



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

**OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA ELABORACIÓN DE MOLDES  
PARA LA FUNDICIÓN DE PIEZAS EN LA EMPRESA FUNDI LASER.**

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

**Autores:**

Bustos Cocha Juan Javier

Calapiña Toapanta Christian Iván

**Tutor:**

Ing. MSc. Espín Beltrán Cristian Xavier

**Latacunga – Ecuador**

**Febrero 2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, **Bustos Cocha Juan Javier** y **Calapiña Toapanta Christian Iván**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **Optimización de los procesos en la elaboración de moldes para la fundición de piezas en la empresa Fundi Laser**, siendo el **Ing. Msc. Xavier espín**, 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 mi exclusiva responsabilidad.



.....  
BUSTOS COCHA JUAN JAVIER

C.C.180443984-0



.....  
CALAPIÑA TOAPANTA CHRISTIAN IVAN

C.C.180506188-2

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

**“Optimización de los procesos en la elaboración de moldes para la fundición de piezas en la empresa Fundi Laser” de Bustos Cocha Juan Javier y Calapiña Toapanta Christian Iván**, de la carrera de **Ingeniería Industrial**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la **Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas**, de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero, 2020



Ing. MSc. Cristian Xavier Espín Beltrán

C.C. 050226936-8

## **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; **BUSTOS COCHA JUAN JAVIER Y CALAPIÑA TOAPANTA CHRISTIAN IVAN** con el título de Proyecto de titulación: **“OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA ELABORACIÓN DE MOLDES PARA LA FUNDICIÓN DE PIEZAS EN LA EMPRESA FUNDI LASER”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, febrero, 2020

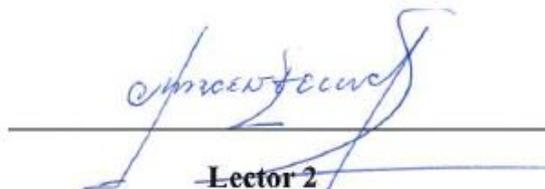
Para constancia firman:



**Lector 1 (Presidente)**

Ing. Mg. Diana Marín

C.C. 120414450-3



**Lector 2**

Ing. Mg. Marcelo Tello

C.C. 050151855-9



**Lector 3**

Ing. PhD. Medardo Ulloa

C.C. 100097032-5



## **AVAL EMPRESA FUNDI LASER CERTIFICADO**

Ambato, 15 de enero del 2020.

Quien suscribe LIC. NORMA ISABEL TIRADO LOZADA, en calidad de gerente de la Empresa FUNDI LASER, CERTIFICO que los Sres. Bustos Cocha Juan Javier con C.C. 180443984-0 y Calapiña Toapanta Christian Iván con C.C. 180506188-2 realizaron en las instalaciones de la empresa el proyecto de investigación titulado: **“OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA ELABORACIÓN DE MOLDES PARA LA FUNDICIÓN DE PIEZAS EN LA EMPRESA FUNDI LASER”**. En la ejecución de dicho proyecto los Sres. demostraron habilidades y conocimientos en su especialidad, así también generaron resultados en su proyecto, que le serán de gran utilidad a la empresa por cuanto se enfocó a solucionar problemas inherentes al proceso productivo del área de modelado.

Durante su estadía los Sres. en mención se hicieron acreedores de nuestra confianza por la responsabilidad, honestidad y don de gentes demostrado. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, los interesados pueden hacer uso de este documento en forma que estime conveniente.

Atentamente,



**FUNDI LASER**  
C.I. 1802668788001

**TIRADO LOZADA NORMA ISABEL**  
**C.I. 1802668788001**  
**GERENTE GENERAL FUNDILASER**

## **AGRADECIMIENTO**

Familia y amigos y en especial al conocimiento.

*Frank.J.Bustos.C*

## **DEDICATORIA**

A ti virgen de Guadalupe la que fue el instrumento para cumplir  
esta meta tan anhelada y a mis padres y hermanos que me  
apoyaron en todo momento.

***FrankJ.Bustos.C***

## **AGRADECIMIENTO**

A ti padre celestial por tu misericordia y tus bendiciones brindadas a lo largo de mi vida, a mis amados padres Luis y María por su arduo esfuerzo y sacrificio quienes siempre confiaron en mi de todo corazón gracias, a mis queridos hermanos Flavio y David que siempre han estado alegrándome los días, a mi tutor de tesis por su apoyo incondicional.

Familia y amigos que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

*Christian. I Calapiña T.*

## **DEDICATORIA**

A ti mi Dios, mis queridos padres,  
mi familia y todas aquellas personas  
que estuvieron a mi lado.

***Christian. I Calapiña T.***

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL EMPRESA FUNDI LASER CERTIFICADO .....	v
ÍNDICE GENERAL .....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xvii
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1.1. Título del Proyecto: .....	1
1.2. Fecha de inicio:.....	1
1.3. Fecha de finalización:.....	1
1.4. Lugar de ejecución: .....	1
1.5. Facultad que auspicia: .....	1
1.6. Carrera que auspicia: .....	1
1.7. Equipo de Trabajo: .....	1
1.8. Coordinadores del proyecto:.....	1
1.9. Área de conocimiento:.....	2
1.10. Línea de investigación:.....	2
1.11. Sub líneas de investigación de la carrera: .....	2
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	2
3.1. Beneficiarios directos del proyecto .....	2
3.2. Beneficiarios indirectos .....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	3
5. OBJETIVOS:.....	3
5.1. General.....	3
5.2. Específicos.....	3

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	4
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA .....	5
7.1. Fundiciones Laser del Ecuador FUNDI LASER.....	5
7.1.1 Área de modelado .....	5
7.1.2. Moldes .....	6
7.1.3. Moldes de arena verde .....	6
7.2. Optimización de procesos.....	6
7.3. Proceso productivo .....	7
7.4. Métodos y tiempos .....	7
7.5. Ingeniería de métodos.....	7
7.6. Estudio de tiempos .....	8
7.7. Elementos del estudio de tiempos .....	9
7.7.1. Requerimientos para un estudio de tiempos .....	9
7.7.2. Selección del operario .....	9
7.7.3. Registro de información significativa.....	10
7.8. Técnicas de medición del trabajo .....	10
7.9. Estándar de tiempos y sus componentes .....	11
7.9.1. Cálculo del tiempo tipo o estándar. ....	11
7.9.2. Fórmulas para obtener el tiempo tipo o estándar.....	12
7.10. Cálculo de suplementos por descanso según la OIT .....	13
7.11. Estudio de movimientos .....	15
7.12. Ciclos en el estudio.....	16
7.13. Diagrama de procesos.....	16
7.14. Productividad.....	17
7.14.1. Aspectos importantes de la productividad.....	17
7.14.2. Formula de la productividad:.....	17
7.14.3. Capacidad .....	18
7.15. Gráfica de control .....	18
8. HIPÓTESIS .....	20
8.1 V. independiente .....	20
8.2 V. dependiente .....	20
9. METODOLOGÍA.....	20
9.1. Tipos de investigación .....	20

9.1.1. Investigación descriptiva .....	20
9.2. Métodos de investigación .....	20
9.2.1. Método inductivo.....	20
9.2.2. Método bibliográfico .....	20
9.3. Técnicas de investigación.....	21
9.3.1 Investigación de campo .....	21
9.3.2 Observación.....	21
9.3.3 Estudio de tiempos .....	21
9.4. Instrumentos de investigación .....	21
9.4.1 Diagrama de flujo .....	21
9.4.2 Cronómetro.....	21
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. ....	21
10.1 Análisis de la situación actual de la empresa .....	21
10.1.1 Visita in situ por toda el área de modelado. ....	21
10.1.2. Levantamiento de información de los procesos. ....	24
10.2. Análisis de los tiempos y movimientos actuales .....	31
10.2.1. Medición de tiempos de los distintos procesos de moldeo.....	31
10.2.2 Representación gráfica de la desviación estándar .....	33
10.2.3. Cálculo del tiempo básico o normal de los diferentes procesos.....	35
10.2.4. Análisis de los recursos empleados en el área de modelado .....	50
10.3. Propuesta para optimizar el proceso de modelado .....	54
10.3.1 Acciones de mejora a proponer .....	54
10.3.2 Elaboración de los nuevos diagramas de procesos.....	55
10.3.3 Comparación de tiempos actuales versus tiempos propuestos .....	70
10.3.4 Cálculo del incremento de productividad.....	72
10.4. Comprobación de la hipótesis .....	74
11. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO.....	75
11.1. Impactos Técnicos .....	75
11.2. Impactos Económicos.....	75
11.3. Impactos Ambientales .....	75
11.4. Impactos Sociales .....	75
12. PRESUPUESTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO .....	76
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77

13.1. Conclusiones: .....	77
13.2. Recomendaciones: .....	78
14. BIBLIOGRAFÍA: .....	79
15. ANEXOS .....	82
Anexo. 1. Área de estudio .....	82
Anexo. 2. Actividades en el proceso de modelado.....	82
Anexo. 3. Lectura de tiempos propuestos.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto:.....	2
Tabla 2. Cuadro de actividades de la investigación.....	4
Tabla 3. Puntaje asignado según el grado de tensión OIT.....	13
Tabla 4. A2 postura .....	14
Tabla 5. A3 Vibraciones.....	14
Tabla 6. A5 Ropa.....	14
Tabla 7. B4 Ruido.....	14
Tabla 8. C2 Ventilación.....	15
Tabla 9. C2 Ventilación.....	15
Tabla 10. Interpolación de puntos a porcentaje.....	15
Tabla 11. Numero recomendado de ciclos de observación .....	16
Tabla 12. Acciones que tiene lugar durante el proceso dado. ....	16
Tabla 13. Productos con mayor demanda de la empresa Fundi Laser .....	23
Tabla 14. Diagrama de proceso actual de la tapa redonda C400.....	24
Tabla 15. Diagrama de proceso actual cerco redondo C400.....	25
Tabla 16. Diagrama de proceso actual de la TC- Tapa cuadrada 70x70 CLASE A-125.....	27
Tabla 17. Diagrama de proceso actual del cerco cuadrada 70x70 CLASE A-125.....	28
Tabla 18. Válvulas de agua potable. (EMAPA) .....	30
Tabla 19. Lectura de tiempos tapa redonda c-400.....	32
Tabla 20. Cálculo de la desviación estándar.....	33
Tabla 21. Gráfica de control tapa redonda C-400 .....	34
Tabla 22. Tiempo básico en el proceso de modelado tapa redondo C-400.....	35
Tabla 23. Lectura de tiempos proceso cerco redondo c-400 .....	37
Tabla 24. Gráfica de control cerco redondo c-400 .....	38
Tabla 25. Tiempo básico en el proceso de modelado cerco redondo C-400.....	38
Tabla 26. Lectura de tiempos tapa cuadrada TC-70x70.....	40
Tabla 27. Gráfica de control tapa cuadrada TC-70x70 .....	41
Tabla 28. Tiempo básico en el proceso de modelado de la tapa cuadrada 70X70 .....	41
Tabla 29. Lectura de tiempos cerco cuadrada 70x70 .....	42
Tabla 30. Gráfica de control cerco cuadrado 70x70.....	44
Tabla 31. Tiempo básico en el proceso de modelado del cerco cuadrada 70X70.....	44
Tabla 32. Lectura de tiempos válvula de agua EMAPA .....	45
Tabla 33. Gráfica de control válvula de agua EMAPA .....	47
Tabla 34. Tiempo básico en el proceso de modelado de las válvulas de agua EMAPA.....	47
Tabla 35. Resumen del Tiempo base (min) Actual .....	48
Tabla 36. Capacidad de producción actual.....	49
Tabla 37. Maquinaria y herramientas .....	50
Tabla 38. Costo de materiales.....	50
Tabla 39. Otros materiales.....	51
Tabla 40. Consumo de energía eléctrica.....	51
Tabla 41. Costos de la mano de obra directa e indirecta del área de modelado .....	52

Tabla 42. Costo de mano de obra .....	53
Tabla 43. Presupuesto del costo de modelado .....	53
Tabla 44. Propuesta para optimizar el proceso de modelado .....	54
Tabla 45. Diagrama de proceso propuesto de la tapa redonda C400 .....	55
Tabla 46. Diagrama de proceso propuesto cerco redondo C-400.....	56
Tabla 47. Diagrama de proceso propuesto tapa cuadrada 70x70 .....	58
Tabla 48. Diagrama de proceso propuesto cerco cuadrado 70x70 .....	59
Tabla 49. Diagrama de proceso propuesto válvulas de agua EMAPA.....	61
Tabla 50. Comparación de los diagramas de actuales y propuestos.....	62
Tabla 51. Estandarización de tiempos en el proceso de modelado Tapa redonda C-400.....	63
Tabla 52. Estandarización de tiempos en el proceso de modelado del cerco redondo C-400..	64
Tabla 53. Estandarización de tiempos en el proceso de modelado de la tapa cuadrado 70x70 .....	65
Tabla 54. Estandarización de tiempos en el proceso de modelado del cerco cuadrada 70 x 70 .....	67
Tabla 55. Estandarización de tiempos en el proceso de modelado de las válvulas de agua EMAPA .....	68
Tabla 56. Tiempos disponibles dentro de la jornada laboral .....	69
Tabla 57. Resumen de los tiempos optimizados.....	70
Tabla 58. Comparación de tiempos actuales versus tiempos propuestos .....	70
Tabla 59. Cálculo de eficiencia. ....	71
Tabla 60. Incremento de productividad.....	72
Tabla 61. Incremento de la productividad global actual y propuesta mensual.....	73
Tabla 62. Costo de mano de obra propuesto .....	73
Tabla 63. Comparación de costos de mano de obra actual versus propuesto.....	74
Tabla 64. Resumen los tiempos optimizados y el incremento de productividad de los diferentes modelos.....	74
Tabla 65. Presupuesto para la ejecución del proyecto.....	76
Tabla 66. Lectura de tiempos propuesto TAPA REDONDA C400 .....	93
Tabla 67. Grafica de control TAPA REDONDO C-400 .....	94
Tabla 68. Tiempo básico propuesto Tapa redondo C-400.....	94
Tabla 69. Lectura de tiempos Propuestos Cerco redondo C-400 .....	95
Tabla 70. Gráfica de control Cerco redondo C-400 .....	96
Tabla 71. Tiempo básico propuesto Cerco redondo C-400.....	96
Tabla 72. Lectura de tiempos Propuestos Tapa cuadrada 70x70 .....	97
Tabla 73. Grafica de control Tapa cuadrada 70x70.....	98
Tabla 74. Tiempo básico propuesto Tapa cuadrada 70x70 .....	99
Tabla 75. Lectura de tiempos propuestos Cerco cuadrado 70x70.....	100
Tabla 76. Grafica de control cerco cuadrado 70x70.....	100
Tabla 77. Tiempo Básico propuesto cerco cuadrado 70x70.....	101
Tabla 78. Lectura de tiempos Propuestos Válvula de agua potable .....	102
Tabla 79. Gráfica de control Válvula de agua potable .....	103
Tabla 80. Tiempo Básico propuesto Válvula de agua potable .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Logotipo de la empresa Fundi Laser .....	5
Figura 2. Optimizar el proceso .....	6
Figura 3. Estudio de tiempos y movimientos .....	7
Figura 4. Técnicas de medición del trabajo .....	10
Figura 5. Representación del tiempo tipo. ....	11
Figura 6. Descomposición del ciclo de trabajo. ....	12
Figura 7. Gráfica de control.....	19
Figura 8. Distribución del área de modelado.....	22
Figura 9. Área de modelado .....	82
Figura 10. Colocación del tablero en el piso .....	82
Figura 11. Colocación del molde.....	83
Figura 12. Armado de la caja de moldeo parte 1.....	83
Figura 13. Limpieza y agregación de plombagina en el molde.....	84
Figura 14. Llenado de caja de moldeo parte 1.....	84
Figura 15. Compactación.....	85
Figura 16. Giro de la caja de moldeo parte 1.....	85
Figura 17. Unión caja de moldeo 2 en la parte 1 .....	86
Figura 18. Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.....	86
Figura 19. Agregación de plombagina. ....	87
Figura 20. Llenado de caja de moldeo parte 2.....	87
Figura 21. Colocación de reglas .....	88
Figura 22. Colocación de separadores.....	88
Figura 23. Compactación de la tierra de fundición. ....	89
Figura 24. Retiro de separadores y perforación del molde.....	89
Figura 25. Separación de la parte 2 de la caja de moldeo. ....	90
Figura 26. Retiro de molde .....	90
Figura 27. Inspección y corrección del modelado. ....	91
Figura 28. Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.....	91
Figura 29. Desmontaje de la caja de moldeo.....	92

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tiempo estándar. ....	12
Ecuación 2. Tiempo observado promedio. ....	12
Ecuación 3. Tiempo normal.....	12
Ecuación 4. Formula de la productividad para empresas de manufactura. ....	17
Ecuación 5. Productividad global para productos heterogénea en empresas de manufactura. ....	18
Ecuación 6. Capacidad .....	18
Ecuación 7. Formula de la eficiencia.....	19
Ecuación 8. Desviación estándar .....	19

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA ELABORACIÓN DE MOLDES PARA LA FUNDICIÓN DE PIEZAS EN LA EMPRESA FUNDI LASER”.

**Autores:**

Bustos Cocha Juan Javier

Calapiña Toapanta Christian Iván

### RESUMEN

La empresa Fundi Laser tiene más de 40 años de experiencia en el proceso de fundición, está dedicada a la elaboración de tapas de alcantarillado, redes subterráneas entre otros productos fundidos de hierro nodular, ubicada en la panamericana norte Km 4 ½ y av. Indoamérica, Parroquia Izamba, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua. Dentro del proceso de modelado se evidencian tiempos improductivos lo cual limita la capacidad de producción y retrasos con las ordenes de trabajo, además la falta de la maquinaria afecta a la ejecución de las actividades normales por lo cual se realizó un análisis del proceso actual identificando las diferentes actividades que conllevan a realizar un modelo, con el fin de mejorar la productividad se realizó un estudio de tiempos y movimientos, encontrando actividades con transportes y demoras innecesarias, con la implementación de las nuevas máquinas herramientas se eliminó los tiempos improductivos identificados, para posteriormente determinar el tiempo estándar de los diferentes modelos. Logrando una disminución en los tiempos de modelado de la tapa redonda C400 a 37 min, cerco redondo C400 a 20 min, tapa cuadrada 70x70 a 34 min, cerco cuadrado 70x70 a 23 min y válvulas de agua potable a 42 min por ciclo ya que, con estos tiempos optimizados, se aumentó la eficiencia de la mano de obra y por ende la productividad del área de modelado en un 30% lo que representa una reducción de \$ 2.407,20 mensuales en el costo de mano de obra, de esta manera se redujo el costo de modelado. De acuerdo con los resultados obtenidos se argumentó que este tipo de estudios de trabajo ayuda a la mejora continua de la empresa cuidando su imagen y siendo de alta relevancia frente a la competencia.

**Palabras clave:** Optimizar, procesos, productividad, fundición, modelado.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF SCIENCES AND APPLIED ENGINEERING**

**TITLE:** “OPTIMIZATION PROCESSES AT MOLDS ELABORATION FOR THE CASTING OF PARTS AT FUNDI LASER COMPANY”.

**Authors:**

Bustos Cocha Juan Javier

Calapiña Toapanta Christian Iván

**ABSTRACT**

The company Fundi Laser has more than 40 years of experience at smelting process, dedicated to sewer covers production, underground networks among other cast iron products, located at Pan-American North Km 4 ½ and av. Indoamerica, Izamba Parish, Ambato Canton, Tungurahua Province. On modeling process, unproductive times were evidenced which limits the production capacity and delays with work orders, in addition machinery deficiency affects normal activities execution, so an analysis of the current process was carried out identifying different activities that lead to create a model in order to improve productivity, there a study of times and movements were carried out, finding activities with unnecessary transport and delays, with new machine implementation the unproductive times were eliminated, to later determine The standard time of different models. Achieving a decrease on modeling times of C400 round cap at 37 min, C400 round fence to 20 min, 70x70 square cap to 34 min, 70x70 square fence to 23 min and drinking water valves to 42 min per cycle since, with these optimized times, labor was efficiency increased and therefore the productivity of the modeling area by 30% which represents a saving of \$ 2,407.20 per month in the cost of labor, thus reduced modeling cost. According to the obtained results, it was argued that this type of research helps to the continuous improvement of the company taking care of its image and being highly relevant to the competition.

**Keywords:** Optimize, processes, productivity, foundry, modeling.



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

**CENTRO DE IDIOMAS**

### **AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que los señores **BUSTOS COCHA JUAN JAVIER** con **C.I 180443984-0** y **CALAPIÑA TOAPANTA CHRISTIAN IVÁN** con **C.I 180506188-2** egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS** cuyo título versa **“OPTIMIZACIÓN DE LOS PROCESOS EN LA ELABORACIÓN DE MOLDES PARA LA FUNDICIÓN DE PIEZAS EN LA EMPRESA FUNDI LASER”**. Lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

  
.....  
Lic. M.g. Pacheco Pruna Edison M.  
DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 050261735-0

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

### **1.1. Título del Proyecto:**

Optimización de los procesos en la elaboración de moldes para la fundición de piezas en la empresa Fundi Laser.

### **1.2. Fecha de inicio:**

Septiembre 2019

### **1.3. Fecha de finalización:**

Febrero 2020

### **1.4. Lugar de ejecución:**

Panamericana norte km 4 ½ y av. Indoamérica, Parroquia Izamba, Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.

### **1.5. Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

### **1.6. Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial.

### **1.7. Equipo de Trabajo:**

Msc. Espín Beltrán Cristian Xavier

C.C. 050226936-8

Título tercer nivel: Ingeniero Industrial

Título de cuarto nivel: Magister en Gestión de la Producción

### **1.8. Coordinadores del proyecto:**

Bustos Cocha Juan Javier

C.C. 180443984-0

Título Bachiller: Técnico Industrial

Calapiña Toapanta Christian Iván

C.C. 180506188-2

Título Bachiller: Físico Matemático.

**1.9. Área de conocimiento:**

Ingeniería, Industria y Producción.

**1.10. Línea de investigación:**

Optimización de procesos productivos.

**1.11. Sub líneas de investigación de la carrera:**

Optimización de procesos productivos.

**2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Fundí Laser es una de las primeras empresas siderúrgicas de la Ciudad de Ambato de la provincia de Tungurahua con más de 40 años en el mercado, que está en constante crecimiento e innovación. La empresa se dedica a la fundición de metales y no metales en hornos de inducción, ya que en el país existen 7 máquinas similares a esta, cuatro están ubicadas en Quito, dos en Cuenca y una en Guayaquil. Debido a su delicada manipulación todas las personas que trabajan en esta empresa fueron capacitadas por un buen tiempo con técnicos colombianos. Desde su funcionamiento no se ha realizado estudios previos de tiempos y movimientos en el área de modelado en este sentido se ve la necesidad de realizar la presente investigación que permita la toma de decisiones a corto o largo plazo. La optimización de procesos dentro de la empresa es de vital importancia para la reducción de costos de producción, esto se da mediante la utilización de técnicas de estudio del trabajo con el fin de mejorar y ser más competitivos reduciendo los tiempos ineficientes, movimientos y traslados de materiales innecesarios, ya que de esta manera se incrementará la rentabilidad de la organización y por ende la productividad del recurso humano.

**3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO****3.1. Beneficiarios directos del proyecto**

**Tabla 1:** Beneficiarios del proyecto:

<b>Beneficiarios directos</b>	<b>N° de Trabajadores</b>
Área de Modelado y Fundición	11
Área de Mecanizado	6
Área de mantenimiento	2
Administración	4
Área de calidad	2
Total	25

**Elaborado por:** Autores.

### **3.2. Beneficiarios indirectos**

Clientes, proveedores y todo el personal de la empresa Fundí Laser.

## **4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

En la empresa Fundí Laser es evidente la gran cantidad de tiempos improductivos en la elaboración de moldes para la fundición de hierro, bronce, aluminio, entre otros, se lo realiza a través de procesos manuales y con la ayuda de máquinas-herramientas en el área de producción debido a la falta de estas se produce cuellos de botella en el proceso de modelado, estas se dan por la falta de tecles eléctricos en los grupos de trabajo ya que actualmente se cuenta con uno solo, lo cual causa demoras y transportes innecesarios en el proceso, en la actividad de llenado existen tiempos ociosos debido a la falta de carretillas. En la compactación el mal diseño del barreno limita el área de compactación en las cajas de moldeo esto genera que el modelo en su proceso final lleve mayor tiempo de inspección y la falta de martillos neumáticos genera que el proceso se detenga hasta que se desocupe el mismo, también es evidente la utilización de métodos no eficientes y rudimentarios lo cual estos tiempos improductivos limitan la capacidad de producción de la empresa y por ende genera incumplimientos con los pedidos de la clientela, al no tener estandarizado los procesos no se conoce la productividad de la mano de obra empleada actualmente.

## **5. OBJETIVOS:**

### **5.1. General**

- Optimizar los procesos de elaboración de moldes en el área de modelado mediante el estudio de tiempos y movimientos para la mejora de la productividad en la empresa Fundí Laser.

### **5.2. Específicos**

- Identificar los procesos que componen la elaboración de moldes en el área de modelado, a través de la observación directa, para el análisis de la situación actual.
- Analizar los tiempos y movimientos actuales que se utiliza en el proceso, mediante herramientas de estudio del trabajo, para la determinación del tiempo base.
- Plantear una propuesta de mejora en los procesos de modelado, a través de un método eficiente que permita el aumento de la productividad.

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

**Tabla 2.** Cuadro de actividades de la investigación.

Objetivo	Actividad	Resultados de la actividad	Medios de verificación
<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar los procesos que componen la elaboración de moldes en el área de modelado, a través de la observación directa, para el análisis de la situación actual.</li> </ul>	Visita in situ y recorrido por el área de modelado.	Proceso de modelado identificado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distribución del área de modelado.</li> <li>Matriz de productos con mayor demanda de la empresa</li> </ul>
	Levantamiento de información de los diferentes procesos.	Diagramas de procesos de la situación actual.	Ficha técnica de diagrama de proceso.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Analizar los tiempos y movimientos actuales que se utiliza en el proceso, mediante herramientas de estudio del trabajo, para la determinación del tiempo base actual.</li> </ul>	Medición de tiempos de los distintos procesos de modelado.	Registro de tiempos en hojas de trabajo.	Tabla de lectura de tiempos
	Representación gráfica de la desviación estándar.	Ajuste de tiempos dentro de los límites establecidos.	Graficas de control
	Cálculo del tiempo básico de los diferentes procesos.	Obtención del tiempo básico actual y la capacidad de producción actual.	Tabla de resumen de tiempos básicos actuales y capacidad de producción
	Análisis de los recursos empleados en el área de modelado.	Determinar los costos de producción del área.	Tabla de costos
<ul style="list-style-type: none"> <li>Plantear una propuesta de mejora en los procesos de modelado a través de un método eficiente, que permita el incremento de la productividad.</li> </ul>	Acciones de mejora a proponer	Opciones de mejora seleccionadas y determinadas	Listado de acciones de mejora
	Elaboración de los nuevos diagramas de procesos	Estandarización de los procesos de modelado	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diagrama de proceso propuesto</li> <li>Tabla de tiempos estandarizados</li> </ul>
	Comparación de tiempos actuales versus tiempos propuestos	Optimización de tiempos en el modelado de las diferentes piezas.	Tabla de comparación de tiempos
	Cálculo del incremento de productividad.	Obtención del porcentaje de productividad alcanzada.	Tabla de incremento de productividad

**Elaborado por:** Autores.

## 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

### 7.1. Fundiciones Laser del Ecuador FUNDI LASER.

FUNDI LASER una empresa ubicada en la provincia de Tungurahua cantón Ambato, parroquia Izamba; se dedica a la fundición de metales, construcción y mantenimiento en el área de la mecánica industrial, gracias al cumplimiento de los trabajos y el nivel de calidad de los productos que realiza la empresa, se ha convertido en uno de los mejores en lo relacionado con trabajos de fundiciones en metales. (Supe Mena, 2019)

**Figura 1.** Logotipo de la empresa Fundi Laser



**Fuente:** (Fundí Laser, 2019) Disponible en:

<https://www.aiyellow.com/fundicionesenecuador/>

Tienen más de 40 años de experiencia en el proceso de fundición, con su creador el señor Eduardo Tirado, quien apostó todo para innovar y crecer en el mercado con el nuevo horno de inducción instalado hace unos meses, que trajo consigo anhelos por conocer y al mismo tiempo por capacitarse en su uso y mantenimiento; siendo una de las siete máquinas que existen actualmente en el país, debido a su delicada manipulación. (Sanchez, 2015)

#### 7.1.1 Área de modelado

Consiste en copiar un modelo, empleando arenas o tierras de moldeo, ver figura 11 del Anexo1, las cuales contienen material arcilloso dándole a estas propiedades de plasticidad, elasticidad y maleabilidad para poder obtener así la forma de este a través de la compactación de dicho material. Una vez finalizado el moldeo, se extrae el modelo, quedando así el molde en el cual luego se vierte el metal fundido. Esta técnica permite obtener piezas que no requieren una buena calidad superficial. Este es un proceso económico, apto para temperaturas altas y todo tipo de metales, pero tiene el inconveniente de tener que realizar un molde para cada pieza.

