

#### 2.2.5 Levantamiento de un proceso

El levantamiento de procesos es una actividad en la gestión de procesos empresariales que implica la identificación, documentación y comprensión de los diferentes pasos, actividades y elementos involucrados en un proceso específico dentro de una organización. El objetivo del levantamiento de procesos es tener una visión clara y completa de cómo se lleva a cabo una actividad desde su inicio hasta su fin. Las etapas a seguir se muestran en la Tabla 2.2. [11]

**Tabla 2.2:** Etapas del levantamiento de un proceso. [11]

<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>
Identificación del proceso	Documentar actividades.
	Detalle del responsable de la actividad.
Definición del proceso	Bosquejo del proceso estudiado.
	Levantamiento del esquema del proceso.
Sistema de medición del proceso y puntos de control	Cálculo de tiempos de respuesta, calidad, costo y servicio.
	Implementación de la estructura de medición.
	Establecimiento del sitio donde se ejecutará la medición.

### 2.2.6 Análisis de los procesos

El análisis de los procesos es una actividad que implica un estudio detallado cómo se realizan una serie de actividades interrelacionadas. Comienza identificando y analizando operaciones, buscando ineficiencias y relaciones. Se utilizan métricas para medir el rendimiento y se documenta el proceso. La finalidad es optimizar las operaciones, proponer mejoras y ajustes que contribuyan a la eficiencia operativa y la mejora continua del desempeño organizacional. [12]

### 2.2.7 Diagrama de procesos

El diagrama de procesos es una representación gráfica que ilustra los pasos o secuencia de pasos involucrados en un proceso específico. Este tipo de diagrama es utilizado para visualizar de manera clara y concisa cómo funciona un proceso de principio a fin. Los diagramas de procesos son herramientas valiosas en la gestión de procesos y la mejora continua, ya que permiten identificar posibles ineficiencias, cuellos de botella y áreas de mejora. [13]

### 2.2.8 Pasos para elaborar un diagrama de procesos

Para elaborar un diagrama de procesos es necesario seguir los pasos detallados en la Tabla 2.3:

**Tabla 2.3:** Pasos para crear un diagrama de procesos. [13]

<b>Pasos</b>	<b>Definición</b>
Identificación del proceso	Defina claramente el proceso que se desea presentar. Asegurarse de comprender los objetivos y los resultados esperados del proceso.
Identificación de participantes	Identificar a las personas o departamentos involucrados en el proceso. Esto ayudara a determinar quiénes son los responsables de cada actividad.
Recolección de información	Recopila información detallada sobre las actividades del proceso.
Secuencia de actividades	Establece una secuencia lógica de actividades. Indicar como una actividad conduce a otra mostrando fluidez en el proceso.
Incorporación de actividades	Identificación de los puntos en los que se toman decisiones y agregar símbolos de decisión en el diagrama.
Incorporación de conexiones	Usar líneas y flechas para mostrar la secuencia de actividades.
Inclusión de inicios y finales	Agregar símbolos de inicio y fin para delimitar el proceso.
Revisión y Documentación	Revisar con las partes interesadas e involucradas y documentar el diagrama de procesos realizados.

Símbolo	Nombre	Función
	Inicio / Final	Representa el inicio y el final de un proceso
	Línea de Flujo	Indica el orden de la ejecución de las operaciones. La flecha indica la siguiente instrucción.
	Entrada / Salida	Representa la lectura de datos en la entrada y la impresión de datos en la salida
	Proceso	Representa cualquier tipo de operación
	Decisión	Nos permite analizar una situación, con base en los valores verdadero y falso

**Figura 2.2:** Simbología diagrama de proceso. [13]

### 2.2.9 Mapa de procesos

Un diagrama de flujo es una representación gráfica que no solo muestra la secuencia de actividades de una organización. Definen una organización como un sistema de procesos interrelacionados que enfatizan las relaciones con clientes, proveedores y grupos de interés. Aunque a veces se subutilizan, son una herramienta esencial para alinear los procesos con la estrategia organizacional. [14]

### 2.2.10 Producción artesanal

La producción artesanal en la industria metalúrgica implica la fabricación de componentes o productos utilizando métodos manuales en lugar de procesos mecanizados o automatizados. Se basa en habilidades manuales, herramientas básicas y procesos personalizados, lo que permite una mayor flexibilidad en el diseño y la producción de cantidades más pequeñas. Aunque destaca por la atención a los detalles y la calidad, puede ser más lenta y costosa en comparación con la producción mecanizada en masa. La elección entre métodos artesanales y procesos automatizados depende de las necesidades del proyecto y capacidad de la empresa. [15]

### **2.2.11 Eficiencia de tiempo de producción ( $\eta$ )**

La eficiencia del tiempo de producción es una medida que evalúa como se utiliza el tiempo en un proceso de producción en comparación con el tiempo estándar esperado. Se calcula comparando el tiempo real utilizado con el tiempo estándar establecido. Una alta eficiencia dentro del proceso de producción indica un uso efectivo del tiempo, mientras que una baja eficiencia puede señalar ineficiencias en el proceso que deben abordarse. La fórmula para calcular la eficiencia de tiempo de producción es la siguiente: [16]

$$\eta = \frac{T.E.T.}{T.R.} \cdot 100 \quad (2.1)$$

Donde:

Tiempo estándar total (T.E.T): Es el tiempo que se estima necesario para fabricar una unidad según el estándar establecido.

Tiempo real de producción (T.R.): Es el tiempo real que lleva completar las actividades de producción, medido mediante la toma de tiempos en el proceso real.

### **2.2.12 Estandarización de los procesos**

La estandarización de procesos se refiere a la organización, formalización y documentación de las diversas tareas, métodos y burocracia de una empresa. Cada proceso consta de entradas, pasos de transformación y salidas. Dado que estos procesos los llevan a cabo varias personas, debe existir algún tipo de organización y patrón de ejecución que siga todo el equipo. La estandarización de los procedimientos operativos actúa como una guía que define las prácticas y caminos a seguir para lograr los resultados esperados y una ejecución consistente. [17]

### **2.2.13 Importancia de la estandarización**

Se sabe que la estandarización de procesos es una forma de optimizar toda la operación de una empresa, facilitando el seguimiento del rendimiento de los equipos y recomendando mejoras. Los beneficios de crear un modelo de trabajo incluyen [17]:

- Evitar cambios de procesos

- Cumplir con los requisitos legales.
- Delegar responsabilidad
- Mayor calidad de entrega
- Reducir costos
- Entender el proceso

Finalmente cabe mencionar que todo el equipo y directivos tienen un mejor conocimiento y comprensión del proceso y una idea más precisa de los resultados a alcanzar.

#### **2.2.14 Síntomas de carencia de estandarización**

Los siguientes síntomas demuestran la necesidad de realizar una revisión del modelo de trabajo actual:

- Siempre habrá alguna variación en el producto final o en las prestaciones.
- No existe un estándar para el tiempo de entrega, siempre llega tarde.
- Es difícil encontrar cualquier tipo de información en el sistema.
- Sin empleados responsables de tareas específicas, es difícil para la dirección delegar funciones.
- El cliente no está satisfecho con la calidad del producto o servicio.
- Planificar objetivos y medir resultados son tareas complejas.

Dado que los procesos no están estandarizados, existe el riesgo de que se produzcan errores en los procesos que conduzcan a una mala calidad del producto o servicio, lo que resulta en menores ganancias y pérdida de clientes. [17]

#### **2.2.15 Herramienta Bizagi**

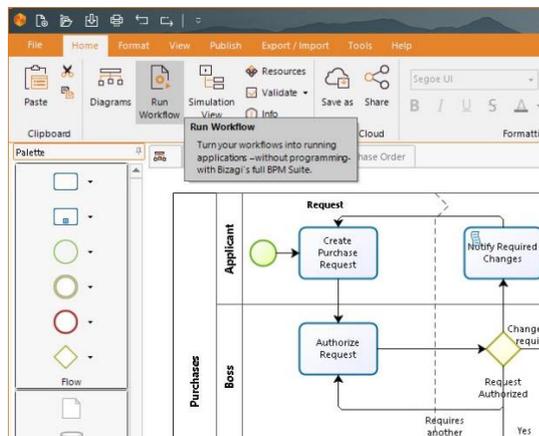
Bizagi, como plataforma de automatización low-code permite mejorar la colaboración entre personas, programas, robots e información a través de la automatización inteligente de procesos.

Bizagi Modeler es conocido como el entorno más potente de modelado BPMN (Business Process Modeling Notation) del mercado, Bizagi capacita a los expertos de negocios para diseñar, documentar, ejecutar y evolucionar sus modelos de procesos con confianza. La

funcionalidad intuitiva de arrastrar y soltar, las actualizaciones sin código y las herramientas de generación automática de archivos hacen de esta una experiencia sin complicaciones, incluso sin conocimientos técnicos. [18]

La Plataforma de Negocios Digital de Bizagi le permite al usuario y a su organización utilizar un entorno gráfico y una programación mínima para gestionar todo el ciclo de vida del proceso: modelado, ingeniería y ejecución. Al gestionar todo el ciclo de vida de sus procesos, logra aumentos sostenibles en productividad, eficiencia y ganancias a largo plazo. [19]

La interfaz de Bizagi Modeler se puede observar en la Figura 2.3.



**Figura 2.3:** Gráfico del Modelador de Procesos Bizagi. [19]

### 2.2.16 Modelamiento de procesos con el estándar BPMN

BPMN (Business Process Model and Notation) es un estándar reconocido internacionalmente para modelar y representar procesos de negocio. Su objetivo principal es proporcionar un lenguaje gráfico que sea comprensible para todos los participantes en la gestión y ejecución de los procesos de la organización. [20]

Diseñar un diagrama en BPMN requiere de la creación de un conjunto que pueda dividir en varios canales. También se pueden modelar varias piscinas según el tipo de diagrama seleccionado. El modelado de procesos siempre comienza con al menos un evento inicial y termina con uno o más eventos finales. Un proceso concurrente consta de eventos, actividades, puertas y otros artefactos. Reglas de modelado específicas garantizan el uso correcto de los elementos y una documentación uniforme de los procesos. [21]

**a) Beneficios del modelamiento de procesos de negocio**

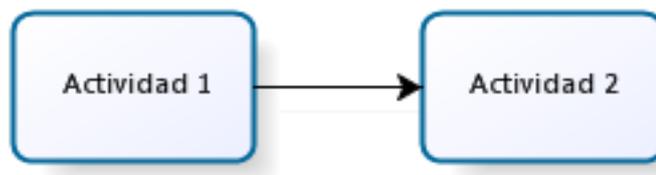
- **Eficiencia:** Identificar áreas del proceso que necesitan mejora puede aumentar la productividad.
- **Estandarización:** El proceso de mapeo permite a las organizaciones identificar diferencias entre departamentos e implementar mejores prácticas en toda la organización.
- **Agilidad:** El modelado de procesos respalda la mejora continua para que las organizaciones puedan seguir el ritmo del cambio. [22]

**b) Técnicas de modelado**

Se ha tomado como referencia a las ilustraciones mencionadas por Herber De la Cruz en la investigación bizagi como un recurso de aprendizaje. [23]

- **Flujos de Secuencia**

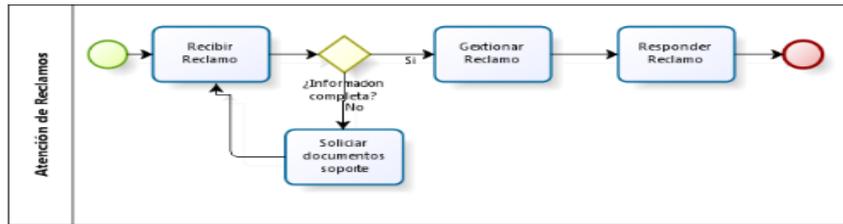
Representan el control de flujo y la secuencia de operaciones en las que se encuentran las actividades, compuertas y eventos, así como se muestra a continuación en la Figura 2.4.



**Figura 2.4:** Flujos de secuencia. [23]

- **Pools**

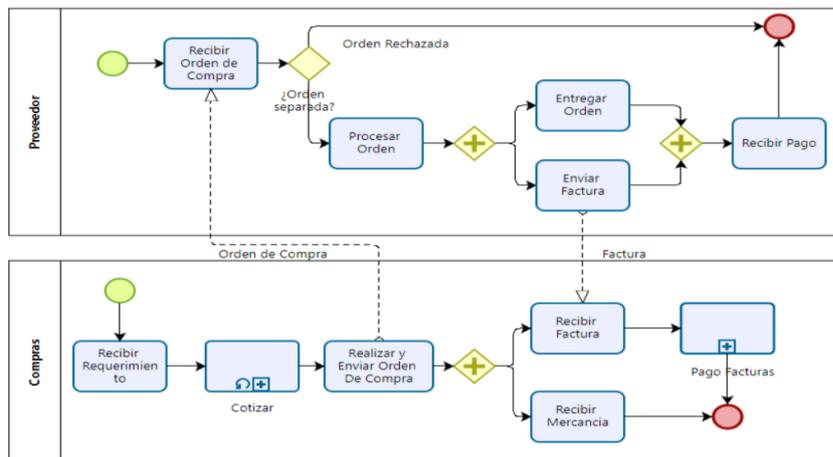
El pool contiene un proceso simple, este contiene flujos de secuencias dentro de las actividades tal y como se muestra en la Figura 2.5.



**Figura 2.5:** Gráfico de Pools. [23]

- **Líneas de mensaje**

Representan comunicación o interacción entre dos elementos de proceso, como tareas, eventos o subprocessos. Las colas de mensajes muestran el flujo de información o el intercambio de mensajes entre estos elementos, indicando el orden en que ocurren las acciones o eventos de un proceso conforme a lo presentado en la Figura 2.6.

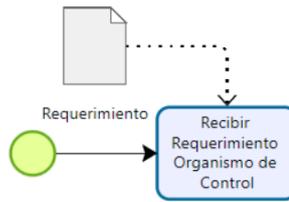


**Figura 2.6:** Líneas de mensaje. [23]

- **Artefactos**

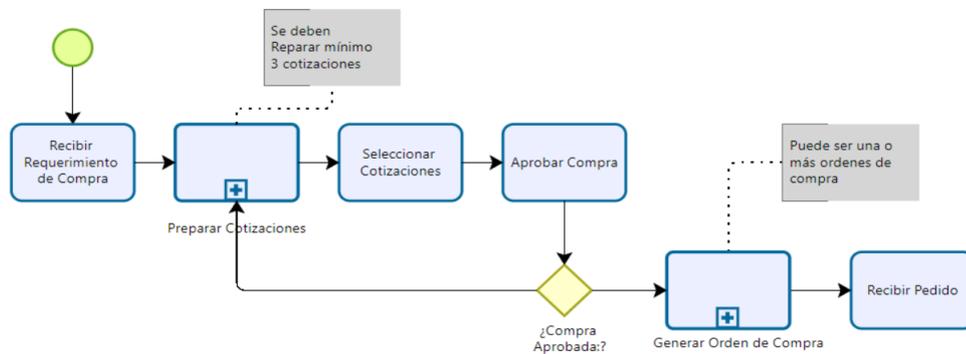
Ayudan a proporcionar información o contexto adicional sobre un proceso sin cambiar su lógica central. Estos artefactos no forman parte directamente del flujo de trabajo del proceso, pero añaden algunos detalles que lo hacen más fácil de entender y documentar.

**Objetos de datos:** Datos que representan operaciones de entrada o salida, así como en la Figura 2.7.



**Figura 2.7:** Objetos de datos. [23]

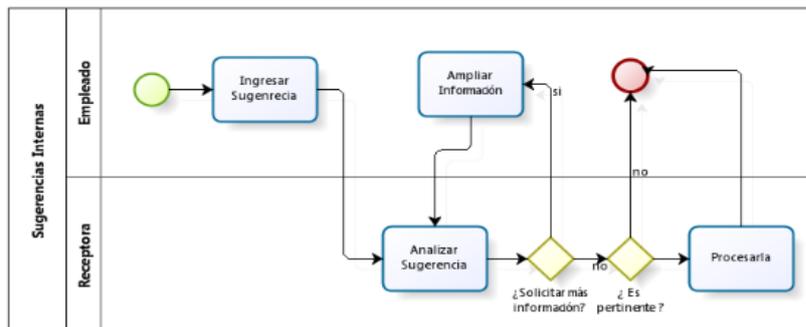
**Anotaciones:** Son cuadros grises como los de la Figura 2.8 que permiten escribir comentarios sobre una actividad del proceso.



**Figura 2.8:** Anotaciones. [23]

- **Lanes**

Permiten diferenciar los roles internos, posiciones, departamentos, así como en la Figura 2.9.



**Figura 2.9:** Lanes. [23]

**Tabla 2.4:** Elementos gráficos BPMN. [23]

Nombre	Símbolo	Descripción
Evento de Inicio Simple		Indica dónde se inicia un proceso.
Fin		Indica que el proceso finaliza
Tarea		Indica acción, es la tarea que se realiza dentro del proceso.
Tarea manual		Es una tarea que espera ser ejecutada sin la asistencia de algún motor de ejecución de procesos de negocio o aplicación.
Subproceso		Permiten dividir un proceso en unidades más pequeñas y manejables, lo que ayuda a simplificar la representación y comprensión de flujos complejos. El subproceso se diferencia por su cruz en la parte inferior central
Compuerta exclusiva		Permiten controlar el flujo de actividades, pueden ser divergentes o convergentes.
Compuerta basada en eventos		Representa un punto del proceso donde se elige un camino de varios disponible en eventos.
Compuerta paralela		Permite realizar varias actividades de forma paralela
Evento de temporización		Indica una espera dentro del proceso. Este tipo de evento puede ser utilizado dentro de un flujo secuencial para indicar un tiempo de espera entre actividades.
Línea de secuencia de flujo		Representan la secuencia de objetos de flujo, compuertas y los eventos.

### 2.2.17 Documentación de un proceso

La documentación de procesos representa un archivo interno dinámico que detalla minuciosamente las actividades y procedimientos esenciales para iniciar un nuevo proceso. Es

fundamental registrar y seguir de manera adecuada el avance de los nuevos procesos, ya sea desde la integración de nuevos empleados hasta la implementación de cambios estructurales más significativos en el equipo. Se analiza los siguientes pasos y los elementos clave que debe incluir en la documentación de su proceso como se muestra en la Tabla 2.5. [25]

**Tabla 2.5:** Pasos para la documentación de un proceso. [25]

<b>Pasos</b>	<b>Descripción</b>
Determinar el alcance del proceso	Información preliminar sobre el alcance. Esto se hace revisando los objetivos y documentándolos en un caso de negocio.
Definir los límites del proceso	Definir límites del proceso mediante la descripción de tareas específicas asignadas a cada equipo.
Determinar las entradas y salidas del proceso	Identificar los recursos necesarios como entradas del proceso y las metas deseadas como salidas del proceso.
Identificar las entradas del proceso	Observar el punto de partida del proceso para definir sus límites y considerar posibles dependencias que se deben romper antes de comenzar.
Registrar actividades	Las preguntas forman parte del desarrollo de este paso. ¿Qué pasos se deben seguir desde el principio hasta el final del proceso? Los pasos también se llaman actividades.
Organizar los procesos	Indicar la secuencia de pasos del proceso. ¿Dónde están los puntos clave de decisión? ¿Quiénes son las partes interesadas clave?
Revisar tus procesos	¿Están los procesos adecuadamente organizados y alineados para cumplir con los límites de sus procesos? Si no, ¿qué se puede cambiar?
Asignación de roles de proceso	Una vez realizado un documento de procesos, se pueden definir las funciones y roles de los miembros del equipo.
Diseñar diagramas de flujo	Utilizar los elementos anteriores para crear un diagrama de flujo fácil de leer para garantizar que todos puedan comprender el proceso.
Revisión final	Hable con las partes interesadas y revise el proceso. Los archivos de proceso se utilizan para representar el progreso de un proceso. Esto le permite repetir los pasos de cada proceso y obtener un diagrama fácil de entender y fácil de actualizar.

### 2.2.18 Análisis ABC

El análisis ABC es una técnica de gestión de inventario que clasifica los artículos en función de su importancia relativa, aplica la regla 80/20, también conocida como la ley de Pareto. Esto significa que el 20 % de los clientes produce el 80% de las ventas, aunque también que el 20% de los bienes ocupa el 80 % del espacio de almacén.

Los artículos se dividen en tres categorías:

- **Clase A:** artículos de alta importancia, que representan una gran proporción del valor total del inventario, pero constituyen un pequeño porcentaje del número total de artículos. La distribución es de alrededor del 80%.
- **Clase B:** artículos de importancia moderada, que representan una proporción intermedia del valor total del inventario y del número total de artículos. La distribución es de alrededor del 15%.
- **Clase C:** artículos de baja importancia, que representan una pequeña proporción del valor total del inventario, pero constituyen la mayor parte del número total de artículos. La distribución es de alrededor del 5%.