### 7.1.2. Moldes

El molde es una cavidad que tiene la forma geométrica de la pieza que se va a fundir. La arena de fundición es sílice (SiO<sub>2</sub>) o sílice mezclada con otros minerales. En el método tradicional para formar la cavidad del molde se compacta la arena alrededor del modelo en la parte superior e inferior de un recipiente llamado caja de moldeo. El proceso de empaque se realiza por varios métodos. El más simple es el apisonado a mano realizado manualmente por un operario. Además, se han desarrollado varias máquinas para mecanizar el procedimiento de empaque, las cuales operan por medio de compactación de la arena alrededor del patrón o modelo mediante presión neumática. (Ordinola Castillo, 2011)

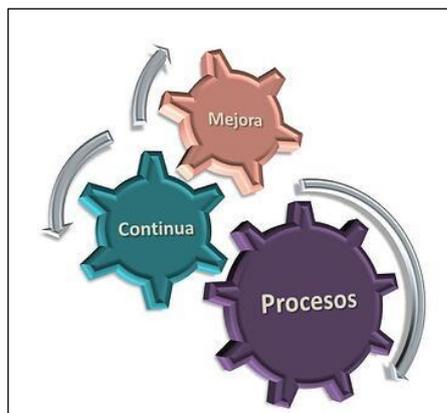
### 7.1.3. Moldes de arena verde

Se hacen de una mezcla de arena, arcilla y agua, el término "verde" se refiere al hecho de que el molde contiene humedad al momento del vaciado, que no ha sido horneado, que no ha sido curado. Los moldes de arena verde tienen suficiente resistencia en la mayoría de sus aplicaciones, así como buena retractibilidad (contracción), permeabilidad y reutilización, también son los menos costosos. (Ordinola Castillo, 2011)

## 7.2. Optimización de procesos

En el campo de la ingeniería industrial se encarga del diseño óptimo de los procesos, estableciendo estándares a partir del uso de estudios de tiempos y movimientos, y con el uso de diagramas de flujo para comprender la secuencia de los acontecimientos y el flujo de los materiales en una fábrica con la finalidad de reducir los recursos empleados y así el costo de producción. (Nhamias, 2007)

**Figura 2.** Optimizar el proceso



**Fuente:** (Workmeter, 2015). Como optimizar los procesos de tu empresa. Disponible: <https://es.workmeter.com/blog/cómo-optimizar-los-procesos-de-tu-empresa>

### 7.3. Proceso productivo

El proceso productivo siempre ha estado relacionado con un conjunto de operaciones y actividades que se ejecutan para crear valor. Este conjunto de operaciones que busca satisfacer las necesidades de los clientes mediante la transformación de unos insumos o materias primas en un producto o servicios. (Retamoso, 2007, pág. 70)

### 7.4. Métodos y tiempos

El estudio de los métodos de trabajo y la medición de sus tiempos es una técnica de organización básica utilizada para multitud de aplicaciones. A través de esta técnica se pueden descubrir carencias que de otra forma es difícil detectar. (Alzate Guzmán & Sánchez Castaño, 2013)

**Figura 3.** Estudio de tiempos y movimientos



**Fuente:** (Ingeniería de métodos, tiempos y movimientos, 2014). ¿Qué es el estudio de tiempos y movimientos? Disponible: <http://metodostiemposymovimientos.blogspot.com/2014/04/concepto-del-estudio-de-tiempos-y.html>

### 7.5. Ingeniería de métodos

Se ocupa de la integración del ser humano en el proceso de producción de artículos o servicios. La tarea consiste en decidir dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados o prestar servicios y en decidir cómo puede una persona desempeñar efectivamente las tareas que se le asignen.

La importancia de la ingeniería de métodos radica en el desempeño efectivo del personal en cualquier tarea, ya que el costo de contratar, capacitar y entrenar a una persona es cada vez más alto. Es evidente que el ser humano es y será por mucho tiempo, una parte importantísima del proceso de producción en cualquier tipo de planta. Pero también es cierto,

que su óptimo aprovechamiento dependerá del grado de utilización de su inteligencia, de su potencial de ingenio y creatividad. (Palacios, 2016)

La ingeniería de métodos comprende el estudio del proceso de fabricación o prestación del servicio, el estudio de movimientos y el cálculo de tiempos. Por tanto, se encarga de prever:

- ¿Dónde encaja el ser humano en el proceso de convertir materias primas en productos terminados?
- ¿Cómo puede una persona desempeñar más efectivamente las tareas que se le asignan?
- ¿Qué método debe seguir y cuál debe ser la distribución de materiales, herramientas, accesorios y equipos en la estación de trabajo?
- ¿Cómo debe cargar y descargar las máquinas y acelerar su puesta en marcha?
- ¿Cuál debe ser el empaque, envase y embalaje del producto terminado?
- ¿Cómo debe ser el manejo, transporte y almacenamiento de los materiales y productos terminados?
- Medir el trabajo para asignar cargos, teniendo en cuenta los niveles de habilidad de las personas, los grados de mecanización, las condiciones de trabajo y el volumen o cantidad de productos o servicios.
- Aprovechamiento de recursos humanos.
- Aprovechamiento del espacio en sus tres dimensiones.
- Aprovechamiento de equipos, por cuanto la inversión en los mismos es cada vez mayor.
- Eliminar toda clase de desperdicios.

## **7.6. Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es el complemento necesario del estudio de métodos y movimientos. Consiste en determinar el tiempo que requiere un operario normal, calificado y entrenado, con herramientas apropiadas, trabajando a marcha normal y bajo condiciones ambientales normales, para desarrollar un trabajo o tarea. (Palacios, 2016)

El estudio de tiempos, iniciado por Frederick Winslow Taylor, se utilizó para determinar los tiempos estándar que corresponden a los tiempos de una persona competente para realizar el trabajo a marcha normal.

Las razones que hacen necesario tener estimaciones de tiempo son:

- Las compañías deben cotizar un precio competitivo.
- Para hacer una oferta se debe estimar el tiempo y costo de manufactura.
- Establecer un programa de fabricación.
- Evitar tiempos ociosos de máquinas y operarios.
- Cumplir las fechas de embarque a los clientes.
- Planear la llegada de las materias primas.
- Realizar mantenimiento de equipos, instalaciones, orden y aseo de las plantas.

## **7.7. Elementos del estudio de tiempos**

### **7.7.1. Requerimientos para un estudio de tiempos**

(W.Nievel & Freivalds, 2014) Afirman que: “Antes de realizar un estudio de tiempos, deben cumplirse ciertos requerimientos fundamentales, si se requiere un nuevo estándar de trabajo o de un trabajo antiguo en el que el método o parte del este alterado”.

(W.Nievel & Freivalds, 2014) Afirma que: “El operario debe estar familiarizado con la nueva técnica antes de realizar la operación. Además, el método debe estandarizarse en todos los puntos en que se use antes de iniciar el estudio”.

### **7.7.2. Selección del operario**

El primer paso para realizar un estudio de tiempos consiste en seleccionar el operario con la ayuda del supervisor de línea o supervisor del departamento. En general, un operario que tiene un desempeño promedio o ligeramente por arriba del promedio proporcionara un estudio más satisfactorio que uno menos calificado o que uno con habilidades superiores. (W.Nievel & Freivalds, 2014)

- Por supuesto, el operario debe estar completamente capacitado en el método, le debe gustar el trabajo y debe demostrar interés en hacerlo bien.
- También debe estar familiarizado con los procedimientos y prácticas del estudio de tiempos y tener confianza tanto en los métodos de estudio de tiempos como en el analista.
- El operador también debe ser suficientemente cooperativo como para estar dispuesto a seguir las sugerencias hechas tanto por el supervisor como por el analista de estudio de tiempos.

### 7.7.3. Registro de información significativa

El analista debe registrar:

- Las maquinas
- Herramientas manuales
- Soportes
- Condiciones de trabajo
- Materiales
- Operaciones
- Nombre y número del operario
- Departamento
- Fecha de estudio y nombre del observador

Cuando en el proceso se utilicen maquinas herramientas el analista debe registrar:

- El nombre
- El tamaño
- El estilo
- La capacidad
- El número de serio o inventario
- Las condiciones de trabajo

### 7.8. Técnicas de medición del trabajo

**Figura 4.** Técnicas de medición del trabajo



**Fuente:** (Salazar, 2016). Estudio de tiempos. Disponible: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>

Las principales técnicas que se emplean para medir el trabajo son las siguientes:

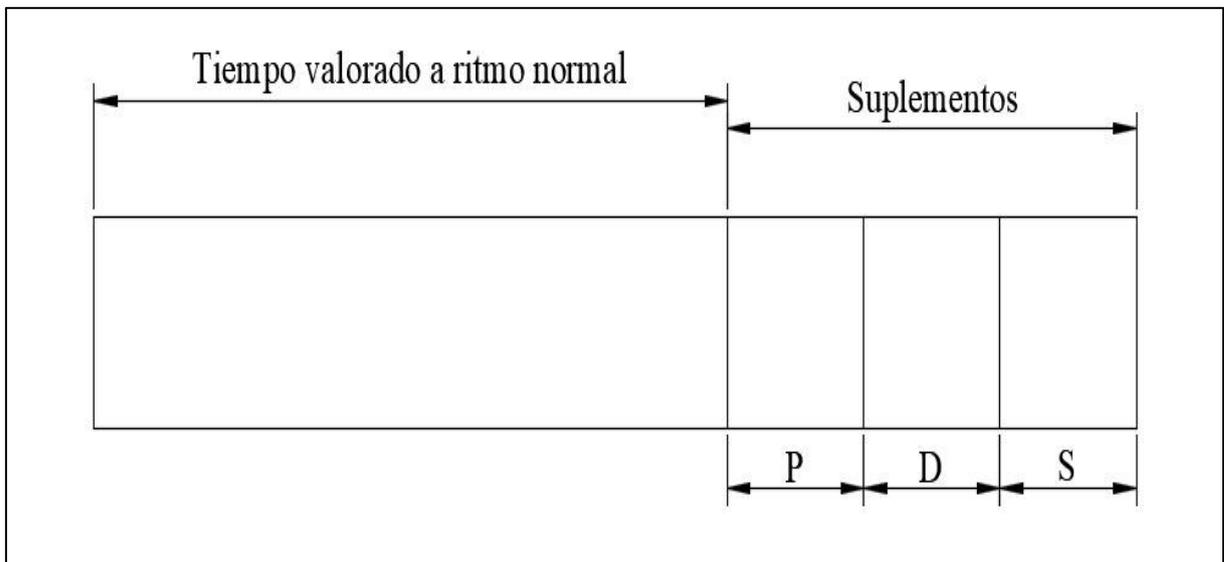
- Por estimación de datos históricos.
- Estudio de tiempos con cronometro.
- Por descomposición en micro movimientos de tiempos predeterminados (MTM, MODAPS, técnica MOST).
- Método de observaciones instantáneas (muestreo de trabajo)
- Datos estándar y fórmulas de tiempo.

Cualquier técnica que utilicemos nos proporcionara el tiempo tipo o estándar del trabajo medido. (García, 2005)

### 7.9. Estándar de tiempos y sus componentes

Objetivo final de la medida del trabajo es obtener el tiempo tipo estándar de operación o proceso objeto de estudio.

**Figura 5.** Representación del tiempo tipo.

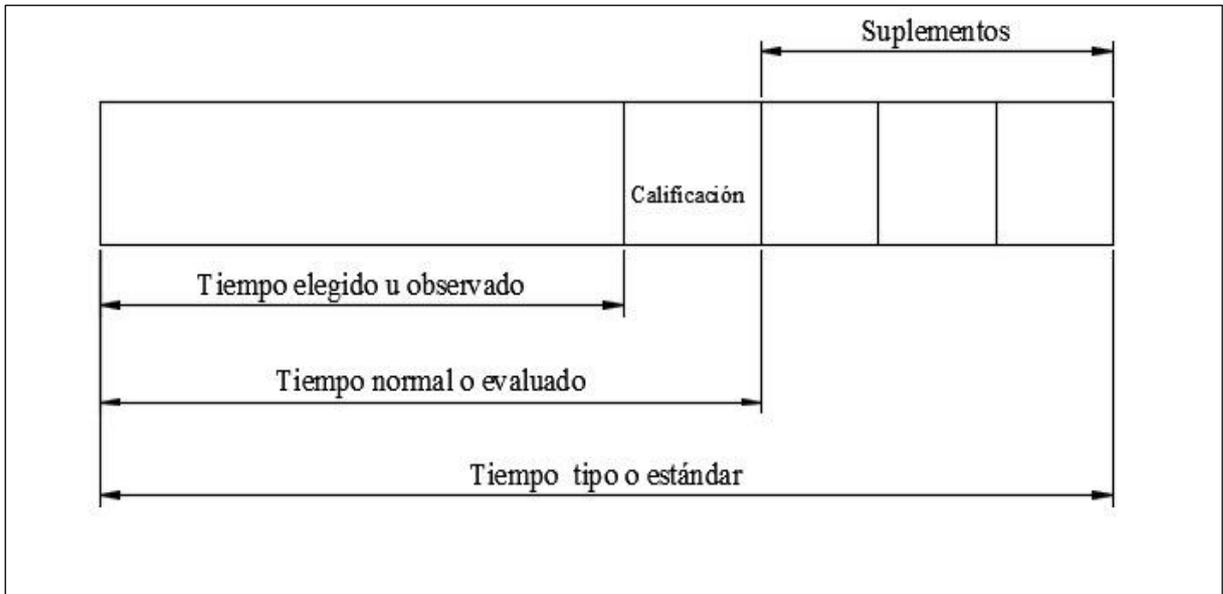


**Fuente:** (García, 2005, pág. 184). Estudio del trabajo ingeniería de métodos

#### 7.9.1. Cálculo del tiempo tipo o estándar.

Para calcular el tiempo tipo o estándar se incluyen los elementos de los tiempos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como los elementos causales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos. A estos tiempos ya valorados se les agrega los suplementos siguientes: personales, por fatiga y especiales. (García, 2005)

**Figura 6.** Descomposición del ciclo de trabajo.



Fuente: (García, 2005). Estudio del trabajo ingeniería de métodos

### 7.9.2. Fórmulas para obtener el tiempo tipo o estándar

**Tiempo estándar (Te):** Se obtiene adicionándole un porcentaje de tolerancias.

**Ecuación 1.** Tiempo estándar.

$$Te = Tp * Fc * (1 + S)$$

Fuente: (Heizer & Render, 2009, pág. 414)

**Tiempo observado promedio (Tp):** Es la media aritmética de los tiempos para cada elemento medido, ajustada para la influencia inusual en cada elemento:

**Ecuación 2.** Tiempo observado promedio.

$$Tp = \frac{\text{(suma de los tiempos registrados para realizar cada elemento)}}{\text{numero de observaciones}}$$

Fuente: (Heizer & Render, 2009, pág. 414)

**Tiempo normal (TN):** Es el tiempo observado promedio (Tp) ajustado a un paso o multiplicado por el factor de calificación de desempeño (Fc).

**Ecuación 3.** Tiempo normal.

$$TN = (Tp) * (Fc)$$

Fuente: (Heizer & Render, 2009, pág. 414)

### Factor de calificación de desempeño (Fc)

Llamado también el esfuerzo que realizó el operador representado en porcentaje, por lo general se representa un valor que va desde el 50% al 150% y si en el caso el operario realizó el trabajo con una velocidad considerada se califica con el 100%, de igual manera si lo hizo más lento con 95%,90%,85%,80%. (Heizer & Render, 2009)

### Suplementos (S)

Son aquellos que el operario necesita para hacer algunas pausas para recuperarse de la fatiga y atender sus necesidades personales, como para fatiga de (5%-10%), necesidades personales de (5%-15%). Así como también tenemos el rango general que esta de (15%-40%) y el más usado esta (20%-25%). (Heizer & Render, 2009)

### 7.10. Cálculo de suplementos por descanso según la OIT

Los suplementos por descanso son un porcentaje del tiempo base y se determinan mediante el uso de tablas de la siguiente manera:

1. Para cada elemento de trabajo en estudio, se determina el grado de tensión impuesto por la operación realizada (bajo, medio o alto).
2. Con el grado de tensión y usando las tablas pertinentes se determina el puntaje correspondiente.
3. Con este puntaje se obtiene de la tabla de conversión de puntajes, el porcentaje de suplemento por descanso a ser aplicado al tiempo base.

**Tabla 3.** Puntaje asignado según el grado de tensión OIT

PUNTAJE ASIGNADO SEGÚN EL GRADO DE TENSIÓN OIT		Grado de tensión			
		B	M	A	
A Tensión física debido al trabajo	1	fuerza ejercida promedio	(0-85)	(0-113)	(0-149)
	2	Postura	(0-5)	(6-11)	(12-16)
	3	Vibraciones	(0-4)	(5-10)	(11-15)
	4	ciclo (tipo)	(0-3)	(4-6)	(7-10)
	5	ropa(incomodidad)	(0-4)	(5-12)	(13-20)
B Tensión mental debido al trabajo	1	concentración o ansiedad	(0-4)	(5-10)	(11-15)
	2	Monotonía	(0-2)	(3-7)	(8-11)
	3	tensión visual	(0-5)	(6-11)	(12-14)
	4	ruido	(0-2)	(3-7)	(8-10)
C Tensión físico/mental debido a las condiciones de trabajo.	1	Temperatura con humedad			
	1a	Baja: humedad hasta el 75%	(0-5)	(6-11)	(12-16)
	1b	Media: humedad de 76-85%	(0-5)	(6-14)	(15-26)
	1c	Alta: humedad mayor 85%	(0-6)	(7-17)	(18-36)

	2	Ventilación	(0-3)	(4-9)	(10-14)
	3	Gases	(0-3)	(4-8)	(9-10)
	4	Polvos	(0-3)	(4-8)	(9-12)
	5	Suciedad	(0-2)	(3-6)	(7-10)
	6	Presencia de agua	(0-2)	(3-6)	(7-10)

Fuente: OIT (Eduardo, 2010)

**Tabla 4.** A2 postura

POSTURA	Puntos
Sentado cómodo	0
Sentado incomodo, o a veces sentado y a veces de pie	2
De pie o caminando libre.	4
Subir o bajar escaleras sin cargas	5
De pie o andando con una carga	6
Subir o bajar escaleras de mano, debiendo a veces inclinarse, levantarse, estirarse o arrojar objetos	8
Levantar pesos con dificultad, trasladar baldes a un contenedor	10
Inclinarse constantemente, levantarse, estirarse o arrojar objetos	12
Extraer carbón con zapa y pico acostado en una veta baja	16

Fuente: OIT

**Tabla 5.** A3 Vibraciones

VIBRACIONES	PUNTOS
Palear materiales livianos. Cosér con maquina eléctrica o similar.	1
Sujetar el material en el trabajo con prensa o guillotina mecánica.	2
Cortar madera.	4
Palear canto rodado	4
Trabajar con una perforadora mecánica portátil accionándola con una sola mano.	4
Trabajar con zapa y pico.	6
Usar una perforadora mecánica que exige el uso de las dos manos	8
Usar un martillo perforador con hormigón,	15

Fuente: OIT

**Tabla 6.** A5 Ropa

ROPA MOLESTA	PUNTOS
Guantes de caucho para cirugía.	1
Guantes de caucho de uso doméstico. Botas de caucho	2
Anteojos protectores de afilador.	3
Guantes de caucho o piel de uso industrial.	5
Mascara (para pintar con pistola)	8
Traje de amianto o capa antilluvia.	15
Ropa de protección incomoda y mascara de respiración.	20

Fuente: OIT

**Tabla 7.** B4 Ruido

RUIDO	PUNTOS
Trabajar en una oficina sin ruidos Trabajar en un taller de pequeños montajes.	0
Trabajar en una oficina del centro de la ciudad escuchando permanentemente el ruido del tránsito.	1
Trabajar en un taller de máquinas livianas. Trabajar en oficina o taller en donde el ruido distrae la atención.	2
Trabajar en un taller de carpintería.	4
Hacer funcionar un martillo a vapor en una fragua.	5
Colocar remaches en un astillero.	9
Perforar pavimento en una carretera.	10

Fuente: OIT

**Tabla 8.** C2 Ventilación.

VENTILACIÓN	PUNTOS
Oficinas. Fabricas con ambientes similares a los de una oficina.	0
Fabricas con ventilación aceptable, pero con poca corriente de aire.	1
Talleres con corrientes de aire.	3
Sistema de cloacas.	14

Fuente: OIT

**Tabla 9.** C2 Ventilación.

POLVO	PUNTOS
Trabajo de oficina. Operaciones normales de montajes livianos. Trabajo en taller de prensas.	0
Operaciones de ratificación y bruñido con buen sistema de aspiración.	1
Aserrar madera.	2
Eliminar cenizas.	4
Abrasión de soldaduras.	6
Transferir coque de tolvas a volcadores o camiones.	10
Descargar cemento.	11
Demoler edificios.	12

Fuente: OIT

**Tabla 10.** Interpolación de puntos a porcentaje

Puntos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11
10	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12
20	13	13	13	13	14	14	13	14	15	15
30	15	16	16	16	17	17	17	18	18	18
40	19	19	20	20	21	21	22	22	23	23
50	24	24	25	26	26	27	27	28	28	29
60	30	30	31	32	32	33	34	34	35	36
70	37	37	38	39	40	40	41	42	43	44
80	45	46	47	48	48	49	50	51	52	53
90	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
100	64	65	66	68	69	70	71	72	73	74
110	75	77	78	79	80	82	83	84	85	87
120	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100
130	101	102	105	106	107	109	110	112	113	115
140	116	118	119	121	122	123	125	126	128	130

Fuente: OIT

### 7.11. Estudio de movimientos

El estudio de los movimientos implica el análisis cuidadoso de los movimientos corporales que se emplean para realizar una tarea.

Su propósito es eliminar o reducir movimientos ineficientes y facilitar y acelerar los movimientos eficientes. A través del estudio de los movimientos en conjunto con los principios de la economía de movimientos, el trabajo puede rediseñarse para que incremente su eficacia y genere un elevado índice de producción. (W.Nievel & Freivalds, 2014)

## 7.12. Ciclos en el estudio

Número recomendado de ciclos de observación.

**Tabla 11.** Numero recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Numero recomendado de ciclos
0,10	200
0,25	100
0,50	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
2,00-5,00	15
5,00-10,00	10
10,00-20,00	8
20,00-40,00	5
40,00 o mas	3

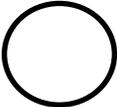
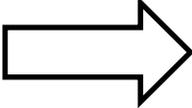
**Fuente:** (W.Nievel & Freivalds, 2014, pág. 319)

## 7.13. Diagrama de procesos

Es una herramienta de análisis es una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento, identificándolos mediante símbolos de acuerdo con su naturaleza: incluye toda la información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo requerido. (García, 2005)

Para analizar de mejor manera cualquier proceso productivo, estos se determinan bajo los términos de operaciones, transportes, inspecciones, retraso o demoras, almacenajes.

**Tabla 12.** Acciones que tiene lugar durante el proceso dado.

Actividad	Definición	Símbolo
Operación:	Ocurre cuando se modifican las características de un objeto, o se le agrega algo o se le prepara otra operación.	
Transporte:	Ocurre cuando un objeto es movido de un lugar a otro, excepto cuando tales movimientos forman parte de una operación o inspección	
Inspección:	Ocurre cuando un objeto o un grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cualquiera de sus características.	
Demora:	Ocurre cuando un objeto o grupo de ellos, con lo cual se retarda el siguiente plazo planeado.	

Almacenaje:	Ocurre cuando un objeto o un grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.	
Actividad combinada:	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo.	

Fuente: (García, 2005, pág. 49)

## 7.14. Productividad

La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos). (Carro Paz & Gómez, 2013)

### 7.14.1. Aspectos importantes de la productividad

A continuación, se detalla los aspectos importantes de la productividad según (Jiménez & Castro, 2009).

- Calidad: La calidad es la velocidad a la cual los bienes y servicios se producen especialmente por unidad de labor o trabajo.
- Productividad = Salida/ Entradas.
- Entradas: Mano de Obra, Materia prima, Maquinaria, Energía, Capital.
- Salidas: Productos.
- Misma entrada, salida más grande.
- Entrada más pequeña misma salida.
- Incrementar salida disminuir entrada.
- Incrementar salida más rápido que la entrada.
- Disminuir la salida en forma menor que la entrada.

### 7.14.2. Formula de la productividad:

**Ecuación 4.** Formula de la productividad para empresas de manufactura.

$$\mathbf{productividad} = \frac{\text{Número de unidades producidas}}{\text{Insumos empleados}}$$

Fuente: (Jiménez & Castro, 2009, pág. 7)

Este modelo se aplica muy bien a una empresa manufacturera, taller o que fabrique un conjunto homogéneo de productos. Sin embargo, muchas empresas modernas manufacturan una gran variedad de productos. Estas últimas son heterogéneas tanto en valor como en volumen de producción a su complejidad tecnológica puede presentar grandes diferencias. En estas empresas la productividad global se mide basándose en un número definido de " centros de utilidades " que representan en forma adecuada la actividad real de la empresa. (Jiménez & Castro, 2009).

**Ecuación 5.** Productividad global para productos heterogénea en empresas de manufactura.

$$\text{Productividad global} = \frac{\text{Producción (a)} + \text{Producción (b)} + \text{Producción (n)}}{\text{Insumos empleados}}$$

**Fuente:** (Jiménez & Castro, 2009, pág. 7)

### 7.14.3. Capacidad

La capacidad es el volumen de producción o número de unidades que se puede alojar, recibir, almacenar o producir en una instalación en un periodo de tiempo específico, entonces se define la fórmula de capacidad a continuación.

**Ecuación 6.** Capacidad

$$\text{Capacidad} = (\text{unidades producidas}) * (\text{tiempo específico})$$

**Fuente:** (Heizer & Render, 2009)

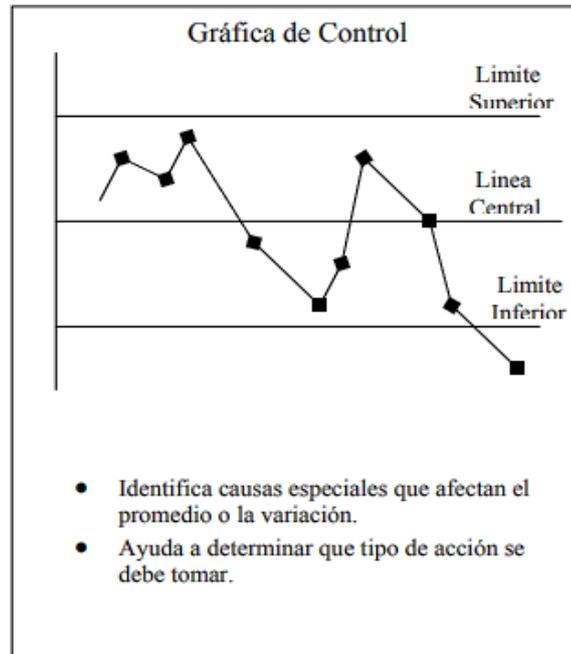
### 7.15. Gráfica de control

Es una herramienta gráfica que mide la trayectoria de una variable a través del tiempo, considerando rangos de aceptación máximos y mínimos respecto de la variable controlada. Se aplica para mantener el proceso de acuerdo con un valor medio y los límites superior e inferior. (Jara, 2009)

Límite superior de control (LSC): Es el mayor valor aceptado en el proceso.

Límite inferior de control (LIC): Es el valor más pequeño que se acepta en el proceso.

Límite central de control (LC): Es la línea central del gráfico. Mientras más cerca esté los puntos a la línea, más estable es el proceso.

**Figura 7.** Gráfica de control

**Fuente:** (Lopez, 2001). Manual six-sigma. Disponible: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40008517/six-sigma\\_CALIDAD\\_INDUSTRIAL.pdf?response-content-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40008517/six-sigma_CALIDAD_INDUSTRIAL.pdf?response-content-)

### 7.16. Eficiencia

Es la relación recursos/resultados bajo condiciones reales:

#### **Ecuación 7.** Formula de la eficiencia

$$Eficiencia = \frac{unidades\ actuales}{unidades\ planificadas}$$

**Fuente:** (Bouza Suárez, 2000)

La eficiencia se evalúa a partir de comparaciones. Los estudios de eficacia y efectividad no incluyen recursos, los de eficiencia sí. Para que haya eficiencia el proceso tiene que ser efectivo; el más eficiente es el que mejor relación recursos/resultados presenta. (Bouza Suárez, 2000).

### 7.17. Desviación estándar

Es una distribución simétrica, la mitad del área está a la izquierda de la media y la otra mitad a la derecha. Para calcular las probabilidades en relación con cualquier valor de X basta con calcular el área.

#### **Ecuación 8.** Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

**Fuente:** (Dagdino, 2014)

**Donde:**

S= desviación estándar

X<sub>i</sub>= datos dado

$\bar{X}$ = promedio de los datos

N= número de datos

## **8. HIPÓTESIS**

Si se optimiza los procesos en la elaboración de moldes para la fundición en la empresa Fundí Laser, se logrará la mejora de la productividad.

### **8.1 V. independiente**

Los procesos en la elaboración de moldes para la fundición en la empresa Fundi Laser.

### **8.2 V. dependiente**

La Optimización

## **9. METODOLOGÍA**

### **9.1. Tipos de investigación**

#### **9.1.1. Investigación descriptiva**

La investigación descriptiva es usada en este proyecto de investigación para describir, graficar y e identificar los aspectos más relevantes en el área de moldeo, que conlleven a la resolución del problema en cuestión.

#### **9.2. Métodos de investigación**

Los métodos que a continuación se muestran permiten la realización del presente estudio de investigación.

##### **9.2.1. Método inductivo**

Mediante este método se parte de la observación del proceso de modelado de piezas, se crea la hipótesis, que al optimizar los procesos de la elaboración de moldes para la fundición de materiales de la empresa Fundi Laser, se lograra la mejora de la productividad.

##### **9.2.2. Método bibliográfico**

Este método nos permite obtener información relevante sobre el proyecto a investigar en diferentes fuentes bibliográficas como artículos científicos, libros, revistas, los cuales nos permiten analizar de mejor manera los aspectos más relevantes.

### **9.3. Técnicas de investigación**

#### **9.3.1 Investigación de campo**

La investigación de campo es usada en el proyecto de investigación porque permite conocer los procesos actuales, tiempos y movimientos en el área donde se llevará a cabo el estudio de la problemática, para aplicar los conocimientos de manera práctica a fin de darles solución.

#### **9.3.2 Observación**

Consiste en el registro de los aspectos relevantes del proceso a medir que nos permita el análisis de los hechos y comportamientos donde los operarios se desarrollan sus actividades a diario.

#### **9.3.3 Estudio de tiempos**

Es una técnica que permite establecer el tiempo que requiere un operario normal con la suficiente experiencia utilizando herramientas apropiadas y por ende efectuando las tareas a marcha normal con las condiciones ambientales adecuadas. (Palacios, 2016)

### **9.4. Instrumentos de investigación**

#### **9.4.1 Diagrama de flujo**

Mediante este instrumento se puede observar el proceso actual de manera puntual los pasos o etapas necesarias para la elaboración de los moldes, donde se manejan una serie de símbolos que ayudan a identificar: procesos, inspecciones, esperas, almacenamientos por lo que permite llevar de manera correcta las tareas que contribuyen con mayor valor añadido en el proceso productivo.

#### **9.4.2 Cronómetro**

En el proceso de modelado de piezas, el cronómetro es empleado para, medir las actividades que realiza el operario en el proceso productivo, de esta manera determinar el tiempo normal que se requiere para dicha actividad.

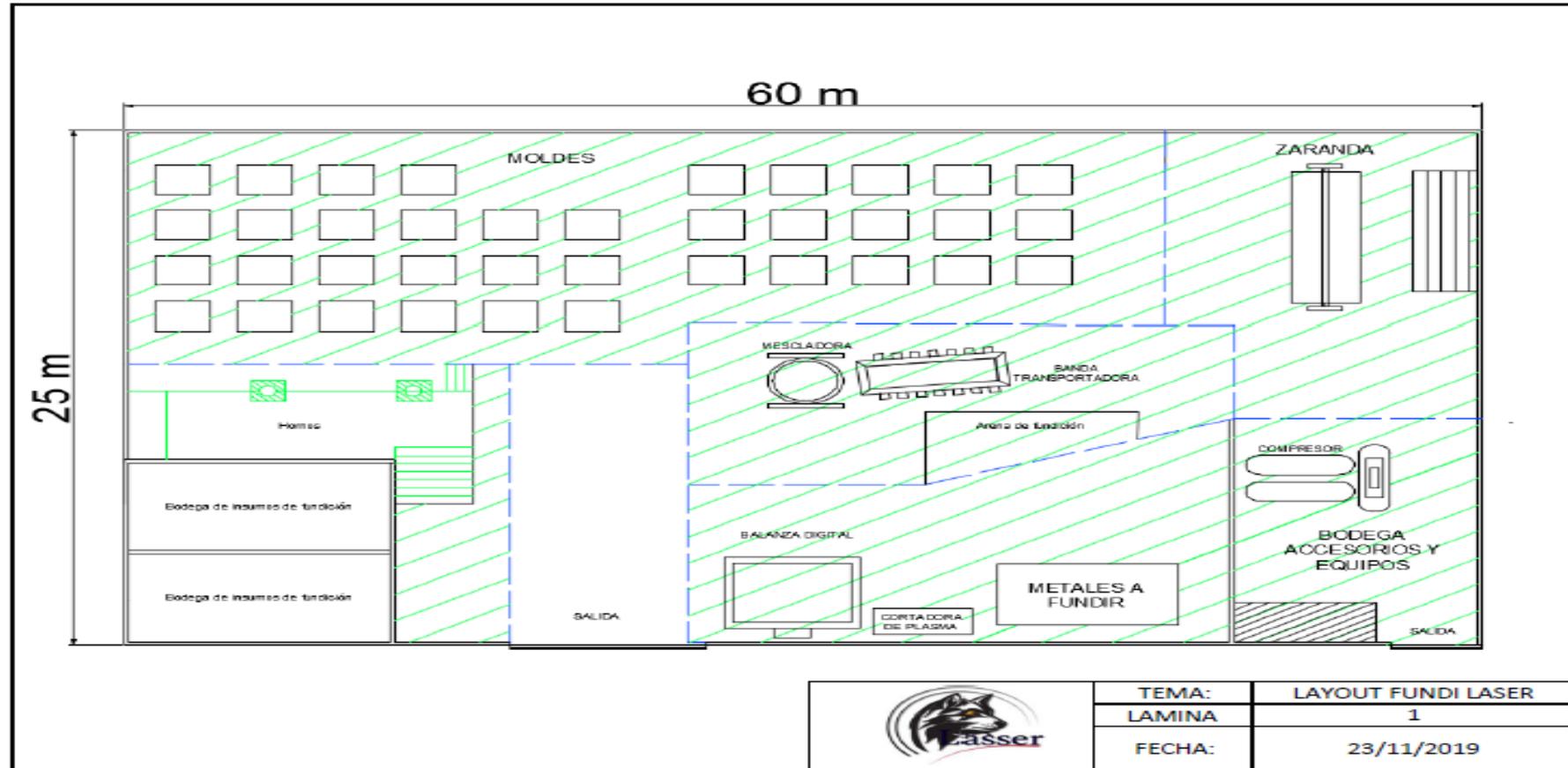
## **10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.**

### **10.1 Análisis de la situación actual de la empresa**

#### **10.1.1 Visita in situ por toda el área de modelado.**

Con la visita in situ realizada se identifican los diferentes procesos y subprocesos que se ejecutan en el área de modelado, cabe mencionar las diferentes actividades que conllevan a realizar un modelo o pieza a fundir se lo realiza manualmente y con la ayuda de herramientas neumáticas.

Figura 8. Distribución del área de modelado



Elaborado por: Autores

**Tabla 13.** Productos con mayor demanda de la empresa Fundi Laser

PROCESO	IMAGEN
Tapa redonda C-400	
Cerco redondo C-400	
Tapa cuadrada 70X70	
Cerco cuadrado 70X70	
Válvula de agua potable	

Elaborado por: Autores

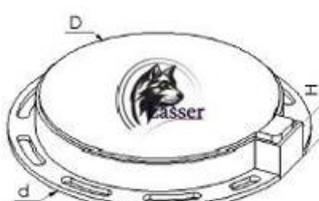
## Análisis e interpretación

En la tabla 13. Se muestra los productos que se realiza en el proceso de modelado y los que mayor demanda tiene la empresa Fundi Laser como es la tapa y el cerco redonda C-400, tapa y cerco cuadrado 70x 70 y la válvula de agua potable. Las cuales se produce de acuerdo con el orden de pedido.

### 10.1.2. Levantamiento de información de los procesos.

Las diferentes actividades de los procesos de modelado se observan en la figura 9-figura 29 del anexo 2.

**Tabla 14.** Diagrama de proceso actual de la tapa redonda C400

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>	Fundi Laser		<b>Analista:</b>	Bustos J. Calapiña C.					
<b>Modelo:</b>	Tapa redonda C400		<b>Área:</b>	Modelado					
<b>Operario:</b>	Edison Maisanche		<b>Diagrama N°:</b>	01					
<b>Método actual</b>	X		<b>Hoja N°:</b>	01					
<b>Método propuesto</b>			<b>Fecha:</b>						
○	→	▷	▽	□	⊙	N°	<b>Descripción</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,23
X						2	Colocación del molde.	0	0,24
X						3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0	0,22
	X					4	Traer la pistola de aire	2	0,13
X						5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0	0,94
	X					6	Traer la tierra de fundición del molino	5	1,33
		X				7	Esperar a que llegue la tierra.	0	1,33
X						8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0	1,68
		X				9	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,64
	X					10	Traer el martillo neumático	2	0,16
X						11	Compactación de la tierra de fundición.	0	6,75
X						12	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0	0,89
X						13	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo	0	0,39
	X					14	Traer las letras estantería.	4	0,36
		X				15	Buscar las letras en el recipiente.	0	1,13
					X	16	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.	0	1,96
X						17	Agregación de plombagina.	0	0,22

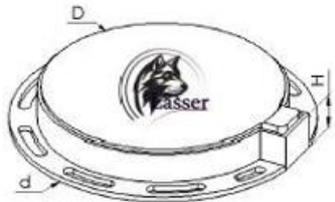
	X					18	Traer la tierra de fundición del molino.	5	1,29
		X				19	Esperar a que llegue la tierra.		1,29
X						20	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	0	1,49
X						21	Colocación de reglas.	0	0,84
X						22	Colocación de separadores.	0	0,39
		X				23	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,75
	X					24	Traer el martillo neumático.	2	0,30
X						25	Compactación de la tierra de fundición.	0	3,96
X						26	Retiro de separadores y perforación del molde.	0	1,41
		X				27	Esperar a que se desocupe el tecle.	0	0,71
	X					28	Traer el tecle.	6	0,25
X						29	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0	0,35
X						30	Retiro de molde.	0	1,36
					X	31	Inspección y corrección del modelado.	0	9,21
		X				32	Esperar a que se desocupe el tecle.	0	0,22
	X					33	Traer el tecle.	6	0,25
X						34	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0	1,27
X						35	Desmontaje de la caja de modelado.	0	2,89
18	8	7	0	0	2		<b>Suma</b>	<b>32</b>	<b>46,80</b>

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

Se observa en la tabla 14. El tiempo total empleado en la elaboración del molde de la tapa redonda C-400 es de 47 minutos incluyendo tiempos muertos y demoras observados en el proceso.

Tabla 15. Diagrama de proceso actual cerco redondo C400.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>	Fundi Laser	<b>Analista:</b>	Bustos J. Calapiña C.						
<b>Modelo:</b>	Cerco redondo C400	<b>Área:</b>	Modelado						
<b>Operario:</b>	Marcelo Burgos	<b>Diagrama N°:</b>	01						
<b>Método actual</b>	X	<b>Hoja N°:</b>	01						
<b>Método propuesto</b>		<b>Fecha:</b>							
○	→	▷	▽	□	⊙	N°	<b>Descripción</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,20
X						2	Colocación del molde.	0	0,32
X						3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0	0,16

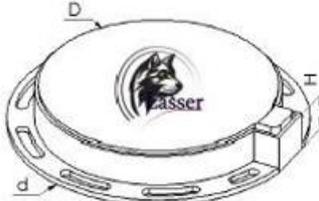
	X					4	Traer la pistola de aire	2	0,12
X						5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0	0,25
	X					6	Traer la tierra de fundición del molino	5	0,34
		X				7	Esperar a que llegue la tierra.	0	0,34
X						8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0	0,67
		X				9	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,67
	X					10	Traer el martillo neumático	2	0,30
X						11	Compactación de la tierra de fundición.	0	2,56
X						12	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0	1,02
X						13	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0	0,53
					X	14	Limpieza del molde y agregación de sílice	0	0,26
	X					15	Traer la tierra de fundición del molino.	5	1,58
		X				16	Esperar a que llegue la tierra.	0	1,64
X						17	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	0	2,65
X						18	Colocación de reglas y separadores	0	0,50
		X				19	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,70
	X					20	Traer el martillo neumático.	2	0,15
X						21	Compactación de la tierra de fundición.	0	2,97
X						22	Retiro de separadores y perforación del molde.	0	0,15
		X				23	Esperar a que se desocupe el tecle.	0	0,80
	X					24	Traer el tecle.	6	0,24
X						25	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0	0,48
X						26	Retiro de molde.	0	1,38
					X	27	Inspección y corrección del modelado.	0	0,34
		X				28	Esperar a que se desocupe el tecle.	0	0,22
	X					29	Traer el tecle.	6	0,25
X						30	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0	0,17
X						31	Desmontaje de la caja de modelado.	0	2,03
16	7	6	0	0	2		<b>Suma</b>	<b>28</b>	<b>24</b>

Elaborado por: Autores

### **Análisis e interpretación.**

Se observa en la tabla 15. El tiempo empleado en la elaboración del cerco redondo C-400 es de 24 minutos incluyendo tiempos muertos y demoras observados en el proceso debido a falta de maquinaria para el grupo de trabajo.

**Tabla 16.** Diagrama de proceso actual de la TC- Tapa cuadrada 70x70 CLASE A-125.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>	Fundi Laser			<b>Analista:</b>	Bustos J. Calapiña C.				
<b>Modelo:</b>	Tapa cuadrada 70x70 CLASE A-125.			<b>Área:</b>	Modelado				
<b>Operario:</b>	Gustavo Bermeo			<b>Diagrama N°:</b>	01				
<b>Método actual</b>	X			<b>Hoja N°:</b>	01				
<b>Método propuesto</b>				<b>Fecha:</b>					
○	⇒	▷	▽	□	⊙	N°	<b>Descripción</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo(min)</b>
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,20
X						2	Colocación del molde.	0	0,67
X						3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0	1,92
	X					4	Traer la pistola de aire	2	0,12
X						5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0	0,47
	X					6	Traer la tierra de fundición del molino	10	2,12
		X				7	Esperar a que llegue la tierra.	0	2,12
X						8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0	1,88
X						9	Colocación de reglas.	0	0,22
		X				10	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,82
	X					11	Traer el martillo neumático	4	0,17
X						12	Compactación de la tierra de fundición.	0	3,59
X						13	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0	0,67
X						14	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo	0	0,23
	X					15	Traer las letras estantería.	4	0,37
		X				16	Buscar las letras en el recipiente.	0	1,20
					X	17	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.	0	2,15
X						18	Agregación de plombagina.	0	0,25
	X					19	Traer la tierra de fundición del molino.	10	2,07
		X				20	Esperar a que llegue la tierra.	0	2,07
X						21	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	0	1,78
X						22	Colocación de reglas.	0	0,19
X						23	Colocación de separadores.	0	0,62
		X				24	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,88
	X					25	Traer el martillo neumático.	2	0,18
X						26	Compactación de la tierra de fundición.	0	3,71

X						27	Retiro de separadores y perforación del molde.	0	2,97
		X				28	Esperar a que se desocupe el tecle.	0	0,63
	X					29	Traer el tecle.	6	0,24
X						30	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0	1,82
X						31	Retiro de molde.	0	1,23
					X	32	Inspección y corrección del modelado.	0	8,02
		X				33	Esperar a que se desocupe el tecle.	0	0,63
	X					34	Traer el tecle.	6	0,26
X						35	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0	2,60
X						36	Desmontaje de la caja de modelado.	0	3,65
19	8	7	0	0	2		<b>Suma</b>	<b>44</b>	<b>52,69</b>

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación.

Se observa en la tabla 16. El tiempo necesario para elaborar el molde de la tapa cuadrada 70X70 es de 53 minutos incluidos los tiempos muertos y demoras observados en el proceso.

Tabla 17. Diagrama de proceso actual del cerco cuadrada 70x70 CLASE A-125.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>		Fundí Laser			<b>Analista:</b>		Bustos J. Calapiña C.		
<b>Modelo:</b>		Cerco cuadrado 70x70 CLASE A-125.			<b>Área:</b>		Modelado		
<b>Operario:</b>		Guido Chaseg			<b>Diagrama N°:</b>		01		
<b>Método actual</b>		X			<b>Hoja N°:</b>		01		
<b>Método propuesto</b>					<b>Fecha:</b>				
○	⇒	◐	▽	□	⊙	N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,23
X						2	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0	0,32
X						3	Colocación del molde.	0	0,62
	x					4	Traer la pistola de aire	2	0,13
X						5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0	0,20
	x					6	Traer la tierra de fundición del molino	5	1,37
		X				7	Esperar a que llegue la tierra.	0	1,40
X						8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0	3,26
		X				9	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,40
	x					10	Traer el martillo neumático	5	0,38

X						11	Compactación de la tierra de fundición.	0	6,00
X						12	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0	2,06
X						13	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0	0,50
	x					14	Traer la pistola de aire	2	0,13
X						15	Limpieza del molde y Agregación de sílice.	0	0,35
	x					16	Traer la tierra de fundición del molino	5	1,37
		X				17	Esperar a que llegue la tierra.	0	1,38
X						18	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	0	2,42
X						19	Colocación de separadores.	0	0,45
		X				20	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,51
	x					21	Traer el martillo neumático	2	0,35
X						22	Compactación de la tierra de fundición.	0	3,24
X						23	Retiro de separadores y perforación del molde.	0	0,20
		X				24	Esperar a que se desocupe el tecle.	0	1,09
	x					25	Traer el tecle.	6	0,26
X						26	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0	0,68
X						27	Retiro de molde.	0	1,40
					X	28	Inspección y corrección del modelado.	0	2,29
		X				29	Esperar a que se desocupe el tecle.	0	1,09
	x					30	Traer el tecle.	6	0,26
X						31	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0	0,45
X						32	Desmontaje de la caja de modelado.	0	1,09
17	8	6	0	0	1	17	<b>Suma</b>	<b>32</b>	<b>36,00</b>

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

Como se observa en la tabla 17. El tiempo necesario para la elaboración del cerco cuadrada 70X70 es de 36 minutos incluidos los tiempos muertos y demoras observados en el proceso.

Tabla 18. Válvulas de agua potable. (EMAPA)

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>		Fundi Laser			<b>Analista:</b>		Bustos J. Calapiña C.		
<b>Modelo:</b>		Válvulas de agua			<b>Área:</b>		Modelado		
<b>Operario:</b>		Luis Achachi			<b>Diagrama N°:</b>		01		
<b>Método actual</b>		X			<b>Hoja N°:</b>		01		
<b>Método propuesto</b>					<b>Fecha:</b>				
○	⇒	◐	▽	□	◑	N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,28
X						2	Colocación del molde 1	0	0,48
	x					3	Traer la pistola de aire.	2	0,33
X						4	Limpieza del molde.	0	0,10
X						5	Colocación de la caja de moldeo parte 1.	0	0,30
X						6	Colocación de las válvulas y agregación de plombagina.	0	2,40
	x					7	Traer la tierra de fundición del molino.	12	0,35
		x				8	Esperar a que llegue la tierra.	0	1,40
X						9	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición y colocación de distribuidor de material.	0	7,84
		x				10	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,30
						11	Traer el martillo neumático.	2	0,36
X						12	Compactación de la tierra de fundición.	0	1,26
X						13	Colocación caja de moldeo Parte 2	0	0,18
X						14	Colocación de tapas.	0	0,33
X						15	Agregación de sílice.	0	0,14
X						16	Retiro de Tapas.	0	0,12
X						17	Desprender la tierra de fundición de las bocas de las válvulas.	0	0,48
	X					18	Traer la tierra de fundición del molino.	8	0,46
		x				19	Esperar a que llegue la tierra.	0	1,36
X						20	Llenado de la caja de moldeo 2 con tierra de fundición.	0	3,97
						21	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,25
						22	Traer el martillo neumático.	2	0,33
X						23	Compactación de la tierra de fundición caja de modelado 2	0	2,19
X						24	Giro parte 1 y parte 2 de las cajas de moldeo.	0	0,50
X						25	Retiro de la caja de moldeo 2.	0	1,12
				X		26	Inspección parte 1 y 2.	0	2,95
X						27	Colocación del tablero	0	0,21

X						28	Colocación molde 1 en el tablero.	0	0,48
X						29	Colocación de la caja de modelado 3	0	0,44
						30	Traer la pistola de aire	2	0,17
X						31	Limpieza del molde y agregación de plombagina.	0	0,28
X						32	Colocación de separadores y Llenado de la caja parte 3 con tierra de fundición.	0	4,32
		x				33	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0	0,23
	X					34	Traer el martillo neumático.	2	0,36
X						35	Compactación de la tierra de fundición parte 3.	0	3,97
X						36	Retiro de separadores	0	0,35
X						37	Giro de la caja de modelado parte 3.	0	0,21
X				x		38	Inspección parte 3.	0	3,77
X						39	Unión parte 2 en la parte 1.	0	0,55
X						40	Unión parte 3 en la parte 2.	0	0,18
X						41	Desmontaje de la caja de modelado.	0	4,18
18	4	4	0	2	0		Suma	26	50,00

Elaborado por: Autores

### **Análisis e interpretación.**

Se observa en la tabla 18. El tiempo necesario para la elaboración de las válvulas de agua potable es de 50 minutos incluido los tiempos muertos y demoras observados en el proceso cabe recalcar que en este proceso cada ciclo de trabajo se produce 6 unidades.

El registro de los tiempos promedios de los diferentes modelos que se realiza en el área de modelado de la empresa Fundi Laser, fueron registrados en la hoja de cálculo Excel, así como también el diseño de los diagramas de proceso de los siguientes modelos: tapa redonda C-400, cerco redondo C-400, tapa cuadrada 70X70, cerco cuadrado 70X70 y válvulas de agua potable. Las operaciones son las mismas para los distintos moldes sin embargo va incrementando el tiempo de acorde a la complejidad del modelo.

## **10.2. Análisis de los tiempos y movimientos actuales**

### **10.2.1. Medición de tiempos de los distintos procesos de moldeo**

Para dar cumplimiento al objetivo 2, que consiste en analizar los tiempos y movimientos actuales de los diferentes procesos identificados anteriormente, se tomó una muestra de las 8 horas de trabajo de las diferentes actividades, a continuación, se expresan 5 muestras correspondientes a cada ciclo del proceso de modelado.

**Tabla 19.** Lectura de tiempos tapa redonda c-400

N°	Actividad	Lectura de tiempos (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,23	0,22	0,24	0,21	0,25
2	Colocación del molde.	0,21	0,20	0,25	0,23	0,26
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,53	0,20	0,20	0,22	0,25
4	Traer la pistola de aire	0,12	0,14	0,13	0,11	0,12
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,22	0,17	1,15	1,29	1,13
6	Traer la tierra de fundición del molino	1,12	1,50	1,38	1,25	1,20
7	Esperar a que llegue la tierra.	1,12	1,50	1,38	1,25	1,20
8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,38	1,59	1,85	1,93	2,10
9	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	1,00	0,50	0,45	1,10	0,50
10	Traer el martillo neumático	0,16	0,18	0,14	0,17	0,16
11	Compactación de la tierra de fundición.	12,00	5,10	9,25	8,50	5,56
12	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0,30	2,58	0,42	0,26	0,28
13	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	2,14	0,30	0,56	0,26	0,45
14	Traer las letras estantería.	0,30	0,33	0,35	0,40	0,35
15	Buscar las letras en el recipiente.	1,10	1,00	1,20	1,30	1,00
16	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.	2,13	1,95	2,50	2,15	2,11
17	Agregación de plombagina.	0,17	0,18	0,20	0,25	0,24
18	Traer la tierra de fundición del molino.	1,30	1,23	1,35	1,25	1,34
19	Esperar a que llegue la tierra.	1,30	1,23	1,35	1,25	1,34
20	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	1,60	1,45	1,64	1,56	1,45
21	Colocación de reglas.	0,20	0,25	0,30	0,35	2,47
22	Colocación de separadores.	0,25	0,20	0,45	0,48	0,41
23	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	1,20	0,80	0,60	0,90	0,70
24	Traer el martillo neumático.	0,34	0,30	0,24	0,34	0,26
25	Compactación de la tierra de fundición.	10,14	4,25	4,40	4,49	3,54
26	Retiro de separadores y perforación del molde.	1,39	1,35	1,41	1,42	1,46
27	Esperar a que se desocupe el tecla.	1,20	0,90	0,70	0,45	0,80
28	Traer el tecla.	0,20	0,25	0,20	0,28	0,26
29	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0,23	0,20	0,49	0,30	0,41
30	Retiro de molde.	1,20	1,23	1,40	1,56	1,53

31	Inspección y corrección del modelado.	9,21	11,10	10,32	12,08	7,43
32	Esperar a que se desocupe el teclé.	0,30	0,25	0,30	0,24	0,10
33	Traer el teclé.	0,22	0,27	0,24	0,25	0,22
34	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,38	1,10	1,09	1,44	1,46
35	Desmontaje de la caja de modelado.	3,02	2,51	2,41	3,35	3,20
Total		57,91	46,50	50,54	52,87	45,54

Elaborado por: Autores

### 10.2.2 Representación gráfica de la desviación estándar

Se realizó el cálculo de la desviación estándar utilizando la ecuación 8:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

Donde:

**S= desviación estándar**

**X<sub>i</sub>= datos dado**

**$\bar{X}$ = promedio de los datos**

**N= número de datos**

**Tabla 20.** Cálculo de la desviación estándar

Muestras (N)	X	$(\bar{X} - \bar{X})$	$(X - \bar{X})^2$
1	57,91	7,24	52,39
2	46,50	-4,17	17,41
3	50,54	-0,13	0,02
4	52,87	2,20	4,83
5	45,54	-5,13	26,34
<b>Promedio</b>	<b>50,67</b>	<b>Total=</b>	<b>100,98</b>

Elaborado por: Autores

$$S = \sqrt{\frac{100,98}{5-1}}$$

**S= 5,02 min**

La desviación estándar obtenida será la tolerancia  $\pm$  en relación con el tiempo promedio de las cuales se obtiene un tiempo máximo de 55,70 minutos y un tiempo mínimo de 45,65 minutos el cálculo se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$T_{max} = (TP + desv.)$$

$$T_{max} = (50,67 + 5,02)$$

$$T_{max} = 55,70 \text{ minutos}$$

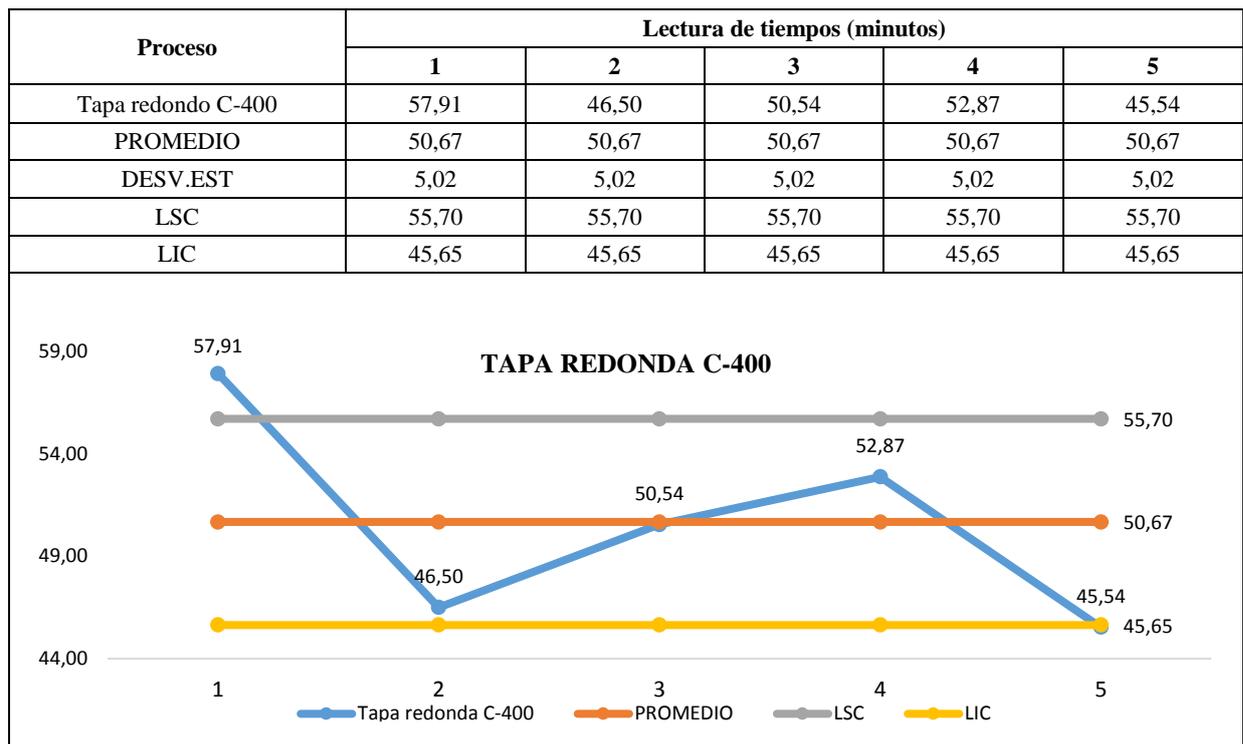
$$T_{min} = (TP - desv.)$$

$$T_{min} = (50,67 - 5,02)$$

$$T_{min} = 45,65 \text{ minutos}$$

Con los tiempos establecidos se realizó el gráfico de control.