El análisis ABC se utiliza para optimizar la gestión de inventario, priorizando la atención en los artículos de clase A, seguidos por los de clase B y C. Esto permite a las empresas concentrar sus esfuerzos en los artículos más críticos, reduciendo costos de almacenamiento, mejorando la rotación de inventario y asegurando la disponibilidad de los productos más importantes. [26]

### 2.2.19 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica que consiste en analizar y medir el tiempo necesario para realizar una tarea específica de un proceso. Se enfoca en observar y registrar los tiempos de cada paso de la actividad u operación. Los resultados se usan para establecer estándares, evaluar desempeño, identificar oportunidades de mejora y optimizar procesos, contribuyendo así a mejorar la eficiencia y reducir costos en entornos industriales y de producción. [27]

### 2.2.20 Herramientas para el estudio de tiempos

Las herramientas para el estudio de tiempos incluyen cronómetros, registros de observación, diagramas de flujo, software especializado y estándares preestablecidos. Estas herramientas permiten medir, analizar y mejorar los tiempos de ejecución en procesos industriales. El uso adecuado de estas herramientas facilita la identificación de oportunidades de eficiencia y optimización de las operaciones, contribuyendo a la mejora continua. [27]

### 2.2.21 Cálculo del número de observaciones

El cálculo del número de observaciones en un estudio de tiempos se refiere a determinar la cantidad de veces que se debe medir o registrar una actividad u operación para así obtener resultados estadísticamente representativos.

Este número se determina considerando la variabilidad esperada en el tiempo de ejecución de una tarea u operación. El cálculo del número de observaciones busca equilibrar la precisión estadística con la eficiencia en la recopilación de datos, donde se asegura que sean representativos en la actividad desarrollada. [28]

- Método estadístico
- Método tradicional

### 2.2.22 Método de Westinghouse

La metodología Westinghouse permite determinar el tiempo necesario para que un operario ejecute la tarea u operación con base en factores observables propios de la operación estudiada. Este método considera 4 factores a evaluar según la ejecución y acción del operador, que son: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia según la Tabla 2.6. [29]

**Habilidad:** Es definido como el aprovechamiento al momento de seguir un método planteado.

**Esfuerzo:** Es definido como la muestra de voluntad para ejecutar un trabajo con eficiencia.

**Condiciones:** Son las circunstancias que afectan al operador y no la operación.

**Consistencia:** Es el nivel de variación en los tiempos transcurridos, mínimos y máximos en relación con la media, determinados por la habilidad y esfuerzo del operador al momento de ejecutarse la operación.

**Tabla 2.6:** Factores de valoración sistema de Westinghouse. [29]

HABILIDAD		ESFUERZO		CONDICIONES		CONSISTENCIA	
0,15	A1	0,13	A1	0,06	A- Ideales	0,04	A- Perfecto
0,13	A2- Habilísimo	0,12	A2- Excesivo	0,04	B- Excelentes	0,03	B- Excelente
0,11	B1	0,10	B1	0,02	C- Buenas	0,01	C- Buena
0,08	B2- Excelente	0,08	B2- Excelente	0,00	D- Promedio	0,00	D- Promedio
0,06	C1	0,05	C1	-0,03	E- Regulares	-0,02	E- Regular
0,03	C2- Bueno	0,02	C2- Bueno	-0,07	F- Malas	-0,04	F- Deficiente
0,00	D- Promedio	0,00	D- Promedio				
-0,05	E1	-0,04	E1				
-0,10	E2- Regular	-0,08	E2- Regular				
-0,15	F1	-0,12	F1				
-0,22	F2- Deficiente	-0,17	F2- Deficiente				

### 2.2.23 Matriz de suplementos por descanso

En la Tabla 2.7 se puede observar las valoraciones de los suplementos utilizados para el cálculo del tiempo estándar. [29]

**Tabla 2.7:** Sistema de suplementos por descanso. [29]

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

#### **2.2.24 Tiempo observado**

Se refiere al tiempo real medido durante la observación directa de una tarea o actividad dentro de un estudio de tiempos. Es la duración que toma un trabajo o máquina completar una tarea bajo condiciones normales. [30]

#### **2.2.25 Tiempo normal**

El tiempo normal es el estándar o promedio estimado para completar una tarea específica bajo condiciones normales, es el tiempo promedio multiplicado por un valor de calificación. [30]

#### **2.2.26 Tiempo estándar**

Es la estimación predefinida del tiempo que se estima que un operador necesite para realizar un trabajo en condiciones normales y eficientes. [30]

#### **2.2.27 5'S**

La metodología 5S es un sistema de gestión de origen japonés que se enfoca en la organización, limpieza y estandarización del lugar de trabajo. Las 5S provienen de cinco palabras japonesas: Seiri (clasificación), Seiton (orden), Seiso (limpieza), Seiketsu (estandarización) y Shitsuke (disciplina). Estos principios se aplican para eliminar desorden, mejorar la eficiencia y fomentar un entorno de trabajo seguro y productivo. La metodología 5S no solo se aplica en el sector manufacturero, sino que también es relevante para organizaciones del sector de servicios.

La implementación de la metodología 5S implica la participación de todos los empleados y busca lograr lugares de trabajo mejor organizados, más ordenados y más limpios de forma permanente para aumentar la productividad y la seguridad laboral. Al aplicar las 5S, se crean las condiciones necesarias para la generación de nuevas soluciones técnicas e innovadoras, optimizando el espacio de trabajo y adoptando un enfoque sistemático que implica el trabajo en equipo. [31]

#### **2.2.28 Manual de procedimientos**

Un manual de procedimientos es un documento que contiene la descripción detallada de las actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de una empresa. El manual

incluye las áreas que intervienen, precisando su responsabilidad y participación. Su objetivo principal es establecer la forma en que deben realizarse las actividades.

Los manuales de procedimientos son una herramienta fundamental para el funcionamiento eficiente de una empresa, ya que proporcionan una guía clara y detallada sobre cómo llevar a cabo las tareas y procesos específicos. Además, son útiles para asegurar la calidad en la ejecución de las actividades, así como para estandarizar los procedimientos dentro de la organización. Estos manuales suelen contener información sobre los objetivos del procedimiento, los responsables de cada tarea, la secuencia de actividades, los formatos y documentos a utilizar, entre otros elementos relevantes para la correcta ejecución de las actividades. [32]

### **3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **3.1 METODOLOGÍA**

El desarrollo de esta investigación se aplicará en la microempresa “FUTEC” con la presencia de la dirección administrativa y también de los operarios dentro del área de producción, empleando la siguiente metodología para así poder validar el estudio realizado.

##### **3.1.1 Modalidad o enfoque de la investigación**

En el desarrollo de la presente investigación se ha optado por usar un enfoque mixto, en el cual se detallaron aspectos cuantitativos y cualitativos. Para la investigación cualitativa se desarrolló la toma de información sobre los procesos que se efectúan en producción y con ayuda del software Bizagi hacer el respectivo mapeo de procesos para conocer el estado actual de los procesos dentro de esta área y así poder estandarizarlos y documentarlos.

Y por el lado de la investigación cuantitativa se utilizaron hojas de cálculo para determinar la eficiencia luego de haber estandarizado y reducido actividades que no aportan valor al proceso de producción.

##### **3.1.2 Tipo de investigación**

Esta investigación descriptiva tiene como propósito analizar detalladamente los procesos operativos en el área de producción de la microempresa “FUTEC”. A través de métodos como la observación directa, se busca proporcionar una representación precisa de los procedimientos existentes sin modificar variables. Este enfoque permitirá identificar patrones, características clave y áreas de mejora. La investigación descriptiva sienta las bases para la estandarización de procesos, contribuyendo a la optimización de la eficiencia en el área de producción .

##### **3.1.3 Método inductivo**

La aplicación del método inductivo en esta investigación implicó observar detalladamente los procesos de producción en “FUTEC”, realizando visitas de campo ya que con este método se recopiló la mayor información sistemática para así poder identificar patrones, formular hipótesis, validarlas con más datos y extraer conclusiones generales. Basándose en estas

conclusiones, se generaron recomendaciones específicas para la estandarización de procesos, asegurando una mejora efectiva en la eficiencia de los procesos operativos.

### 3.1.4 Técnicas e instrumentos

**Tabla 3.1:** Técnicas e instrumentos

No.	TÉCNICA	INSTRUMENTO
1	Investigación bibliográfica	Libros, artículos científicos, revistas y blogs.
2	Investigación de campo	Visita a las instalaciones de la empresa y adquisición de información.
3	Observación	Registro de datos y fotografías.
4	Registro de datos	Cuaderno de apuntes, hojas de registro, software Bizagi, Hojas de Excel.

- **Investigación bibliográfica**

Esta técnica se utilizó para recolectar toda la información necesaria para llevar a cabo el proyecto utilizando herramientas como libros, artículos científicos, revistas y blogs. Esta técnica se empleó para recopilar todos los datos esenciales para ejecutar el proyecto, haciendo uso de recursos tales como libros, artículos científicos, revistas y blogs.

- **Investigación de campo**

Esta técnica permite obtener datos reales y analizarlos en su estado natural mediante visitas a las instalaciones de la empresa y la obtención directa de información.

- **Observación**

Esta técnica permite recopilar información en tiempo real que servirá para realizar el proyecto mediante el registro de datos y fotografías.

- **Registro de datos**

Esta técnica simplifica la comprensión y representación visual de los procesos de la empresa, utilizando el software Bizagi, así como con cuadernos de notas o hojas de registro para documentarlos.

### **3.1.5 Métodos específicos de la especialidad a emplear en la investigación**

Para el método de estandarización de los procesos de operativos, inicialmente se recopiló información sobre como ejecutan los pasos de estos procedimientos y así mediante el apoyo del software Bizagi se elaboraron diagramas de procesos para identificar las áreas de mejora y las actividades que se pueden reducir, posteriormente se desarrolló una propuesta de mejoramiento para poder incrementar la eficiencia en los procesos operativos.

## **3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **3.2.1 Actividades del objetivo 1**

#### **Levantar información de los procesos operativos para la determinación del estado actual del área de producción**

- **Actividad 1:** Visita a las instalaciones de la empresa y análisis de los procesos del área de producción.

La microempresa "FUTEC" ha venido brindando sus servicios en la provincia de Cotopaxi y sus alrededores desde hace 10 años, su actividad económica se centra en la fabricación de piezas de hierro gris y nodular, con un rango de peso que abarca desde 5 kg hasta 200 kg. Durante todo este periodo se ha enfocado en ofrecer productos y servicios especializados en la industria del hierro, consolidándola como una referencia confiable en la región.

Para conocer el estado actual de producción de la empresa que se muestra en la Figura 3.1, fue necesario recopilar información mediante varias visitas a las instalaciones y analizar los procesos que se ejecutan dentro del área de producción vistos desde una manera global y registrando cada una de las actividades que se desarrollan dentro de esta área.



**Figura 3.1:** Vista principal de la microempresa "FUTEC".

- 1. Subárea de recepción de materias primas:** Esta subárea es responsable de recibir y gestionar las materias primas necesarias para la producción. Se lleva a cabo la descarga y almacenaje en sus respectivas bodegas a la chatarra, piedra caliza, arena refractaria, carbonilla, y carbón coque. Como parte del proceso, la chatarra se clasifica y se pesa según los requisitos de producción. Todo lo mencionado de puede observar en las figuras: 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.



**Figura 3.2:** Recepción de chatarra.



**Figura 3.3:** Recepción de arena refractaria.



**Figura 3.4:** Bodega de carbón coque y carbonilla.



**Figura 3.5:** Piedra caliza.



**Figura 3.6:** Bodega de bentonita.

**2. Subárea de Moldeo:** Aquí es donde se prepara la mezcla de materiales para realizar el molde. Se carga el molino o mezcladora como se muestra en la Figura 3.7 con 13 palas de arena silíceo, 8 kg de bentonita y 4 litros de agua; se realiza la mezcla para obtener la composición adecuada para los moldes. En este caso se obtienen dos tipos de arena; de contacto y de relleno. La precisión de las proporciones de materiales es esencial para garantizar la calidad y resistencia de los moldes.



**Figura 3.7:** Mezcladora.

**Preparación de Moldes:** En esta subárea se lleva a cabo la formación y preparación de los moldes. Primero se conforman los moldes con fina de capa de grafito para obtener una superficie más fina. Luego rellena dos tipos de arenas; arena de contacto y arena de relleno. La arena de contacto se muestra en la Figura 3.8 y es aquella que tendrá contacto directo con el molde, por ello su preparación requiere de un proceso más especial, además de ser zarandear la arena para obtener un grano fino y así dar un acabado liso al molde. Por otro lado, la arena de relleno, como su nombre lo dice no es más que la arena que se usara para terminar de rellenar el molde, esta arena por lo general es arena reciclada de funciones anteriores, la cual ha sido previamente preparada para evitar que lleve residuos metálicos u otros como se observa en la Figura 3.9.

Para finalizar el proceso de moldeo se prepara la cama para los mismos, se retiran los moldes usados, se realiza el proceso de aireado para eliminar posibles imperfecciones y si la situación lo requiere, reparar los moldes gastados para su reutilización.



**Figura 3.8:** Conformado de molde con arena de contacto.



**Figura 3.9:** Conformado de molde con arena de relleno.

- 3. Subárea de fundición y procesos en el horno:** Esta subárea se encarga de los procesos en el horno. Aquí, materiales como piedra caliza y carbón coque se cargan al horno para fundir el metal. Se enciende el horno con madera, una vez encendido se controla el llenado del horno: primero carbón coque, luego la carga metálica (chatarra), seguido de carbón coque y fundente, en este caso piedra caliza. El éxito de la fundición depende de mantener la temperatura del horno y hacer pasar aire a través de las toberas del horno de cubilote. Se puede observar el horno en la Figura 3.10.



**Figura 3.10:** Horno de fundición.

**Colado y Manejo de Material Fundido:** Se maneja el material fundido para dar forma a los productos finales. Se vacía la colada desde el horno a ollas y cucharas especiales para su transporte. Luego, se transporta la colada a los moldes preparados, se elimina la escoria para evitar las impurezas y se aplican pesos a los moldes para garantizar la solidificación adecuada del metal, este proceso se muestra en la Figura 3.11.



**Figura 3.11:** Colado de material fundido.

- 4. Subárea de insumos terminados:** Una vez solidificado el producto se procede a extraer la producción, así como se evidencia en la Figura 3.12, luego se trasladada a esta subárea donde se pulen y almacenan de acuerdo al pedido y tipo de producto acorde a la Figura 3.13. Una vez que los productos están listos para su envío, se lleva a cabo la etapa de carga. Se cargan en pales dependiendo del producto y se ajustan para su transporte como se muestra en la Figura 3.14. Además, se verifican los documentos de embarque y se asegura la correcta identificación de la mercancía para evitar errores en la entrega.



**Figura 3.12:** Extracción de la producción.



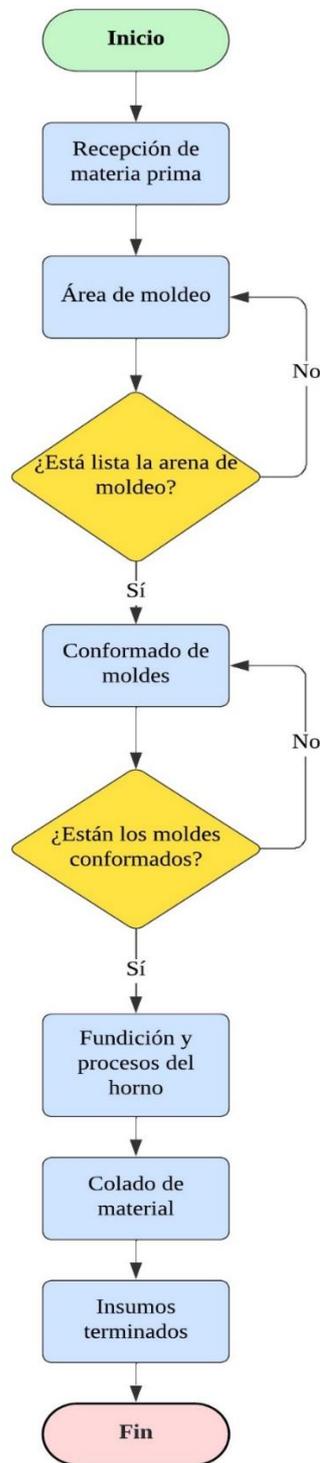
**Figura 3.13:** Esmerilado.



**Figura 3.14:** Carga de producción en pallets.

Durante la visita a las instalaciones de la empresa, se pudo observar un sistema de producción con falencias. En la recepción de materias primas, se destaca la necesidad de optimizar la gestión de la chatarra para una clasificación más efectiva. En la preparación y mezclado de materiales, se notó la falta de precisión en las proporciones para asegurar la calidad de los moldes. La formación y mantenimiento de moldes se realiza meticulosamente, aunque existe margen para optimizar la asignación de recursos. Los procesos en el horno muestran una buena coordinación, pero en el manejo de material fundido, se destaca la precisión, sugiriéndose una

optimización en la velocidad de transporte para mantener la temperatura adecuada. Respecto al área de insumos terminados se nota la falta de equipo para transportar el producto terminado. En la Figura 3.15 de puede observar de forma clara el flujo de procesos del área de producción.

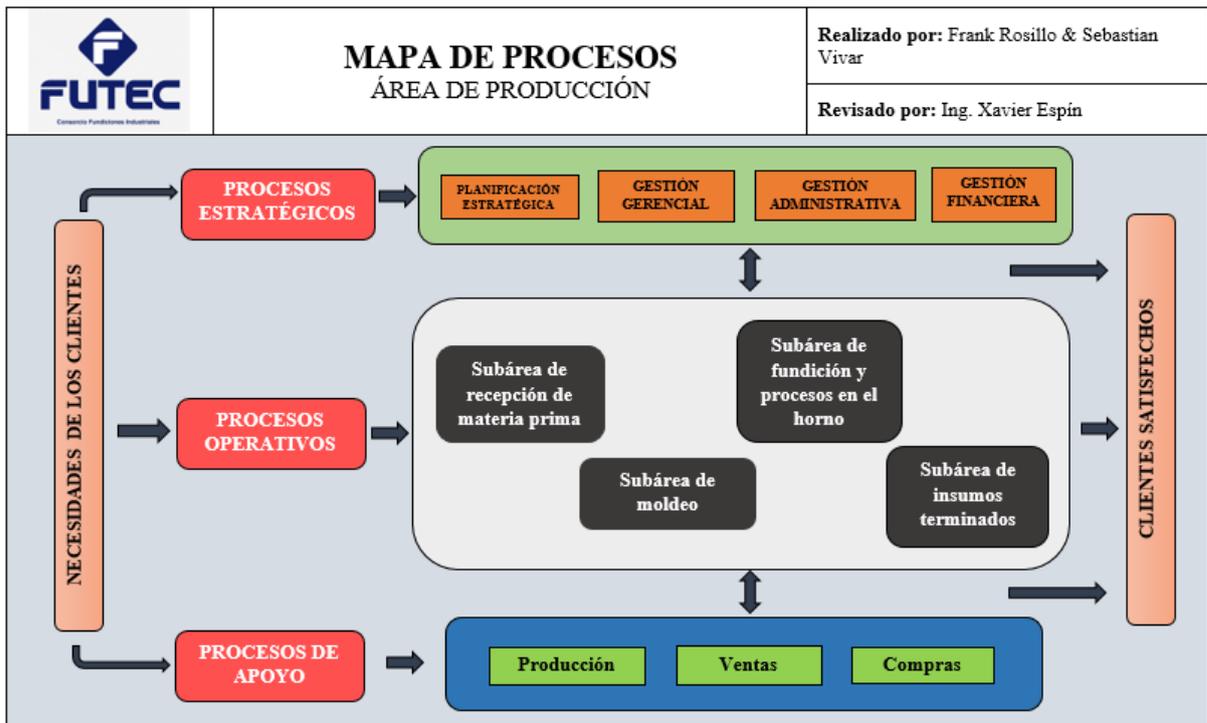


**Figura 3.15:** Diagrama de flujo del área de producción.

## MAPA DE PROCESOS

El mapa de procesos interpretado en la Figura 3.16 establece una visión general de cómo se subdivide el área de producción de la microempresa “FUTEC”, y en donde se representan los vínculos que existen entre los procesos en relación al cliente.

Este mapa se estructura en tres grupos: procesos estratégicos, operativos y de apoyo, los cuales se alimentan de las necesidades del cliente y buscan asegurar su plena satisfacción con el producto final. Los procesos estratégicos identificados en el mapa son aquellos que la empresa considera fundamentales para alcanzar sus objetivos, y su supervisión recae principalmente en el director de la planta de fundición. Los procesos operativos abarcan todas las actividades requeridas para fabricar piezas en acero de material fundido, centrándose principalmente en la fase de producción. Por otro lado, los procesos de apoyo comprenden los recursos y servicios necesarios para respaldar las operaciones del área, como aquellos vinculados a la gestión de recursos.



**Figura 3.16:** Mapa de procesos de la microempresa "FUTEC".

#### a) **Procesos estratégicos**

- **Planificación estratégica:** La estructura y orientación fundamentales del área de producción se fundamentan en sus objetivos.
- **Gestión Gerencial:** Dirige el logro de los objetivos globales mediante la implementación de planes y programas específicos para garantizar el adecuado desarrollo de las operaciones, tomando decisiones que promuevan el bienestar empresarial.
- **Gestión Administrativa:** Establece metas a alcanzar, define el camino para alcanzarlas mediante la asignación de responsabilidades, gestión de recursos, designación de roles de liderazgo y establecimiento de estándares para supervisar los progresos.
- **Gestión Financiera:** Diseña planes o procesos para adquirir, conservar y utilizar los recursos monetarios, transformando la visión y misión en actividades financieras tangibles.