**Tabla 21.** Gráfica de control tapa redonda C-400



Elaborado por: Autores

### Valoración de tiempos cronometrados

El esfuerzo que realizó el operador es representado en porcentaje, un valor que va desde el 50% al 150% en el caso que el operario realice el trabajo con una velocidad considerada se calificó con una valoración de 100%, de igual manera, si lo hizo más lento con una valoración de 95%.

### 10.2.3. Cálculo del tiempo básico o normal de los diferentes procesos.

Para el cálculo del tiempo normal o básico se utilizó la ecuación 3:

$$TN = (Tp) * (Fc)$$

$$TN=0,23 \text{ minutos} * 100\%$$

$$TN=0,23 \text{ minutos}$$

**Tabla 22.** Tiempo básico en el proceso de modelado tapa redondo C-400

TIEMPO PROMEDIO DE LA TAPA REDONDA C400								
Nº	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS				Tiempo promedio	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		2	3	4	5			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,22	0,24	0,21	0,25	<b>0,23</b>	100%	0,23
2	Colocación del molde.	0,20	0,25	0,23	0,26	<b>0,24</b>	100%	0,24
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,20	0,20	0,22	0,25	<b>0,22</b>	100%	0,22
4	Traer la pistola de aire	0,14	0,13	0,11	0,12	<b>0,13</b>	100%	0,13
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,17	1,15	1,29	1,13	<b>0,94</b>	100%	0,94
6	Traer la tierra de fundición del molino	1,50	1,38	1,25	1,20	<b>1,33</b>	100%	1,33
7	Esperar a que llegue la tierra.	1,50	1,38	1,25	1,20	<b>1,33</b>	100%	1,33
8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,59	1,85	1,93	2,10	<b>1,87</b>	90%	1,68
9	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,50	0,45	1,10	0,50	<b>0,64</b>	100%	0,64
10	Traer el martillo neumático	0,18	0,14	0,17	0,16	<b>0,16</b>	100%	0,16
11	Compactación de la tierra de fundición.	5,10	9,25	8,50	5,56	<b>7,10</b>	95%	6,75
12	Giro de la caja de moldeo parte 1.	2,58	0,42	0,26	0,28	<b>0,89</b>	100%	0,89
13	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,30	0,56	0,26	0,45	<b>0,39</b>	100%	0,39
14	Traer las letras estantería.	0,33	0,35	0,40	0,35	<b>0,36</b>	100%	0,36
15	Buscar las letras en el recipiente.	1,00	1,20	1,30	1,00	<b>1,13</b>	100%	1,13
16	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.	1,95	2,50	2,15	2,11	<b>2,18</b>	90%	1,96
17	Agregación de plombagina.	0,18	0,20	0,25	0,24	<b>0,22</b>	100%	0,22
18	Traer la tierra de fundición del molino.	1,23	1,35	1,25	1,34	<b>1,29</b>	100%	1,29

19	Esperar a que llegue la tierra.	1,23	1,35	1,25	1,34	<b>1,29</b>	100%	1,29
20	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	1,45	1,80	1,56	1,45	<b>1,57</b>	95%	1,49
21	Colocación de reglas.	0,25	0,30	0,35	2,47	<b>0,84</b>	100%	0,84
22	Colocación de separadores.	0,20	0,45	0,48	0,41	<b>0,39</b>	100%	0,39
23	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,80	0,60	0,90	0,70	<b>0,75</b>	100%	0,75
24	Traer el martillo neumático.	0,30	0,31	0,34	0,26	<b>0,30</b>	100%	0,30
25	Compactación de la tierra de fundición.	4,25	4,40	4,49	3,54	<b>4,17</b>	95%	3,96
26	Retiro de separadores y perforación del molde.	1,35	1,41	1,42	1,46	<b>1,41</b>	100%	1,41
27	Esperar a que se desocupe el tecla.	0,90	0,70	0,45	0,80	<b>0,71</b>	100%	0,71
28	Traer el tecla.	0,25	0,20	0,28	0,26	<b>0,25</b>	100%	0,25
29	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0,20	0,49	0,30	0,41	<b>0,35</b>	100%	0,35
30	Retiro de molde.	1,23	1,40	1,56	1,53	<b>1,43</b>	95%	1,36
31	Inspección y corrección del modelado.	11,10	10,32	12,08	7,43	<b>10,23</b>	90%	9,21
32	Esperar a que se desocupe el tecla.	0,25	0,30	0,24	0,10	<b>0,22</b>	100%	0,22
33	Traer el tecla.	0,27	0,24	0,25	0,22	<b>0,25</b>	100%	0,25
34	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	1,10	1,09	1,44	1,46	<b>1,27</b>	100%	1,27
35	Desmontaje de la caja de modelado.	2,51	2,49	3,35	3,20	<b>2,89</b>	100%	2,89
<b>TOTAL</b>								<b>47,00</b>

**Elaborado por:** Autores

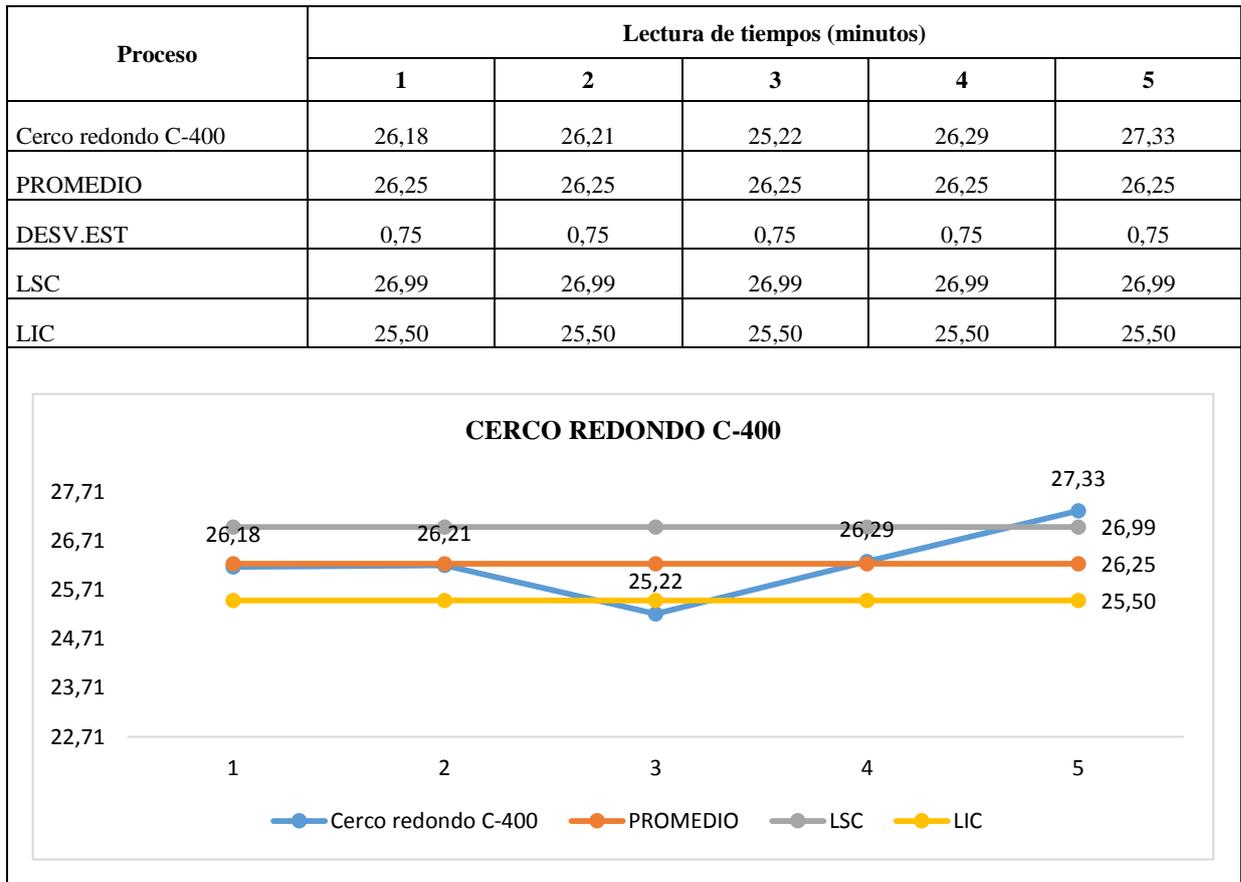
### **Análisis e interpretación**

En la tabla 22. Se obtuvo el tiempo básico de 47 minutos realizando el promedio de las muestras que se encuentran estables en el proceso esto se diagnosticó con el gráfico de control ya que existió variaciones aleatorias inherentes al proceso, además se determinó la valoración subjetiva de acuerdo con el ritmo de trabajo del modelador.

**Tabla 23.** Lectura de tiempos proceso cerco redondo c-400

N°	Actividad	Lectura de tiempos (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,20	0,20	0,20	0,21	0,20
2	Colocación del molde.	0,31	0,32	0,32	0,35	0,32
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,20	0,17	0,16	0,11	0,16
4	Traer la pistola de aire	0,13	0,11	0,12	0,15	0,13
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,16	0,18	0,28	0,28	0,28
6	Traer la tierra de fundición del molino	1,36	1,40	1,25	1,20	1,60
7	Esperar a que llegue la tierra.	0,35	0,40	0,35	0,30	0,28
8	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,06	0,54	0,51	1,50	1,06
9	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,90	0,70	1,00	0,56	0,30
10	Traer el martillo neumático	0,34	0,26	0,31	0,29	0,34
11	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	3,57	3,21	2,43	2,01	2,45
12	Giro e inspección del modelado.	1,50	1,07	0,42	0,43	1,56
13	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de modelado.	0,20	1,19	0,21	0,28	0,20
14	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0,42	0,22	0,19	0,38	0,42
15	Traer la tierra de fundición del molino.	1,50	1,38	1,25	1,20	2,10
16	Esperar a que llegue la tierra.	1,50	1,38	1,43	1,20	2,10
17	Llenado de la caja de modelado parte 2.	1,45	3,41	2,53	2,47	2,42
18	Colocación de reglas y separadores.	0,40	0,53	0,45	0,58	0,53
19	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	1,10	0,50	0,60	1,10	1,00
20	Traer el martillo neumático.	0,17	0,16	0,14	0,20	0,15
21	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	3,51	3,41	2,56	2,59	3,41
22	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,20	0,15	0,14	0,50	0,15
23	Esperar a que se desocupe el tecla.	0,50	0,90	0,70	1,10	0,80
24	Traer el tecla.	0,20	0,25	0,20	0,28	0,26
25	Separación de la parte 2 de la caja de modelado.	1,26	0,44	0,57	1,10	0,44
26	Retiro del molde.	1,20	1,22	1,55	1,56	1,38
27	Inspección y corrección del modelado.	1,30	1,46	1,33	1,50	0,36
28	Esperar a que se desocupe el tecla.	0,24	0,10	0,25	0,30	0,32
29	Traer el tecla.	0,25	0,22	0,25	0,24	0,27
30	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,21	0,14	0,22	0,15	0,14
31	Desmontaje de la caja de modelado.	0,49	0,59	3,30	2,17	2,20
<b>Total</b>		<b>26,18</b>	<b>26,21</b>	<b>25,22</b>	<b>26,29</b>	<b>27,33</b>

Elaborado por: Autores

**Tabla 24.** Gráfica de control cerco redondo c-400

Elaborado por: Autores

**Tabla 25.** Tiempo básico en el proceso de modelado cerco redondo C-400

CERCO REDONDO C400							
N°	ACTIVIDAD	Lectura de tiempos (minutos)			TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		2	3	5			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,20	0,20	0,21	0,20	100%	0,20
2	Colocación del molde.	0,31	0,32	0,35	0,33	100%	0,33
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,20	0,17	0,11	0,16	100%	0,16
4	Traer la pistola de aire	0,13	0,11	0,15	0,13	100%	0,13
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,16	0,18	0,28	0,21	100%	0,21
6	Traer la tierra de fundición del molino	1,36	1,40	1,20	1,32	100%	1,32
7	Esperar a que llegue la tierra.	0,35	0,40	0,30	0,35	100%	0,35
8	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,06	0,54	1,50	1,03	95%	0,98
9	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,90	0,70	0,56	0,72	100%	0,72
10	Traer el martillo neumático	0,34	0,26	0,29	0,30	100%	0,30
11	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	3,57	3,21	2,01	2,93	95%	2,78

12	Giro e inspección del modelado.	1,50	1,07	0,43	1,00	100%	1,00
13	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de modelado.	0,20	1,19	0,28	0,56	100%	0,56
14	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0,42	0,22	0,38	0,34	95%	0,32
15	Traer la tierra de fundición del molino.	1,50	1,38	1,20	1,36	100%	1,36
16	Esperar a que llegue la tierra.	1,50	1,38	1,20	1,36	100%	1,36
17	Llenado de la caja de modelado parte 2.	1,45	3,41	2,47	2,44	95%	2,32
18	Colocación de reglas y separadores.	0,40	0,53	0,58	0,50	100%	0,50
19	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	1,10	0,50	1,10	0,90	100%	0,90
20	Traer el martillo neumático.	0,17	0,16	0,20	0,18	100%	0,18
21	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	3,51	3,41	2,59	3,17	95%	3,01
22	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,20	0,15	0,50	0,28	100%	0,28
23	Esperar a que se desocupe el tecle.	0,50	0,90	1,10	0,83	100%	0,83
24	Traer el tecle.	0,20	0,25	0,28	0,24	100%	0,24
25	Separación de la parte 2 de la caja de modelado.	1,26	0,44	1,10	0,93	100%	0,93
26	Retiro del molde.	1,20	1,22	1,56	1,33	100%	1,33
27	Inspección y corrección del modelado.	1,30	1,46	1,50	1,42	100%	1,42
28	Esperar a que se desocupe el tecle.	0,24	0,10	0,30	0,21	100%	0,21
29	Traer el tecle.	0,25	0,22	0,24	0,24	100%	0,24
30	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,21	0,14	0,15	0,17	100%	0,17
31	Desmontaje de la caja de modelado.	0,49	0,59	2,17	1,08	100%	1,08
<b>TOTAL</b>							<b>26</b>

**Elaborado por:** Autores

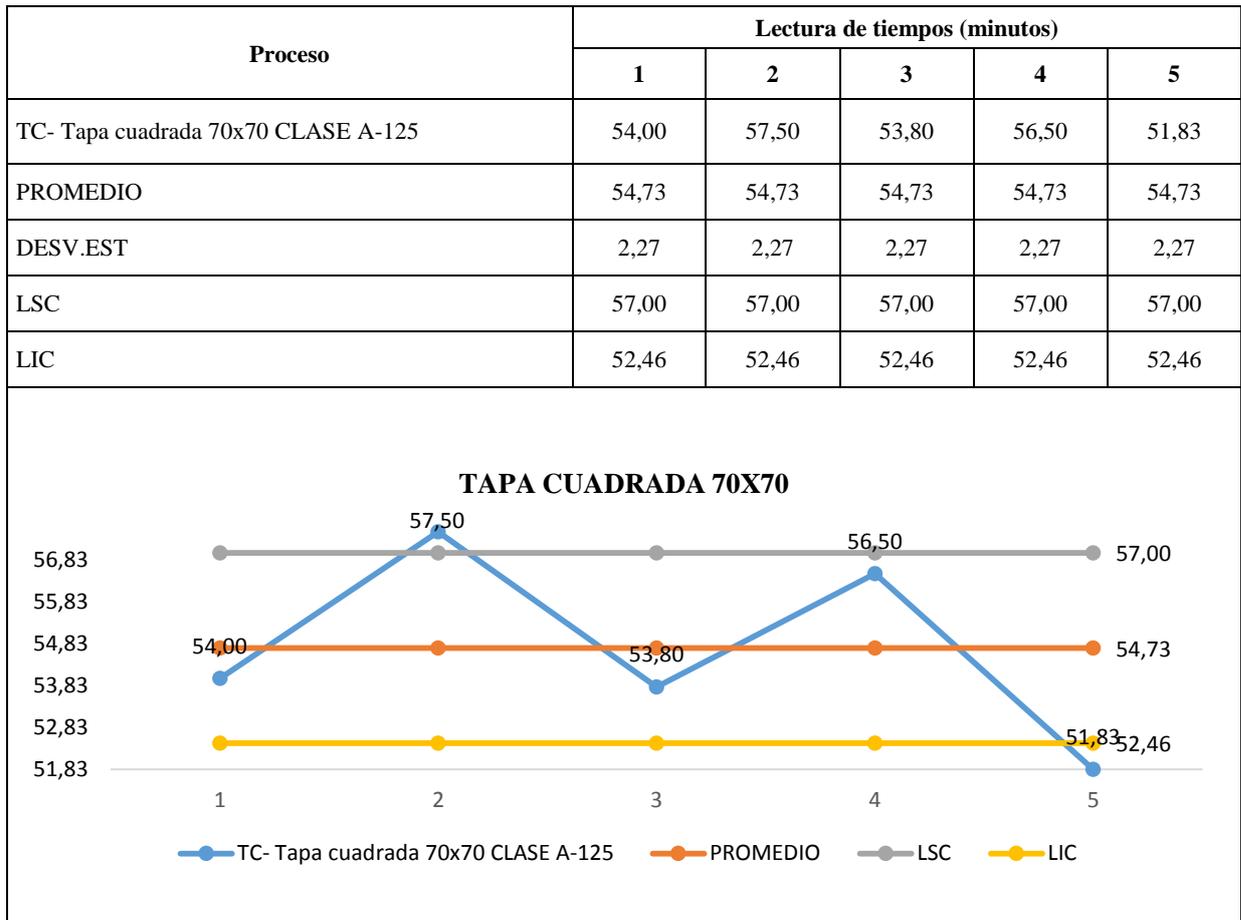
### **Análisis e interpretación**

En la tabla 25. Se obtuvo el tiempo básico de 26 minutos realizando el promedio de las muestras que se encuentran estables en el proceso esto se diagnosticó con el gráfico de control ya que existió variaciones aleatorias inherentes al proceso, además se determinó la valoración subjetiva de acuerdo con el ritmo de trabajo del modelador.

**Tabla 26.** Lectura de tiempos tapa cuadrada TC-70x70

N°	ACTIVIDAD	Lectura de tiempos (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,20	0,16	0,21	0,18	0,20
2	Colocación del molde.	0,24	2,07	1,33	0,53	0,37
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	3,30	6,38	2,05	0,42	0,55
4	Traer la pistola de aire	0,13	0,14	0,13	0,11	0,12
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,49	0,40	0,50	0,48	0,28
6	Traer la tierra de fundición del molino	2,12	1,90	2,00	2,25	2,20
7	Esperar a que llegue la tierra.	2,12	1,90	2,00	2,25	2,20
8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	2,38	2,55	1,85	1,40	2,10
9	Colocación de reglas	0,11	1,33	0,22	0,33	0,18
10	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,90	0,50	0,45	1,10	0,50
11	Traer el martillo neumático	0,14	0,18	0,20	0,17	0,16
12	Compactación de la tierra de fundición.	4,50	3,10	4,37	3,10	3,48
13	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0,41	0,33	0,23	1,48	1,38
14	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,28	0,30	0,10	0,30	0,45
15	Traer las letras estantería.	0,35	0,30	0,35	0,40	0,35
16	Buscar las letras en el recipiente.	1,10	1,00	1,20	1,30	1,00
17	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido	1,36	1,44	2,47	3,33	2,58
18	Agregación de plombagina	0,29	0,16	0,13	0,33	0,26
19	Traer la tierra de fundición del molino.	1,95	2,30	2,00	2,25	2,20
20	Esperar a que llegue la tierra.	1,95	2,30	2,00	2,25	2,20
21	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	2,38	2,55	1,85	1,40	2,10
22	Colocación de reglas	0,20	0,10	0,11	0,26	2,40
23	Colocación de separadores.	0,34	0,17	1,06	0,46	0,42
24	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	1,10	1,00	0,45	1,10	1,10
25	Traer el martillo neumático.	0,16	0,14	0,20	0,17	0,16
26	Compactación de la tierra de fundición.	4,26	3,10	4,37	3,10	3,48
27	Retiro de separadores y perforación del molde.	3,22	2,17	2,42	3,26	1,26
28	Esperar a que se desocupe el teclé.	1,20	0,25	0,24	0,45	0,80
29	Traer el teclé.	0,25	0,24	0,20	0,28	0,26
30	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	2,25	1,34	1,33	2,16	2,48
31	Retiro de molde.	0,90	1,03	1,55	1,42	1,38
32	Inspección y corrección del modelado.	8,50	8,05	8,18	10,04	8,56
33	Esperar a que se desocupe el teclé.	0,25	0,26	1,20	0,45	0,80
34	Traer el teclé.	0,29	0,26	0,20	0,28	0,26
35	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	1,25	2,55	3,20	3,35	1,27
36	Desmontaje de la caja de modelado.	3,13	5,55	3,45	4,36	2,34
Total		54,00	57,50	53,80	56,50	51,83

**Elaborado por:** Autores

**Tabla 27.** Gráfica de control tapa cuadrada TC-70x70

Elaborado por: Autores

**Tabla 28.** Tiempo básico en el proceso de modelado de la tapa cuadrada 70X70

Tiempo promedio del proceso de la elaboración TC- Tapa cuadrada 70x70 CLASE A-125							
Nº	ACTIVIDAD	Lectura de tiempos (minutos)			TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		1	3	4			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,20	0,21	0,18	0,20	100%	0,20
2	Colocación del molde.	0,24	1,33	0,53	0,70	95%	0,67
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	3,30	2,05	0,42	1,92	100%	1,92
4	Traer la pistola de aire	0,13	0,13	0,11	0,12	100%	0,12
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,49	0,50	0,48	0,49	95%	0,47
6	Traer la tierra de fundición del molino	2,12	2,00	2,25	2,12	100%	2,12
7	Esperar a que llegue la tierra.	2,12	2,00	2,25	2,12	100%	2,12
8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	2,38	1,85	1,40	1,88	100%	1,88
9	Colocación de reglas	0,11	0,22	0,33	0,22	100%	0,22
10	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,90	0,45	1,10	0,82	100%	0,82
11	Traer el martillo neumático	0,14	0,20	0,17	0,17	100%	0,17
12	Compactación de la tierra	4,50	4,37	3,10	3,99	90%	3,59

	de fundición.						
13	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0,41	0,23	1,48	0,71	95%	0,67
14	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,28	0,10	0,30	0,23	100%	0,23
15	Traer las letras estantería.	0,35	0,35	0,40	0,37	100%	0,37
16	Buscar las letras en el recipiente.	1,10	1,20	1,30	1,20	100%	1,20
17	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido	1,36	2,47	3,33	2,39	90%	2,15
18	Agregación de plombagina	0,29	0,13	0,33	0,25	100%	0,25
19	Traer la tierra de fundición del molino.	1,95	2,00	2,25	2,07	100%	2,07
20	Esperar a que llegue la tierra.	1,95	2,00	2,25	2,07	100%	2,07
21	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	2,38	1,85	1,40	1,88	95%	1,78
22	Colocación de reglas	0,20	0,11	0,26	0,19	100%	0,19
23	Colocación de separadores.	0,34	1,06	0,46	0,62	100%	0,62
24	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	1,10	0,45	1,10	0,88	100%	0,88
25	Traer el martillo neumático.	0,16	0,20	0,17	0,18	100%	0,18
26	Compactación de la tierra de fundición.	4,26	4,37	3,10	3,91	95%	3,71
27	Retiro de separadores y perforación del molde.	3,22	2,42	3,26	2,97	100%	2,97
28	Esperar a que se desocupe el teclé.	1,20	0,24	0,45	0,63	100%	0,63
29	Traer el teclé.	0,25	0,20	0,28	0,24	100%	0,24
30	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	2,25	1,33	2,16	1,91	95%	1,82
31	Retiro de molde.	0,90	1,55	1,42	1,29	95%	1,23
32	Inspección y corrección del modelado.	8,50	8,18	10,04	8,91	90%	8,02
33	Esperar a que se desocupe el teclé.	0,25	1,20	0,45	0,63	100%	0,63
34	Traer el teclé.	0,29	0,20	0,28	0,26	100%	0,26
35	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	1,25	3,20	3,35	2,60	100%	2,60
36	Desmontaje de la caja de modelado.	3,13	3,45	4,36	3,65	100%	3,65
<b>TOTAL</b>							<b>53,00</b>

Elaborado por: Autores

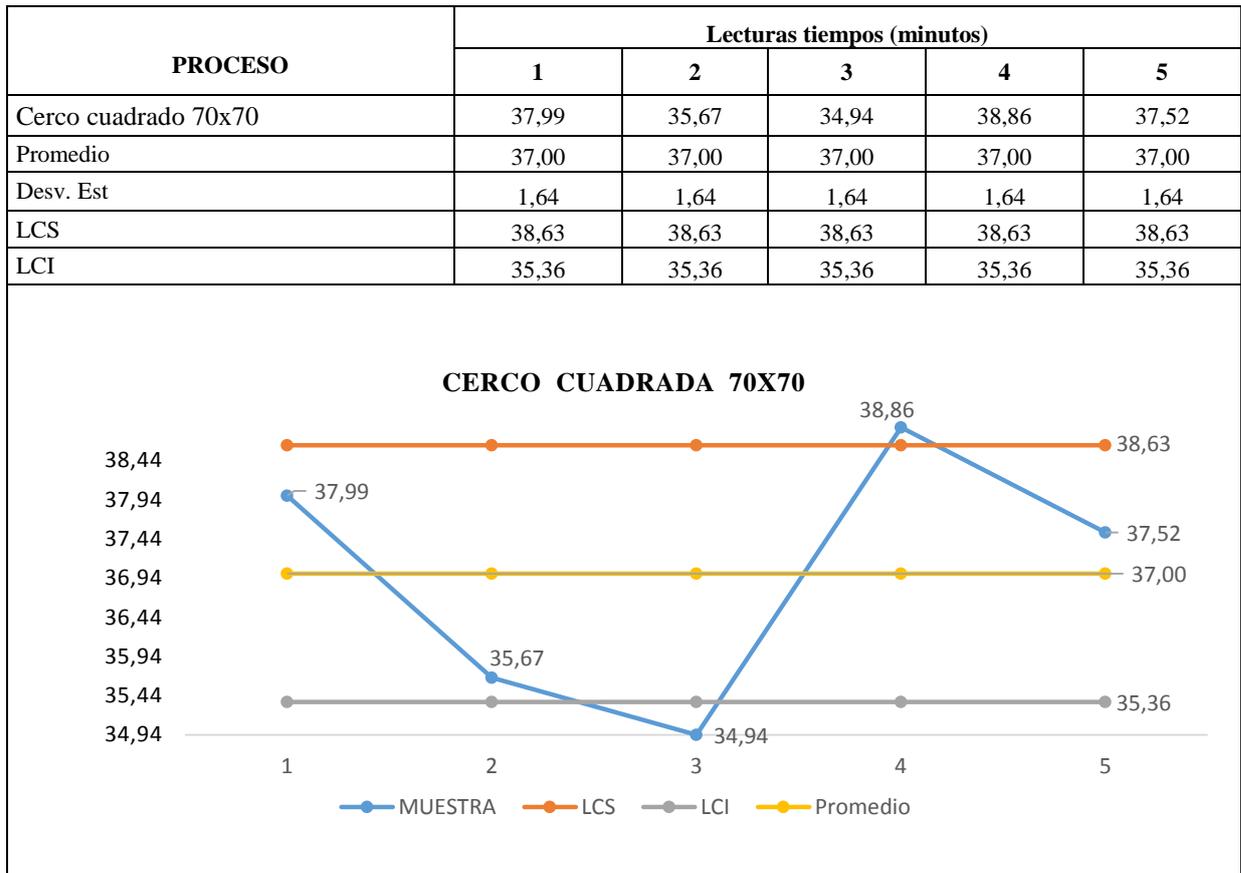
### Análisis e interpretación

En la tabla 28. Se obtuvo el tiempo básico de 53 minutos realizando el promedio de las muestras que se encuentran estables en el proceso esto se diagnosticó con el gráfico de control ya que existió variaciones aleatorias inherentes al proceso, además se determinó la valoración subjetiva de acuerdo con el ritmo de trabajo del modelador.