#### b) **Procesos operativos**

- **Cliente (Proceso de entrada):** Una vez que se han identificado las necesidades del cliente a través de las ofertas de mercado, se procede a obtener un conjunto de requisitos que la microempresa se compromete a satisfacer.
- **Subárea de recepción de materia prima:** La materia prima es receptada y es ubicada en las diferentes áreas destinadas para su almacenaje, en el caso de la chatarra se procede con su clasificación y preparación en cantidades específicas para la fundición de acuerdo a la orden emitida por producción.
- **Subárea de moldeo:** Aquí es donde se preparan los moldes con los diferentes tipos de insumos bajo los requisitos establecidos de acuerdo a la orden de producción.

- **Subárea de fundición y procesos en el horno:** Esta subárea se encarga de los procesos en el horno. Aquí entran en proceso distintos materiales que actúan como fundente para la elaboración de piezas en acero fundido.
- **Subárea de insumos terminados:** Una vez que la producción esté lista, se procede con la extracción y transporte a esta subárea, donde se le da los acabados finales para su posterior venta.
- **Cliente (Proceso de salida):** Una vez que el producto ha sido entregado al consumidor final, se asegura la satisfacción del cliente, su plena satisfacción al adquirir el producto para su beneficio y comodidad.

#### c) **Procesos de apoyo**

- **Producción:** Una vez que se han recibido los requisitos del cliente, se genera una orden de fabricación del producto con las especificaciones estándar o las solicitadas por el cliente, junto con las cantidades requeridas. Esta comunicación se transmite por escrito al responsable de la producción.
- **Ventas:** El producto se vende al cliente y está listo para ser recibido.
- **Compras:** Para realizar las adquisiciones de materia prima e insumos necesarios, se requiere contar con todas las especificaciones del producto y la información completa sobre ellos.
- **Actividad 2: Aplicación de un análisis ABC de las ventas para identificar el producto más demandado.**

Para determinar el objeto de estudio fue necesario realizar un análisis ABC sobre las ventas que se han generado en el año 2022 como se evidencia en la Tabla 3.2, y así obtener el producto más demandado para desglosar correctamente cada una de las actividades que se ejecutan para la elaboración de este producto de manera clara y concisa desde la recepción de materia prima hasta la carga del producto final donde distribuirá a sus diferentes clientes.

**Tabla 3.2.** Análisis ABC de ventas del 2022.

Artículo	Unidades vendidas en el año 2022 (ene.-dic.)	Cantidad anual vendida en kg	Valor anual de venta	% de participación	% acumulado		
Contrapeso 30 kg	2594	77820	\$ 60.699.60	29.30%	29.30%	A	77.68%
Contrapeso 40 kg	1896	75840	\$ 59.155.20	28.56%	57.86%		
Contrapeso 60 kg	536	32160	\$ 25.084.80	12.11%	69.97%		
Contrapeso 75 kg	273	20475	\$ 15.970.50	7.71%	77.68%		
Plancha estufa 8,8 kg	883	7770	\$ 6.060.91	2.93%	80.60%	B	17.12%
Cerco sumidero 25 kg	263	6575	\$ 5.128.50	2.48%	83.08%		
Parrilla 25 kg	255	6375	\$ 4.972.50	2.40%	85.48%		
Cerco bisagrado 20 kg	238	4760	\$ 3.712.80	1.79%	87.27%		
Tapa alcantarilla 40 kg	110	4400	\$ 3.432.00	1.66%	88.93%		
Contrapeso 45 kg	95	4275	\$ 3.334.50	1.61%	90.54%		
Aro alcantarilla 600 tradicional 40 kg	103	4120	\$ 3.213.60	1.55%	92.09%		
Reja 31 kg	132	4092	\$ 3.191.76	1.54%	93.63%		
Parrilla 13 kg	238	3094	\$ 2.413.32	1.16%	94.79%		
Parrila (bisagra gris) 25 kg	111	2775	\$ 2.164.50	1.04%	95.84%		
Contrapeso 9,5 kg	287	2727	\$ 2.126.67	1.03%	96.86%	C	5.21%
Marco estufa 4,6 kg	389	1789	\$ 1.395.73	0.67%	97.54%		
Aro estufa 0,93 kg	1674	1557	\$ 1.214.32	0.59%	98.12%		
Separador estufa 3,56 kg	422	1502	\$ 1.171.81	0.57%	98.69%		
Puerta estufa 2,6 kg	375	975	\$ 760.50	0.37%	99.06%		
Cerco sumidero 34 kg	23	782	\$ 609.96	0.29%	99.35%		
Caja vereda 4,3 kg	179	770	\$ 600.37	0.29%	99.64%		
Plato estufa 0,43 kg	1663	715	\$ 557.77	0.27%	99.91%		
Contrapeso 15 kg	9	135	\$ 105.30	0.05%	99.96%		
Tapa sandwich 1,9 kg	30	57	\$ 44.46	0.02%	99.98%		
Tapa caja vereda 0,26 kg	179	47	\$ 36.30	0.02%	100.00%		

Con el uso de esta técnica, se ha logrado determinar que el producto que tiene más salida es el contrapeso para ascensor de 30 kg, por ende, este estudio será enfocado en la estandarización de procesos de elaboración de este producto, para que sirva como una guía para el resto de productos los cuales tienden a tener un sistema de producción semejante.

- **Actividad 3: Análisis de los procesos existentes dentro del área de producción para la fabricación de contrapesos para ascensor.**

A continuación, se detallará cada etapa del proceso de producción de los contrapesos de 30 kg, desde la recepción de materias primas hasta el almacenamiento y carga de los productos finales. Identificar y comprender los pasos, maquinarias, y recursos utilizados en cada fase de fabricación, es esencial para establecer una base sólida en el propósito de estandarizar y optimizar estos procedimientos. Esta descripción detallada proporcionará el marco necesario

para el posterior análisis específico de cada actividad involucrada en la fundición de contrapesos para ascensores.

### 1. Subárea de recepción de materias primas.

- **Recepción de la chatarra:** Durante la visita, se observó el descargue de la chatarra como se muestra en la Figura 3.17. En el proceso de descargue se evidenció la carencia de equipos especializados para una manipulación eficiente de la chatarra. La ausencia de maquinaria adecuada contribuía a la desorganización y al tiempo perdido en la descarga de los materiales, lo que afectaba directamente la productividad del proceso.



**Figura 3.17:** Descargue de chatarra.

- **Clasificación de chatarra:** Durante la clasificación seguía presentando una falta de orden y separación efectiva. La escasa implementación de métodos de clasificación automatizados y la dependencia excesiva de procesos manuales contribuían a la ineficiencia general del proceso de clasificación lo que podría impactar en la calidad del producto final.
- **Pesado de chatarra:** El pesado se realiza con una balanza al momento de la llegada de la chatarra, así como se muestra en la Figura 3.18. Se realizan bultos de 1 quintal que luego serán transportados al área de fundición como se observa en la Figura 3.19.



**Figura 3.18:** Balanza.



**Figura 3.19:** Chatarra clasificada y pesada.

- **Transportar chatarra a la subárea de fundición:** Esta actividad se realiza en carretillas en pesos de 1 quintal. No obstante, se observó un potencial para mejorar la eficiencia mediante la optimización de las rutas de transporte o la implementación de equipos más modernos y eficientes.
- **Recepción insumos para el proceso:** La arena refractaria es un tipo de arena que soporta altas temperaturas sin fundirse, esta se recicla de fundiciones anteriores como se muestra en la Figura 3.20.



**Figura 3.20:** Arena refractaria.

En la Figura 3.21 se muestra la bentonita, la cual es un material compuesto por arcilla que proporciona cohesión y plasticidad a la arena refractaria, facilitando su moldeo y dándole resistencia suficiente para mantener la forma adquirida después de retirar el moldeo y mientras se vierte el material fundido.



**Figura 3.21:** Bentonita.

La carbonilla o carbón fino de la Figura 3.22 se usa para darle un mejor acabado a los moldes. El carbón coque es un combustible poroso que se usa para elevar la temperatura en el horno de fundición. El grafito es un material refractario que actúa como agente desmoldante, es decir ayuda a desmoldar fácilmente además de darle mayor resistencia al molde. La piedra caliza es una roca sedimentaria, esta actúa como agente purificador al eliminar impurezas y contribuir a la fusión eficiente del mineral de hierro, lo que resulta en la obtención de hierro fundido de alta calidad.



**Figura 3.22:** Carbonilla.

## 2. Subárea de Moldeo.

- **Preparación de arena de moldeo:** El proceso de carga y mezcla de arena se lleva a cabo con eficiencia en la mezcladora. Las cargas de materia prima dependen del tipo de molde que se requiera, pero en general son casi las mismas, por ejemplo: las cantidades establecidas indican que se debe usar 13 palas de arena refractaria, 4 kg de bentonita, 2 kg de carbonilla y 3,5 litros de agua. Estas son medidas establecidas para un molde de 30 kg, además es la capacidad máxima del molino o mezcladora que se muestra en la Figura 3.23.



**Figura 3.23:** Preparación de arena de moldeo.

- **Transportar arena a la subárea de moldeo:** Se observó que el transporte de la arena refractaria se carga en carretillas hasta el área donde se conformará los moldes según la Figura 3.24.



**Figura 3.24:** Transporte de arena de moldeo.

- **Conformado de moldes:** Para realizar los moldes para contrapesos de 30 kg se coloca la matriz, seguido a esto se rellana con la arena refractaria. Con el fin de evitar que la matriz se pegue a la arena se agrega una fina capa de grafito que actuara como desmoldante. Para finalizar el proceso de moldeo se prepara la cama para los mismos y se retiran las plantillas usadas como se muestra en la Figura 3.25.



**Figura 3.25:** Conformado de moldes.

- **Colocación de matachos:** Estos son piezas fabricadas en arena las cuales permiten generar orificios dentro del molde ahorrando tiempos de mecanizados en las piezas finales. Se pueden observar los matachos en la Figura 3.26.



**Figura 3.26:** Matachos.

- **Aireado del molde:** Consiste en realizar pequeños agujeros con el fin de que la arena quede suelta y los gases del colado puedan salir y no generar explosiones. Esta acción solo se puede hacer una vez que el molde ya haya sido finalizado como se observa en la Figura 3.27.



**Figura 3.27:** Aireado de molde.

- **Rellenar aberturas o enterrar moldes:** Esto se realiza con el fin de darle mayor rigidez al molde, se usa la misma arena refractaria para enterrarlo y se compacta para evitar desbordamientos.
- **Reparar molde desgastado:** Debido al uso constante y al propio material de la plantilla está requiere ser reparado contantemente, por lo general las plantillas son hechas de madera lo que disminuye su durabilidad. Para evitar deformaciones en los moldes, estas plantillas se reparan con masilla de vehículos como se puede observar en la Figura 3.28.



**Figura 3.28:** Ejemplo de reparación de molde.

### 3. Subárea de Fundición y Procesos en el Horno.

- **Preparación de material a fundir:** En este caso se transporta la chatarra, el carbón coque y la piedra caliza hacia el área de fundición, aquí se vuelve a pesar la chatarra para asegurar la carga para el horno.
- **Encendido del horno:** Este se enciende con madera y se eleva la temperatura hasta que sea el momento de vaciar la chatarra.
- **Vaciado de chatarra:** Primero se lanza una carga de carbón coque para preparar una cama donde luego se lanzan un quintal de chatarra con la piedra caliza que actuará como fundente como se evidencia en la Figura 3.29. Cuando la chatarra se haya fundido el horno empieza a lanzar la escoria por medio de un conducto, si en vez de material fundido se expulsan chispas significa que el material está listo para ser colado.



**Figura 3.29:** Vaciado de chatarra al horno.

- **Vaciado de colada a olla:** Controlar el flujo de la masa fundida se vuelve difícil a medida que se retiran del horno grandes cantidades de material fundido. Para solucionar esta situación se utiliza como crisol un recipiente especial llamado "olla". La pieza fundida se vierte brevemente en el recipiente hasta que el material fundido se vierte en el molde como se muestra en la Figura 3.30.



**Figura 3.30:** Vaciado de material fundido a olla.

- **Vaciado de colada en cuchara y transporte:** Una cuchara es un crisol más pequeño que un caldero y requiere la cooperación de dos trabajadores para transportarlo. Cada carga que lleva es exactamente la que se necesita para llenar completamente el molde. Esta se observa en la Figura 3.31.



**Figura 3.31:** Vaciado de material fundido a cuchara.

- **Escoriado de colada:** Debido a que no se controla la cantidad de impurezas que tiene la chatarra, es normal que la cantidad de escoria sea considerable. Para esto un trabajador como se muestra en la Figura 3.32, debe retirar las escorias con una palanquilla, esta acción se denomina escoriado y se hace con el fin de evitar impurezas en el producto final.



**Figura 3.32:** Escoriado de colada.

- **Colocación de pesas:** Este último paso se hace con el fin de que el material se expanda y produzca deformaciones.

#### 4. Subárea de insumos terminados.

- **Extracción de producción:** Pasado un día se extrae la producción como se observa en la Figura 3.33, en este momento los contrapesos permanecen a una temperatura de 100 °C o mayor, es por eso que se dejan reposar hasta que se enfríen y ser llevados al área de insumos terminados.



**Figura 3.33:** Extracción de producción.

- **Esmerilado:** Se limpia y se esmerila las porosidades y pequeñas fallas que presente el contrapeso, así como en la Figura 3.34.



**Figura 3.34:** Esmerilado.



**Figura 3.35:** Producto final.

- **Cargar producción a camión:** Este es el paso final, se carga la producción en palés para luego ser llevada hasta el cliente, así como en la Figura 3.36.



**Figura 3.36:** Carga de producción.

**Tabla 3.3:** Hoja de registro de actividades.

 <small>Consorcio Fundiciones Industriales</small>	<b>HOJA DE REGISTRO FUTEC</b>		<b>FECHA</b>
			06/11/2023
			<b>Nº. FORMATO</b>
			1 de 1
<b>REALIZADO</b>	Frank Rosillo, Sebastián Vivar		
<b>EMPRESA</b>	FUTEC S.A.S	<b>No. PERSONAL</b>	9
<b>DIRECCIÓN</b>	Barrio la playa de Lasso, Calle principal S-N Lasso, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.		
Hoja de registro de actividades de contrapesos de 30kg.			
<b>Nº.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>Observación</b>	
1	Clasificación de la chatarra		
2	Pesado de chatarra		
3	Transporte chatarra al área de fundición		
4	Transporte de bentonita al área de moldeo		
5	Transporte de piedra caliza al área de fundición		
6	Apilamiento de arena refractaria		
7	Transporte de carbón coque al área de fundición		
8	Cargar mezcladora con arena refractaria		
9	Mezclar arena sílicea para moldes		
10	Transporte de arena al área de moldeo		
11	Conformado inferior de moldes		
12	Preparación de cama del molde		
13	Acomodar molde en la cama		
14	Agregar grafito		
15	Conformado superior de moldes		
16	Agregar grafito		
17	Retirar molde		
18	Aireado del molde		
19	Transporte de arena de moldeo		
20	Enterrar moldes con arena		
21	Encendido del horno		
22	Tapar boca del horno		
23	Llenado de chatarra al horno		
24	Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno		
25	Vaciado de colada a olla		
26	Vaciado de colada a cuchara		
27	Transporte de colada al molde		
28	Colado de material en molde		
29	Escoriado de colada		
30	Colocar pesas a los moldes		
31	Destapar respiraderos		
32	Regresar a cargar		
33	Calentar cuchara		
34	Reparar cuchara con barro refractario		
35	Reparar boca de horno		
36	Enfriamiento de contrapesos		
37	Extracción de producción		
38	Corte de excedentes		
39	Transporte de contrapesos al área de insumos terminados		
40	Esmerilado de contrapeso		
41	Apilar la producción		
42	Cargar producción a camión		

### **3.2.2 Actividades del objetivo 2**

**Determinar los criterios y procesos para la estandarización de las actividades operativas del área de producción.**

- **Actividad 1: Determinación de tiempos que se emplean en cada una de las actividades de los procesos de producción.**

Para determinar los criterios y requisitos de estandarización de los diferentes procesos operativos que se desarrollan dentro del área de producción para la fabricación de contrapesos de 30 kg, es necesario muestrear los tiempos de cada una de las diferentes operaciones, con lo cual se podrá calcular el tiempo estándar y la eficiencia para así poder tener un indicador de capacidad de producción.

Para la toma de tiempos se utilizó un cronómetro digital, donde se tomaron 5 muestras de tiempo en minutos por cada operación, es necesario considerar que las muestras tomadas son específicas para la fabricación de 1 molde donde cada molde contiene 2 unidades de contrapesos.

#### **Tamaño de la muestra en el estudio de tiempos**

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó el “Método Tradicional” al cual se ha aplicado el método de valoración Westinghouse. En sí, este método consiste en seguir un procedimiento sistemático. A continuación, se presenta la Tabla 3.4 donde se representa la comparación del método tradicional vs el método estadístico en base al Método Westinghouse.

Se debe considerar lo siguiente:

- 10 lecturas si los ciclos son  $\leq$  a 2 minutos
- 5 lecturas si los ciclos son  $>$  a 2 minutos

**Tabla 3.4:** Comparación del método tradicional vs el método estadístico.

	Características	Método Tradicional	Método estadístico
Método Westinghouse	Número de muestras bases para la evaluación	5 a 10 muestras	Depende de desviación estándar
	Cálculo de número de muestras	Se utiliza una tabla referencial según el coeficiente del rango	$n = \left( \frac{40 \sqrt{(n \cdot \Sigma x^2 - \Sigma(x))^2}}{\Sigma x} \right)$
	La medición de tiempos	En segundos y minutos	En centésimas y milésimas
	Tolerancia de tiempos	± 0,05	Depende de la distribución normal
	Control de tiempos	Por rangos	Por límite de control
	Método de control de tiempo	Manualmente	Aplicación de equipos tecnológicos
	Habilidad del trabajador	Aceptable (-0,03)	Excelente (0,08)
	Valoración de la calificación	En %	En %
	Costo de estudio	Económico	Moderado
	Aplicación de los métodos	Empresas pequeñas	Empresas medianas y grandes
	Valoración de suplementos	Tabla de Westinghouse	Tabla de Westinghouse

### 1. Subárea de recepción de materia prima

A continuación, en la Tabla 3.5 se muestra el registro de tiempos de las actividades que el operario llevo a cabo para ejecutar las operaciones en la subárea de recepción de materia prima.

**Tabla 3.5:** Tiempos de las actividades de la subárea de la recepción de materia prima.

SUBÁREA DE RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA					
ACTIVIDADES	Muestras de tiempo en minutos				
	1	2	3	4	5
Clasificación de chatarra	300	300	300	300	300
Pesado de chatarra	1,16	1,82	2,27	1,94	1,63
Transporte chatarra al área de fundición	2,99	3,11	2,27	3,20	2,98
Transporte de bentonita al área de moldeo	1,67	1,62	1,75	1,56	1,72
Transporte de piedra caliza al área de fundición	5,19	5,29	5,27	5,52	5,18
Apilamiento de arena refractaria	56,01	56,01	56,01	56,01	56,01
Transporte de carbón coque al área de fundición	3,00	2,55	2,68	3,10	2,83

### 2. Subárea de moldeo

A continuación, en la Tabla 3.6 se muestra el registro de tiempos de las actividades que el operario llevo a cabo para ejecutar las operaciones en el área de moldeo.

**Tabla 3.6:** Tiempos de las actividades de la subárea de moldeo.

<b>SUBÁREA DE MOLDEO</b>					
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>Muestras de tiempo en minutos</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Cargar mezcladora con arena refractaria	0,57	0,53	0,68	0,50	0,62
Mezclar arena silíceo para moldes	2,26	2,34	2,25	2,29	2,22
Transporte de arena al área de moldeo	0,42	0,39	0,64	0,93	0,36
Conformado inferior de moldes	2,67	2,92	3,15	3,05	2,83
Preparación de cama del molde	0,48	0,68	0,65	0,56	0,71
Acomodar molde en la cama	0,18	0,21	0,32	0,25	0,20
Agregar grafito	0,09	0,11	0,08	0,19	0,10
Conformado superior de moldes	3,51	3,38	3,69	3,52	3,57
Agregar grafito	0,08	0,08	0,09	0,09	0,07
Retirar molde	0,71	1,10	1,01	1,05	1,21
Aireado del molde	0,38	0,33	0,19	0,36	0,32
Transporte de arena de moldeo	0,42	0,39	0,64	0,93	0,36
Enterrar moldes con arena	2,11	1,82	1,85	2,12	1,94

### 3. Área de fundición y procesos en el horno

A continuación, en la Tabla 3.7 se muestra el registro de tiempos de las actividades que el operario llevo a cabo para ejecutar las operaciones en el área de fundición y procesos en el horno.