**Tabla 29.** Lectura de tiempos cerco cuadrada 70x70

N°	Actividad	Lectura de tiempos (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,23	0,22	0,20	0,25	0,23
2	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,31	0,32	0,32	0,35	0,32
3	Colocación del molde.	1,54	0,17	0,16	0,11	0,16
4	Traer la pistola de aire	0,13	0,11	0,12	0,13	0,14
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,16	0,18	0,28	0,28	0,28
6	Traer la tierra de fundición del molino.	1,36	1,38	1,35	1,33	1,37
7	Esperar que llegue la tierra	1,41	1,40	1,43	1,44	1,39
8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	3,46	4,00	3,37	4,01	3,39
9	Esperar que se desocupe el martillo neumático.	0,40	0,41	0,39	0,40	0,38
10	Traer el martillo neumático.	0,38	0,39	0,37	0,40	0,36
11	Compactación de la tierra de fundición.	6,14	6,48	6,11	6,33	6,33
12	Giro de la caja de moldeo parte 1.	2,56	1,07	0,42	0,43	2,56
13	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0,20	1,19	0,21	0,28	0,20
14	Traer la pistola de aire	0,13	0,11	0,12	0,13	0,14
15	Limpieza del molde y Agregación de sílice.	0,42	0,22	0,19	0,38	0,42
16	Traer la tierra de fundición del molino.	1,36	1,38	1,36	1,37	1,37
17	Esperar que llegue la tierra	1,38	1,38	1,43	1,38	1,35
18	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	3,05	2,45	2,34	3,33	2,58
19	Colocación de separadores.	0,40	0,53	0,45	0,48	0,43
20	Esperar que se desocupe el martillo neumático.	0,49	0,50	0,52	0,53	0,54
21	Traer el martillo neumático.	0,36	0,35	0,37	0,39	0,34
22	Compactación de la tierra de fundición.	3,52	3,31	3,50	3,36	3,40
23	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,20	0,15	0,14	0,25	0,26
24	Esperar que se desocupe el tecle.	1,11	1,10	1,09	1,12	1,07
25	Traer el tecle.	0,24	0,26	0,25	0,27	0,28
26	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	1,26	0,44	0,47	0,46	0,44
27	Retiro de molde.	1,43	1,38	1,55	1,56	1,38
28	Inspección y corrección del modelado.	2,10	2,29	1,54	4,16	2,48
29	Esperar a que se desocupe el tecle.	1,09	1,08	1,10	1,12	1,09
30	Traer el tecle.	0,27	0,28	0,25	0,28	0,23
31	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,41	0,56	0,30	0,42	0,38
32	Desmontaje de la caja de modelado.	0,49	0,59	3,30	2,17	2,20
<b>TOTAL</b>		<b>37,99</b>	<b>35,68</b>	<b>35,00</b>	<b>38,90</b>	<b>37,49</b>

**Elaborado por:** Autores

**Tabla 30.** Gráfica de control cerco cuadrado 70x70

Elaborado por: Autores

**Tabla 31.** Tiempo básico en el proceso de modelado del cerco cuadrada 70X70

N°	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS			TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		1	2	5			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,23	0,22	0,23	0,23	100%	0,23
2	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,31	0,32	0,32	0,32	100%	0,32
3	Colocación del molde.	1,54	0,17	0,16	0,62	100%	0,62
4	Traer la pistola de aire	0,13	0,11	0,14	0,13	100%	0,13
5	Limpieza y agregación de plumbagina en el molde.	0,16	0,18	0,28	0,21	95%	0,20
6	Traer la tierra de fundición del molino.	1,36	1,38	1,37	1,37	100%	1,37
7	Esperar que llegue la tierra	1,41	1,40	1,39	1,40	100%	1,40
8	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	3,46	4,00	3,39	3,62	90%	3,26
9	Esperar que se desocupe el martillo neumático.	0,40	0,41	0,38	0,40	100%	0,40
10	Traer el martillo neumático.	0,38	0,39	0,36	0,38	100%	0,38

11	Compactación de la tierra de fundición.	6,14	6,48	6,33	6,32	95%	6,00
12	Giro de la caja de moldeo parte 1.	2,56	1,07	2,56	2,06	100%	2,06
13	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0,20	1,19	0,20	0,53	95%	0,50
14	Traer la pistola de aire	0,13	0,11	0,14	0,13	100%	0,13
15	Limpieza del molde y Agregación de sílice.	0,42	0,22	0,42	0,35	100%	0,35
16	Traer la tierra de fundición del molino.	1,36	1,37	1,37	1,37	100%	1,37
17	Esperar que llegue la tierra	1,38	1,38	1,38	1,38	100%	1,38
18	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	3,05	2,45	2,58	2,69	90%	2,42
19	Colocación de separadores.	0,40	0,53	0,43	0,45	100%	0,45
20	Esperar que se desocupe el martillo neumático.	0,49	0,50	0,54	0,51	100%	0,51
21	Traer el martillo neumático.	0,36	0,35	0,34	0,35	100%	0,35
22	Compactación de la tierra de fundición.	3,52	3,31	3,40	3,41	95%	3,24
23	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,20	0,15	0,26	0,20	100%	0,20
24	Esperar que se desocupe el tecele.	1,11	1,10	1,07	1,09	100%	1,09
25	Traer el tecele.	0,24	0,26	0,28	0,26	100%	0,26
26	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	1,26	0,44	0,44	0,71	95%	0,68
27	Retiro de molde.	1,43	1,38	1,38	1,40	100%	1,40
28	Inspección y corrección del modelado.	2,10	2,29	2,48	2,29	100%	2,29
29	Esperar a que se desocupe el tecele.	1,09	1,08	1,09	1,09	100%	1,09
30	Traer el tecele.	0,27	0,28	0,23	0,26	100%	0,26
31	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,41	0,56	0,38	0,45	100%	0,45
32	Desmontaje de la caja de modelado.	0,49	0,59	2,20	1,09	100%	1,09
<b>TOTAL</b>							<b>36,00</b>

Elaborado por: Autores.

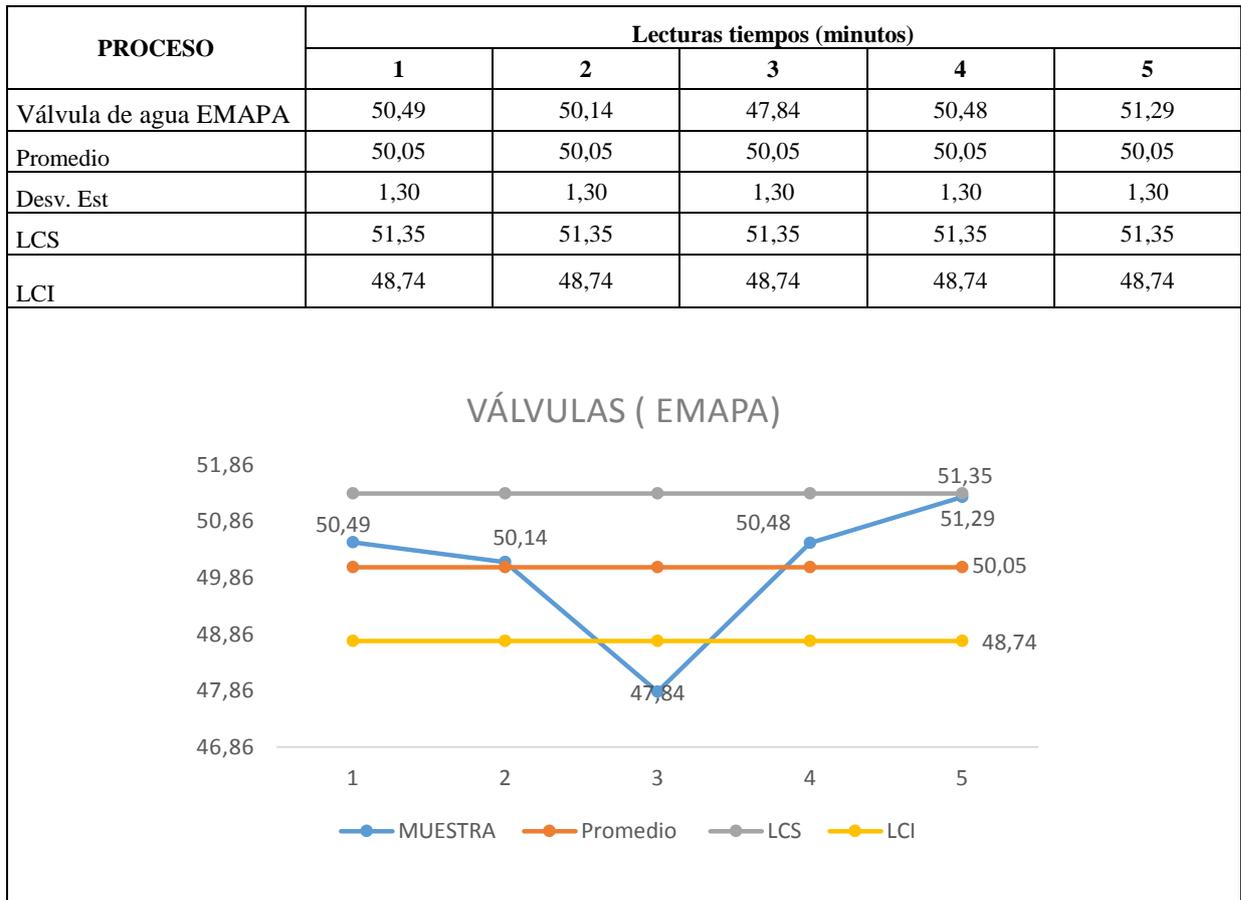
### Análisis e interpretación

En la tabla 31. Se obtuvo el tiempo básico de 36 minutos realizando el promedio de las muestras que se encuentran estables en el proceso esto se diagnosticó con el gráfico de control ya que existió variaciones aleatorias inherentes al proceso, además se determinó la valoración subjetiva de acuerdo con el ritmo de trabajo del modelador.

Tabla 32. Lectura de tiempos válvula de agua EMAPA

N°	Actividad	Lectura de tiempos (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,22	0,22	0,23	0,25	0,28
2	Colocación del molde 1	0,48	0,40	0,45	0,4	0,48
3	Traer la pistola de aire.	0,17	0,18	0,12	0,22	0,33
4	Limpieza del molde.	0,30	0,16	0,16	0,35	0,1
5	Colocación de la caja de modelado parte 1.	0,30	0,46	0,48	0,46	0,3
6	Colocación de las válvulas y agregación de plombagina.	2,40	2,30	2,36	2,35	2,4
7	Traer la tierra de fundición del molino.	0,49	0,48	0,47	0,46	0,35
8	Esperar a que llegue la tierra.	1,30	1,29	1,25	1,35	1,4
9	Llenado de la caja de modelado parte 1 con tierra de fundición y colocación de distribuidor de material.	8,25	8,01	7,58	8,01	8,25
10	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,23	0,25	0,26	0,28	0,3
11	Traer el martillo neumático.	0,36	0,35	0,33	0,35	0,36
12	Compactación de la tierra de fundición.	1,33	1,34	1,5	1,35	1,33
13	Colocación caja de modelado Parte 2	0,18	0,15	0,16	0,15	0,18
14	Colocación de tapas.	0,35	0,33	0,32	0,35	0,33
15	Agregación de sílice.	0,14	0,15	0,15	0,16	0,14
16	Retiro de Tapas.	0,12	0,15	0,18	0,15	0,12
17	Desprender la tierra de fundición de las bocas de las válvulas.	0,48	0,48	0,35	0,48	0,48
18	Traer la tierra de fundición del molino.	0,39	0,43	0,42	0,45	0,46
19	Esperar a que llegue la tierra.	1,30	1,41	1,35	1,32	1,36
20	Llenado de la caja de modelado 2 con tierra de fundición.	4,18	4,20	3,4	4,2	4,18
21	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,23	0,22	0,21	0,23	0,25
22	Traer el martillo neumático.	0,35	0,38	0,35	0,34	0,33
23	Compactación de la tierra de fundición caja de modelado 2	2,30	2,19	2,2	2,19	2,3
24	Giro parte 1 y parte 2 de las cajas de modelado.	0,50	0,49	0,55	0,49	0,5
25	Retiro de la caja de modelado 2.	1,12	1,30	1,2	1,3	1,12
26	Inspección parte 1 y 2.	3,12	2,12	2,18	2,12	3,1
27	Colocación del tablero	1,21	0,26	0,26	0,26	0,21
28	Colocación molde 1 en el tablero.	0,48	0,50	0,4	0,5	0,48
29	Colocación de la caja de modelado 3	0,44	0,48	0,4	0,48	0,44
30	Traer la pistola de aire	0,17	0,15	0,16	0,14	0,17
31	Limpieza del molde y agregación de plombagina.	0,22	0,25	0,43	0,25	0,28
32	Colocación de separadores y Llenado de la caja parte 3 con tierra de fundición.	4,55	5,54	4,53	5,54	4,55
33	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,23	0,22	0,26	0,22	0,23
34	Traer el martillo neumático.	0,36	0,35	0,33	0,35	0,36
35	Compactación de la tierra de fundición parte 3.	4,18	4,20	4,2	4,2	4,18
36	Retiro de separadores	0,35	0,35	0,33	0,35	0,35
37	Giro de la caja de modelado parte 3.	0,21	0,27	0,22	0,27	0,21
38	Inspección parte 3.	3,59	4,20	4,18	4,2	4,19
39	Unión parte 2 en la parte 1.	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
40	Unión parte 3 en la parte 2.	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
41	Desmontaje de la caja de modelado.	3,18	3,20	3,2	3,23	4,18
<b>TOTAL</b>		50,49	50,14	47,84	50,48	51,29

Elaborado por: Autores

**Tabla 33.** Gráfica de control válvula de agua EMAPA

**Elaborado por:** Autores

**Tabla 34.** Tiempo básico en el proceso de modelado de las válvulas de agua EMAPA

N°	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS (min)				VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		1	2	4	5		
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,22	0,22	0,25	0,28	100%	0,28
2	Colocación del molde 1	0,48	0,40	0,4	0,48	100%	0,48
3	Traer la pistola de aire.	0,17	0,18	0,22	0,33	100%	0,33
4	Limpieza del molde.	0,30	0,16	0,35	0,1	100%	0,10
5	Colocación de la caja de modelado parte 1.	0,30	0,46	0,46	0,3	100%	0,30
6	Colocación de las válvulas y agregación de plomagina.	2,40	2,30	2,35	2,4	100%	2,40
7	Traer la tierra de fundición del molino.	0,49	0,48	0,46	0,35	100%	0,35
8	Esperar a que llegue la tierra.	1,30	1,29	1,35	1,4	100%	1,40
9	Llenado de la caja de modelado parte 1 con tierra de fundición y colocación de distribuidor de material.	8,25	8,01	8,01	8,25	95%	7,84
10	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,23	0,25	0,28	0,3	100%	0,30
11	Traer el martillo neumático.	0,36	0,35	0,35	0,36	100%	0,36
12	Compactación de la tierra de fundición.	1,33	1,34	1,35	1,33	95%	1,26
13	Colocación caja de modelado Parte 2	0,18	0,15	0,15	0,18	100%	0,18

14	Colocación de tapas.	0,35	0,33	0,35	0,33	100%	0,33
15	Agregación de sílice.	0,14	0,15	0,16	0,14	100%	0,14
16	Retiro de Tapas.	0,12	0,15	0,15	0,12	100%	0,12
17	Desprender la tierra de fundición de las bocas de las válvulas.	0,48	0,48	0,48	0,48	100%	0,48
18	Traer la tierra de fundición del molino.	0,39	0,43	0,45	0,46	100%	0,46
19	Esperar a que llegue la tierra.	1,30	1,41	1,32	1,36	100%	1,36
20	Llenado de la caja de modelado 2 con tierra de fundición.	4,18	4,20	4,2	4,18	95%	3,97
21	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,23	0,22	0,23	0,25	100%	0,25
22	Traer el martillo neumático.	0,35	0,38	0,34	0,33	100%	0,33
23	Compactación de la tierra de fundición caja de modelado 2	2,30	2,19	2,19	2,3	95%	2,19
24	Giro parte 1 y parte 2 de las cajas de modelado.	0,50	0,49	0,49	0,5	100%	0,50
25	Retiro de la caja de modelado 2.	1,12	1,30	1,3	1,12	100%	1,12
26	Inspección parte 1 y 2.	3,12	2,12	2,12	3,1	95%	2,95
27	Colocación del tablero	1,21	0,26	0,26	0,21	100%	0,21
28	Colocación molde 1 en el tablero.	0,48	0,50	0,5	0,48	100%	0,48
29	Colocación de la caja de modelado 3	0,44	0,48	0,48	0,44	100%	0,44
30	Traer la pistola de aire	0,17	0,15	0,14	0,17	100%	0,17
31	Limpieza del molde y agregación de plombagina.	0,22	0,25	0,25	0,28	100%	0,28
32	Colocación de separadores y Llenado de la caja parte 3 con tierra de fundición.	4,55	5,54	5,54	4,55	95%	4,32
33	Esperar a que se desocupe el martillo neumático.	0,23	0,22	0,22	0,23	100%	0,23
34	Traer el martillo neumático.	0,36	0,35	0,35	0,36	100%	0,36
35	Compactación de la tierra de fundición parte 3.	4,18	4,20	4,2	4,18	95%	3,97
36	Retiro de separadores	0,35	0,35	0,35	0,35	100%	0,35
37	Giro de la caja de modelado parte 3.	0,21	0,27	0,27	0,21	100%	0,21
38	Inspección parte 3.	3,59	4,20	4,2	4,19	90%	3,77
39	Unión parte 2 en la parte 1.	0,55	0,55	0,55	0,55	100%	0,55
40	Unión parte 3 en la parte 2.	0,18	0,18	0,18	0,18	100%	0,18
41	Desmontaje de la caja de modelado.	3,18	3,20	3,23	4,18	100%	4,18
<b>TOTAL</b>							<b>50,00</b>

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 34. Se obtuvo el tiempo básico de 50 minutos realizando el promedio de las muestras que se encuentran estables en el proceso esto se diagnosticó con el gráfico de control ya que existió variaciones aleatorias inherentes al proceso, además se determinó la valoración subjetiva de acuerdo con el ritmo de trabajo del modelador.

**Tabla 35.** Resumen del Tiempo base (min) Actual

Proceso	Tiempo base por unidad (minutos)
Tapa redonda C-400	47
Cerco redondo C-400	26
Tapa cuadrada 70X70	53
Cerco cuadrado 70X70	36
Válvula de agua potable	50

**Elaborado por:** Autores

### Análisis e interpretación

El tiempo varía de acuerdo con la complejidad de los distintos modelos que se realiza, de esta manera se define el tiempo requerido para obtener el producto final en este caso el modelo que pasa al siguiente proceso de fundición.

### Cálculo de capacidad actual

Para realizar el cálculo se utilizó la ecuación 6:

**Capacidad**= (unidades producidas) \* (tiempo específico)

**Capacidad** =1,28 unidades/hora \*7,54 horas/día

**Capacidad**=10 unidades/día \*20día/mes=200 unidades/mes

**Tabla 36.** Capacidad de producción actual

Proceso	Tiempo base por unidad (minutos)	Capacidad de producción		
		hora/unidades	día/unidades	mes/unidades
Tapa redonda C-400	47	1,28	10	200
Cerco redondo C-400	26	2,30	19	388
Tapa cuadrada 70X70	53	1,13	9	180
Cerco cuadrado 70X70	36	1,67	13	260
Válvula de agua potable	50	1,20	9	180

**Elaborado por:** Autores

Actualmente el área de modelado cuenta con 11 trabajadores que están distribuidas de la siguiente manera; un supervisor, 5 modeladores y 5 ayudantes. En este proceso es necesario

de equipos herramientas para realizar las diferentes actividades identificadas en los diagramas de procesos.

#### 10.2.4. Análisis de los recursos empleados en el área de modelado

**Tabla 37.** Maquinaria y herramientas

<b>Maquinaria y Herramientas</b>			
<b>N°</b>	<b>Nombre</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Compresor	1	
2	Mezcladora	1	Prepara la tierra de fundición
3	Martillo neumático	3	Compacta la tierra por un tiempo determinado.
4	Pistola de aire comprimido	3	Sirve para realizar la limpieza de los moldes
5	Palas	5	Esta herramienta es utilizada para el llenado de la tierra en la caja de modelado.
6	Carretillas	5	Es utilizada para el traslado de la tierra de fundición.
7	Martillo de Goma	5	Percutir el molde para su retiro de la tierra.
8	Plano	5	Es una herramienta para compactación manualmente.
9	Zaranda Giratoria	1	Máquina para recuperar la tierra de fundición
10	Minicargador	1	Maquina transporta tierra de fundición hacia la mezcladora
11	Tecele eléctrico	1	Es utilizada para la unión y giro de las cajas de moldeo.

**Elaborado por:** Autores

#### Análisis e interpretación

En la tabla 37 se detalla las diferentes maquináries y herramientas que se utiliza en el proceso de modelado ya que cada una de ellas tiene funciones específicas. Mediante esto se puede llevar acabo la actividad y por ende cumplir con la orden de producción planificada.

#### Costos de modelado

**Tabla 38.** Costo de materiales

<b>Costo de materiales</b>							
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Kg</b>	<b>Tapa redonda C-400</b>	<b>Cerco redondo C-400</b>	<b>Tapa cuadrada 70X70</b>	<b>Cerco cuadrado 70X70</b>	<b>Válvula de agua potable</b>
			<b>Valor</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>	<b>Valor</b>
Tierra	2,5 kg	1,13	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82
Bentonita	0,26 kg	10	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6

Carbón bituminoso	0,05 kg	2,17	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Silicio	0,11 kg	1		0,11		0,11	
Plombagina	0,10 kg	1,15	0,11		0,11		0,11
<b>Total</b>			5,63	5,63	5,63	5,63	5,63

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 38. El costo de modelado de una unidad es de \$5,63. Es el mismo valor para los diferentes modelos que se observa en la tabla debido a que la cantidad de material que se utiliza para cada modelo es el mismo.

**Tabla 39.** Otros materiales

Otros materiales						
Descripción	Unidad	Tapa redonda C-400	Cerco redondo C-400	Tapa cuadrada 70X70	Cerco cuadrado 70X70	Válvula de agua potable
		Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$	Valor \$
Equipos de protección personal	2 mascarilla	1	1	1	1	1
	2 auditivos	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	2 Par Guantes	3	3	3	3	3
<b>Total</b>		<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 39. Se obtuvo el costo de los equipos de protección personal que se entrega al modelador y ayudante es de \$ 4,50.

**Tabla 40.** Consumo de energía eléctrica

Materiales	Tapa redonda C-400		Cerco redondo C-400		Tapa cuadrada 70X70		Cerco cuadrado 70X70		Válvula de agua potable	
	Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor	Descripción	Valor
Compresor	7kw/h	0,84	3kw/h	0,36	7kw/h	0,84	5kw/h	0,6	7kw/h	0,88
Mezcladora	6kw/h	0,69	3kw/h	0,31	6kw/h	0,73	4kw/h	0,49	6kw/h	0,73

Tecele eléctrico	3kw/h	0,42	2kw/h	0,19	4kw/h	0,44	2kw/h	0,30	4kw/h	0,44
Zaranda Giratoria	2kw/h	0,28	1kw/h	0,13	2kw/h	0,29	2kw/h	0,20	2kw/h	0,29
<b>Total</b>	<b>2,23</b>	<b>0,99</b>	<b>2,3</b>	<b>1,59</b>	<b>2,34</b>					

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 40. Se obtuvo el consumo de energía eléctrica se calculó en base al costo del kW/h de \$ 0,12 la tarifa que se maneja en la ciudad de Ambato. Los resultados se obtuvieron de acuerdo con el tiempo de funcionamiento de las máquinas para realizar los diferentes modelados.

**Tabla 41.** Costos de la mano de obra directa e indirecta del área de modelado

Tipo	descripción	Costo mensual	Costo día
Mano de obra directa	<b>Modelador</b>	800	40
	<b>Ayudante</b>	600	30
<b>total</b>		<b>1400</b>	70
<b>Mano de obra indirecta</b>	<b>Supervisor</b>	850	42,5

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 41. Se detalla los costos directos con un total de 1400 dólares mensuales y los indirectos con un costo de 850 dólares mensuales del área de modelado.

### Cálculo del costo de la mano de obra directa

Para el cálculo se considera el costo total de mano de obra directa con un valor de 70 dólares diarios los cuales se detallan en la tabla 40.

**Mano de obra directa**= (Costo total diario) / (número de unidades diarias por grupo de trabajo)

**Mano de obra directa**= (70\$/día) / (10 unidades/día)

**Mano de obra directa**= 7 \$/unidad

### Cálculo del costo de la mano de obra indirecta por unidad

Para el cálculo se considera solo el salario del supervisor ya que es el único que interviene en el proceso de modelado con un valor de 42,50 dólares diarios el cual se detalla en la tabla 40.

**Mano de obra directa**= (Costo diario) / (unidades producidas por los 5 grupos de trabajo)

**Mano de obra directa**= (42,50\$/día) / (60 unidades/día)

**Mano de obra directa**= 0,71 \$/unidad

**Tabla 42.** Costo de mano de obra

Costo de mano de obra						
Mano de Obra	Descripción	Tapa redonda C-400	Cerco redondo C-400	Tapa cuadrada 70X70	Cerco cuadrado 70X70	Válvula de agua potable
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Directa	Por una unidad modelado	7,00	3,68	7,78	5,38	7,78
Indirecta	Por una unidad modelado	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
<b>Total</b>		<b>7,71</b>	<b>4,39</b>	<b>8,49</b>	<b>6,09</b>	<b>8,49</b>

**Elaborado por:** Autores

En la tabla 42. Se obtuvo el costo de mano de obra se calculó a partir del sueldo mensual del modelador y el ayudante, dividiendo para el número de días y horas laborales obteniendo el costo de elaborar cada modelo.

**Tabla 43.** Presupuesto del costo de modelado

Presupuesto del costo de modelado					
	Tapa redonda C-400	Cerco redondo C-400	Tapa cuadrada 70X70	Cerco cuadrado 70X70	Válvula de agua potable
Costo de materiales	5,63	5,63	5,63	5,63	5,63
Costo de otros materiales	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Costo de energía eléctrica	2,23	0,99	2,3	1,59	2,34
Costo de mano de obra	<b>7,71</b>	<b>4,39</b>	<b>8,49</b>	<b>6,09</b>	<b>8,49</b>
Total \$	<b>20,07</b>	<b>15,51</b>	<b>20,92</b>	<b>17,81</b>	<b>20,96</b>

**Elaborado por:** Autores

## Análisis e interpretación

En la tabla 43. Se obtuvo el costo de elaborar cada modelo de acuerdo con el material, mano de obra y consumo de energía eléctrica utilizada, el costo de cada modelo varía depende al tiempo que se demora en producir una unidad.

### 10.3. Propuesta para optimizar el proceso de modelado

#### 10.3.1 Acciones de mejora a proponer

**Tabla 44.** Propuesta para optimizar el proceso de modelado

<b>Propuesta para optimizar el proceso de modelado</b>			
<b>PROCESO</b>	<b>Equipo/Maquinaria/Herramientas</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesta</b>
Inspección y corrección del modelado.	Barreno del martillo neumático.	✓ Diámetro de la punta del martillo neumático (4cm).	✓ Diámetro de la punta del martillo neumático (6cm).
Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.	Caja de molde de letras y números.	✓ Las letras y números no tienen orden.	✓ Se clasifica alfanuméricamente las letras y números.
Compactación de la tierra de fundición.	Martillo neumático.	✓ Un solo martillo neumático para dos grupos de modeladores.	✓ Un martillo neumático para un solo grupo de modeladores.
Llenado de caja de moldeo con tierra de fundición.	Carretilla.	✓ Una carretilla por cada grupo de trabajo.	✓ Se duplica las carretillas por cada grupo.
Unión de las partes de la caja de modelado.	Tecla eléctrica.	✓ Se dispone de un solo tecla para elevar y unir las cajas de modelado para los 5 grupos de trabajo.	✓ Construcción de dos teclas móviles para los tres grupos de modelado.
Separación de las partes de la caja de modelado.			