**Tabla 3.7:** Tiempos de las actividades de la subárea de fundición y procesos del horno.

<b>SUBÁREA DE FUNDICIÓN Y PROCESOS EN EL HORNO</b>					
<b>ACTIVIDADES</b>	<b>Muestras de tiempo en minutos</b>				
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Encendido del horno	38	38	38	38	38
Tapar boca del horno	0.25	0.33	0.20	0.28	0.33
Llenado de chatarra al horno	3.67	3.40	3.70	3.81	3.52
Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno	1.17	1.49	1.55	1.12	1.21
Vaciado de colada a olla	0.39	0.48	0.49	0.30	0.33
Vaciado de colada a cuchara	0.19	0.24	0.24	0.15	0.17
Transporte de colada al molde	0.30	0.54	0.35	0.41	0.41
Colado de material en molde	0.92	0.93	0.49	0.54	0.45
Escoriado de colada	0.60	0.41	0.49	0.51	0.45
Colocar pesas a los moldes	0.69	1.17	1.01	0.94	0.80
Destapar respiraderos	1.59	1.55	1.13	1.23	1.56
Regresar a cargar	0.31	0.33	0.51	0.34	0.30
Calentar cuchara	11.02	10.71	11.66	10.48	10.56
Reparar cuchara con barro refractario	12.36	14.05	10.93	11.73	13.87
Reparar boca de horno	1.37	1.63	1.21	1.89	1.52
Enfriamiento de contrapesos	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00
Extracción de producción	0.54	0.28	0.33	0.38	0.46
Corte de excedentes	0.10	0.12	0.10	0.11	0.16

#### 4. Área de insumos terminados

A continuación, en la Tabla 3.8 se muestra el registro de tiempos de las actividades que el operario llevo a cabo para ejecutar las operaciones en el área de insumos terminados.

**Tabla 3.8:** Tiempos de las actividades de la subárea de insumos terminados.

SUBÁREA DE INSUMOS TERMINADOS					
ACTIVIDADES	Muestras de tiempo en minutos				
	1	2	3	4	5
Transporte de contrapesos al subárea de insumos terminados	1,37	1,61	1,54	1,89	1,55
Esmerilado de contrapeso	8,31	5,86	7,87	10,34	5,78
Apilar la producción	0,06	0,08	0,08	0,10	0,10
Cargar producción a camión	0,21	0,16	0,19	0,20	0,15

- **Actividad 2: Elaboración del diagrama de proceso de fabricación de contrapesos.**

Como se observa en la Figura 3.37, el proceso empieza desde la recepción de la materia prima, donde se marca con un inicio simple la inicialización del proceso, seguido a esto el proceso tiene un subproceso denominado descargue de materia prima como se muestra en la Figura 3.38. Una vez finalizado el subproceso de descargue de materia se verifica la recepción con una condición, de faltar se hace una solicitud de lo que se necesite, caso contrario apila la arena refractaria con la ayuda de una retroexcavadora finalizando el proceso de recepción

El siguiente paso sucede en la subárea de moldeo donde se carga la mezcladora. La medida estándar para la mezcla es de 13 palas de arena, 8 kg de bentonita y 4 litros de agua. Finalizada la mezcla se crea una condición, la cual inicia el transporte de la arena, caso contrario se finalizada la mezcla. Siguiendo la línea del proceso surge una condición basada en eventos, la cual indica la continuidad del proceso, donde la condición es si la arena es para el subproceso de conformado el cual se observa en la Figura 3.39, pero si no es así es para el enterrado de los mismos, finalizado el subproceso de conformado surge una nueva condición donde se verifica si los moldes están listos, de no serlo se finalizará la actividad. Ahora se podrá realizar la actividad de enterrar los moldes, esto se hace con la finalidad de enterrar los moldes ya que entre molde existe un pequeño espacio, al rellenar este espacio se logra una mayor resistencia entre los moldes.

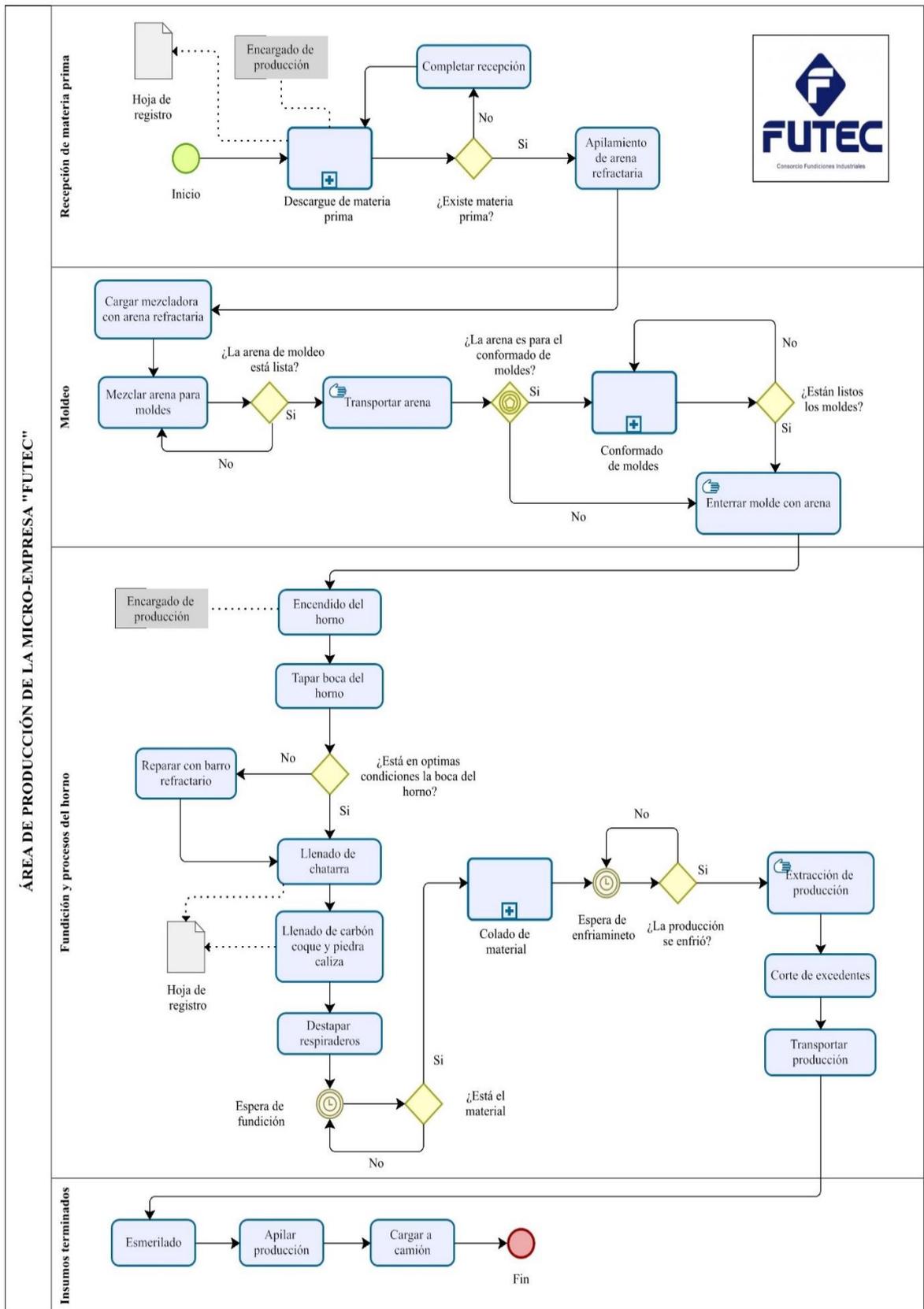
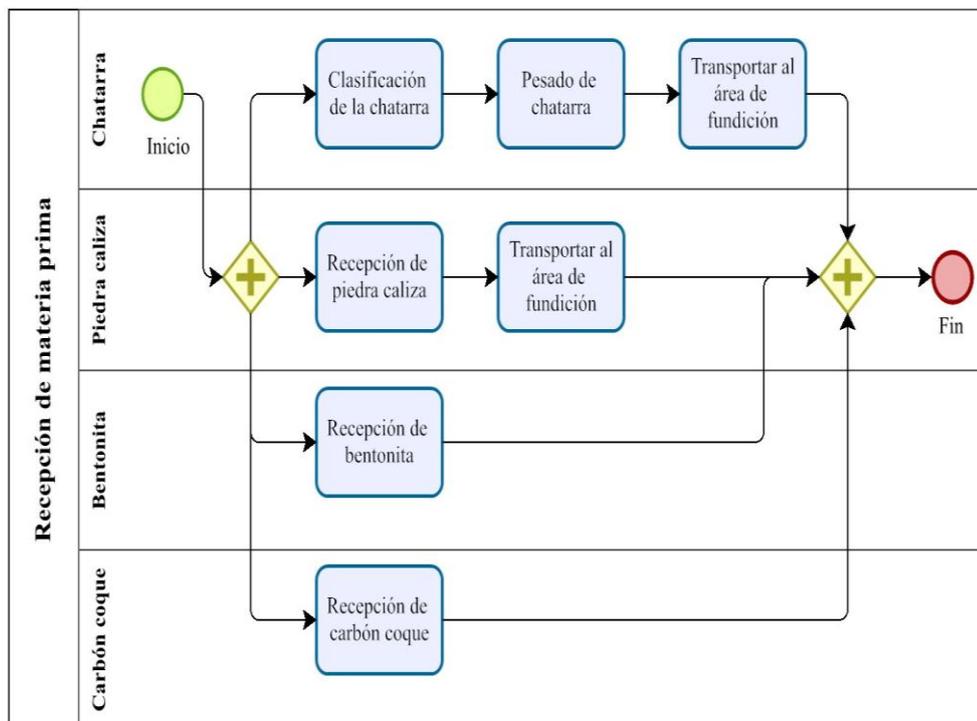


Figura 3.37: Diagrama de procesos de la microempresa “FUTEC” con el software Bizagi.

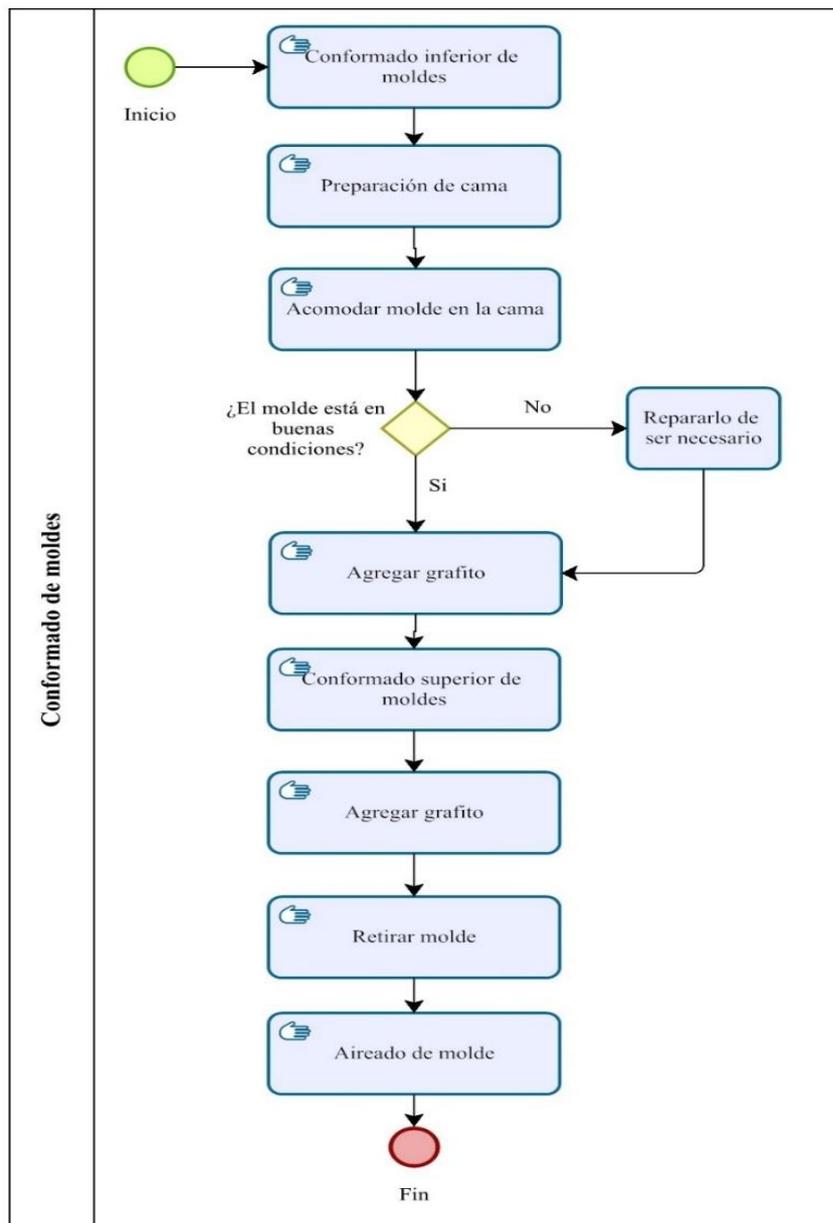
En la subárea de fundición y procesos del horno se realiza el encendido de horno con la ayuda de leña, alcanzada la temperatura ideal se tapa la boca del horno. Aquí surge una nueva condición la cual si la boca del horno presenta deformaciones se reparará con barro refractario. Una vez sellada la boca del horno se realiza el llenado del mismo; una carga de carbón y luego una de chatarra y piedra caliza. El tiempo estimado de fundición es de 1 hora y 15 minutos por tonelada. La próxima actividad es destapar las toberas o respiraderos, los cuales al estar tapadas pueden bajar la temperatura interna del horno. Siguiendo la línea del proceso se presenta un evento de temporización donde se espera a la fundición del material ahora surge otra condicional; material fundido.

En el caso de no estar listo el material se continua con la fundición, caso contrario se presenta el subproceso el cual se describe en la Figura 3.40 el cual una vez finalizado se presenta otro evento temporizado donde se deja enfriar los contrapesos para luego poderlos extraerlos, cortar los excedentes y transpórtalos al área de insumos terminados. En el área de esmerilado se realiza el esmerilado con el fin de eliminar imperfecciones, luego se apila en pallets donde se esperará hasta ser cargada a un camión para exportar.



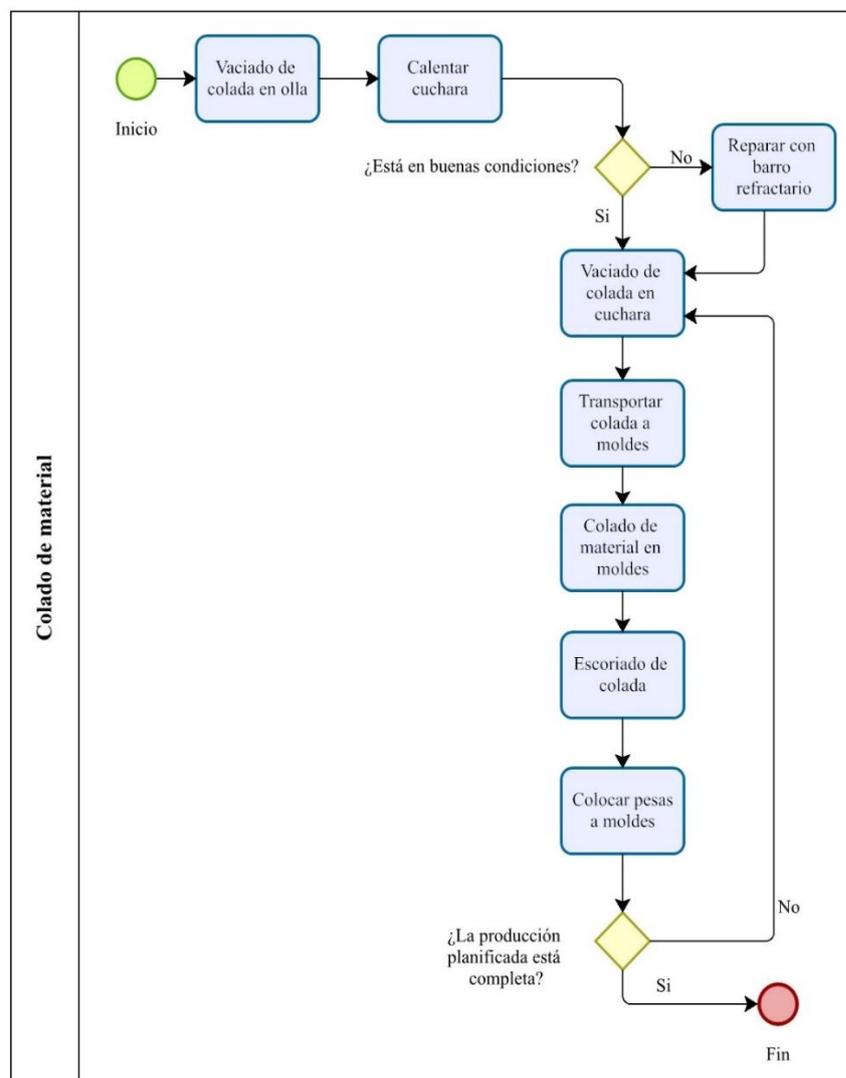
**Figura 3.38:** Subproceso de la recepción de materia prima.

La recepción de las materias primas se interpreta como 4 actividades, donde surgen en base a una condición paralela, la cual establece que las actividades se realizan de forma paralela, la única condición es que todas las actividades deban finalizar sin importar en que orden. Ahora bien, las actividades se dividen en chatarra; se clasifica, se pesa y se transporta al área de fundición, piedra caliza; se realiza la recepción y se transporta al área de fundición, y la bentonita con el carbón coque los cuales solo se realiza la recepción. Para confirmar la finalización de todas las actividades se presenta otra condición paralela la cual dará fin al subproceso.



**Figura 3.39:** Subproceso del conformado de moldes.

El subproceso de conformado de moldes comienza con el conformado inferior de los moldes, donde se moldea la parte base del molde, seguido por la preparación cuidadosa de la cama del molde para recibirlo. Una vez que la cama está lista, el molde se coloca con precisión sobre ella. A continuación, se presenta una condición donde se verifica si el molde está en buenas condiciones de no serlo se repara o elimina alguna imperfección. Si se encuentra en óptimas condiciones se agrega grafito para mejorar las propiedades del molde. Luego, se procede con el conformado de la parte superior del molde, se añade más grafito según sea necesario y el molde se retira con cuidado de la cama. Después, se realiza el aireado del molde para eliminar cualquier imperfección superficial. Por último, los moldes se entierran con arena para proporcionar el soporte necesario durante la fundición y garantizar un entorno térmico estable.



**Figura 3.40:** Subproceso de colado de material.

El subproceso de colado del material inicia con el vaciado de la colada en la olla, seguido se calienta la cuchara esto con el fin de evitar que la colada se pegue a la misma. Se presenta una condición donde se verifica si la cuchara está en óptimas condiciones de no serlo se repara con barro refractario para luego poder vaciar la colada. Una vez listo se transporta a cada molde donde se vaciará y también se retira el exceso de escoria. Finalmente, se colocan las pesas para evitar deformaciones y se deja enfriar para luego volver a repetir el proceso hasta finalizar la producción.

- **Actividad 3: Cálculo de la eficiencia actual de producción de contrapesos**

Para poder calcular la eficiencia de tiempo del área de producción y en lo posterior realizar una propuesta de mejora y aumentar dicha eficiencia, fue necesario de manera primordial la toma de 5 muestras en unidades de tiempo, se notó que la gran mayoría de actividades se desarrollaban en tiempos de 2 minutos en adelante por lo que se optó tomar 5 muestras en unidades de tiempo (minutos).

Una vez recabada la información de las muestras, fue necesario ajustar los parámetros para los cálculos, para lo cual se calcularon los límites de control superior e inferior, previo a esto se realizaron los cálculos del promedio de las muestras y la desviación estándar en base a la muestra; para así calcular dichos límites de cada una de las operaciones que se desempeñan dentro del área de producción. A continuación, se detallan las fórmulas para los cálculos de esta primera parte:

**Promedio ( $\bar{x}$ )**

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.1)$$

Donde:

$\bar{x}$  es la media de las muestras.

$\sum x$  es la sumatoria de los tiempos de muestra.

$n$  es el número de muestras tomadas.

### Desviación estándar muestral

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3.2)$$

Donde:

s es la desviación estándar muestral.

n es el tamaño de la muestra.

$x_i$  son los valores individuales de la muestra.

$\bar{x}$  es la media de la muestra.

### L.C.S. y L.C.I.

$$L. C. S. = \bar{x} + s \quad (3.3)$$

$$L. C. I. = \bar{x} - s \quad (3.4)$$

Donde:

L.C.S. es el límite de control superior.

L.C.I. es el límite de control inferior.

$\bar{x}$  es la media de las muestras.

s es la desviación estándar muestral

En la Tabla 3.9 se observa los cálculos realizados con cada uno de los límites de control a los cuales se registrarán los posteriores cálculos.

**Tabla 3.9:** Cálculo de límites L.C.S. y L.C.I.

ACTIVIDADES	Muestras de tiempo en minutos					$\bar{x}$	s	L.C.S.	L.C.I.
	1	2	3	4	5				
Clasificación de chatarra	300	300	300	300	300	300.00	0.00	300.00	300.00
Pesado de chatarra	1.16	1.82	2.27	1.94	1.63	1.76	0.41	2.17	1.35
Transporte chatarra al área de fundición	2.99	3.11	2.27	3.20	2.98	2.91	0.37	3.28	2.54
Transporte de bentonita al área de moldeo	1.67	1.62	1.75	1.56	1.72	1.66	0.08	1.74	1.59
Transporte de piedra caliza al área de fundición	5.19	5.29	5.27	5.52	5.18	5.29	0.14	5.43	5.15
Apilamiento de arena refractaria	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	0.00	56.01	56.01
Transporte de carbón coque al área de fundición	3.00	2.55	2.68	3.10	2.83	2.83	0.23	3.06	2.61
Cargar mezcladora con arena refractaria	0.57	0.53	0.68	0.50	0.62	0.58	0.07	0.65	0.51
Mezclar arena sílicea para moldes	2.26	2.34	2.25	2.29	2.22	2.27	0.05	2.32	2.22
Transporte de arena al área de moldeo	0.42	0.39	0.64	0.93	0.36	0.55	0.24	0.79	0.31
Conformado inferior de moldes	2.67	2.92	3.15	3.05	2.83	2.92	0.19	3.11	2.74
Preparación de cama del molde	0.48	0.68	0.65	0.56	0.71	0.62	0.09	0.71	0.52
Acomodar molde en la cama	0.18	0.21	0.32	0.25	0.20	0.23	0.06	0.29	0.17
Agregar grafito	0.09	0.11	0.08	0.19	0.10	0.11	0.04	0.16	0.07
Conformado superior de moldes	3.51	3.38	3.69	3.52	3.57	3.53	0.11	3.65	3.42
Agregar grafito	0.08	0.08	0.09	0.09	0.07	0.08	0.01	0.09	0.07
Retirar molde	0.71	1.10	1.01	1.05	1.21	1.01	0.18	1.20	0.83
Aireado del molde	0.38	0.33	0.19	0.36	0.32	0.31	0.07	0.39	0.24
Transporte de arena de moldeo	0.42	0.39	0.64	0.93	0.36	0.55	0.24	0.79	0.31
Enterrar moldes con arena	2.11	1.82	1.85	2.12	1.94	1.97	0.14	2.11	1.83
Encendido del horno	38	38	38	38	38	38.00	0.00	38.00	38.00
Tapar boca del horno	0.25	0.33	0.20	0.28	0.33	0.28	0.06	0.33	0.22
Llenado de chatarra al horno	3.67	3.40	3.70	3.81	3.52	3.62	0.16	3.78	3.45
Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno	1.17	1.49	1.55	1.12	1.21	1.31	0.20	1.51	1.11
Vaciado de colada a olla	0.39	0.48	0.49	0.30	0.33	0.40	0.09	0.48	0.31
Vaciado de colada a cuchara	0.19	0.24	0.24	0.15	0.17	0.20	0.04	0.24	0.16
Transporte de colada al molde	0.30	0.54	0.35	0.41	0.41	0.40	0.09	0.49	0.32
Colado de material en molde	0.92	0.93	0.49	0.54	0.45	0.67	0.24	0.91	0.43
Escoriado de colada	0.60	0.41	0.49	0.51	0.45	0.49	0.07	0.56	0.42
Colocar pesas a los moldes	0.69	1.17	1.01	0.94	0.80	0.92	0.18	1.10	0.74
Destapar respiraderos	1.59	1.55	1.13	1.23	1.56	1.41	0.22	1.63	1.20
Regresar a cargar	0.31	0.33	0.51	0.34	0.30	0.36	0.09	0.45	0.27
Calentar cuchara	11.02	10.71	11.66	10.48	10.56	10.89	0.48	11.37	10.41
Reparar cuchara con barro refractario	12.36	14.05	10.93	11.73	13.87	12.59	1.35	13.94	11.24
Reparar boca de horno	1.37	1.63	1.21	1.89	1.52	1.52	0.26	1.78	1.27
Enfriamiento de contrapesos	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	0.00	720.00	720.00
Extracción de producción	0.54	0.28	0.33	0.38	0.46	0.40	0.10	0.50	0.29
Corte de excedentes	0.10	0.12	0.10	0.11	0.16	0.12	0.03	0.15	0.09
Transporte de contrapesos al área de insumos terminados	1.37	1.61	1.54	1.89	1.55	1.59	0.19	1.78	1.40
Esmerilado de contrapeso	8.31	5.86	7.87	10.34	5.78	7.63	1.90	9.53	5.73
Apilar la producción	0.06	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09	0.01	0.10	0.07
Cargar producción al camión	0.21	0.16	0.19	0.20	0.15	0.18	0.03	0.21	0.16

### **Rango de los tiempos de ciclo (R)**

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad (3.5)$$

Donde:

$X_{\max}$ : Valor máximo

$X_{\min}$ : Valor mínimo

### **Promedio ( $\bar{x}$ )**

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (3.6)$$

Donde:

$\sum x$ : Sumatoria de los tiempos de muestra.

$n$ : Número de muestras tomadas.

### **Coefficiente de rango (c)**

$$c = \frac{R}{\bar{x}} \quad (3.7)$$

Donde:

$R$ : Rango

$\bar{x}$ : Promedio de tiempos

Para determinar el coeficiente de rango se utilizó la Tabla 3.10, en la columna ( $R/\bar{x}$ ), se ubica el valor que corresponde al número de muestras tomadas (5 o 10) y ahí se encuentra en número de muestras a realizar para obtener un nivel de confianza del 95% y un nivel de precisión de  $\pm 5\%$ .

**Tabla 3.10:** Tabla para el cálculo del número de observaciones.

TABLA PARA CÁLCULO DEL NÚMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0,00	0	0	0,48	68	39
0,01	1	1	0,50	74	42
0,02	1	1	0,52	80	46
0,03	1	1	0,54	86	49
0,04	1	1	0,56	93	53
0,05	1	1	0,58	100	57
0,06	1	1	0,60	107	61
0,07	1	1	0,62	114	65
0,08	1	1	0,64	121	69
0,09	1	1	0,66	129	74
0,10	3	2	0,68	137	78
0,12	4	2	0,70	145	83
0,14	6	3	0,72	153	88
0,16	8	4	0,74	162	93
0,18	10	6	0,76	171	98
0,20	12	7	0,78	180	103
0,22	14	8	0,80	190	108
0,24	13	10	0,82	199	113
0,26	20	11	0,84	209	119
0,28	23	13	0,86	218	129
0,30	27	15	0,88	229	131
0,32	30	17	0,90	239	138
0,34	34	20	0,92	250	143
0,36	38	22	0,94	261	149
0,38	43	24	0,96	273	156
0,40	47	27	0,98	284	162
0,42	52	30	1,00	296	169
0,44	57	33	1,02	303	173
0,46	63	36	1,04	313	179

Ya determinados los límites de control en unidades de tiempo (minutos) para cada una de las operaciones que se desarrollan dentro del área de producción, se realizó un nuevo muestreo de 5 tiempos (en minutos) en base al “Método Tradicional” del sistema de valoración Westinghouse, pero esta vez tomando tiempos que estén dentro de los límites de control superior e inferior; esto con el fin de que no exista mucha variación en los cálculos. A continuación, en la Tabla 3.11 se observa los datos tomados y el cálculo de rango, media, desviación estándar y coeficiente de rango respectivamente.

**Tabla 3.11:** Cálculo de rango, media, desviación estándar y coeficiente de rango.

ACTIVIDADES	Muestras de tiempo consideradas dentro de los límites de control					R	$\bar{x}$	s	c
	1	2	3	4	5				
Clasificación de chatarra	300	300	300	300	300	0.00	300.00	0.00	0.00
Pesado de chatarra	1.99	2.08	2.10	2.03	2.13	0.14	2.07	0.06	0.07
Transporte chatarra al área de fundición	3.11	2.83	2.86	2.72	2.81	0.40	2.86	0.15	0.14
Transporte de bentonita al área de moldeo	1.67	1.69	1.61	1.59	1.61	0.09	1.63	0.04	0.06
Transporte de piedra caliza al área de fundición	5.27	5.38	5.29	5.39	5.28	0.12	5.32	0.06	0.02
Apilamiento de arena refractaria	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	0.00	56.01	0.00	0.00
Transporte de carbón coque al área de fundición	2.81	3.04	3.01	3.02	2.69	0.35	2.92	0.16	0.12
Cargar mezcladora con arena refractaria	0.52	0.54	0.61	0.61	0.58	0.09	0.57	0.04	0.16
Mezclar arena sílicea para moldes	2.31	2.26	2.25	2.31	2.26	0.06	2.28	0.03	0.03
Transporte de arena al área de moldeo	0.56	0.69	0.63	0.70	0.61	0.14	0.64	0.06	0.22
Conformado inferior de moldes	2.97	2.78	3.04	3.09	2.78	0.31	2.93	0.15	0.11
Preparación de cama del molde	0.54	0.65	0.56	0.68	0.65	0.14	0.62	0.06	0.22
Acomodar molde en la cama	0.24	0.22	0.24	0.27	0.23	0.05	0.24	0.02	0.21
Agregar grafito	0.11	0.12	0.10	0.10	0.11	0.02	0.11	0.01	0.19
Conformado superior de moldes	3.53	3.60	3.45	3.57	3.46	0.14	3.52	0.07	0.04
Agregar grafito	0.09	0.08	0.08	0.07	0.09	0.01	0.08	0.01	0.16
Retirar molde	1.01	1.06	1.12	0.99	1.19	0.20	1.07	0.08	0.19
Aireado del molde	0.32	0.31	0.28	0.30	0.33	0.05	0.31	0.02	0.17
Transporte de arena de moldeo	0.39	0.35	0.32	0.34	0.40	0.08	0.36	0.03	0.22
Enterrar moldes con arena	1.96	2.02	2.01	1.96	1.95	0.07	1.98	0.03	0.04
Encendido del horno	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	0.00	38.00	0.00	0.00
Tapar boca del horno	0.23	0.27	0.26	0.25	0.26	0.04	0.25	0.02	0.16
Llenado de chatarra al horno	3.72	3.47	3.54	3.75	3.61	0.28	3.62	0.12	0.08
Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno	1.46	1.38	1.33	1.34	1.37	0.13	1.38	0.05	0.09
Vaciado de colada a olla	0.37	0.40	0.38	0.41	0.39	0.04	0.39	0.02	0.11
Vaciado de colada a cuchara	0.22	0.21	0.18	0.19	0.20	0.04	0.20	0.02	0.22
Transporte de colada al molde	0.40	0.43	0.46	0.45	0.41	0.07	0.43	0.03	0.16
Colado de material en molde	0.79	0.87	0.87	0.81	0.85	0.08	0.84	0.04	0.10
Escoriado de colada	0.48	0.45	0.46	0.43	0.52	0.09	0.47	0.03	0.20
Colocar pesas a los moldes	1.08	0.97	1.10	1.08	0.95	0.15	1.04	0.07	0.14
Destapar respiraderos	1.50	1.53	1.52	1.55	1.47	0.08	1.51	0.03	0.05
Regresar a cargar	0.40	0.38	0.34	0.36	0.35	0.06	0.37	0.02	0.15
Calentar cuchara	11.15	10.59	11.11	10.58	10.85	0.57	10.86	0.27	0.05
Reparar cuchara con barro refractario	12.73	11.35	13.32	11.71	12.38	1.97	12.30	0.79	0.16
Reparar boca de horno	1.47	1.58	1.57	1.65	1.69	0.23	1.59	0.09	0.14
Enfriamiento de contrapesos	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	0.00	720.00	0.00	0.00
Extracción de producción	0.44	0.42	0.41	0.46	0.49	0.08	0.44	0.03	0.17
Corte de excedentes	0.10	0.12	0.10	0.11	0.12	0.02	0.11	0.01	0.20
Transporte de contrapesos al área de insumos terminados	1.50	1.59	1.44	1.49	1.70	0.26	1.54	0.10	0.17
Esmerilado de contrapeso	8.97	7.75	8.44	8.60	8.63	1.22	8.48	0.45	0.14
Apilar la producción	0.10	0.09	0.08	0.08	0.10	0.02	0.09	0.01	0.22
Cargar producción al camión	0.17	0.19	0.18	0.21	0.20	0.04	0.19	0.02	0.21

Ya determinados los coeficientes de rango, se realizó un sondeo general de cada una de las desviaciones estándar por cada una de las actividades y se determinó la mayor desviación, dicha

desviación será la guía para la selección del coeficiente el cual servirá para determinar el número de muestras de tiempo con un nivel del 95% de confianza y un nivel de precisión de  $\pm 5\%$  según el sistema de valoración Westinghouse. En la siguiente Tabla 3.12 se muestra el coeficiente mayor, lo que quiere decir que será necesario tomar 8 nuevas muestras que estén dentro de los límites de control anteriormente calculados, y que servirán para el cálculo del “Tiempo Estándar”.

**Tabla 3.12:** Coeficiente mayor.

<b>s</b>	<b>c</b>
0.79	0.16

### **Tiempo Promedio (T.P.)**

Para calcular el tiempo promedio o tiempo observado, se utilizó la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} \quad (3.8)$$

Donde:

$\Sigma x$ : Sumatoria de los tiempos de muestra

n: Número de muestras tomadas

### **Tiempo Normal (T.N.)**

La fórmula para el cálculo del “Tiempo Normal” es la siguiente:

$$\text{Tiempo Normal} = \text{Tiempo promedio} \cdot \% \text{ de valoración} \quad (3.9)$$

Donde:

% de valoración = valoración establecida por el evaluador.

## Tiempo Estándar (T.E.)

La fórmula para el cálculo del “Tiempo Estándar” es la siguiente:

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo Normal} \cdot (1 + \text{Suplementos}) \quad (3.10)$$

Donde los suplementos se obtienen de la siguiente Tabla 3.13, las valoraciones se dan de acuerdo al análisis de la persona que esté realizando la observación y como se ejecutan cada una de las operaciones.

**Tabla 3.13:** Sistema de suplementos por descanso.

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

Para determinar el valor de los suplementos, se ha optado solo para este apartado, el separar por subáreas cada una de las actividades que se desarrollan dentro de producción, esto se consideró ya que ciertas actividades por la manera en las que se ejecutan requirieren un grado diferente de valoración.

En la Tabla 3.14 se observa la subárea de recepción de materia prima y las actividades que se ejecutan dentro de esta. Mientras tanto en la Tabla 3.14 se detalla los suplementos considerados y calculados para la valoración de esta subárea, donde se obtuvo un valor del 14%.

**Tabla 3.14:** Actividades de la subárea de recepción de materia prima.

<b>Actividades subárea de recepción de materia prima</b>
Clasificación de chatarra
Pesado de chatarra
Transporte chatarra al área de fundición
Transporte de bentonita al área de moldeo
Transporte de piedra caliza al área de fundición
Apilamiento de arena refractaria
Transporte de carbón coque al área de fundición

**Tabla 3.15:** Suplementos por descanso (Subárea de recepción de materia prima).

<b>Suplementos por descanso</b>		
<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
a) Suplemento por trabajar de pie	2%	0.02
b) Suplemento por postura anormal	0%	0.00
c) Uso de fuerza/energía muscular	3%	0.03
<b>Total</b>	<b>14%</b>	<b>0.14</b>

En la Tabla 3.16 se observa la subárea de moldeo y las actividades que se ejecutan dentro de esta. Mientras tanto en la Tabla 3.17 se detalla los suplementos considerados y calculados para la valoración de esta subárea, donde se obtuvo un valor del 15%.

**Tabla 3.16:** Actividades de la subárea de moldeo.

<b>Actividades subárea de moldeo</b>
Cargar mezcladora con arena refractaria
Mezclar arena sílicea para moldes
Transporte de arena al área de moldeo
Conformado inferior de moldes
Preparación de cama del molde
Acomodar molde en la cama
Agregar grafito
Conformado superior de moldes
Agregar grafito
Retirar molde
Aireado del molde
Transporte de arena de moldeo
Enterrar moldes con arena

**Tabla 3.17:** Suplementos por descanso (Subárea de moldeo).

<b>Suplementos por descanso</b>		
<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
a) Suplemento por trabajar de pie	2%	0.02
b) Suplemento por postura anormal	2%	0.02
c) Uso de fuerza/energía muscular	1%	0.01
i) Monotonía mental	1%	0.01
<b>Total</b>	<b>15%</b>	<b>0.15</b>

En la Tabla 3.18 se observa la subárea de fundición y procesos en el horno, aquí se observan las actividades que se ejecutan dentro de esta. Mientras tanto en la Tabla 3.19 se detalla los suplementos considerados y calculados para la valoración de esta subárea, donde se obtuvo un valor del 20%.

**Tabla 3.18:** Actividades de la subárea de fundición y procesos del horno.

<b>Actividades subárea de fundición y procesos en el horno</b>
Encendido del horno
Tapar boca del horno
Llenado de chatarra al horno
Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno
Vaciado de colada a olla
Vaciado de colada a cuchara
Transporte de colada al molde
Colado de material en molde
Escoriado de colada
Colocar pesas a los moldes
Destapar respiraderos
Regresar a cargar
Calentar cuchara
Reparar cuchara con barro refractario
Reparar boca de horno
Enfriamiento de contrapesos
Extracción de producción
Corte de excedentes

**Tabla 3.19:** Suplementos por descanso (Subárea de fundición y procesos del horno).

<b>Suplementos por descanso</b>		
<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
a) Suplemento por trabajar de pie	2%	0.02
b) Suplemento por postura anormal	2%	0.02
c) Uso de fuerza/energía muscular	4%	0.04
f) Tensión visual	2%	0.02
h) Tensión mental	1%	0.01
<b>Total</b>	<b>20%</b>	<b>0.20</b>

En la Tabla 3.20 se observa la subárea de insumos terminados, aquí se observan las actividades que se ejecutan dentro de esta. Mientras tanto en la Tabla 3.21 se detalla los suplementos considerados y calculados para la valoración de esta subárea, donde se obtuvo un valor del 35%.

**Tabla 3.20:** Actividades de la subárea de insumos terminados.

<b>Actividades subárea de insumos terminados</b>
Transporte de contrapesos al área de insumos terminados
Esmerilado de contrapeso
Apilar la producción
Cargar producción a camión

**Tabla 3.21:** Suplementos por descanso (Subárea de insumos terminados).

<b>Suplementos por descanso</b>		
<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
a). Suplemento por trabajar de pie	2%	0.02
b) Suplemento por postura anormal	2%	0.02
c) Uso de fuerza/energía muscular	17%	0.17
g) Ruido	5%	0.05
<b>Total</b>	<b>35%</b>	<b>0.35</b>

Luego de haber determinado los porcentajes de valoración de actuación en base al sistema Westinghouse para cada una de las actividades, y el porcentaje de suplementos por subárea dentro de producción, se obtuvo la siguiente Tabla 3.22 donde se considera el tamaño de la muestra que fue  $n=8$  (muestras en unidades de tiempo) las cuales tienen un nivel del 95% de confianza y un nivel de precisión de  $\pm 5\%$ , así mismo, el cálculo del tiempo promedio, tiempo normal y tiempo estándar para cada una de las actividades que se desarrollan respectivamente.