Elaborado por: Autores

## Análisis e interpretación

En la tabla 44. La propuesta de implementación de los diferentes máquinas herramientas con lo cual se dio cumplimiento al objetivo 3. Eliminando demoras y reduciendo los transportes,

de esta manera se optimizó los procesos de elaboración de los moldes de la empresa Fundi laser.

### 10.3 Elaboración de los nuevos diagramas de procesos

Tabla 45. Diagrama de proceso propuesto de la tapa redonda C400

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>		Fundilaser			<b>Analista:</b>		Bustos J. Calapiña C.		
<b>Modelo:</b>		Tapa redonda C400			<b>Área:</b>		Modelado		
<b>Operario:</b>					<b>Diagrama N°:</b>		01		
<b>Método actual</b>					<b>Hoja N°:</b>		01		
<b>Método propuesto</b>		X			<b>Fecha:</b>				
						N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,23
X						2	Colocación del molde.	0	0,24
X						3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0	0,24
	X					4	Traer la pistola de aire	1	0,12
X						5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0	0,33
	X					6	Traer la tierra de fundición del molino	5	1,29
X						7	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0	0,64
	X					8	Traer el martillo neumático	1	0,09
X						9	Compactación de la tierra de fundición.	0	3,11
X						10	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0	0,31
X						11	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0	0,37
	X					12	Traer las letras de la estantería.	0,5	0,17
					X	13	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.	0	2,08
X						14	Agregación de plombagina.	0	0,19
	X					15	Traer la tierra de fundición del molino.	5	1,20
X						16	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	0	1,29
X						17	Colocación de reglas.	0	0,27
X						18	Colocación de separadores.	0	0,26
	X					19	Traer el martillo neumático.	1	0,12

X						20	Compactación de la tierra de fundición.	0	3,41
X						21	Retiro de separadores y perforación del molde.	0	1,36
X						22	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0	0,25
X						23	Retiro de molde.	0	1,36
					X	24	Inspección y corrección del modelado.	0	7,37
X						25	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0	0,89
X						26	Desmontaje de la caja de moldeo.	0	3,03
18	6	0	0	0	2	2	TOTAL	13,50	30,20

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 46. Se detalla el tiempo propuesto para la tapa C400 con un tiempo de 30,20 minutos con: 18 operaciones, 6 transportes, 2 operaciones inspecciones y finalmente con un recorrido de 13,50 metros, además de la eliminación de demoras y transportes que se daban por la falta de máquinas herramientas en el proceso de modelado los cuales dan cumplimiento al objetivo 3 de plantear una propuesta que permita mejorar los procesos de producción a través de un método eficiente.

**Tabla 46.** Diagrama de proceso propuesto cerco redondo C-400

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>		Fundí Laser			<b>Analista:</b>		Bustos J. Calapiña C.		
<b>Modelo:</b>		Cerco redondo C400			<b>Área:</b>		Modelado		
<b>Operario:</b>					<b>Diagrama N°:</b>		01		
<b>Método actual</b>					<b>Hoja N°:</b>		01		
<b>Método propuesto</b>		X			<b>Fecha:</b>				
○	⇒	◐	▽	□	◉	N°	<b>Descripción</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,21
X						2	Colocación del molde.	0	0,23
X						3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0	0,16
	X					4	Traer la pistola de aire	1	0,12
X						5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0	0,16

	X					6	Traer la tierra de fundición del molino	5	<b>1,39</b>
X						7	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0	<b>1,12</b>
	X					8	Traer el martillo neumático	1	<b>0,13</b>
X						9	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	0	<b>2,45</b>
X						10	Giro e inspección del modelado.	0	<b>1,23</b>
X						11	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de moldeo.	0	<b>0,24</b>
X						12	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0	<b>0,36</b>
	X					13	Traer la tierra de fundición del molino.	0	<b>0,31</b>
X						14	Llenado de la caja de moldeo parte 2.	0	<b>1,34</b>
X						15	Colocación de reglas y separadores.	0	<b>0,34</b>
	X					16	Traer el martillo neumático.	1	<b>1,55</b>
X						17	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	0	<b>2,32</b>
X						18	Retiro de separadores y perforación del molde.	0	<b>0,25</b>
X						19	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0	<b>0,81</b>
X						20	Retiro del molde.	0	<b>1,34</b>
					X	21	Inspección y corrección del modelado.	0	<b>1,35</b>
X						22	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0	<b>0,16</b>
X						23	Desmontaje de la caja de moldeo.	0	<b>0,68</b>
<b>17</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>		<b>TOTAL</b>	<b>8</b>	<b>18</b>

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 46. Se detalla el tiempo propuesto para la tapa C400 con un tiempo de 18 minutos con: 17 operaciones, 5 transportes, 1 operaciones inspecciones y finalmente con un recorrido de 8 metros, además de la eliminación de demoras y transportes que se daban por la falta de máquinas herramientas en el proceso de modelado los cuales dan cumplimiento al objetivo 3 de plantear una propuesta que permita mejorar los procesos de producción a través de un método eficiente.

Tabla 47. Diagrama de proceso propuesto tapa cuadrada 70x70

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>		Fundi Laser		<b>Analista:</b>		Bustos J. Calapiña C.			
<b>Modelo:</b>		Tapa cuadrada 70x70		<b>Área:</b>		Modelado			
<b>Operario:</b>				<b>Diagrama N°:</b>		01			
<b>Método actual</b>				<b>Hoja N°:</b>		01			
<b>Método propuesto</b>		X		<b>Fecha:</b>					
○	→	◐	▽	□	⊗	N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,19
X						2	Colocación del molde.	0	0,26
X						3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0	1,25
	X					4	Traer la pistola de aire	1	0,12
X						5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0	0,38
	X					6	Traer la tierra de fundición del molino	10	2,05
X						7	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0	1,14
X						8	Colocación de reglas	0	0,18
	X					9	Traer el martillo neumático	0	0,17
X						10	Compactación de la tierra de fundición.	0	2,15
X						11	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0	0,32
X						12	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0	0,28
	X					13	Traer las letras estantería.	4	0,12
					X	14	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido	0	1,01
X						15	Agregación de plombagina	0	0,23
	X					16	Traer la tierra de fundición del molino.	10	2,05
X						17	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	0	1,42
X						18	Colocación de reglas	0	0,14
X						19	Colocación de separadores.	0	0,61
	X					20	Traer el martillo neumático.	1	0,17
X						21	Compactación de la tierra de fundición.	0	2,25
X						22	Retiro de separadores y perforación del molde.	0	2,20

X						23	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0	1,60
X						24	Retiro de molde.	0	1,21
					X	25	Inspección y corrección del modelado.	0	6,48
X						26	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0	1,29
X						27	Desmontaje de la caja de moldeo.	0	2,86
19	6	0	0	0	2		<b>TOTAL</b>	22	32,12

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 47. Se detalla el tiempo propuesto para la tapa C400 con un tiempo de 32,12 minutos con: 19 operaciones, 6 transportes, 2 operaciones inspecciones y finalmente con un recorrido de 22 metros, además de la eliminación de demoras y transportes que se daban por la falta de máquinas herramientas en el proceso de modelado los cuales dan cumplimiento al objetivo 3 de plantear una propuesta que permita mejorar los procesos de producción a través de un método eficiente.

Tabla 48. Diagrama de proceso propuesto cerco cuadrado 70x70

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO									
<b>Empresa:</b>		Fundi Laser			<b>Analista:</b>		Bustos J. Calapiña C.		
<b>Modelo:</b>		Cerco cuadrado 70x70 CLASE A-125.			<b>Área:</b>		Modelado		
<b>Operario:</b>					<b>Diagrama N°:</b>		01		
<b>Método actual</b>					<b>Hoja N°:</b>		01		
<b>Método propuesto</b>		X			<b>Fecha:</b>				
○	➔	◐	▽	□	◑	N°	<b>Descripción</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Tiempo (min)</b>
X						1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,20
X						2	Colocación del molde.	0	0,33
X						3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0	0,60
	X					4	Traer la pistola de aire	1	0,13
X						5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0	0,24
	X					6	Trae tierra de fundición del molino	5	1,35
X						7	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0	0,86



	X					8	Traer el martillo neumático	2	0,38
X						9	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	0	2,86
					X	10	Giro e inspección del modelado.	0	1,42
X						11	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de moldeo.	0	0,23
	X					12	Traer la pistola de aire	1	0,13
X						13	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0	0,33
	X					14	Traer tierra de fundición del molino	5	1,33
X						15	Llenado de la caja de moldeo parte 2.	0	2,82
X						16	Colocación de reglas y separadores.	0	0,44
	X					17	Traer el martillo neumático	2	0,37
X						18	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	0	2,55
X						19	Retiro de separadores y perforación del molde.	0	0,20
X						20	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0	0,47
X						21	Retiro del molde.	0	1,51
					X	22	Inspección y corrección del modelado.	0	0,34
X						23	Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.	0	0,16
X						24	Desmontaje de la caja de moldeo.	0	1,99
<b>16</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>		<b>TOTAL</b>	<b>16</b>	<b>21,24</b>

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 48. Se detalla el tiempo propuesto para la tapa C400 con un tiempo de 21,24 minutos con: 16 operaciones, 6 transportes, 2 operaciones inspecciones y finalmente con un recorrido de 16 metros, además de la eliminación de demoras y transportes que se daban por la falta de máquinas herramientas en el proceso de modelado los cuales dan cumplimiento al objetivo 3 de plantear una propuesta que permita mejorar los procesos de producción a través de un método eficiente.

Tabla 49. Diagrama de proceso propuesto válvulas de agua EMAPA

DIAGRAMA DEL PROCESO DE MODELADO										
<b>Empresa:</b>	Fundi Laser			<b>Analista:</b>	Bustos J. Calapiña C.					
<b>Modelo:</b>	Válvulas de agua EMAPA			<b>Área:</b>	Modelado					
<b>Operario:</b>				<b>Diagrama N°:</b>	01					
<b>Método actual</b>				<b>Hoja N°:</b>	01					
<b>Método propuesto</b>	x			<b>Fecha:</b>						
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N°	Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)
x							1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0	0,24
x							2	Colocación del molde 1	0	0,43
	x						3	Traer la pistola de aire.	2	0,17
x							4	Limpieza del molde.	0	0,22
x							5	Colocación de la caja de moldeo parte 1.	0	0,45
x							6	Colocación de las válvulas y agregación de plombagina.	0	2,34
	x						7	Traer la tierra de fundición del molino.	12	0,48
x							8	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición y colocación de distribuidor de material.	0	6,01
x							9	Traer el martillo neumático.	1	0,28
x							10	Compactación de la tierra de fundición.	0	1,19
x							11	Colocación caja de moldeo Parte 2.	0	0,16
x							12	Colocación de tapas.	0	0,34
x							13	Agregación de sílice.	0	0,15
x							14	Retiro de Tapas.	0	0,15
x							15	Desprender la tierra de fundición de las bocas de las válvulas.	0	0,42
	x						16	Traer la tierra de fundición del molino.	12	0,41
x							17	Llenado de la caja de moldeo 2 con tierra de fundición.	0	2,86
	x						18	Traer el martillo neumático.	1	0,24
x							19	Compactación de la tierra de fundición caja de moldeo 2.	0	1,35
x							20	Giro parte 1 y parte 2 de las cajas de moldeo.	0	0,51
x							21	Retiro de la caja de moldeo 2.	0	1,23
					x		22	Inspección parte 1 y 2.	0	2,39
x							23	Colocación del tablero	0	0,28
x							24	Colocación molde 1 en el tablero.	0	0,47
x							25	Colocación de la caja de moldeo 3	0	0,45
	x						26	Traer la pistola de aire	1	0,16
x							27	Limpieza del molde y agregación de plombagina.	0	0,29
x							28	Colocación de separadores y Llenado de la caja parte 3 con tierra de fundición.	0	4,79

	x					29	Traer el martillo neumático.	1	0,35
x						30	Compactación de la tierra de fundición parte 3.	0	1,67
x						31	Retiro de separadores	0	0,35
x						32	Giro de la caja de moldeo parte 3.	0	0,26
				x		33	Inspección parte 3.	0	3,21
x						34	Unión parte 2 en la parte 1.	0	0,55
x						35	Unión parte 3 en la parte 2.	0	0,18
x						36	Desmontaje de la caja de moldeo.	0	3,20
28	6	0	0	2	0		<b>TOTAL</b>	<b>29</b>	<b>38,20</b>

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 49. Se detalla el tiempo propuesto para la tapa C400 con un tiempo de 38,28 minutos con: 28 operaciones, 6 transportes, 2 operaciones inspecciones y finalmente con un recorrido de 30 metros, además de la eliminación de demoras y transportes que se daban por la falta de máquinas herramientas en el proceso de modelado los cuales dan cumplimiento al objetivo 3 de plantear una propuesta que permita mejorar los procesos de producción a través de un método eficiente.

**Tabla 50.** Comparación de los diagramas de actuales y propuestos

Descripción	MODELOS									
	Tapa redonda C400		Cercos redondos C400		Tapa cuadrada 70x70		Cercos cuadrados 70x70		Válvulas de agua EMAPA	
	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto	Actual	Propuesto
Operación	18	18	17	17	19	19	17	16	28	28
Transporte	8	6	7	5	8	6	8	6	4	6
Demora	7	0	6	0	7	0	6	0	4	0
Inspección	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Operación inspección	2	2	1	1	2	2	1	2	0	0
Distancia (m)	32	13,5	28	8	44	22	32	16	34	29

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 50. Se detalla el resumen de los diagramas de proceso actuales y propuestos de los modelos: tapa cuadrada C400, cerco redondo C400, tapa cuadrada 70x70, válvulas EMAPA, donde se detalla una disminución de los transportes y eliminación de demoras.







8	Colocación de reglas	0,17												0,17
9	Traer el martillo neumático	0,17												0,17
10	Compactación de la tierra de fundición.	2,15	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%		2,62
11	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0,31												0,31
12	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,23												0,23
13	Traer las letras estantería.	0,13	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%		0,16
14	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido	1,04												1,04
15	Agregación de plombagina	0,19												0,19
16	Traer la tierra de fundición del molino.	2,08	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%		2,54
17	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	1,47												1,47
18	Colocación de reglas	0,12												0,12
19	Colocación de separadores.	0,52												0,52
20	Traer el martillo neumático.	0,17	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%		0,20
21	Compactación de la tierra de fundición.	2,27												2,27
22	Retiro de separadores y perforación del molde.	2,27	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%		2,77
23	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	1,24												1,24
24	Retiro de molde.	1,10	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%		1,34
25	Inspección y corrección del modelado.	6,03												6,03
26	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	1,23												1,23
27	Desmontaje de la caja de modelado.	2,89												2,89
<b>TOTAL</b>														<b>37,00</b>

**Elaborado por:** Autores

**Tabla 54.** Estandarización de tiempos en el proceso de modelado del cerco cuadrada 70 x 70

N°	DESCRIPCIÓN	T B.	NECESIDADES PERSONALES Y CONTINGENCI AS	POSTURA	VIBRACION	ROPA	RUIDO	VENTILACIÓN	POLVO	SUPLEMENTO		TOTAL SUPLEMEN TO	TIEMPO ESTÁNDAR R TB x(1+TS)
										PUNTOS	%		
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,20											0,20
2	Colocación del molde.	0,33											0,33
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,60											0,60
4	Traer la pistola de aire	0,13											0,13
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,24											0,24
6	Trae tierra de fundición del molino	1,35											1,35
7	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0,86	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	1,05
8	Traer el martillo neumático	0,38											0,38
9	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	2,86	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	3,49
10	Giro e inspección del modelado.	1,42											1,42
11	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de modelado.	0,23											0,23
12	Traer la pistola de aire	0,13											0,13
13	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0,33											0,33
14	Traer tierra de fundición del molino	1,33											1,33
15	Llenado de la caja de modelado parte 2.	2,82	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	3,44
16	Colocación de reglas y separadores.	0,44											0,44
17	Traer el martillo neumático	0,37											0,37
18	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	2,55	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	3,12
19	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,20											0,20
20	Separación de la parte 2 de la caja de modelado.	0,47											0,47
21	Retiro del molde.	1,51											1,51
22	Inspección y corrección del modelado.	0,34											0,34
<b>TOTAL</b>													23,00

Elaborado por: Autores

**Tabla 55.** Estandarización de tiempos en el proceso de modelado de las válvulas de agua EMAPA

N°	DESCRIPCIÓN	T B.	NECESIDADES PERSONALES Y CONTINGENCI AS	POSTURA	VIBRACION	ROPA	RUIDO	VENTILACIÓN	POLVO	SUPLEMENTO		TOTAL SUPLEMEN TO	TIEMPO ESTÁNDAR R TB x(1+TS)
										PUNTOS	%		
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,24											0,24
2	Colocación del molde 1	0,43											0,43
3	Traer la pistola de aire	0,17											0,17
4	Limpieza del molde.	0,22											0,22
5	Colocación de la caja de modelado parte 1.	0,45											0,45
6	Colocación de las válvulas y agregación de plombagina.	2,34											2,34
7	Traer la tierra de fundición del molino	0,48											0,48
8	Llenado de la caja de modelado parte 1 con tierra de fundición y colocación de distribuidor de material.	6,01	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	7,33
9	Traer el martillo neumático	0,28											0,28
10	Compactación de la tierra de fundición.	1,19	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	1,45
11	Colocación caja de modelado Parte 2	0,16											0,16
12	Colocación de tapas.	0,34											0,34
13	Agregación de sílice.	0,15											0,15
14	Retiro de Tapas.	0,15											0,15
15	Desprender la tierra de fundición de las bocas de las válvulas.	0,42											0,42
16	Traer la tierra de fundición del molino	0,41											0,41
17	Llenado de la caja de modelado 2 con tierra de fundición.	2,86	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	3,48
18	Traer el martillo neumático	0,24											0,24
19	Compactación de la tierra de fundición caja de modelado 2	1,35	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	1,64
20	Giro parte 1 y parte 2 de las cajas de modelado.	0,51											0,51
21	Retiro de la caja de modelado 2.	1,23											1,23
22	Inspección parte 1 y 2.	2,39	5%	12	8	2	5	3	4	34	17%	22%	2,91



En la tabla 56. Se detalla los tiempos promedios de las actividades considerados dentro de la jornada laboral pero que no agregan valor al proceso productivo del modelado. Con el tiempo disponible obtenido se realizó los diferentes cálculos de la capacidad de producción, el cual nos sirvió para obtener la eficiencia del proceso productivo.

### Cálculo de capacidad propuesta

Para realizar el cálculo utilizamos la ecuación 6:

**Capacidad**= (unidades producidas) \* (tiempo específico)

**Capacidad** =1,62 unidades/hora \*7,54 horas/día

**Capacidad**=12 unidades/día \* 20 días/mes=**240 unidades /mes**

**Tabla 57.** Resumen de los tiempos optimizados.

Tipo de modelado	Tiempo por unidad (minutos)	Capacidad de producción mensual		
		hora/unidades	Unidades/día	Unidades/mes
Tapa redonda C-400	37	1,62	12	240
Cerco redondo C-400	20	3,00	23	460
Tapa cuadrada 70X70	34	1,76	13	260
Cerco cuadrado 70X70	23	2,58	19	380
Válvula de agua potable	42	1,42	11	220

**Elaborado por:** Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 57. Se observa los tiempos optimizados y la producción mensual mediante la implementación sugerida del barreno del martillo neumático, caja de molde de letras y números, martillo neumático, carretilla y teclé eléctrico los cuales ayudo para la mejora e incremento de la productividad en el proceso de modelado.

### 10.3.3 Comparación de tiempos actuales versus tiempos propuestos

**Tabla 58.** Comparación de tiempos actuales versus tiempos propuestos

Proceso	Estado actual (min)	Producción actual mensual	Propuesto (min)	Producción propuesta mensual
Tapa redonda C-400	47	200	37	240
Cerco redondo C-400	26	380	20	460
Tapa cuadrada 70X70	53	180	34	260
Cerco cuadrado 70X70	36	260	23	380
Válvula agua potable EMAPA	50	180	42	220

**Elaborado por:** Autores

## Análisis e interpretación

En la tabla 58. Se observa los tiempos propuestos en el cuál es evidente la optimización de los tiempos mediante la implementación del barrenado en el martillo neumático ayudo a mejorar la compactación y cubrir el área de compactación en menor tiempo ya que se incrementó el diámetro de 4cm a 6 cm.

Para el llenado de la caja de moldeo se adquirió 5 carretillas que fueron distribuidos uno por cada grupo de modeladores, esto permitió eliminar las esperas por falta de tierra de fundición ya que anteriormente se trabajaba con una sola carretilla por grupo, en la actualidad se está trabajando con 2 carretillas, lo cual ha permitido mejor los tiempos en la actividad de llenado de la tierra de fundición.

Para la unión y separación de las partes de la caja de moldeo se implementó dos teclas móviles los cuales aceleran el proceso de modelado, ya que se pudo evidenciar que se utilizaba un solo tecla para los 5 grupos de trabajo, de esta manera se eliminó los tiempos muertos de esta actividad.

## Cálculo de la eficiencia

Para calcular la eficiencia se toma en cuenta las unidades planificadas y unidades actuales y se representan en porcentaje según la ecuación 7:

**Eficiencia= unidades actuales / unidades planificadas**

**Eficiencia= (10 unidades) / (13 unidades) \*100%**

**Eficiencia=77%**

**Tabla 59.** Cálculo de eficiencia.

Tipo de modelado	Unidades planificadas u/d	Unidades actuales u/d	Unidades propuestas u/d	Porcentaje de eficiencia actual	Porcentaje de eficiencia propuesto
Tapa redonda C-400	13	10	12	77%	92%
Cerco redondo C-400	24	19	23	79%	96%
Tapa cuadrada 70X70	15	9	13	60%	87%
Cerco cuadrado 70X70	20	13	19	65%	95%
Válvula de agua potable	12	9	11	75%	92%

Elaborado por: Autores

### Análisis e interpretación

En la tabla 59 se detalla el cálculo de la eficiencia de acuerdo con la planificación establecida por el jefe de producción y ventas.

#### 10.3.4 Cálculo del incremento de productividad.

$$\text{productividad actual} = \frac{\text{Tiempo disponible} * \text{Unidades producidas actuales}}{\text{Tiempo laboral} * \text{Unidades planificadas}}$$

$$\text{productividad actual} = \frac{452,35 \text{ minutos} * 10 \text{ unidades actuales}}{480 \text{ minutos} * 13 \text{ unidades}}$$

$$\text{productividad actual} = 72,5\%$$

$$\text{productividad propuesta} = \frac{\text{Tiempo disponible} * \text{Unidades producidas actuales}}{\text{Tiempo laboral} * \text{Unidades planificadas}}$$

$$\text{productividad propuesta} = \frac{452,35 \text{ minutos} * 12 \text{ unidades propuestas}}{480 \text{ minutos} * 13 \text{ unidades}}$$

$$\text{productividad propuesta} = 87\%$$

$$\text{Incremento de productividad} = \frac{\text{productividad propuesta} - \text{productividad actual}}{\text{productividad actual}}$$

$$\text{Incremento de productividad} = \frac{87\% - 72,5\%}{72,5\%}$$

$$\text{Incremento de productividad} = 20\%$$

**Tabla 60.** Incremento de productividad.

N°	Tipo de modelado	Productividad actual mensual	Productividad propuesta mensual	Incremento de Productividad (%)	Incremento de Productividad (unidades)
1	Tapa redonda C-400	72,5%	87%	20%	40
2	Cerco redondo C-400	74,60%	90,31%	21%	80
3	Tapa cuadrada 70X70	56,54%	81,67%	44%	80
4	Cerco cuadrado 70X70	61,25%	89,52%	46%	120
5	Válvula de agua potable	70,67%	86,38%	22%	40

Elaborado por: Autores

## Análisis e interpretación

En la tabla 60. Se compara la producción actual versus la producción optimizada en el cual se realizó los diferentes cálculos para encontrar en el incremento de la productividad tanto en porcentaje como en unidades mensuales.

### Cálculo de la productividad global

Para el cálculo de la productividad global se utilizó la ecuación 5:

$$\text{Productividad global} = \frac{\text{Producción (a)} + \text{Producción (b)} + \text{Producción (n)}}{\text{Insumos empleados}}$$

$$\text{Productividad global} = \frac{(1200 \text{ unidades} * 452,35 \frac{\text{minutos}}{\text{día}} * 20 \text{ día})}{(1680 \text{ unidades} * 480 \frac{\text{minutos}}{\text{día}} * 20 \text{ día})}$$

$$\text{Productividad global} = 67,31\%$$

**Tabla 61.** Incremento de la productividad global actual y propuesta mensual.

Cálculo de productividad global mensual							
Modelos	Tapa redonda C-400	Cerco redondo C-400	Tapa cuadrada 70X70	Cerco cuadrado 70X70	Válvula de agua potable	Producción total	Productividad global
Planificada	260	480	300	400	240	1680	100%
Actual	200	380	180	260	180	1200	67,31%
Propuesto	240	460	260	380	220	1560	87,50%
<b>Incremento de productividad global</b>							<b>30%</b>

Elaborado por: autores

## Análisis e interpretación

En la tabla 61. Se detalla el cálculo del incremento de la productividad mensual del área de modelado actual de 67 % y la productividad propuesta de 87% el cual incremento en un 30%.

**Tabla 62.** Costo de mano de obra propuesto

Costo de mano de obra propuesto						
Mano de Obra	Descripción	Tapa redonda C-400	Cerco redondo C-400	Tapa cuadrada 70X70	Cerco cuadrado 70X70	Válvula de agua potable
		Valor	Valor	Valor	Valor	Valor
Directa	Por una unidad modelado	5,83	3,04	5,38	3,68	6,36
Indirecta	Por una unidad modelado	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
<b>Total</b>		<b>6,38</b>	<b>3,59</b>	<b>5,93</b>	<b>4,23</b>	<b>6,91</b>

Elaborado por: autores

**Tabla 63.** Comparación de costos de mano de obra actual versus propuesto

<b>COSTOS DE MANO DE OBRA</b>					
<b>Proceso</b>	<b>Costo Actual/unidad</b>	<b>Costo Propuesto/unidad</b>	<b>Ahorro/unidad</b>	<b>Producción mensual propuesto (unidades)</b>	<b>Ahorro/mensual</b>
Tapa redonda C-400	\$7,71	\$6,38	\$1,33	240	<b>\$319,20</b>
Cerco redondo C-400	\$4,39	\$3,59	\$0,80	460	<b>\$368,00</b>
Tapa cuadrada 70X70	\$8,49	\$5,93	\$2,56	260	<b>\$665,60</b>
Cerco cuadrado 70X70	\$6,09	\$4,23	\$1,86	380	<b>\$706,80</b>
Válvula agua potable EMAPA	\$8,49	\$6,91	\$1,58	220	<b>\$347,60</b>
Total					<b>\$2.407,20</b>

Elaborado por: Autores

### **Análisis e interpretación**

En la tabla 63. En el costo de la mano de obra se puede apreciar la disminución por unidad producida, se realizó el cálculo mensual en base a la producción mensual propuesta.

### **10.4. Comprobación de la hipótesis**

La hipótesis planteada inicialmente que es la siguiente:

Si se optimiza los procesos en la elaboración de moldes para la fundición en la empresa Fundí Laser, se logrará la mejora de la productividad. De acuerdo con los datos necesarios obtenidos se establece argumentos para dar validez o rechazarla, por consiguiente, a partir de la optimización de procesos mediante la mejora realizada e implementada, se verifica que se redujo los tiempos y se incrementó la producción se adjunta la tabla 51, en el cual se resume los tiempos optimizados y el incremento de productividad de los diferentes modelos.

**Tabla 64.** Resumen los tiempos optimizados y el incremento de productividad de los diferentes modelos.

<b>Tipo de modelado</b>	<b>Tiempo optimizado (min/unidad)</b>	<b>Incremento de productividad (%)</b>	<b>Incremento de productividad (unidad/mes)</b>
Tapa redonda C-400	10	20%	40
Cerco redondo C-400	6	21%	80
Tapa cuadrada 70X70	19	44%	80
Cerco cuadrado 70X70	13	46%	120
Válvula agua potable EMAPA	8	22%	40

Elaborado por: Autores

En la tabla 64. Es evidente el incremento de la productividad que se realizó en los procesos de elaboración de moldes, los cálculos están realizados mensualmente.