**Tabla 3.22:** Cálculo del tiempo estándar por actividad.

Actividades	Muestras de tiempo con un nivel del 95% de confianza y un nivel de precisión de +-5%								T.P.	% de valoración	T.N.	T.E.
	1	2	3	4	5	6	7	8				
Clasificación de chatarra	300	300	300	300	300	300	300	300	300.00	53%	158.34	158.34
Pesado de chatarra	1.99	2.08	2.10	2.03	2.13	1.54	1.54	1.49	1.86	88%	1.64	1.64
Transporte chatarra al área de fundición	3.11	2.83	2.86	2.72	2.81	3.15	2.97	2.88	2.92	85%	2.48	2.48
Transporte de bentonita al área de moldeo	1.67	1.69	1.61	1.59	1.61	1.59	1.64	1.64	1.63	81%	1.32	1.32
Transporte de piedra caliza al área de fundición	5.27	5.38	5.29	5.39	5.28	5.18	5.25	5.16	5.28	59%	3.11	3.11
Apilamiento de arena refractaria	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	65%	36.23	36.23
Transporte de carbón coque al área de fundición	2.81	3.04	3.01	3.02	2.69	3.03	2.85	2.62	2.88	70%	2.03	2.03
Cargar mezcladora con arena refractaria	0.52	0.54	0.61	0.61	0.58	0.52	0.62	0.62	0.58	64%	0.37	0.37
Mezclar arena sílicea para moldes	2.31	2.26	2.25	2.31	2.26	2.24	2.30	2.24	2.27	83%	1.88	1.88
Transporte de arena al área de moldeo	0.56	0.69	0.63	0.70	0.61	0.66	0.43	0.54	0.60	83%	0.50	0.50
Conformado inferior de moldes	2.97	2.78	3.04	3.09	2.78	2.75	2.82	2.85	2.89	58%	1.67	1.67
Preparación de cama del molde	0.54	0.65	0.56	0.68	0.65	0.58	0.70	0.66	0.63	82%	0.52	0.52
Acomodar molde en la cama	0.24	0.22	0.24	0.27	0.23	0.24	0.21	0.19	0.23	57%	0.13	0.13
Agregar grafito	0.11	0.12	0.10	0.10	0.11	0.10	0.15	0.09	0.11	77%	0.08	0.08
Conformado superior de moldes	3.53	3.60	3.45	3.57	3.46	3.62	3.57	3.62	3.55	95%	3.36	3.36
Agregar grafito	0.09	0.08	0.08	0.07	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	77%	0.06	0.06
Retirar molde	1.01	1.06	1.12	0.99	1.19	0.95	0.89	0.84	1.01	68%	0.68	0.68
Aireado del molde	0.32	0.31	0.28	0.30	0.33	0.31	0.35	0.35	0.32	64%	0.20	0.20
Transporte de arena de moldeo	0.39	0.35	0.32	0.34	0.40	0.47	0.39	0.37	0.38	72%	0.27	0.27
Enterrar moldes con arena	1.96	2.02	2.01	1.96	1.95	2.01	1.96	2.09	1.99	98%	1.96	1.96
Encendido del horno	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	94%	35.60	35.60
Tapar boca del horno	0.23	0.27	0.26	0.25	0.26	0.30	0.32	0.31	0.27	99%	0.27	0.27
Llenado de chatarra al horno	3.72	3.47	3.54	3.75	3.61	3.51	3.67	3.51	3.60	64%	2.30	2.30
Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno	1.46	1.38	1.33	1.34	1.37	1.22	1.40	1.27	1.35	74%	0.99	0.99
Vaciado de colada a olla	0.37	0.40	0.38	0.41	0.39	0.41	0.42	0.32	0.39	85%	0.33	0.33
Vaciado de colada a cuchara	0.22	0.21	0.18	0.19	0.20	0.22	0.18	0.19	0.20	63%	0.13	0.13
Transporte de colada al molde	0.40	0.43	0.46	0.45	0.41	0.46	0.43	0.47	0.44	55%	0.24	0.24
Colado de material en molde	0.80	0.87	0.87	0.81	0.85	0.81	0.86	0.81	0.83	61%	0.51	0.51
Escoriado de colada	0.48	0.45	0.46	0.43	0.52	0.50	0.47	0.56	0.48	91%	0.44	0.44
Colocar pesas a los moldes	1.08	0.97	1.10	1.08	0.95	0.85	0.94	1.06	1.00	65%	0.65	0.65
Destapar respiraderos	1.50	1.53	1.52	1.55	1.47	1.30	1.60	1.53	1.50	56%	0.84	0.84
Regresar a cargar	0.40	0.38	0.34	0.36	0.35	0.43	0.43	0.32	0.38	64%	0.24	0.24
Calentar cuchara	11.15	10.59	11.11	10.58	10.85	10.56	10.81	10.75	10.80	76%	8.24	8.24
Reparar cuchara con barro refractario	12.73	11.35	13.32	11.71	12.38	13.23	13.84	12.96	12.69	82%	10.46	10.46
Reparar boca de horno	1.47	1.58	1.57	1.65	1.69	1.49	1.35	1.58	1.55	83%	1.29	1.29
Enfriamiento de contrapesos	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	68%	491.73	491.73
Extracción de producción	0.44	0.42	0.41	0.46	0.49	0.33	0.31	0.41	0.41	53%	0.21	0.21
Corte de excedentes	0.10	0.12	0.10	0.11	0.12	0.11	0.14	0.13	0.12	57%	0.07	0.07
Transporte de contrapesos al área de insumos terminados	1.50	1.59	1.44	1.49	1.70	1.62	1.48	1.46	1.54	75%	1.15	1.15
Esmerilado de contrapeso	8.97	7.75	8.44	8.60	8.63	8.54	5.83	8.76	8.19	97%	7.91	7.91
Apilar la producción	0.10	0.09	0.08	0.08	0.10	0.08	0.09	0.07	0.09	53%	0.05	0.05
Cargar producción al camión	0.17	0.19	0.18	0.21	0.20	0.18	0.17	0.19	0.18	83%	0.15	0.15

Después de que se haya determinado el tiempo estándar para cada una de las actividades que se desarrollan dentro del área de producción, se procedió a calcular el Tiempo Estándar Total (T.E.T) el cual representa el tiempo necesario para la producción de un molde de contrapesos. La fórmula para calcular el Tiempo Estándar Total (T.E.T) es la siguiente:

$$T. E. T = \sum \text{tiempos estándar parciales} \quad (3.11)$$

El cálculo del Tiempo Estándar Total de fabricación de un molde dio como resultado un valor de 925.26 min/molde (15.42 h/molde), esto se puede apreciar en la Tabla 3.23:

**Tabla 3.23:** Tiempo estándar de fabricación.

<b>Tiempo Estándar</b>	925.26	min/molde
<b>Total</b>	15.42	h/molde

### Cálculo de la eficiencia de tiempo de producción ( $\eta$ )

La eficiencia en el contexto de producción se puede calcular comparando el tiempo de producción con el tiempo estándar total. La fórmula para el cálculo de la eficiencia es la siguiente:

$$\eta = \frac{T. E. T.}{T. R.} \cdot 100 \quad (3.12)$$

Donde:

**Tiempo estándar total (T.E.T.):** Es el tiempo que se estima necesario para fabricar un molde según el estándar establecido.

**Tiempo real de producción (T.R.):** Es el tiempo real que lleva completar las actividades de producción, medido mediante la toma de tiempos en el proceso real.

Con la aplicación de esta fórmula se logró obtener la eficiencia en cuanto a producción, de igual manera es necesario considerar que una jornada de trabajo es de 8 h/d (480 min/d).

$$\eta = \frac{8 \text{ h}}{15.42 \text{ h}} \cdot 100$$

$$\eta = 51.88\%$$

Esto significa que la empresa labora con una eficiencia del 51.88%, esto puede deberse a que existen actividades que no generen valor dentro del proceso de producción o que estén requiriendo más tiempo del estimado, también es necesario considerar el desempeño y manera

de trabajar del personal, ya que al ser un proceso de fabricación artesanal este depende en su mayoría de los operarios y su manera de ejecutar cada una de las actividades.

### **Cálculo de la producción en base a la eficiencia**

Considerando que la jornada laboral de FUTEC es de 8 horas diarias por 5 días a la semana; lo que resulta que al mes laboran 160 horas, es posible calcular la producción en base al tiempo estándar actual. La fórmula para el cálculo de producción es la siguiente:

$$P = \frac{T.D.}{T.E.T}$$

Donde:

P=Producción.

T.D.=Tiempo disponible.

T.E.T.=Tiempo estándar total

$$P = \frac{160 \text{ h}}{15.42 \text{ h}}$$

$$P = 10.38 \text{ moldes} \approx 10 \text{ moldes}$$

Considerando que 1 molde contiene 2 contrapesos de 30 kg, la producción al mes con la eficiencia actual de producción sería aproximadamente de 20 contrapesos de 30 kg.

### **3.2.3 Actividades del objetivo 3**

**Diseñar una propuesta de mejora que mediante la estandarización permita aumentar la eficiencia del proceso de producción.**

- **Actividad 1: Reducción de actividades innecesarias en el proceso de fabricación de contrapesos.**

Por la falta de documentación técnica de la empresa, existió la necesidad de elaborar un manual de procedimientos del área de producción para la fabricación de contrapesos de 30 kg

perteneciente a la microempresa “FUTEC”, este servirá como guía para la ejecución de las actividades y estandarizar las operaciones que se desarrollan dentro de esta área, este manual de procedimientos orientará a los empleados tanto nuevos como antiguos, para lo cual esta información debe ser socializada para cada una de las personas que laboran en esta empresa.

El manual de procedimientos que se ha elaborado está constituido de las siguientes partes:

- 1) Portada
- 2) Propósito
- 3) Alcance
- 4) Definiciones y Acrónimos
- 5) Responsabilidades
- 6) Procedimiento
- 7) Acciones correctivas
- 8) Tabla de control de cambios

Además, aplicando el método inductivo se logró desarrollar propuestas para la disminución de actividades que no generan valor al proceso de producción y también recomendaciones para mejorar el desarrollo y tiempo de ciertas actividades que se ejecutan dentro de esta área, de esta forma se logró una mejora significativa. Para realizar las recomendaciones, se ha considerado el uso de la metodología de las 5's, se trata de un método pensado para dar orden y sentido a las dinámicas de trabajo, atendiendo situaciones de desorganización, las cuales son notorias en la microempresa.

El uso de la metodología de las 5's (clasificación, orden, limpieza, estandarización y disciplina) en el proceso de producción de contrapesos de 30 kg busca mejorar la eficiencia y la calidad del producto. La fase inicial de clasificación se centrará en identificar y eliminar elementos innecesarios en el espacio de trabajo, optimizando así el uso del área y reduciendo posibles desperdicios. A continuación, la etapa de orden establecerá sistemas para organizar de manera

eficiente herramientas y materiales, mejorando la accesibilidad y reduciendo tiempos de búsqueda.

El uso de medidas de limpieza promoverá un entorno laboral más seguro y limpio, reduciendo riesgos y mejorando las condiciones para la fabricación de contrapesos. La estandarización de procesos documentará cada una de las actividades realizadas durante la producción de contrapesos. Finalmente, la promoción de una cultura de disciplina fomentará el compromiso y la adherencia a los estándares establecidos, aumentando la eficiencia en el área de producción como se muestra en la Tabla 3.24.

**Tabla 3.24:** Acciones para el personal en base a las 5S.

<b>Actividad</b>	<b>Etapa de las 5S</b>	<b>Acciones para el Personal</b>
Pesado de chatarra	Clasificación	Capacitar al personal para identificar y clasificar la chatarra. Con esto se busca identificar elementos esenciales y cuáles son los no necesarios para optimizar el espacio. Descartar lo no necesario.
Transporte de bentonita al área de moldeo	Orden	Establecer procedimientos claros para organizar el transporte de bentonita. El objetivo es definir rutas y métodos de transporte eficientes y capacitar al personal sobre la disposición adecuada.
Transporte de piedra caliza al área de fundición	Orden	Designar responsables para organizar y mantener el área de almacenamiento de piedra caliza con el fin de reducir el tiempo de transporte.
Apilamiento de arena refractaria	Orden	Realizar una inspección de la arena antes de ingresar con la maquinaria con el fin de evitar objetos que puedan intervenir con la actividad.
Transporte de carbón coque al área de fundición	Orden	Establecer procedimientos organizados para el transporte eficiente del carbón coque como la implementación de equipos para el transporte de los sacos. Capacitar al personal sobre su manejo adecuado.
Cargar mezcladora con arena refractaria	Limpieza	Establecer rutinas de limpieza para mantener la mezcladora y su entorno limpios y libres de residuos esto con el fin de evitar desgastes o fallas en la mezcladora por residuos que se encuentren en la arena por fundiciones anteriores.
Mezclar arena silíceo para moldes	Limpieza	Establecer envases de medición con el fin de mantener la misma medición de bentonita y agua para la mezcla de la arena.
Transporte de arena al área de moldeo	Orden	Establecer un sistema organizado para el transporte de arena al área de moldeo, como definir pasillos peatonales para el movimiento dentro de la empresa.
Conformado inferior de moldes	Estandarización	Documentar y estandarizar el proceso de conformado para mantener la consistencia en la calidad de la arena, y a su vez la calidad de los moldes. Capacitar a los trabajadores sobre el correcto conformado de los moldes.

Preparación de cama del molde	Estandarización	Establecer procedimientos estándar para preparar la cama del molde, manteniendo la consistencia en la calidad.
Acomodar molde en la cama	Estandarización	Definir y documentar los pasos para colocar el molde en la cama de manera uniforme y eficiente.
Agregar grafito	Estandarización	Establecer protocolos estándar para agregar grafito a los moldes, es decir establecer una medida para cada molde y manteniendo la consistencia en la calidad.
Conformado inferior de moldes	Estandarización	Documentar y estandarizar el proceso de conformado para mantener la consistencia en la calidad de la arena, y a su vez la calidad de los moldes. Capacitar a los trabajadores sobre el correcto conformado de los moldes.
Agregar grafito	Estandarización	Establecer protocolos estándar para agregar grafito a los moldes, es decir establecer una medida para cada molde y manteniendo la consistencia en la calidad.
Retirar molde	Estandarización	Documentar y estandarizar el proceso de retirar el molde para mantener la eficiencia y la calidad. Esto con el fin de evitar desbordamientos que interfieran en las actividades de colado.
Aireado del molde	Estandarización	Establecer procedimientos estándar para el aireado de moldes, ya que al no hacerse de forma correcta puede provocar desbordamientos.
Transporte de arena de moldeo	Orden	Establecer un sistema organizado para el transporte de arena al área de moldeo, como definir pasillos peatonales para el movimiento dentro de la empresa.
Enterrar moldes con arena	Orden	Establecer un método organizado para enterrar los moldes con arena. Capacitar al personal para realizarlo de manera eficiente.
Encendido del horno	Orden	Establecer procedimientos organizados y seguros para encender el horno. Capacitar al personal sobre los protocolos de seguridad.
Tapar boca del horno	Orden	Establecer un método organizado para tapar la boca del horno. Capacitar al personal sobre los protocolos de seguridad.
Llenado de chatarra al horno	Orden	Establecer un sistema organizado para el llenado de chatarra en el horno. Capacitar al personal sobre los procedimientos adecuados.
Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno	Orden	Establecer un método organizado para el llenado de carbón coque y piedra caliza en el horno. Capacitar al personal sobre los procedimientos adecuados.
Vaciado de colada a olla	Orden	Establecer procedimientos organizados para el vaciado de la colada en la olla. Capacitar al personal sobre la seguridad en el manejo de la olla.
Vaciado de colada a cuchara	Orden	Establecer un sistema organizado para el vaciado de la colada en la cuchara. Capacitar al personal sobre los procedimientos adecuados y de seguridad.
Transporte de colada al molde	Orden	Organizar un sistema eficiente para el transporte de colada al molde. Capacitar al personal sobre el manejo seguro de la colada.
Colado de material en molde	Orden	Establecer un método organizado para el colado de material en el molde. Capacitar al personal sobre los procedimientos de colado.

Colocar pesas a los moldes	Orden	Organizar un sistema para colocar pesas en los moldes de manera eficiente. Capacitar al personal sobre los métodos adecuados.
Destapar respiraderos	Orden	Establecer un sistema organizado para destapar los respiraderos de los moldes. Capacitar al personal sobre los procedimientos de seguridad.
Regresar a cargar	Orden	Establecer procedimientos organizados para volver a cargar los materiales necesarios. Capacitar al personal sobre el flujo de trabajo.
Calentar cuchara	Orden	Organizar un sistema eficiente para calentar la cuchara. Capacitar al personal sobre los procedimientos seguros.
Reparar boca de horno	Orden	Establecer procedimientos organizados para reparar la boca del horno. Capacitar al personal sobre los métodos adecuados.
Enfriamiento de contrapesos	Orden	Organizar un sistema para el enfriamiento eficiente de los contrapesos. Capacitar al personal sobre los métodos de enfriamiento.
Extracción de producción	Orden	Establecer un método organizado para la extracción de la producción. Capacitar al personal sobre los procedimientos adecuados.
Corte de excedentes	Orden	Organizar un sistema para cortar los excedentes de manera eficiente. Capacitar al personal sobre los métodos adecuados.
Transporte de contrapesos al área de insumos terminados	Orden	Establecer procedimientos organizados para el transporte de contrapesos terminados. Capacitar al personal sobre el manejo adecuado.
Esmerilado de contrapeso	Orden	Establecer rutinas de limpieza para mantener el equipo de esmerilado limpio y en condiciones óptimas.
Apilar la producción	Orden	Organizar un sistema para apilar los contrapesos de manera eficiente.
Cargar producción al camión	Orden	Establecer procedimientos organizados para cargar los contrapesos en el camión. Capacitar al personal sobre los métodos adecuados.

La disciplina para el desarrollo de mejoras operativas es crucial. Mantener un enfoque disciplinado implica no solo seguir las pautas y procedimientos establecidos, sino también cultivar un compromiso constante con la propia empresa. Esto se logra mediante una comunicación clara y continua sobre las prácticas optimizadas, garantizando que cada miembro del equipo esté plenamente consciente de su papel en la aplicación de estas mejoras. La supervisión regular y la retroalimentación constructiva son elementos clave para reforzar este compromiso. Con una disciplina arraigada, se asegura que las acciones propuestas se ejecuten consistentemente, lo que conduce a una mejora tangible en los tiempos de producción y la eficiencia general del proceso.

En las tablas: Tabla 3.25 y Tabla 3.26, se detallan las actividades que fueron eliminadas del proceso de producción y que no generaban valor.

**Tabla 3.25:** Actividades eliminadas de la subárea de recepción de materia prima.

<b>Subárea de recepción de materia prima</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Justificación</b>
Transporte chatarra a la subárea de fundición	Al existir espacio junto al horno de fundición sería de gran utilidad apilar aquí toda la chatarra apenas sea recibida y no lejos del área de fundición como se lo ha venido haciendo siempre, con esto se podría eliminar esta actividad que no genera valor al proceso de producción.

**Tabla 3.26:** Actividades eliminadas de la subárea de fundición y procesos del horno.

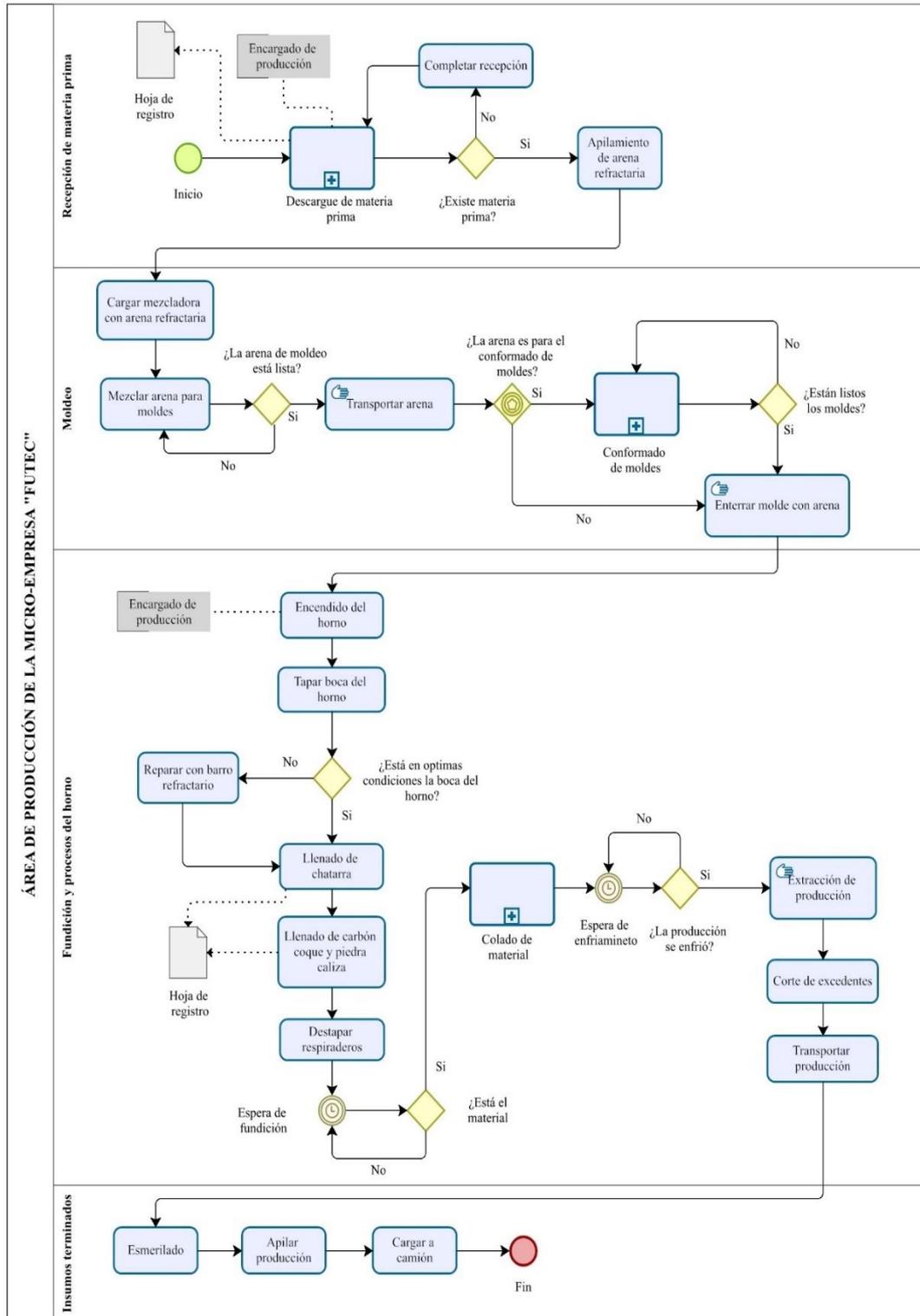
<b>Subárea de fundición y procesos en el horno</b>	
<b>Actividad</b>	<b>Justificación</b>
Escoriado de colada	Al agregar un borde en la cuchara se realizaría un colado más limpio sin escorias y así eliminando esta actividad y la persona que se ocupa para esta actividad podría desempeñar otra tarea que si
Reparar cuchara con barro refractario	Agregar mas cucharas a la producción haría posible de que esta actividad se limite y se pueda eliminar, disminuyendo así el tiempo de operación.

A continuación, en la Tabla 3.27, se detallan las actividades por subárea que forman parte de producción cada una con una propuesta para su optimización y mejora de la eficiencia.