De esta manera, en consecuencia, se acepta la hipótesis como verdadera.

## **11. VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL PROYECTO**

### **11.1. Impactos Técnicos**

Se utilizó métodos técnicos para mejorar el tiempo de producción del proceso de modelado ya que al implementar nuevas máquinas-herramientas como; el martillo neumático, teclé eléctrico, carretilla y caja de molde de letras y números, para los cinco grupos de trabajo se logró estandarizar las actividades del modelado, mediante esto se eliminó las demoras y se redujo los transportes innecesarios, considerando el bienestar físico, comodidad, condiciones y naturaleza del trabajo de los operarios según la OIT. De esta manera se incrementó la productividad del área de modelado en un 30%.

### **11.2. Impactos Económicos**

A través de la implementación de mejoras en el área de modelado estudiados en el presente proyecto, contribuye con un mayor aprovechamiento del recurso humano incrementando la productividad en esta área, la cual ha permitido la reducción de \$ 2.407,20 mensuales (ver tabla 63) con respecto al costo de mano de obra que representan las demoras, transportes innecesarios y falta de maquinaria, reduciendo así sus costos de producción y permitiendo cumplir con la demanda de la empresa Fundi Laser.

### **11.3. Impactos Ambientales**

Al no tener un proceso enfocado al estudio ambiental no estuvimos inmersos en ese aspecto sin embargo si en la reutilización de los moldes que se realiza con tierra de fundición lo cual no genera desperdicios.

### **11.4. Impactos Sociales**

Con la disminución de los tiempos de las actividades que conllevan a elaborar los moldes se incrementó la productividad y por ende es más competitiva la empresa Fundi laser, por lo cual se contrata más personal que contribuya con el desarrollo de la empresa beneficiando así a los habitantes del sector.

## 12. PRESUPUESTO PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO

**Tabla 65.** Presupuesto para la ejecución del proyecto.

<b>PRESUPUESTO</b>				
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Total</b>
<b>1</b>	Carretilla Tramontina.	5	\$ 80,00	\$ 400,00
<b>2</b>	Martillo neumático.	2	\$ 150,00	\$ 300,00
<b>3</b>	Tecele Electric Wire Rope Hoist 2200 lbs.	2	\$ 550,00	\$ 1.100,00
<b>4</b>	Ángulo 50mm x 6mm x 6mtrs.	2	\$ 14,00	\$ 28,00
<b>5</b>	Tubo cuadrado 50mmx150mmx3mmx6mtrs.	2	\$ 25,00	\$ 50,00
<b>6</b>	Manguera de aire comprimido de 20mm de diámetro.	10	\$ 7,91	\$ 79,10
<b>7</b>	Electrodos 70-18.	2	\$ 1,75	\$ 3,50
<b>8</b>	Juego Ruedas Garruchas Fija Giratoria Con Freno 3 Y 4 Y 5 Pulgada	2	\$ 29,00	\$ 58,00
<b>SUBTOTAL</b>				\$ 1.776,37
<b>IVA (12%)</b>				\$ 242,23
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 2.018,60</b>

**Elaborado por:** Autores

Los cambios técnicos que se utilizó en la implementación realizada mediante la presente investigación, se tuvo el apoyo por parte de la gerencia de la empresa Fundi laser lo cual ayudo a la mejora de la productividad en el área de modelado.

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 13.1. Conclusiones:

- Mediante la visita in situ a la empresa Fundi Laser se identificó el área de modelado y las diferentes actividades que tiene dicho proceso, además los productos terminados con mayor demanda en las cuales se basó la investigación dentro de ello tenemos; tapa de alcantarillado redondo C-400, tapa de red subterránea cuadrada 70 x 70 y Válvulas de agua potable. Cada uno de estos productos consta de la unión de dos procesos que es la tapa y el cerco que son realizadas por separado.
- En base al análisis de la situación actual del proceso de modelado se obtuvo un tiempo total de 755 horas mensuales y con una producción de 1200 unidades mensuales en toda el área de modelado.
- Con la puesta en marcha de la acción de mejoras e implementación de nuevas máquinas-herramientas se estandarizo los tiempos en el área de modelado con 748 horas mensuales, en las distintas actividades con una producción de 1560 unidades mensuales.
- Se incrementó la productividad del área de modelado en un 30% lo que representa que la empresa tiene mayor aprovechamiento de la mano de obra reduciendo así el costo de producción, además permitiendo que la organización cumpla con las órdenes de producción establecidas.

### 13.2. Recomendaciones:

- ✚ Para mantener los tiempos estándares de producción es necesario la elaboración de un manual de procedimiento para las distintas piezas a modelar con el fin que el operario se relacione de mejor manera con el ritmo de trabajo, logrando con esto un control eficaz y eficiente de las diferentes actividades que involucran el modelado.
  
- ✚ Analizar la posible adquisición de un silo metálico para el almacenamiento de la tierra de fundición, de esta manera aprovechar dicha área donde se adecuará el aumento de producción y por ende el mejoramiento de los índices de productividad reduciendo la subutilización de recursos humanos financieros y económicos.
  
- ✚ Analizar la posible creación un molde nuevo y una caja de moldeo para los procesos; tapa redonda C400 y tapa cuadrada 70x70.
  
- ✚ Efectuar mantenimientos preventivos en los martillos neumáticos especialmente en el barreno ya que se produce desgaste en el diámetro provocando que el área de compactación sea mínima.

#### 14. BIBLIOGRAFÍA:

- Alzate Guzmán, N., & Sánchez Castaño, J. E. (2013). *Universidad Tecnológica de Pereira*. Obtenido de ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CALZADO TIPO CLÁSICO DE DAMA EN LA EMPRESA DE CALZADO CAPRICIOSA PARA DEFINIR UN NUEVO MÉTODO DE PRODUCCIÓN Y DETERMINAR EL TIEMPO ESTÁNDAR DE FABRICACIÓN: <https://core.ac.uk/download/pdf/71397676.pdf>
- Bouza Suárez, A. (junio de 2000). *Revista Cubana de Salud Pública*. Obtenido de Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662000000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662000000100007)
- Carro Paz, R., & Gómez, G. (2013). *Administración de las Operaciones*. Obtenido de PRODUCTIVIDAD Y COMPETITIVIDAD: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55993832/02\\_productividad\\_competitividad.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPRODUCTIVIDAD\\_Y\\_COMPETITIVIDAD.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/55993832/02_productividad_competitividad.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DPRODUCTIVIDAD_Y_COMPETITIVIDAD.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20)
- Dagdino, J. (2014). *La Distribución Normal*. Obtenido de <https://revistachilenadeanestesia.cl/la-distribucion-normal/>
- Durán, F. A. (2007). *INGENIERÍA DE MÉTODOS*. Obtenido de Globalización: Técnicas para el manejo Eficiente de Recursos en Organizaciones Fabriles, de Servicios y Hospitalarias: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46815256/66166239-ingenieria-de-metodos.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DIngenieria\\_de\\_Metodos.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200116%2Fu](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46815256/66166239-ingenieria-de-metodos.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DIngenieria_de_Metodos.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20200116%2Fu)
- Eduardo, Z. (Septiembre de 2010). *Academia. edu*. Obtenido de <httpsteacherke.files.wordpress.com201009introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>
- Fundi Laser. (2019). *FUNDICIONES LÁSER EN ECUADOR*. Obtenido de <https://www.aiyellow.com/fundicionesenecuador/>
- García, R. (2005). *Estudio del Trabajo*. México: Mcgraw-Hill.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Principios de la Administración de Operaciones*. México: Pearson Educación.
- Ingeniería de métodos, tiempos y movimientos. (5 de Abril de 2014). *Concepto del estudio de tiempos y movimientos*. Obtenido de

<http://metodostiemposmovimientos.blogspot.com/2014/04/concepto-del-estudio-de-tiempos-y.html>

Janania, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos Ingeniería de métodos*. México: Limusa.

Jara, E. (15 de Agosto de 2009). *CONTROL EN EL PROCESO ADMINISTRATIVO*. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36886286/EL\\_CONTROL\\_EN\\_EL\\_PROCESO\\_ADMINISTRATIVO.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEL\\_CONTROL\\_EN\\_EL\\_PROCESO\\_ADMINISTRATIVO.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOW](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/36886286/EL_CONTROL_EN_EL_PROCESO_ADMINISTRATIVO.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEL_CONTROL_EN_EL_PROCESO_ADMINISTRATIVO.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOW)

Jiménez, J., & Castro, A. (1 de Enero de 2009). *Ebook Central*. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cotopaxisp/reader.action?docID=3181049&query=productividad>

Lopez, G. (2001). *METODOLOGÍA SIX-SIGMA*. Obtenido de CALIDAD INDUSTRIAL: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40008517/six-sigma\\_CALIDAD\\_INDUSTRIAL.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dsix\\_sigma\\_CALIDAD\\_INDUSTRIAL.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F2020011](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40008517/six-sigma_CALIDAD_INDUSTRIAL.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dsix_sigma_CALIDAD_INDUSTRIAL.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F2020011)

Nhamias, S. (2007). *Análisis de la producción y de las operaciones*. México: The McGraw-Hill.

Ordinola Castillo, J. C. (Agosto de 2011). *Repositorio Institucional Pirhua UNIVERSIDAD DE PIURA*. Obtenido de CARACTERIZACIÓN DE LAS TIERRAS DE MOLDEO DE EL PORVENIR DE LA PROVINCIA DE SULLANA: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1301/IME\\_160.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1301/IME_160.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Palacios, L. (2016). *Ingeniería de métodos y movimientos*. Bogota: Eco ediciones.

Retamoso, C. E. (2007). *Producción Limpia Contaminación y Gestión Ambiental*. Bogota (Colombia): Editorial Pontificia Universidad Javeriana .

Salazar, B. (2016). *Ingenieriaindustrialonline.com*. Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/c%C3%A1lculo-del-n%C3%BAmero-de-observaciones/>

Sanchez. (29 de Noviembre de 2015). El Ambateño. *La industria ambateña esta en innovación constante*, págs. 1-1.

Supe Mena, E. A. (2019). “*ESTUDIO DE LOS TIEMPOS Y MOVIMIENTOS Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA FABRICACIÓN DE TAPAS DE*

*ALCANTARILLADO DE LA EMPRESA FUNDI LASER EN LA CIUDAD DE AMBATO EN EL AÑO 2018*". Obtenido de [http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1149/1/SUPE\\_MENA\\_ERIKA\\_AL\\_EXANDRA-.pdf](http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1149/1/SUPE_MENA_ERIKA_AL_EXANDRA-.pdf)

UNKNOWN. (27 de Octubre de 2018). *Conduce tu empresa*. Obtenido de <https://blog.conducetuempresa.com/2016/05/dop.html>

W.Nievel, B., & Freivalds, A. (2014). *Métodos, estándares y diseño de trabajo* (Vol. 13). (E. C. Gutierrez, Ed., & J. E. Murrieta, Trad.) México: Mc Graw Hill.

Workmeter. (12 de Noviembre de 2015). *Workmeter Buen trabajo*. Obtenido de <https://es.workmeter.com/blog/cómo-optimizar-los-procesos-de-tu-empresa>

## 15. ANEXOS

### Anexo. 1. Área de estudio

**Figura 9.** Área de modelado



Fuente: Autores

### Anexo. 2. Actividades en el proceso de modelado

**Figura 10.** Colocación del tablero en el piso



Fuente: Autores

**Figura 11.** Colocación del molde.



**Fuente:** Autores

**Figura 12.** Armado de la caja de moldeo parte 1.



**Fuente:** Autores

**Figura 13.** Limpieza y agregación de plombagina en el molde.



**Fuente:** Autores

**Figura 14.** Llenado de caja de moldeo parte 1.



**Fuente:** Autores

**Figura 15.** Compactación



**Fuente:** Autores

**Figura 16.** Giro de la caja de moldeo parte 1.



**Fuente:** Autores

**Figura 17.** Unión caja de moldeo 2 en la parte 1



**Fuente:** Autores

**Figura 18.** Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido



**Fuente:** Autores

**Figura 19.** Agregación de plombagina.



**Fuente:** Autores

**Figura 20.** Llenado de caja de moldeo parte 2



**Fuente:** Autores

**Figura 21.** Colocación de reglas



**Fuente:** Autores

**Figura 22.** Colocación de separadores.



**Fuente:** Autores

**Figura 23.** Compactación de la tierra de fundición.



Fuente: Autores

**Figura 24.** Retiro de separadores y perforación del molde.



Fuente: Autores.

**Figura 25.** Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.



**Fuente:** Autores

**Figura 26.** Retiro de molde



**Fuente:** Autores

**Figura 27.** Inspección y corrección del modelado.



**Fuente:** Autores

**Figura 28.** Unión parte 2 en la parte 1 caja de moldeo.



**Fuente:** Autores.

**Figura 29.** Desmontaje de la caja de moldeo.



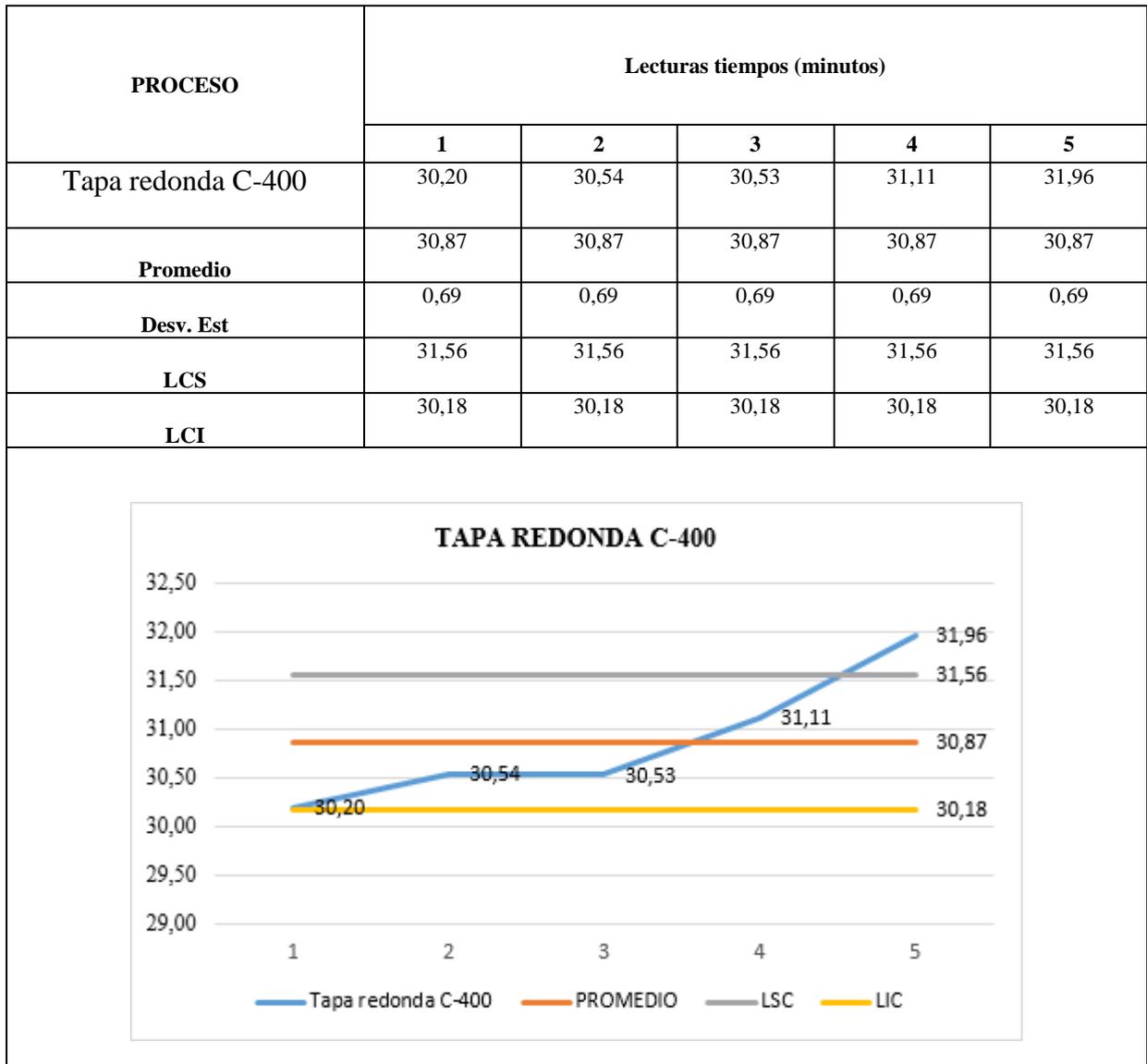
**Fuente:** Autores

### Anexo. 3. Lectura de tiempos propuestos

**Tabla 66.** Lectura de tiempos propuesto TAPA REDONDA C400

N°	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,21	0,24	0,24	0,21	0,22
2	Colocación del molde.	0,23	0,26	0,21	0,26	0,25
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,3	0,24	0,2	0,23	0,22
4	Traer la pistola de aire	0,1	0,12	0,13	0,11	0,12
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,3	0,25	0,36	0,4	0,35
6	Traer la tierra de fundición del molino	1,38	1,25	1,21	1,33	1,2
7	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0,5	0,55	1	0,5	1,1
8	Traer el martillo neumático	0,1	0,09	0,1	0,11	0,08
9	Compactación de la tierra de fundición.	3,23	3,4	3,23	2,59	3,12
10	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0,25	0,3	0,42	0,26	0,25
11	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,5	0,42	0,33	0,32	0,5
12	Traer las letras de la estantería.	0,15	0,2	0,17	0,15	0,16
13	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.	2,1	1,95	2,13	2,15	2,11
14	Agregación de plombagina.	0,16	0,18	0,17	0,25	0,18
15	Traer la tierra de fundición del molino.	1,28	1,25	1	1,25	1,34
16	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	1,45	1,35	1,37	1,56	1,45
17	Colocación de reglas.	0,22	0,2	0,34	0,33	0,37
18	Colocación de separadores.	0,24	0,21	0,3	0,28	0,27
19	Traer el martillo neumático.	0,11	0,12	0,1	0,13	0,11
20	Compactación de la tierra de fundición.	3,62	3,7	3,42	3,61	3,45
21	Retiro de separadores y perforación del molde.	1,35	1,36	1,41	1,32	1,46
22	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0,2	0,23	0,27	0,3	0,34
23	Retiro de molde.	1,32	1,23	1,33	1,56	1,53
24	Inspección y corrección del modelado.	7,3	7,42	7,5	7,25	7,43
25	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,35	1,02	1,09	1,3	1,15
26	Desmontaje de la caja de modelado.	3,25	3	2,5	3,35	3,2

Fuente: Autores

**Tabla 67.** Grafica de control TAPA REDONDO C-400

Fuente: Autores

**Tabla 68.** Tiempo básico propuesto Tapa redondo C-400

N°	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS				TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		1	2	3	4			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,21	0,24	0,24	0,21	0,23	100%	0,23
2	Colocación del molde.	0,23	0,26	0,21	0,26	0,24	100%	0,24
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,30	0,24	0,20	0,23	0,24	100%	0,24
4	Traer la pistola de aire	0,10	0,12	0,13	0,11	0,12	100%	0,12
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,30	0,25	0,36	0,40	0,33	100%	0,33
6	Traer la tierra de fundición del molino	1,38	1,25	1,21	1,33	1,29	100%	1,29
7	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	0,50	0,55	1,00	0,50	0,64	100%	0,64
8	Traer el martillo neumático	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	90%	0,09

9	Compactación de la tierra de fundición.	3,23	3,40	3,23	2,59	3,11	100%	3,11
10	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0,25	0,30	0,42	0,26	0,31	100%	0,31
11	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,50	0,42	0,33	0,32	0,39	95%	0,37
12	Traer las letras de la estantería.	0,15	0,20	0,17	0,15	0,17	100%	0,17
13	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido.	2,10	1,95	2,13	2,15	2,08	100%	2,08
14	Agregación de plombagina.	0,16	0,18	0,17	0,25	0,19	100%	0,19
15	Traer la tierra de fundición del molino.	1,28	1,25	1,00	1,25	1,20	100%	1,20
16	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	1,45	1,35	1,37	1,56	1,43	90%	1,29
17	Colocación de reglas.	0,22	0,20	0,34	0,33	0,27	100%	0,27
18	Colocación de separadores.	0,24	0,21	0,30	0,28	0,26	100%	0,26
19	Traer el martillo neumático.	0,11	0,12	0,10	0,13	0,12	100%	0,12
20	Compactación de la tierra de fundición.	3,62	3,70	3,42	3,61	3,59	95%	3,41
21	Retiro de separadores y perforación del molde.	1,35	1,36	1,41	1,32	1,36	100%	1,36
22	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	0,20	0,23	0,27	0,30	0,25	100%	0,25
23	Retiro de molde.	1,32	1,23	1,33	1,56	1,36	100%	1,36
24	Inspección y corrección del modelado.	7,30	7,42	7,50	7,25	7,37	100%	7,37
25	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,35	1,02	1,09	1,30	0,94	95%	0,89
26	Desmontaje de la caja de modelado.	3,25	3,00	2,50	3,35	3,03	100%	3,03
<b>TOTAL</b>								<b>30,20</b>

Fuente: Autores

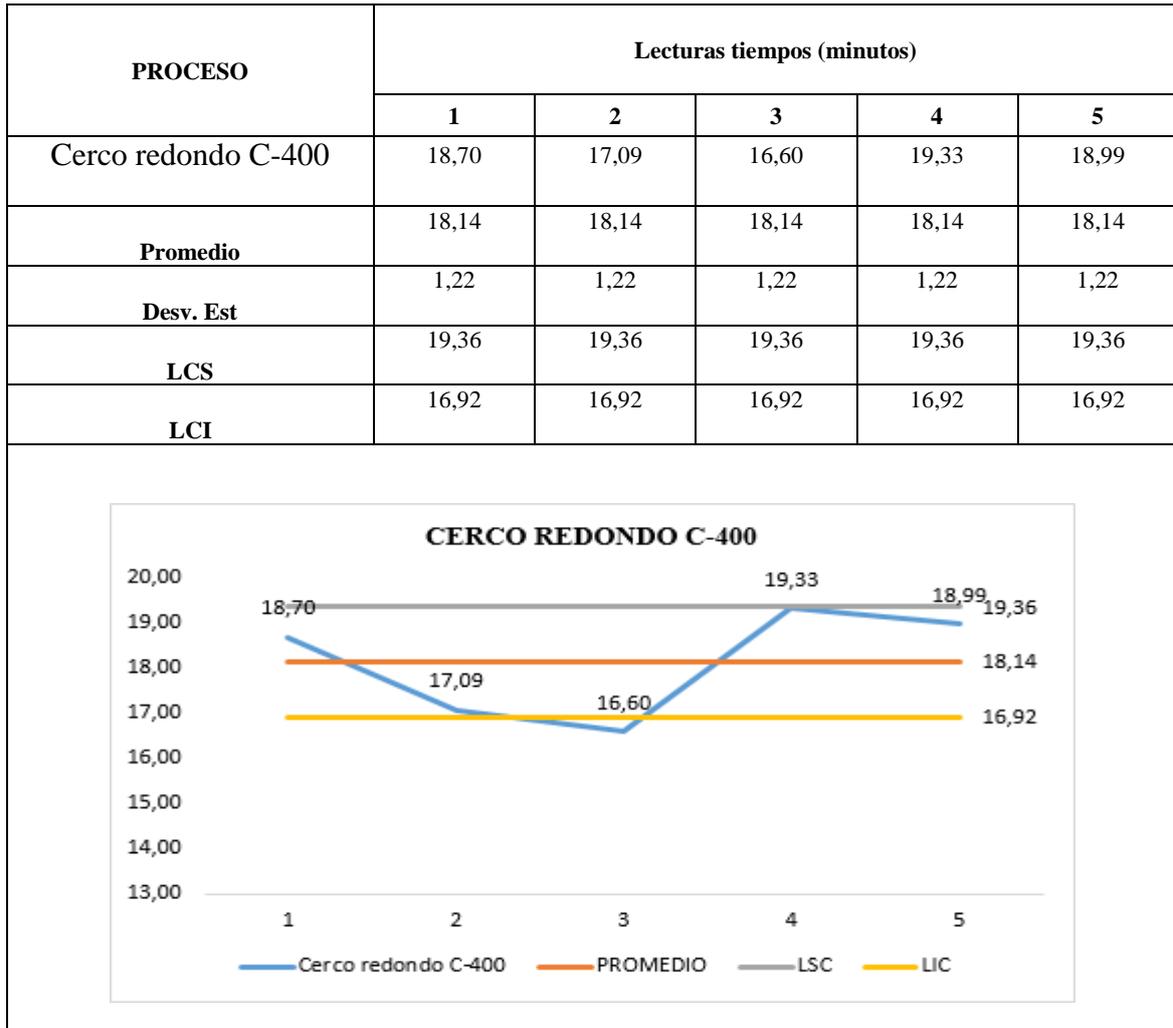
**Tabla 69.** Lectura de tiempos Propuestos Cerco redondo C-400

N°	Actividad	Lectura de tiempos (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,21	0,20	0,20	0,21	0,20
2	Colocación del molde.	0,23	0,25	0,23	0,20	0,25
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,20	0,17	0,16	0,11	0,16
4	Traer la pistola de aire	0,10	0,11	0,12	0,15	0,13
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,16	0,18	0,16	0,17	0,14
6	Traer la tierra de fundición del molino	1,36	1,40	1,25	1,20	1,60
8	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,30	0,78	0,51	1,34	1,06
10	Traer el martillo neumático	0,13	0,15	0,12	0,14	0,11
11	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	2,50	2,65	2,43	2,21	2,45
12	Giro y inspección del modelado.	1,10	1,07	0,67	1,20	1,56
13	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de modelado.	0,20	0,35	0,21	0,28	0,20
14	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0,42	0,22	0,19	0,38	0,42
15	Traer la tierra de fundición del molino.	0,32	0,34	0,30	0,30	0,28
17	Llenado de la caja de modelado parte 2.	1,45	1,36	1,43	1,47	1,35
18	Colocación de reglas y separadores.	0,32	0,34	0,42	0,37	0,34
20	Traer el martillo neumático.	1,50	1,38	1,25	1,20	2,10
21	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	2,42	2,34	2,56	2,59	2,41
22	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,20	0,15	0,14	0,50	0,15
25	Separación de la parte 2 de la caja de modelado.	1,26	0,44	0,57	1,10	0,44

26	Retiro del molde.	1,20	1,22	1,55	1,56	1,38
27	Inspección y corrección del modelado.	1,42	1,50	1,35	1,40	1,36
30	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,21	0,14	0,22	0,15	0,14
31	Desmontaje de la caja de modelado.	0,49	0,35	0,56	1,10	0,76
<b>Total</b>		18,70	17,09	16,60	19,33	18,99

Fuente: Autores

**Tabla 70.** Gráfica de control Cerco redondo C-400



Fuente: Autores

**Tabla 71.** Tiempo básico propuesto Cerco redondo C-400

N°	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS				TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		1	2	3	4			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,21	0,20	0,21	0,20	0,21	100%	0,21
2	Colocación del molde.	0,23	0,25	0,20	0,25	0,23	100%	0,23
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	0,20	0,17	0,11	0,16	0,16	100%	0,16
4	Traer la pistola de aire	0,10	0,11	0,15	0,13	0,12	100%	0,12

5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,16	0,18	0,17	0,14	0,16	100%	0,16
6	Traer la tierra de fundición del molino	1,36	1,40	1,20	1,60	1,39	100%	1,39
7	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,30	0,78	1,34	1,06	1,12	100%	1,12
8	Traer el martillo neumático	0,13	0,15	0,14	0,11	0,13	95%	0,13
9	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	2,50	2,65	2,21	2,45	2,45	100%	2,45
10	Giro y inspección del modelado.	1,10	1,07	1,20	1,56	1,23	100%	1,23
11	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de modelado.	0,20	0,35	0,28	0,20	0,26	95%	0,24
12	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0,42	0,22	0,38	0,42	0,36	100%	0,36
13	Traer la tierra de fundición del molino.	0,32	0,34	0,30	0,28	0,31	100%	0,31
14	Llenado de la caja de modelado parte 2.	1,45	1,36	1,47	1,35	1,41	95%	1,34
15	Colocación de reglas y separadores.	0,32	0,34	0,37	0,34	0,34	100%	0,34
16	Traer el martillo neumático.	1,50	1,38	1,20	2,10	1,55	100%	1,55
17	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	2,42	2,34	2,59	2,41	2,44	95%	2,32
18	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,20	0,15	0,50	0,15	0,25	100%	0,25
19	Separación de la parte 2 de la caja de modelado.	1,26	0,44	1,10	0,44	0,81	100%	0,81
20	Retiro del molde.	1,20	1,22	1,56	1,38	1,34	100%	1,34
21	Inspección y corrección del modelado.	1,42	1,50	1,40	1,36	1,42	95%	1,35
22	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,21	0,14	0,15	0,14	0,16	100%	0,16
23	Desmontaje de la caja de modelado.	0,49	0,35	1,10	0,76	0,68	100%	0,68
<b>TOTAL</b>								<b>18</b>