**Tabla 3.27:** Propuestas para mejorar el desempeño en el área de producción.

<b>Actividades</b>	<b>Propuesta</b>
Clasificación y pesado de chatarra	Integrar ambas tareas aseguraría que, al llegar la chatarra a la planta, se clasifique y pese en el mismo día, agilizando así la preparación para la jornada de fundición.
Transporte de bentonita a la subárea de moldeo	Implementar el uso de montacargas.
Transporte de carbón coque a la subárea de fundición	Implementar el uso de montacargas.
Cargar mezcladora con arena refractaria	Añadir otra persona a esta actividad con el fin de reducir el tiempo de operación.
Mezclar arena silíceo para moldes	Realizar mantenimientos preventivos a la mezcladora.
Conformado inferior de moldes	Capacitar a los trabajadores sobre una buena ejecución de las actividades laborales.
Preparación de cama del molde	
Acomodar molde en la cama	
Agregar grafito	
Conformado superior de moldes	
Agregar grafito	
Retirar molde	
Aireado del molde	
Enterrar moldes con arena	Capacitar a los trabajadores sobre una buena ejecución de las actividades laborales.
Encendido del horno	Capacitar a los trabajadores sobre una buena ejecución de las actividades laborales, es decir, ser cautelosos.
Tapar boca del horno	
Vaciado de colada a olla	Capacitar a los trabajadores sobre una buena ejecución de las actividades laborales, es decir, ser cautelosos.
Vaciado de colada a cuchara	
Transporte de colada al molde	
Colado de material en molde	Agregar un borde a la cuchara para colar un material sin escoria, ayudaría a la operación a disminuir significativamente el tiempo de ejecución
Destapar respiraderos	Capacitar a los trabajadores sobre una buena ejecución de las actividades laborales, es decir, ser cautelosos.
Regresar a cargar	
Calentar cuchara	
Reparar boca de horno	Capacitar a los trabajadores sobre una buena ejecución de las actividades laborales, es decir, ser cautelosos.
Transporte de contrapesos a la subárea de insumos terminados	Implementar el uso de montacargas.
Cargar producción a camión	Implementar el uso de montacargas.

- **Actividad 2: Elaboración de los diagramas de procesos propuestos que intervienen en la fabricación de contrapesos.**



**Figura 3.41:** Diagrama de procesos propuesto en el software Bizagi.

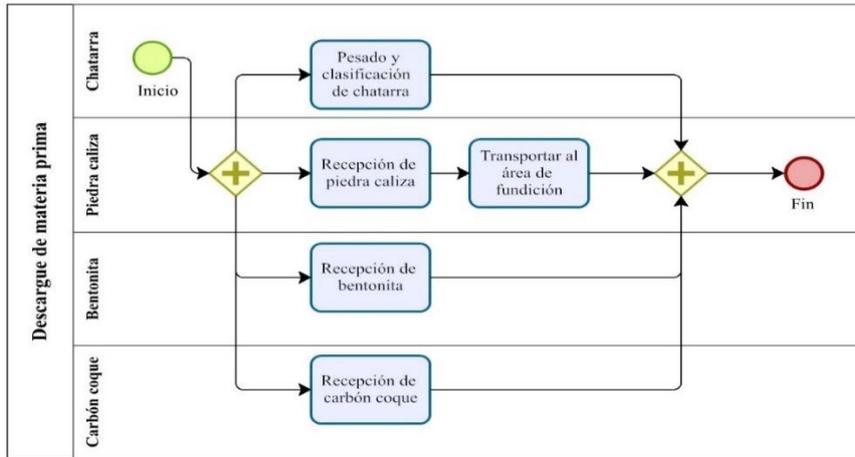


Figura 3.42: Propuesta del subproceso de la recepción de materia prima.

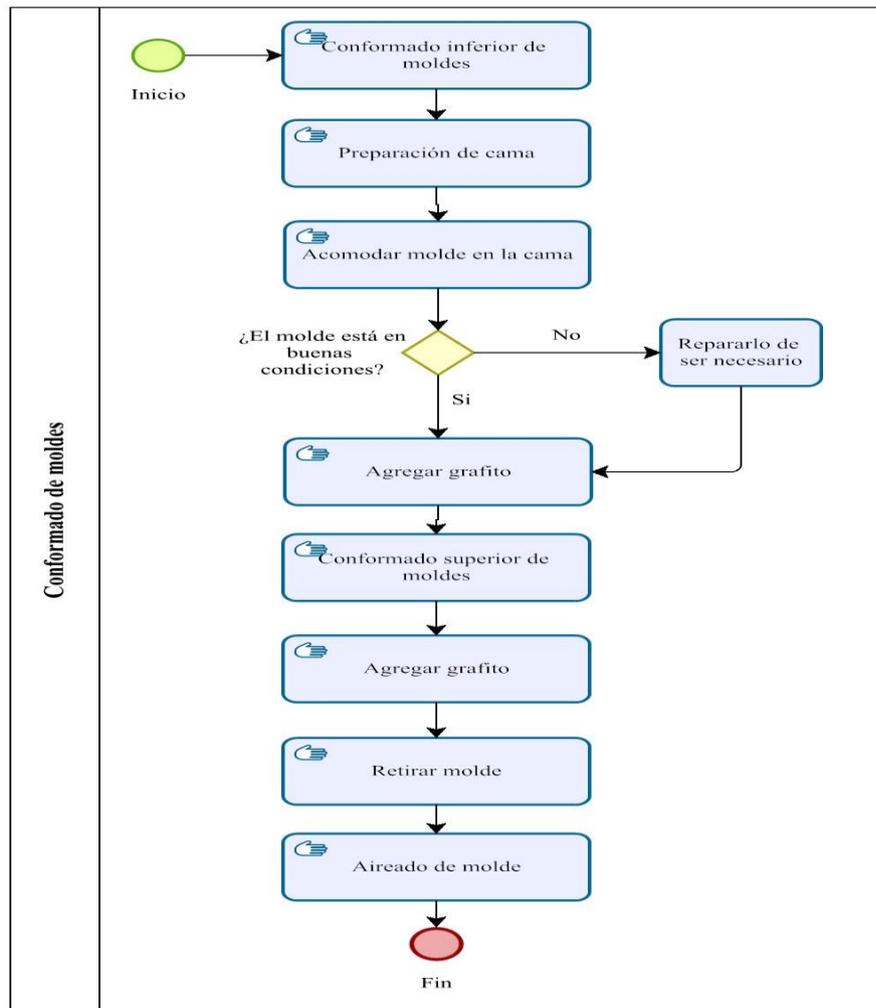
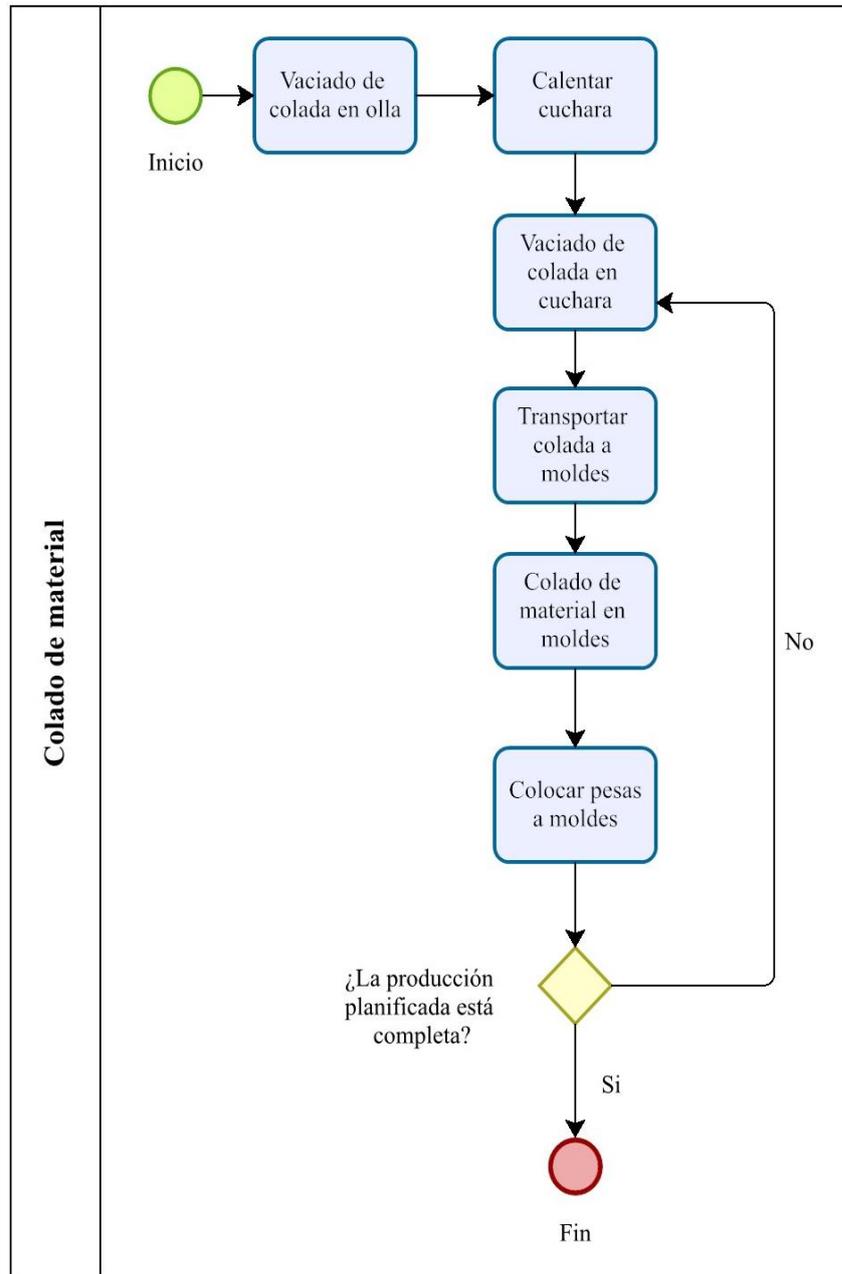


Figura 3.43: Propuesta del subproceso de conformado de moldes.



**Figura 3.44:** Propuesta del subproceso de colado de material.

El diagrama de procesos propuesto se muestra un cambio significativo en las actividades realizadas en el área de producción. Principalmente porque se propone una reducción de 41 actividades a 38. Dichas actividades eliminadas son el transporte chatarra al área de fundición, esta actividad puede eliminarse si se descarga directamente la chatarra junto al horno para su respectiva clasificación tal y como se muestra en la Figura 3.41.

En el subproceso de recepción de materia prima se elimina la actividad de transporte de chatarra, es siempre y cuando la chatarra se descargue directamente junto al horno. Esta acción disminuiría el tiempo de trabajo considerablemente, además de dejar libre a un trabajador que puede ocuparse de otras actividades en el proceso. La eliminación de la actividad se puede evidenciar en la Figura 3.42. Otro cambio presente es la combinación de la clasificación y el pesado de la chatarra con el fin de disminuir el tiempo de dicha actividad.

Otra de las actividades eliminadas es el escoriado de la colada, dicha actividad se puede remover si en la cuchara se realiza un bebedero con barro refractario, el cual deje un paso libre a la colada y retenga a la escoria. A su vez la actividad de reparar cuchara con barro refractario puede eliminarse en el proceso de fundición si se implementan más cucharas. Cabe recalcar que se eliminaría dentro de las actividades durante la fundición, pero dicha actividad se puede realizar en días de limpieza para que las cucharas estén listas para las siguientes actividades, las actividades eliminadas se pueden evidenciar en la Figura 3.44.

Las actividades seguirían siendo las mismas a excepción de la recepción de la bentonita y el carbón coque, donde se propone implementar un montacargas manual, así mismo con el transporte de la producción al área de insumos terminados. Esto se realizaría con el fin de disminuir el tiempo y evitar las cargas excesivas.

- **Actividad 3: Cálculo del valor de eficiencia proyectada.**

Después de haber eliminado las actividades que no generaban valor en el proceso de producción de moldes de contrapeso de 30 kg y haber realizado propuestas que optimizarían cada una de las diferentes actividades que se desarrollan dentro de esta área, se ha logrado calcular la eficiencia proyectada.

Para determinar el valor de los suplementos, se continuó considerando el separar por subáreas cada una de las actividades. En la Tabla 3.28 se observa la subárea de recepción de materia prima con las actividades propuestas para mejorar la eficiencia. Mientras tanto en la Tabla 3.29 se detalla los suplementos considerados y calculados para la valoración de esta subárea, donde se obtuvo un valor del 12%.

**Tabla 3.28:** Actividades propuestas de la subárea de la recepción de materia prima.

<b>Actividades subárea de recepción de materia prima</b>
Clasificación y pesado de chatarra
Transporte de bentonita al área de moldeo
Transporte de piedra caliza al área de fundición
Apilamiento de arena refractaria
Transporte de carbón coque al área de fundición

**Tabla 3.29:** Suplementos por descanso (Subárea de recepción de materia prima).

<b>Suplementos por descanso</b>		
<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
a) Suplemento por trabajar de pie	2%	0.02
b) Suplemento por postura anormal	0%	0
c) Uso de fuerza/energía muscular	1%	0.01
<b>Total</b>	<b>12%</b>	<b>0.12</b>

En la Tabla 3.30 se observa la subárea de moldeo y las actividades propuestas para mejorar la eficiencia. Mientras tanto en la Tabla 3.31 se detalla los suplementos considerados y calculados para la valoración de esta subárea, donde se obtuvo un valor del 13%.

**Tabla 3.30:** Actividades propuestas de la subárea de moldeo.

<b>Actividades subárea de moldeo</b>
Cargar mezcladora con arena refractaria
Mezclar arena silíceo para moldes
Transporte de arena al área de moldeo
Conformado inferior de moldes
Preparación de cama del molde
Acomodar molde en la cama
Agregar grafito
Conformado superior de moldes
Agregar grafito
Retirar molde
Aireado del molde
Transporte de arena de moldeo
Enterrar moldes con arena

**Tabla 3.31:** Suplementos por descanso (Subárea de moldeo).

<b>Suplementos por descanso</b>		
<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
a) Suplemento por trabajar de pie	2%	0.02
b) Suplemento por postura anormal	2%	0.02
c) Uso de fuerza/energía muscular	0%	0
i) Monotonía mental	0%	0
<b>Total</b>	<b>13%</b>	<b>0.13</b>

En la Tabla 3.32 se observa la subárea de fundición y procesos en el horno, aquí se observan las actividades propuestas para mejorar la eficiencia. Mientras tanto en la Tabla 3.33 se detalla los suplementos considerados y calculados para la valoración de esta subárea, donde se obtuvo un valor del 17%.

**Tabla 3.32:** Actividades propuestas de la subárea de fundición y procesos en el horno.

<b>Actividades subárea de fundición y procesos en el horno</b>
Encendido del horno
Tapar boca del horno
Llenado de chatarra al horno
Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno
Vaciado de colada a olla
Vaciado de colada a cuchara
Transporte de colada al molde
Colado de material en molde
Colocar pesas a los moldes
Destapar respiraderos
Regresar a cargar
Calentar cuchara
Reparar boca de horno
Enfriamiento de contrapesos
Extracción de producción
Corte de excedentes

**Tabla 3.33:** Suplementos por descanso (Subárea de fundición y procesos en el horno).

<b>Suplementos por descanso</b>		
<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
a) Suplemento por trabajar de pie	2%	0.02
b) Suplemento por postura anormal	2%	0.02
c) Uso de fuerza/energía muscular	2%	0.02
f) Tensión visual	2%	0.02
h) Tensión mental	0%	0
<b>Total</b>	<b>17%</b>	<b>0.17</b>

En la Tabla 3.34 se observa la subárea de insumos terminados, aquí se observan las actividades requeridas para mejorar la eficiencia. Mientras tanto en la Tabla 3.35 se detalla los suplementos considerados y calculados para la valoración de esta subárea, donde se obtuvo un valor del 35%.

**Tabla 3.34:** Actividades propuestas de la subárea de insumos terminados.

<b>Actividades subárea de insumos terminados</b>
Transporte de contrapesos al área de insumos
Esmerilado de contrapeso
Apilar la producción
Cargar producción a camión

**Tabla 3.35:** Suplementos por descanso (Subárea de insumos terminados).

<b>Suplementos por descanso</b>		
<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
a). Suplemento por trabajar de pie	2%	0.02
b) Suplemento por postura anormal	2%	0.02
c) Uso de fuerza/energía muscular	17%	0.17
g) Ruido	5%	0.05
<b>Total</b>	<b>35%</b>	<b>0.35</b>

Luego de haber determinado los porcentajes de valoración de actuación en base al sistema Westinghouse para cada una de las actividades propuestas para mejorar la eficiencia del área de producción, y el porcentaje de suplementos, se obtuvo la siguiente Tabla 3.36 donde se consideró el tamaño de la muestra  $n=8$  (muestras en unidades de tiempo) que poseen un nivel del 95% de confianza y un nivel de precisión de  $\pm 5\%$ , así mismo el cálculo del tiempo promedio, tiempo normal y tiempo estándar para cada una de las actividades que forman parte de la propuesta para mejorar la eficiencia.

**Tabla 3.36:** Cálculo del tiempo promedio, tiempo normal y tiempo estándar.

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	T.P.	% de valoración	T.N.	T.E.
Clasificación y pesado de chatarra	120.10	120.12	120.11	120.10	120.11	120.00	120.10	120.10	120.09	75%	90.07	90.07
Transporte de bentonita al área de moldeo	1.00	1.02	1.03	1.01	1.00	0.99	1.10	1.05	1.03	60%	0.62	0.62
Transporte de piedra caliza al área de fundición	5.32	5.30	5.17	5.30	5.17	5.21	5.30	5.42	5.27	59%	3.10	3.10
Apilamiento de arena refractaria	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	56.01	65%	36.23	36.23
Transporte de carbón coque al área de fundición	1.81	1.80	1.83	1.81	1.82	1.83	1.82	1.81	1.82	60%	1.09	1.09
Cargar mezcladora con arena refractaria	0.28	0.29	0.28	0.30	0.30	0.31	0.27	0.28	0.29	80%	0.23	0.23
Mezclar arena sílicea para moldes	2.24	2.28	2.25	2.31	2.23	2.30	2.28	2.25	2.27	83%	1.88	1.88
Transporte de arena al área de moldeo	0.53	0.44	0.38	0.50	0.47	0.43	0.37	0.63	0.47	83%	0.39	0.39
Conformado inferior de moldes	3.00	3.10	2.90	2.75	2.80	2.96	2.89	2.89	2.91	59%	1.72	1.72
Preparación de cama del molde	0.57	0.59	0.53	0.69	0.64	0.63	0.68	0.54	0.61	82%	0.50	0.50
Acomodar molde en la cama	0.21	0.18	0.20	0.25	0.28	0.23	0.20	0.21	0.22	57%	0.13	0.13
Agregar grafito	0.14	0.12	0.10	0.10	0.11	0.10	0.12	0.13	0.11	60%	0.07	0.07
Conformado superior de moldes	3.43	3.42	3.56	3.56	3.56	3.57	3.42	3.47	3.50	80%	2.80	2.80
Agregar grafito	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.09	60%	0.05	0.05
Retirar molde	0.90	1.09	1.13	0.98	1.08	0.86	0.99	1.14	1.02	67%	0.69	0.69
Aireado del molde	0.30	0.31	0.30	0.33	0.33	0.37	0.33	0.24	0.31	70%	0.22	0.22
Transporte de arena de moldeo	0.43	0.45	0.48	0.43	0.48	0.46	0.42	0.42	0.45	80%	0.36	0.36
Enterrar moldes con arena	2.02	1.85	1.98	1.95	1.93	2.01	1.83	1.98	1.94	80%	1.56	1.56
Encendido del horno	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	83%	31.54	31.54
Tapar boca del horno	0.27	0.31	0.25	0.28	0.22	0.25	0.28	0.31	0.27	79%	0.21	0.21
Llenado de chatarra al horno	3.57	3.75	3.66	3.49	3.64	3.67	3.70	3.57	3.63	62%	2.27	2.27
Llenado de carbón coque y piedra caliza al horno	1.47	1.15	1.30	1.27	1.29	1.16	1.25	1.15	1.25	64%	0.80	0.80
Vaciado de colada a olla	0.41	0.41	0.47	0.37	0.42	0.35	0.44	0.44	0.41	80%	0.33	0.33
Vaciado de colada a cuchara	0.20	0.22	0.18	0.16	0.22	0.20	0.21	0.18	0.20	77%	0.15	0.15
Transporte de colada al molde	0.38	0.32	0.38	0.45	0.40	0.32	0.41	0.41	0.38	60%	0.23	0.23
Colado de material en molde	0.45	0.46	0.42	0.44	0.48	0.47	0.51	0.45	0.46	70%	0.32	0.32
Colocar pesas a los moldes	0.90	0.81	0.86	1.01	1.10	0.85	0.77	0.84	0.89	65%	0.58	0.58
Destapar respiraderos	1.43	1.38	1.28	1.22	1.44	1.56	1.61	1.45	1.42	87%	1.24	1.24
Regresar a cargar	0.33	0.31	0.40	0.39	0.41	0.28	0.38	0.40	0.36	70%	0.25	0.25
Calentar cuchara	10.83	10.50	11.24	11.03	10.68	10.48	10.54	10.83	10.77	70%	7.54	7.54
Reparar boca de horno	1.56	1.35	1.49	1.73	1.44	1.28	1.54	1.50	1.49	80%	1.19	1.19
Enfriamiento de contrapesos	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	720.00	50%	362.30	362.30
Extracción de producción	0.40	0.41	0.45	0.33	0.30	0.43	0.38	0.45	0.39	53%	0.21	0.21
Corte de excedentes	0.10	0.13	0.11	0.12	0.10	0.12	0.09	0.10	0.11	52%	0.06	0.06
Transporte de contrapesos al área de insumos terminados	1.61	1.52	1.61	1.49	1.57	1.62	1.51	1.54	1.56	62%	0.97	0.97
Esmerilado de contrapeso	6.49	5.76	5.81	6.29	7.84	7.03	5.77	7.02	6.50	99%	6.42	6.42
Apilar la producción	0.07	0.07	0.09	0.07	0.10	0.07	0.08	0.10	0.08	98%	0.08	0.08
Cargar producción al camión	0.17	0.17	0.17	0.20	0.17	0.16	0.19	0.18	0.18	60%	0.11	0.11