Fuente: Autores

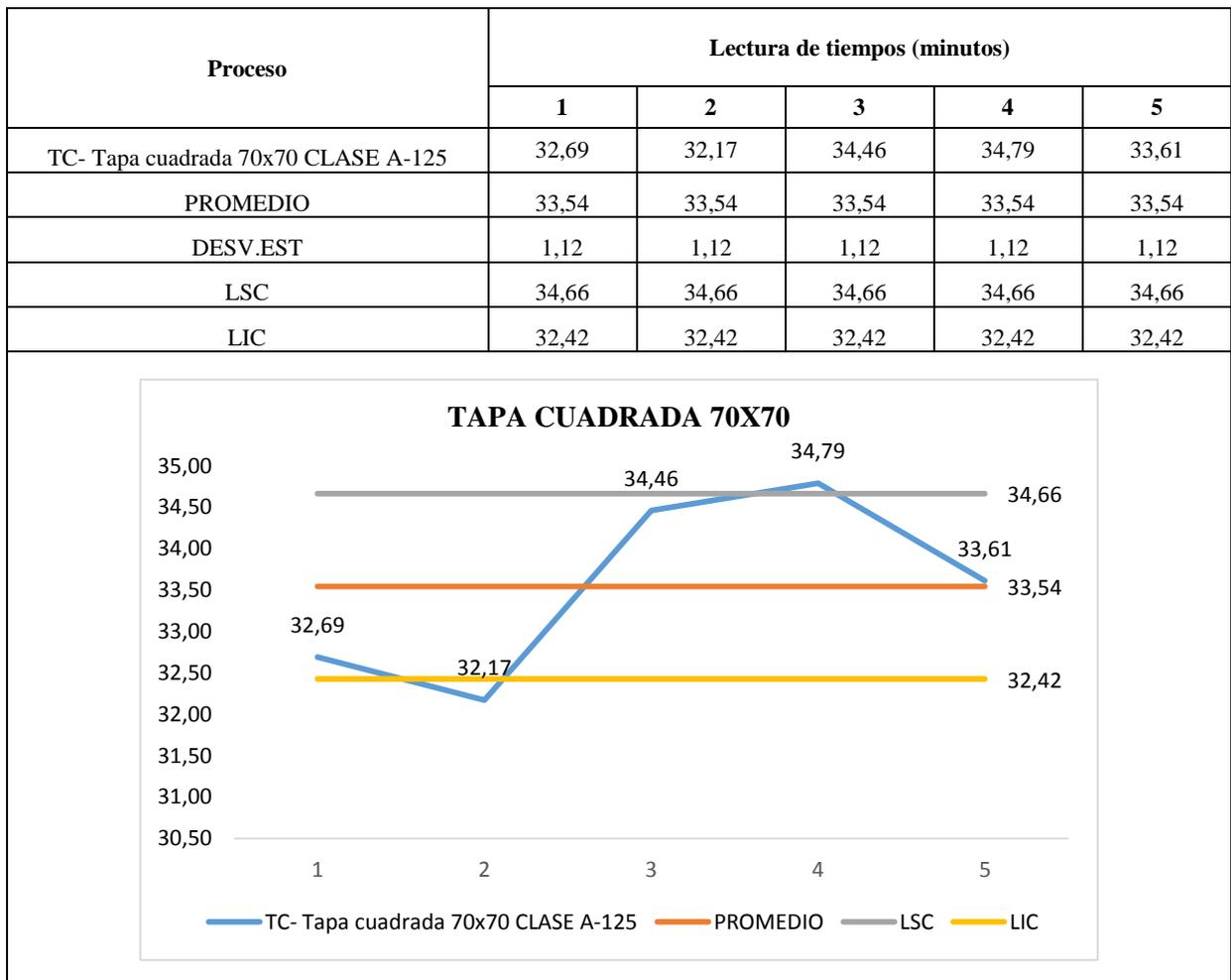
**Tabla 72.** Lectura de tiempos Propuestos Tapa cuadrada 70x70

N°	ACTIVIDAD	Lectura de tiempos (minutos)				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,18	0,16	0,19	0,18	0,20
2	Colocación del molde.	0,23	0,24	0,34	0,21	0,25
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	1,30	1,10	1,20	1,23	1,25
4	Traer la pistola de aire	0,11	0,14	0,12	0,13	0,12
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,45	0,40	0,48	0,48	0,28
6	Traer la tierra de fundición del molino	2,00	1,90	1,95	2,25	2,20
7	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,10	1,15	1,13	1,17	1,20
8	Colocación de reglas	0,15	0,13	0,22	0,33	0,16
9	Traer el martillo neumático	0,14	0,18	0,20	0,17	0,16
10	Compactación de la tierra de fundición.	2,30	2,50	2,37	2,46	2,48
11	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0,41	0,33	0,23	0,33	0,38
12	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,28	0,30	0,10	0,30	0,45

13	Traer las letras estantería.	0,13	0,15	0,12	0,10	0,12
14	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido	1,13	1,20	1,15	1,11	1,10
15	Agregación de plombagina	0,29	0,16	0,13	0,33	0,26
16	Traer la tierra de fundición del molino.	1,95	2,30	2,00	2,25	2,20
17	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	1,34	1,45	1,85	1,40	1,30
18	Colocación de reglas	0,14	0,10	0,11	0,26	0,16
19	Colocación de separadores.	0,34	0,17	1,06	0,46	0,42
20	Traer el martillo neumático.	0,16	0,14	0,20	0,17	0,16
21	Compactación de la tierra de fundición.	2,35	2,45	2,37	2,10	2,38
22	Retiro de separadores y perforación del molde.	2,18	2,20	2,42	2,26	2,01
23	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	1,25	1,34	1,33	2,16	2,48
24	Retiro de molde.	0,90	1,03	1,55	1,42	1,38
25	Inspección y corrección del modelado.	7,50	7,40	7,20	7,03	6,90
26	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	1,25	1,10	1,34	1,35	1,27
27	Desmontaje de la caja de modelado.	3,13	2,45	3,10	3,15	2,34

Fuente: Autores

Tabla 73. Grafica de control Tapa cuadrada 70x70



Fuente: Autores

**Tabla 74.** Tiempo básico propuesto Tapa cuadrada 70x70

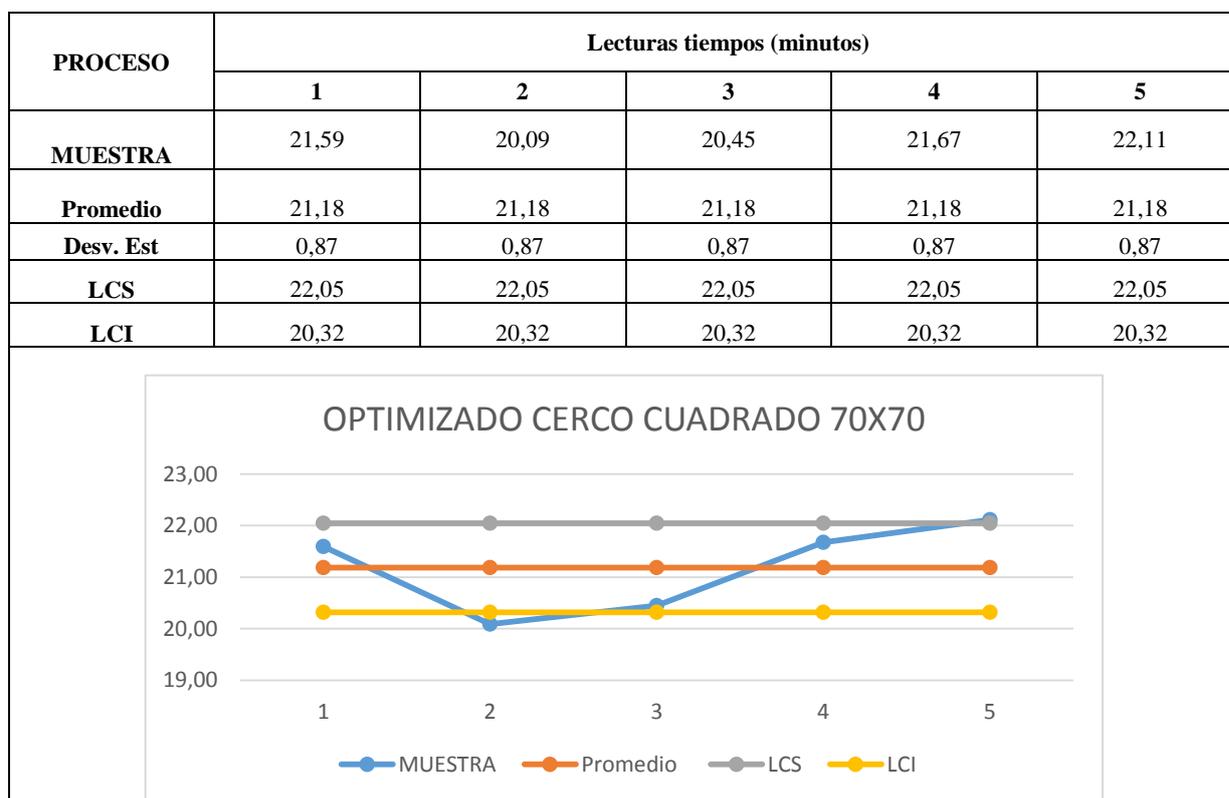
N°	ACTIVIDAD	Lectura de tiempos (minutos)			TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		1	3	5			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,18	0,19	0,20	0,19	100%	0,19
2	Colocación del molde.	0,23	0,34	0,25	0,27	95%	0,26
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	1,30	1,20	1,25	1,25	100%	1,25
4	Traer la pistola de aire	0,11	0,12	0,12	0,12	100%	0,12
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,45	0,48	0,28	0,40	95%	0,38
6	Traer la tierra de fundición del molino	2,00	1,95	2,20	2,05	100%	2,05
7	Llenado de caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,10	1,13	1,20	1,14	100%	1,14
8	Colocación de reglas	0,15	0,22	0,16	0,18	100%	0,18
9	Traer el martillo neumático	0,14	0,20	0,16	0,17	100%	0,17
10	Compactación de la tierra de fundición.	2,30	2,37	2,48	2,38	90%	2,15
11	Giro de la caja de moldeo parte 1.	0,41	0,23	0,38	0,34	95%	0,32
12	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,28	0,10	0,45	0,28	100%	0,28
13	Traer las letras estantería.	0,13	0,12	0,12	0,12	100%	0,12
14	Limpieza del molde y colocación de letras según orden de pedido	1,13	1,15	1,10	1,13	90%	1,01
15	Agregación de plombagina	0,29	0,13	0,26	0,23	100%	0,23
16	Traer la tierra de fundición del molino.	1,95	2,00	2,20	2,05	100%	2,05
17	Llenado de caja de moldeo parte 2 con tierra de fundición.	1,34	1,85	1,30	1,50	95%	1,42
18	Colocación de reglas	0,14	0,11	0,16	0,14	100%	0,14
19	Colocación de separadores.	0,34	1,06	0,42	0,61	100%	0,61
20	Traer el martillo neumático.	0,16	0,20	0,16	0,17	100%	0,17
21	Compactación de la tierra de fundición.	2,35	2,37	2,38	2,37	95%	2,25
22	Retiro de separadores y perforación del molde.	2,18	2,42	2,01	2,20	100%	2,20
23	Separación de la parte 2 de la caja de moldeo.	1,25	1,33	2,48	1,69	95%	1,60
24	Retiro de molde.	0,90	1,55	1,38	1,28	95%	1,21
25	Inspección y corrección del modelado.	7,50	7,20	6,90	7,20	90%	6,48
26	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	1,25	1,34	1,27	1,29	100%	1,29
27	Desmontaje de la caja de modelado.	3,13	3,10	2,34	2,86	100%	2,86
<b>TOTAL</b>							<b>32,00</b>

Fuente: Autores

**Tabla 75.** Lectura de tiempos propuestos Cerco cuadrado 70x70

N°	Descripción	Tiempos				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,2	0,2	0,2	0,21	0,2
2	Colocación del molde.	0,31	0,32	0,32	0,35	0,32
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	1,54	0,16	0,16	0,11	0,16
4	Traer la pistola de aire	0,13	0,11	0,12	0,13	0,14
5	Limpieza y agregación de plombagina en el molde.	0,16	0,18	0,28	0,28	0,28
6	Traer tierra de fundición del molino	1,36	1,38	1,35	1,33	1,37
7	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,06	0,54	0,51	1	1,06
8	Traer el martillo neumático	0,38	0,39	0,37	0,40	0,36
9	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	3,1	3,08	2,05	3,43	3,16
10	Giro y inspección del modelado.	1,4	1,07	1,42	1,43	1,56
11	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de modelado.	0,2	1,19	0,21	0,28	0,2
12	Traer la pistola de aire	0,13	0,11	0,12	0,13	0,14
13	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0,42	0,22	0,19	0,38	0,42
14	Traer tierra de fundición del molino	1,36	1,37	1,30	1,33	1,37
15	Llenado de la caja de modelado parte 2.	3,45	3,41	2,53	2,47	3,41
16	Colocación de reglas y separadores.	0,4	0,53	0,45	0,48	0,43
17	Traer el martillo neumático	0,36	0,35	0,37	0,39	0,34
18	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	2,51	2,41	2,56	2,59	2,41
19	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,2	0,15	0,14	0,25	0,26
20	Separación de la parte 2 de la caja de modelado.	0,48	0,44	0,47	0,46	0,44
21	Retiro del molde.	1,43	1,38	1,55	1,56	1,38
22	Inspección y corrección del modelado.	0,36	0,37	0,3	0,36	0,36
23	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,16	0,14	0,18	0,15	0,14
24	Desmontaje de la caja de modelado.	0,49	0,59	3,3	2,17	2,2
<b>TOTAL</b>		21,59	20,09	20,45	21,67	22,11

Fuente: Autores

**Tabla 76.** Grafica de control cerco cuadrado 70x70

Fuente: Autores

Tabla 77. Tiempo Básico propuesto cerco cuadrado 70x70

N°	DESCRIPCIÓN	TIEMPOS			TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		1	2	3			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,2	0,2	0,21	0,20	100%	<b>0,20</b>
2	Colocación del molde.	0,31	0,32	0,35	0,33	100%	<b>0,33</b>
3	Armado de la caja de moldeo parte 1.	1,54	0,16	0,11	0,60	100%	<b>0,60</b>
4	Traer la pistola de aire	0,13	0,12	0,13	0,13	100%	<b>0,13</b>
5	Limpieza y agregación de plumbagina en el molde.	0,16	0,28	0,28	0,24	100%	<b>0,24</b>
6	Traer tierra de fundición del molino	1,36	1,35	1,33	1,35	100%	<b>1,35</b>
7	Llenado de la caja de moldeo parte 1 con tierra de fundición.	1,06	0,51	1	0,86	100%	<b>0,86</b>
8	Traer el martillo neumático	0,38	0,37	0,40	0,38	100%	<b>0,38</b>
9	Compactación de la tierra de fundición y colocación de reglas.	3,1	2,05	3,43	2,86	100%	<b>2,86</b>
10	Giro y inspección del modelado.	1,4	1,42	1,43	1,42	100%	<b>1,42</b>
11	Unión de la parte 1 y parte 2 de la caja de modelado.	0,2	0,21	0,28	0,23	100%	<b>0,23</b>
12	Traer la pistola de aire	0,13	0,12	0,13	0,13	100%	<b>0,13</b>
13	Limpieza del molde y agregación de sílice.	0,42	0,19	0,38	0,33	100%	<b>0,33</b>
14	Traer tierra de fundición del molino	1,36	1,30	1,33	1,33	100%	<b>1,33</b>
15	Llenado de la caja de modelado parte 2.	3,45	2,53	2,47	2,82	100%	<b>2,82</b>
16	Colocación de reglas y separadores.	0,4	0,45	0,48	0,44	100%	<b>0,44</b>
17	Traer el martillo neumático	0,36	0,37	0,39	0,37	100%	<b>0,37</b>
18	Compactación de la tierra de fundición parte 2.	2,51	2,56	2,59	2,55	100%	<b>2,55</b>
19	Retiro de separadores y perforación del molde.	0,2	0,14	0,25	0,20	100%	<b>0,20</b>
20	Separación de la parte 2 de la caja de modelado.	0,48	0,47	0,46	0,47	100%	<b>0,47</b>
21	Retiro del molde.	1,43	1,55	1,56	1,51	100%	<b>1,51</b>
22	Inspección y corrección del modelado.	0,36	0,3	0,36	0,34	100%	<b>0,34</b>
23	Unión parte 2 en la parte 1 caja de modelado.	0,16	0,18	0,15	0,16	100%	<b>0,16</b>
24	Desmontaje de la caja de modelado.	0,49	3,3	2,17	1,99	100%	<b>1,99</b>
<b>TOTAL</b>							<b>21,24</b>

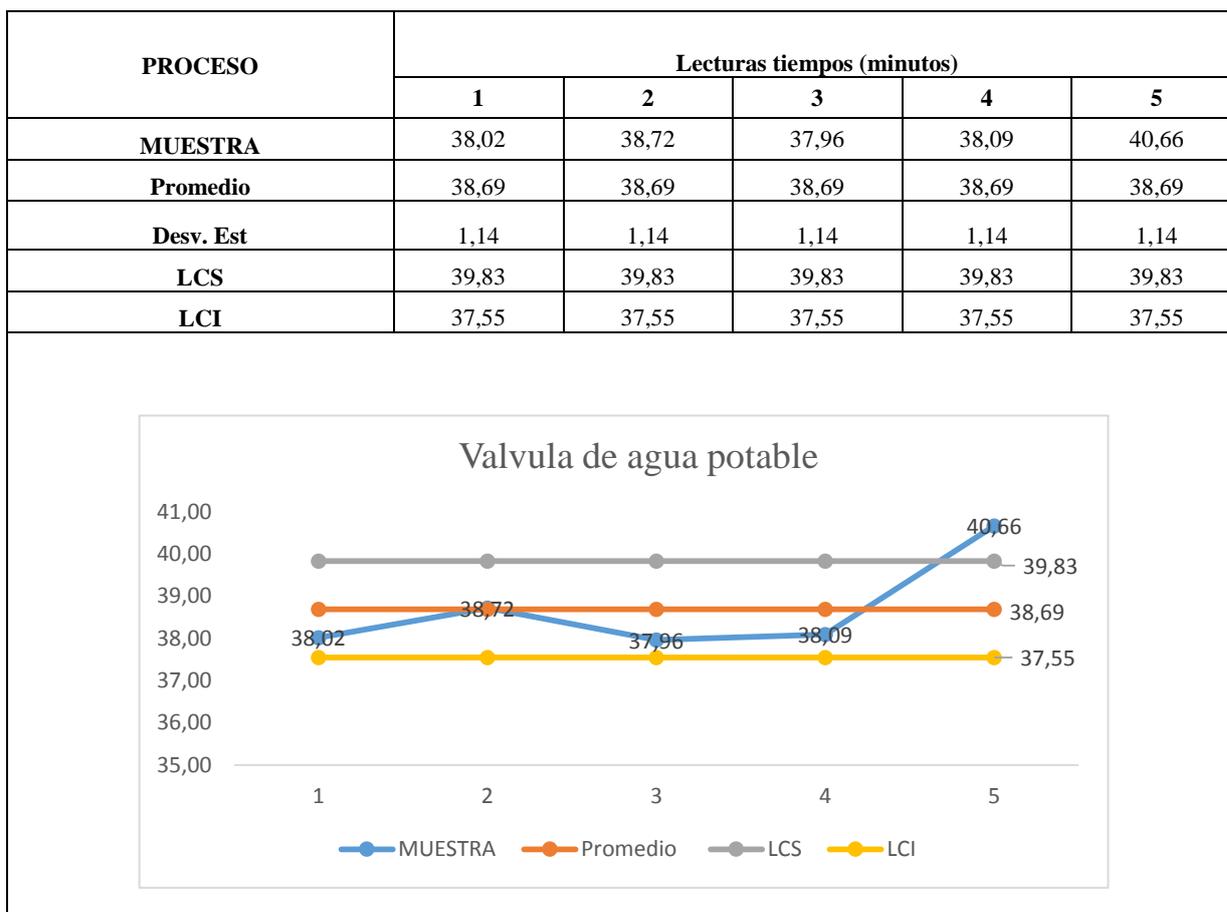
Fuente: Autores

Tabla 78. Lectura de tiempos Propuestos Válvula de agua potable

N°	Descripción	TIEMPOS				
		1	2	3	4	5
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,22	0,26	0,23	0,25	0,28
2	Colocación del molde 1	0,48	0,40	0,45	0,4	0,48
3	Traer la pistola de aire.	0,17	0,18	0,12	0,22	0,33
4	Limpieza del molde.	0,35	0,11	0,15	0,25	0,35
5	Colocación de la caja de modelado parte 1.	0,40	0,46	0,48	0,46	0,3
6	Colocación de las válvulas y agregación de plomagina.	2,35	2,30	2,36	2,35	2,35
7	Traer la tierra de fundición del molino.	0,49	0,48	0,47	0,46	0,35
8	Llenado de la caja de modelado parte 1 con tierra de fundición y colocación de distribuidor de material.	6,15	6,10	6,2	5,58	6,05
9	Traer el martillo neumático.	0,28	0,27	0,29	0,28	0,28
10	Compactación de la tierra de fundición.	1,10	1,15	1,3	1,2	1,33
11	Colocación caja de modelado Parte 2	0,18	0,15	0,16	0,16	0,18
12	Colocación de tapas.	0,38	0,33	0,31	0,34	0,32
13	Agregación de sílice.	0,14	0,15	0,15	0,16	0,14
14	Retiro de Tapas.	0,12	0,15	0,18	0,15	0,12
15	Desprender la tierra de fundición de las bocas de las válvulas.	0,47	0,46	0,36	0,39	0,45
16	Traer la tierra de fundición del molino.	0,39	0,42	0,35	0,46	0,48
17	Llenado de la caja de modelado 2 con tierra de fundición.	3,20	3,28	2,46	2,48	3,18
18	Traer el martillo neumático.	0,20	0,23	0,28	0,23	0,2
19	Compactación de la tierra de fundición caja de modelado 2	1,35	1,28	1,36	1,4	1,36
20	Giro parte 1 y parte 2 de las cajas de modelado.	0,50	0,49	0,55	0,49	0,5
21	Retiro de la caja de modelado 2.	1,12	1,30	1,2	1,3	1,12
22	Inspección parte 1 y 2.	3,12	2,12	2,18	2,12	3,1
23	Colocación del tablero	0,35	0,26	0,26	0,26	0,21
24	Colocación molde 1 en el tablero.	0,48	0,50	0,4	0,5	0,48
25	Colocación de la caja de modelado 3	0,44	0,48	0,4	0,48	0,44
26	Traer la pistola de aire	0,17	0,15	0,16	0,14	0,17
27	Limpieza del molde y agregación de plomagina.	0,22	0,25	0,43	0,25	0,28
28	Colocación de separadores y Llenado de la caja parte 3 con tierra de fundición.	3,55	5,54	4,53	5,54	4,55
29	Traer el martillo neumático.	0,36	0,35	0,33	0,35	0,36
30	Compactación de la tierra de fundición parte 3.	1,58	1,35	2,2	1,55	2,3
31	Retiro de separadores	0,38	0,35	0,33	0,35	0,35
32	Giro de la caja de modelado parte 3.	0,19	0,26	0,22	0,38	0,26
33	Inspección parte 3.	3,23	3,23	3,18	3,2	3,1
34	Unión parte 2 en la parte 1.	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
35	Unión parte 3 en la parte 2.	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
36	Desmontaje de la caja de modelado.	3,18	3,20	3,2	3,23	4,18

Fuente: Autores

**Tabla 79.**Gráfica de control Válvula de agua potable



Fuente: Autores

**Tabla 80.** Tiempo Básico propuesto Válvula de agua potable

N°	Descripción	TIEMPOS				TIEMPO PROMEDIO	VALORACIÓN	TIEMPO BÁSICO
		1	2	3	4			
1	Colocación del tablero de madera en el piso.	0,22	0,26	0,23	0,25	0,24	100%	<b>0,24</b>
2	Colocación del molde 1	0,48	0,40	0,45	0,4	0,43	100%	<b>0,43</b>
3	Traer la pistola de aire.	0,17	0,18	0,12	0,22	0,17	100%	<b>0,17</b>
4	Limpieza del molde.	0,35	0,11	0,15	0,25	0,22	100%	<b>0,22</b>
5	Colocación de la caja de modelado parte 1.	0,40	0,46	0,48	0,46	0,45	100%	<b>0,45</b>
6	Colocación de las válvulas y agregación de plomagina.	2,35	2,30	2,36	2,35	2,34	100%	<b>2,34</b>
7	Traer la tierra de fundición del molino.	0,49	0,48	0,47	0,46	0,48	100%	<b>0,48</b>
8	Llenado de la caja de modelado parte 1 con tierra de fundición y colocación de distribuidor de material.	6,15	6,10	6,2	5,58	6,01	100%	<b>6,01</b>
9	Traer el martillo neumático.	0,28	0,27	0,29	0,28	0,28	100%	<b>0,28</b>
10	Compactación de la tierra de fundición.	1,10	1,15	1,3	1,2	1,19	100%	<b>1,19</b>
11	Colocación caja de modelado Parte 2	0,18	0,15	0,16	0,16	0,16	100%	<b>0,16</b>
12	Colocación de tapas.	0,38	0,33	0,31	0,34	0,34	100%	<b>0,34</b>
13	Agregación de sílice.	0,14	0,15	0,15	0,16	0,15	100%	<b>0,15</b>
14	Retiro de Tapas.	0,12	0,15	0,18	0,15	0,15	100%	<b>0,15</b>

15	Desprender la tierra de fundición de las bocas de las válvulas.	0,47	0,46	0,36	0,39	0,42	100%	<b>0,42</b>
16	Traer la tierra de fundición del molino.	0,39	0,42	0,35	0,46	0,41	100%	<b>0,41</b>
17	Llenado de la caja de modelado 2 con tierra de fundición.	3,20	3,28	2,46	2,48	2,86	100%	<b>2,86</b>
18	Traer el martillo neumático.	0,20	0,23	0,28	0,23	0,24	100%	<b>0,24</b>
19	Compactación de la tierra de fundición caja de modelado 2	1,35	1,28	1,36	1,4	1,35	100%	<b>1,35</b>
20	Giro parte 1 y parte 2 de las cajas de modelado.	0,50	0,49	0,55	0,49	0,51	100%	<b>0,51</b>
21	Retiro de la caja de modelado 2.	1,12	1,30	1,2	1,3	1,23	100%	<b>1,23</b>
22	Inspección parte 1 y 2.	3,12	2,12	2,18	2,12	2,39	100%	<b>2,39</b>
23	Colocación del tablero	0,35	0,26	0,26	0,26	0,28	100%	<b>0,28</b>
24	Colocación molde 1 en el tablero.	0,48	0,50	0,4	0,5	0,47	100%	<b>0,47</b>
25	Colocación de la caja de modelado 3	0,44	0,48	0,4	0,48	0,45	100%	<b>0,45</b>
26	Traer la pistola de aire	0,17	0,15	0,16	0,14	0,16	100%	<b>0,16</b>
27	Limpieza del molde y agregación de plombagina.	0,22	0,25	0,43	0,25	0,29	100%	<b>0,29</b>
28	Colocación de separadores y Llenado de la caja parte 3 con tierra de fundición.	3,55	5,54	4,53	5,54	4,79	100%	<b>4,79</b>
29	Traer el martillo neumático.	0,36	0,35	0,33	0,35	0,35	100%	<b>0,35</b>
30	Compactación de la tierra de fundición parte 3.	1,58	1,35	2,2	1,55	1,67	100%	<b>1,67</b>
31	Retiro de separadores	0,38	0,35	0,33	0,35	0,35	100%	<b>0,35</b>
32	Giro de la caja de modelado parte 3.	0,19	0,26	0,22	0,38	0,26	100%	<b>0,26</b>
33	Inspección parte 3.	3,23	3,23	3,18	3,2	3,21	100%	<b>3,21</b>
34	Unión parte 2 en la parte 1.	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	100%	<b>0,55</b>
35	Unión parte 3 en la parte 2.	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	100%	<b>0,18</b>
36	Desmontaje de la caja de modelado.	3,18	3,20	3,2	3,23	3,20	100%	<b>3,20</b>
<b>TOTAL</b>								<b>38,20</b>

Fuente: Autores