Después de que se haya determinado el tiempo estándar para cada una de las actividades propuestas para mejorar la eficiencia, se procedió a calcular el Tiempo Estándar Total (T.E.T.) el cual representa el tiempo necesario para la producción de un molde de contrapesos. La fórmula para calcular el Tiempo Estándar Total (T.E.T.) es la siguiente:

$$T. E. T. = \sum \text{tiempos estándar parciales} \quad (3.13)$$

El cálculo del tiempo total de fabricación de un molde dio como resultado un valor de 647.82 min/molde (10.80 h/molde), esto se puede apreciar en la siguiente Tabla 3.37:

**Tabla 3.37:** Cálculo de tiempo de fabricación propuesto.

<b>Tiempo Estándar</b>	647.82	min/molde
<b>Total</b>	10.80	h/molde

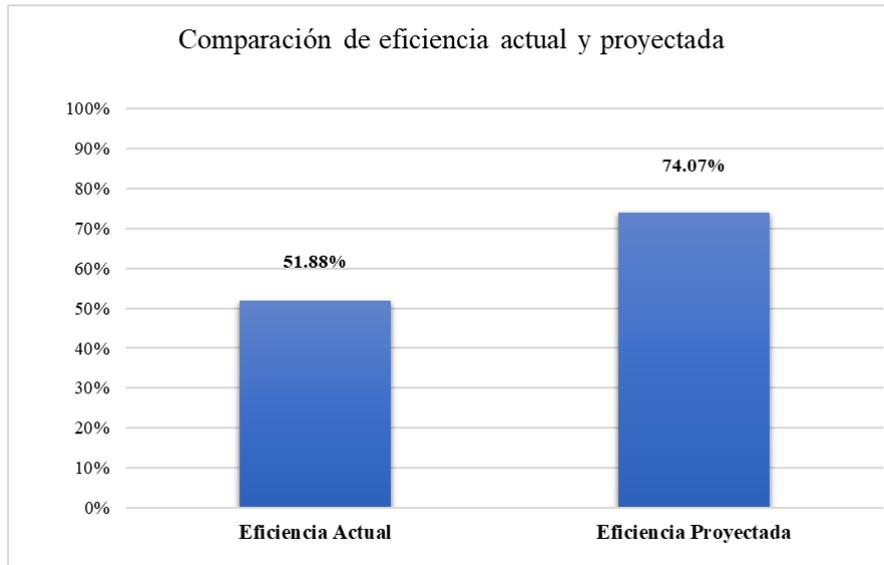
- **Cálculo de la eficiencia de tiempo de producción proyectada**

Una vez planteadas las propuestas y eliminado actividades que consumían tiempo y no aportaban valor al proceso de producción, es posible calcular la eficiencia proyectada con la cual contaría la empresa. Es necesario seguir considerando que la jornada de trabajo es de 8 h/d (480 min/d).

$$\eta = \frac{8 \text{ h}}{10.80 \text{ h}} \cdot 100$$

$$\eta = 74.07 \%$$

Con la estandarización de las operaciones dentro del área de producción y la eliminación de actividades que no generaban valor, podría lograr una eficiencia proyectada del 74.07%. A continuación, se puede observar los resultados alcanzados en la Figura 3.45:



**Figura 3.45:** Comparación de eficiencia actual y proyectada.

Además, se calcula la producción proyectada en base al tiempo estándar que obtendría “FUTEC” al tener una eficiencia proyectada del 74.07% dentro de su proceso de producción, considerando que la jornada laboral de “FUTEC” es de 8 horas diarias por 5 días a la semana; lo que resulta que al mes laboran 160 horas se realizan los cálculos con la siguiente fórmula:

$$P. P. = \frac{T. D.}{T. E. T}$$

Donde:

P.P.= Producción proyectada.

T.D.=Tiempo disponible.

T.E.T.= Tiempo estándar total

$$P. P. = \frac{T. D.}{T. E. T}$$

$$P. P. = \frac{160 \text{ horas}}{10.80 \text{ horas/molde}}$$

$$P. P. = 14.81 \text{ moldes} \approx 15 \text{ moldes}$$

Considerando que 1 molde contiene 2 contrapesos de 30 kg, la producción al mes con la eficiencia proyectada de producción sería aproximadamente de 30 contrapesos de 30 kg. Por lo tanto, comparando el valor de producción actual con el valor de producción proyectada, la producción se incrementaría en un total de 10 unidades ya que el proceso de producción funcionaría con una eficiencia proyectada del 74.07 % en comparación a la eficiencia actual que es de 51.88%, esto demuestra que existe una mejora positiva para la empresa en cuanto a eficiencia y producción.

- **Comprobación de la hipótesis**

### **Comparación y cálculo de la utilidad en cuanto a la eficiencia actual y proyectada**

Considerando que la empresa labora 160 horas al mes y el precio de venta de cada contrapeso es de 23.40\$ se puede calcular el cálculo de la utilidad para la eficiencia actual y la eficiencia proyectada, en la Tabla 3.38 se desglosa la información:

**Tabla 3.38:** Comparación de la utilidad actual y proyectada.

<b>Eficiencia Actual</b>		<b>Eficiencia Proyectada</b>	
Artículo	Contrapeso 30 kg	Artículo	Contrapeso 30 kg
P.V.P	\$ 23.40	P.V.P	\$ 23.40
Eficiencia actual	51.88%	Eficiencia proyectada	74.07%
Unidades producidas actualmente	20	Unidades producidas con la proyección	30

$$U = T.D. \cdot P.V. \cdot Q \quad (3.14)$$

Donde:

U= Utilidad.

T.D.=Tiempo disponible.

P.V.=Precio de venta.

Q= Número de unidades producidas.

**Utilidad actual (U.a.)**

$$U. a. = 160 \cdot 23.4 \cdot 20$$

$$U. a. = 74880 \$$$

**Utilidad proyectada (U.p.)**

$$U. p. = 160 \cdot 23.4 \cdot 30$$

$$U. p. = 112320 \$$$

Una vez calculadas las utilidades para un mes de producción, se calculó la ganancia que obtendría “FUTECH” en caso de que se llegue a integrar la eficiencia proyectada en su sistema de producción. La ganancia que obtendría “FUTECH” dentro de la mejora de la eficiencia en su proceso de producción es de 37440 \$, esto se observa a continuación:

$$\Delta U = U. p. - U. a.$$

$$\Delta U = 112320 \$ - 74880 \$$$

$$\Delta U = 37440 \$$$

### **3.3 EVALUACIÓN TÉCNICA, AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO**

#### **3.3.1 Impacto Técnico**

La aplicación de un estudio técnico de tiempos, que ha permitido estandarizar cada una de las operaciones llevadas a cabo en el área de producción dedicada a la fabricación de contrapesos de 30 kg, ha demostrado ser sumamente beneficiosa. Entre las ventajas destacan una notable reducción del tiempo estándar de producción de contrapesos y una mejora significativa en la eficiencia del proceso. Este progreso se ha logrado mediante la estandarización cuidadosa y la eliminación de actividades que no aportaban valor al proceso de producción.

#### **3.3.2 Impacto Ambiental**

Al optimizar las horas de trabajo no sólo se aumenta la producción de contrapesos de manera más eficiente, sino que también tiene un impacto positivo significativo en el medio ambiente, especialmente en términos de reducción del consumo de energía. Reducir el tiempo de producción puede conducir a operaciones más eficientes, no solo aumentando la cantidad de unidades producidas, sino que también reducirá los costos asociados con el consumo de energía.

### **3.3.3 Impacto Social**

Al estandarizar los procesos operativos se desencadena un efecto positivo en el operario, incentivándolo a mejorar sus métodos de trabajo. Al establecer procedimientos uniformes, se proporciona una estructura clara y consistente que permite al trabajador optimizar sus tareas.

### **3.3.4 Impacto Económico**

El mejoramiento en la eficiencia del proceso de producción se traducirá en beneficios económicos para “FUTEC”. Este aumento de eficiencia conlleva a un incremento en la producción, generando así mayores utilidades y ganancias para la empresa.

## **4 CONCLUSIONES DE PROYECTO**

### **4.1 CONCLUSIONES**

- En el análisis de los procesos operativos dentro del área de producción de “FUTECH”, se identificaron cada una de las operaciones que conforman dicha área mediante el uso de hojas de registro. Se llevó a cabo una observación detallada para comprender a fondo el desarrollo de cada una de estas operaciones. Posteriormente, se procedió a realizar un análisis ABC con el objetivo de determinar el objeto de estudio, el cual fue el contrapeso de 30 kg. Este enfoque permitió visualizar y comprender de manera más específica las condiciones actuales de la empresa, brindando una base sólida para futuras decisiones de mejora.
- Mediante la creación de diagramas de proceso que reflejan la fabricación de contrapesos de 30 kg, tomando como referencia el estado actual de la empresa y el cálculo del tiempo estándar de producción, se llegó a la conclusión de que la eficiencia en el proceso de producción actual es del 51.88%. Este indicador revela que el proceso de fabricación está lejos de ser óptimo. Esta medición señaló no solo la eficiencia actual, sino también destaca la existencia de oportunidades de mejora para el proceso de fabricación.
- Como medida para mejorar la eficiencia del proceso de producción, se propone la eliminación actividades y tiempos que no agregan valor al proceso de producción de contrapesos de 30 kg, lo que permitirá alcanzar una eficiencia proyectada del 74.07% para el proceso de producción. Este resultado reflejaría la mejora en los procesos y destacaría la eficacia de las decisiones estratégicas que se toman para alcanzar niveles superiores de eficiencia en las operaciones de producción.

### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Para el levantamiento de información sobre las actividades y tiempos es esencial contar con herramientas, equipos y registros adecuados, estos recursos son fundamentales tanto para la recopilación de datos como para la evidencia precisa.
- Se recomienda a "FUTECH" controlar cuidadosamente la cantidad de materias primas utilizadas en la producción de contrapesos. El objetivo de esta medida es crear

estándares y así evitar el uso innecesario de materias primas y la generación de residuos. La implementación de un sistema de medición preciso ayudará a gestionar los recursos de forma más eficaz, aumentar la eficiencia de los procesos y reducir significativamente la cantidad de residuos.

- Se recomienda realizar una socialización para el personal que labora en el área operativa, tanto para los trabajadores recién incorporados como para aquellos con más experiencia. Esta socialización se centraría en las actividades descritas en el diagrama de procesos, ya que el desempeño operativo está directamente relacionado con las habilidades del personal involucrado en cada tarea.
- Realizar una propuesta para la implementación de la metodología de las 5's , ya que esta no sólo crea un ambiente de trabajo agradable y ordenado, sino que también promueve un cambio de mentalidad. Fomentar la participación activa y el compromiso personal con estas prácticas no sólo puede optimizar la eficiencia operativa, sino también lograr una transformación cultural que incida positivamente en la calidad de los procesos y la calidad de vida laboral.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] W. E. Cumbajín, “Diseño de proceso industriales mediante técnicas de optimización productiva en la fundición de aluminio por medio de moldes para la producción de elementos mecánicos.”, Trabajo de titulación, Univ. Central Del Ecuad., Quito, 2023. Accedido el 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6411cb80-e9a7-4b6c-9b36-d37b704c31e6/content>
- [2] M. P. Gómez, “Estandarización de los Procesos en el Centro de Acopio de Residuos 'Recicladora Divino Niño' del Cantón Ibarra”, Trabajo de Integración curricular, Univ. Tecnol. Indoamerica, Ambato, 2022. Accedido el 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/3780/1/MANUEL%20PATRICIO%20GÓMEZ%20CALAPAQUI-%20B21.pdf>
- [3] N. H. Nope, “Soloaseo Distribuciones SAS Estandarización de Procesos Operativos y de Gestión”, Proyecto curricular, Univ. Francisco Jose Caldas, Bogota, 2019. Accedido el 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/22317/NopeHerreraYeimyLorena2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [4] D. E. Beltrán, “Implementación de un modelo BPM para estandarización de procesos en el back office a través del software Bizagi en el concesionario Renault Auto Stok”, Tesis doctoral, Univ. Francisco Jose Caldas, Bogota, 2021. Accedido el 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26764/BeltranGarcesDuvanEstiven2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] Á. A. Sánchez, “Propuesta de estandarización de los procesos productivos en un centro de acopio de cacao de la ciudad de Guayaquil basado en un estudio de tiempos y movimientos”, Trabajo de titulación, Univ. Politec. Sales., Guayaquil, 2019. Accedido el 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17524/1/UPS-GT002704.pdf>

[6] J. Caycho Morales y. C. Mendoza Mora, “Estandarización de Procesos para Mejorar la Productividad en una Línea de Ensamble de una Empresa Fabricante de Baterías Automotrices”, Trabajo de titulación, Univ. Ricardo Palma, Lima, 2019. Accedido el 16 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2945/IND\\_T030\\_47528771\\_T%20%20%20CAYCHO%20MORALES%20JUNIOR%20JESUS%20CLAUDIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2945/IND_T030_47528771_T%20%20%20CAYCHO%20MORALES%20JUNIOR%20JESUS%20CLAUDIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[7] Guamushig Tipan, C. A. (2021). Gestión de procesos en el área de producción de la empresa Sualú Curtiduría Suarez [Trabajo de Pregrado]. Universidad Técnica de Ambato.

[8] Hernández Nariño, A., Medina Nogueira, Y., Diaz Luis, G., & Diaz Almeda, L. (2021). Gestión de la producción científica integrando gestión del conocimiento y de procesos: Caso Universidad Médica. Universidad y Sociedad. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n6/2218-3620-rus-13-06-183.pdf>

[9] Vasquez Lema, M. R. (2020). Principios de Gestión ISO 9001. MV. [https://www.google.com.ec/books/edition/Principios\\_de\\_Gestión\\_ISO\\_9001/smwCEAAAQB-AJ?hl=es&gbpv=0](https://www.google.com.ec/books/edition/Principios_de_Gestión_ISO_9001/smwCEAAAQB-AJ?hl=es&gbpv=0)

[10] Esquivel Valverde, A. F. (2018). Modelo de mejora continua de los procesos universitarios con enfoque de gestión del conocimiento [Tesis Doctoral, Universidad de Oriente]. <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/122215>

[11] Q. H. Geovanny Marcelo, “Levantamiento de procesos para la elaboración de tramites mediante la herramienta BPM Bonita Soft en el departamento financiero del gobierno autónomo descentralizado municipal de Baños de Agua Santa”, Trabajo de Pregrado, Univ. Tec. Ambato, 2020. [En línea]. Disponible: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30727/1/Tesis\\_t1679si.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30727/1/Tesis_t1679si.pdf)

[12] E. X. Benavidez Vera, E. M. Segarra Farfán, E. Colina-Morles, L. C. Siguenza-Guzman y R. N. Arcentales-Carrión, “Levantamiento de procesos como base para la aplicación de sistemas de costeo basado en actividades en empresas de ensamblaje”, Rev. Econ. Política, vol. XV, n.º 30, pp. 40–71, julio de 2019. Accedido el 20 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.25097/rep.n30.2019.03>

- [13] A. J. Gutiérrez, *Diseño de Procesos En Ingeniería Química*. Reverte, 2021.
- [14] A. Medina León, D. Nogueira Rivera, A. Hernández-Nariño y R. Comas Rodríguez, “Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo”, *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 27, n.º 2, pp. 328–342, abril de 2019. Accedido el 22 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4067/s0718-33052019000200328>
- [15] L. E. Contreras Bravo, L. F. Vargas Tamayo y R. A. Ríos Linares, *Procesos de fabricación en metales*. Bogotá: Ediciones U. 2018. [En línea]. Disponible: [https://www.google.com.ec/books/edition/Procesos\\_de\\_fabricación\\_en\\_metales/-zOjDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=proceso+de+manufactura&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Procesos_de_fabricación_en_metales/-zOjDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=proceso+de+manufactura&printsec=frontcover)
- [16] G. E. Romani, N. S. Romani y N. E. Roque, *La eficiencia de la calidad de servicio al cliente de las entidades financieras*. Chiclayo: Proy. Ed. CIDE S.A.C, 2023. Accedido el 18 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://repositorio.cidecuador.org/jspui/bitstream/123456789/2392/1/2Libro%20La%20Eficiencia.VF\\_24\\_5\\_2023pdf.pdf](https://repositorio.cidecuador.org/jspui/bitstream/123456789/2392/1/2Libro%20La%20Eficiencia.VF_24_5_2023pdf.pdf)
- [17] “Bizagi, One Platform; Every Process”. Bizagi. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://help.bizagi.com/platform/es/index.html?intro\\_welcome.htm](https://help.bizagi.com/platform/es/index.html?intro_welcome.htm)
- [18] “Bizagi 11.1 BPM Suite User Guide - Digital Business Platform”. Bizagi. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: [https://help.bizagi.com/bpm-suite/es/11.1/index.html?overview\\_what\\_is\\_bizagi\\_bpm\\_suite.htm](https://help.bizagi.com/bpm-suite/es/11.1/index.html?overview_what_is_bizagi_bpm_suite.htm)
- [19] M. C. Bonfante, L. A. Blanquicett, E. Díaz Infante y C. Guerra García, “Reference Model for the Integration of Business Modeling to Requirements Engineering: A Proposal from the Software Industry”, *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 26, n.º 4, pp. 645–653, diciembre de 2018. Accedido el 26 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.4067/s0718-33052018000400645>
- [20] “Guía de modelado, reglas y símbolos de BPMN 2.0 | BIC Software”. GBTEC Group - State of the Art Software for BPM & GRC. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.gbtec.com/es/recursos/bpmn/>

- [21] D. Gagné y S. Ringuette. “BPMN Quick Guide”. BPMN Quick Guide. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.bpmnquickguide.com/view-bpmn-quick-guide/>
- [22] P. Turmero. “Introducción al business process modelling”. Monografias.com. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.monografias.com/trabajos107/introduccion-al-business-process-modelling/introduccion-al-business-process-modelling2>
- [23] V. A. Sovero Torres. “Guía Bizagi Modeler - Manual Completo”. IDOCPUB. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://idoc.pub/documents/guia-bizagi-modeler-manual-completopdf-9n0k596ogp4v>
- [24] K. Manning. “Una guía completa para la documentación de los procesos empresariales”. ProcessMaker. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.processmaker.com/es/blog/business-process-documentation/>
- [25] C. Alvarez y E. Ramírez Cárdenas, “Productividad y Desarrollo”. Obregon: ITSON. [En línea]. Disponible: <https://www.itson.mx/publicaciones/Documents/ingytec/productividadydesarrollo.pdf>
- [26] R. Macías Acosta, A. León Resendiz y C. Limón Lozano, “Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC: el caso de una empresa mexicana”, Rev. Acad. & Negocios, vol. 4, n.º 2, pp. 83–94, 2019. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=560859050001>
- [27] C. Ramírez Cardona y M. d. P. Ramírez Salazar, FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACION, 5a ed. Bogota: ECOE, 2022. [En línea]. Disponible: [https://www.google.com.ec/books/edition/Fundamentos\\_de\\_administración\\_5ta\\_edici/RGBjEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=estudio+de+tiempos+y+movimientos&pg=PA136&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Fundamentos_de_administración_5ta_edici/RGBjEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=estudio+de+tiempos+y+movimientos&pg=PA136&printsec=frontcover)
- [28] C. Gavia Peña y C. A. Márquez Fernández, Estadística descriptiva y probabilidad. Medellín: BONAVENTURIANA, 2019. [En línea]. Disponible:

[https://www.google.com.ec/books/edition/Estadística\\_descriptiva\\_y\\_probabilidad/YubhDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=estadística&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/Estadística_descriptiva_y_probabilidad/YubhDwAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=estadística&printsec=frontcover)

[29] P. A. Basualdo, El comportamiento de los procesos de decisión en las organizaciones administrativas, 2a ed. Buenos Aires: ERREPAR, 2020. [En línea]. Disponible: [https://www.google.com.ec/books/edition/El\\_comportamiento\\_administrativo/sIkxEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=estudio+de+tiempos+y+movimientos+libro&pg=PT275&printsec=frontcover](https://www.google.com.ec/books/edition/El_comportamiento_administrativo/sIkxEAAAQBAJ?hl=es&gbpv=1&dq=estudio+de+tiempos+y+movimientos+libro&pg=PT275&printsec=frontcover)

[30] G. M. Cascante, J. M. Alulema y C. S. Mariño, “Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro”, Ingeniería Ind., vol. XL, n.º 2, pp. 110–122, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/3604/360459575002/html/>

[31] B. Moran Olvera y. Chávez Cujilán, “Metodología 5S como herramienta para mejorar la productividad en las empresas”, AlfaProducciones, vol. 4, n.º 1.1, pp. 358–371, febrero de 2022. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/164>

[32] L. Tenorio Almache, R. Tovar Arcos y I. Almeida Vásquez, “Los manuales de procedimientos como base sólida de un emprendimiento”, Rev. Cient. FIPCAEC, vol. 4, n.º 1 ESPECIAL, pp. 194–210, noviembre de 2019. Accedido el 19 de noviembre de 2023. [En línea]. Disponible: <https://www.fipcaec.com/index.php/fipcaec/article/view/109/151>