



**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN EN LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE  
TAPAS DE ALCANTARILLADO EN ACERO PARA LA EMPRESA  
METALMECÁNICA SAN JUDAS LTDA**

**JOSE GREGORIO BARRIOS ROMERO  
LUIS FERNANDO HERRERA DIAZGRANADOS**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**2017**



**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN EN LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN DE  
TAPAS DE ALCANTARILLADO EN ACERO PARA LA EMPRESA  
METALMECÁNICA SAN JUDAS LTDA**

**JOSE GREGORIO BARRIOS ROMERO  
LUIS FERNANDO HERRERA DIAZGRANADOS**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial**

**Asesor Disciplinar  
RAFAEL CASTELLAR ARRIETA**

**Asesor Metodológico  
SANTANDER PEREZ VARGAS**

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CARTAGENA DE INDIAS D.T. Y C.**

**ACTA DE CALIFICACION Y APROBACION**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Director de Escuela**

---

**Director de Investigaciones**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Cartagena de Indias, 5 de mayo de 2017**

**Cartagena de Indias, fecha**

**Director**

**Hollman Cely**

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial  
Universidad del Sinú

Cordial saludo.

La presente comunicación con el fin de manifestar mi conocimiento y aprobación del trabajo de grado titulado “Propuesta de optimización en los tiempos de producción de tapas de alcantarillado en acero para la empresa metalmecánica San Judas Ltda”, elaborada por los estudiantes José Gregorio Barrios Romero de cedula de ciudadanía C.C 1’143.392.178 y Luis Fernando Herrera Díaz-Granados de cedula de ciudadanía C.C 1’143.383.482, presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Industrial.

Cordialmente,

---

**Rafael Castellar Arrieta**

**Cartagena de Indias, 5 de mayo de 2017**

**Director**

**Hollman Cely**

Director de la Escuela de Ingeniería Industrial  
Universidad del Sinú

Cordial saludo.

Por medio de la presente se hace entrega oficial del trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial titulado “Propuesta de optimización en los tiempos de producción de tapas de alcantarillado en acero para la empresa metalmecánica San Judas Ltda.” realizado por los estudiantes José Gregorio Barrios Romero de cedula de ciudadanía C.C 1’143.392.178 y Luis Fernando Herrera Díaz-Granados de cedula de ciudadanía C.C 1’143.383.

---

**Jose Gregorio Barrios Romero**

---

**Luis Fernando Herrera Diazgranados**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero Rafael Castellar Arrieta, al ingeniero Santander Pérez Vargas y a la administradora industrial Andrea Duran, que con sus conocimientos impartidos durante el desarrollo de este trabajo facilitaron que llegue a concluir.

De igual manera al gerente y propietario de la empresa Metalmecánica San Judas Ltda., que permitió al Ingeniero Luis Miguel Rebollo que ayudara a desarrollar el presente trabajo y supieron brindar todas las facilidades para culminar el mismo, y a todas las personas que me supieron ayudar.

# 1 CONTENIDO

	Pág.
Introducción .....	13
1 Planteamiento del problema .....	16
1.1 Descripción del problema .....	16
1.2 Formulación del problema .....	17
1.3 Delimitación del problema.....	18
1.3.1 Delimitación espacial.....	18
1.3.2 Delimitación temporal.....	18
2 Justificación .....	19
3 Objetivos.....	21
3.1 Objetivo general.....	21
3.2 Objetivos específicos .....	21
4 Marco referencial .....	22
4.1 Antecedentes.....	22
4.2 Marco teórico .....	24
4.2.1 Estudio de tiempos.....	24
4.2.2 Tiempo tipo .....	25
4.2.3 Medición del tiempo .....	25
4.2.4 Estudio de métodos.....	26
4.2.5 Puestos de trabajo .....	29
4.2.6 Manejo de materiales .....	29
4.3 Marco conceptual .....	30

5	Diseño metodológico .....	32
5.1	Tipo de investigación .....	32
5.2	Población y muestra .....	32
5.3	Técnicas de recolección de información .....	33
5.4	Técnicas de análisis de los resultados.....	33
6	Análisis de la situación actual en el proceso de fabricación de tapas en acero para alcantarillado.....	35
6.1	Caracterización de la empresa .....	35
6.1.1	Portafolio de productos y servicios.....	35
6.1.2	Descripción del producto de tapas para alcantarillado .....	36
6.1.3	Caracterización del recurso humano.....	37
6.1.4	Capacidad tecnológica e instalada.....	37
6.2	Descripción del proceso.....	39
6.2.1	Proceso de fundido. ....	41
6.2.2	Proceso de moldeado. ....	45
6.2.3	Proceso de enfriado. ....	49
6.2.4	Proceso de pulido.....	51
6.2.5	Proceso de ensamble.....	52
6.2.6	Proceso de acabado y almacén. ....	53
6.3	Análisis de la producción en el proceso actual de fabricación de tapas de acero para alcantarillado .....	54
6.3.1	Factores que intervienen en el proceso actual.....	55
6.4	Medición de los tiempos de trabajo en el proceso actual .....	58
6.4.1	Registro de datos del proceso de estudio .....	58
6.4.2	Calculo de la muestra de los tiempos de producción .....	61

6.4.3	Análisis de los tiempos y método de trabajo .....	62
6.4.4	Diagrama del proceso .....	64
6.4.5	Curso grama analítico .....	72
6.4.6	Tabulación y análisis de los tiempos de producción.....	79
7	Medición de los tiempos de producción en proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado.....	80
7.1	Estudio de tiempos. ....	80
7.1.1	Número de observaciones para calcular la muestra. ....	80
7.1.2	Justificación de los tiempos y suplementos.....	81
7.1.3	Cálculo de los tiempos tipo .....	82
7.2	Tiempo tipo de trabajo propuestos en el proceso actual.....	84
8	Propuesta del procedimiento en el proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado en la empresa metalmecánica san judas Ltda. ....	85
8.1	propuesta del proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado 85	
8.1.1	Diagrama de proceso propuesto .....	86
8.2	Propuesta del Procedimiento para la elaboración de tapas de acero.....	94
9	Conclusiones .....	100
10	Bibliografía .....	101
11	Anexos .....	105

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Organigrama de la Metalmecánica San Judas Ltda. ....	37
Figura 2. Flujo grama del proceso actual .....	40
Figura 3. Flujo grama del proceso de fundido.....	41
Figura 4. Hierro para el fundido .....	42
Figura 5. Alto horno .....	43
Figura 6. Alto horno (Escape) .....	43
Figura 7. Carbón mineral .....	44
Figura 8. Flujo grama del proceso de moldeo.....	45
Figura 9. Recibiente para verter fundido.....	46
Figura 10. Tapa.....	47
Figura 11. Aro .....	47
Figura 12. Flujo grama del proceso de enfriado.....	49
Figura 13. Formaleta de maderas para moldeo .....	50
Figura 14. Flujo grama del proceso de pulido .....	51
Figura 15. Aro sin pulir .....	52
Figura 16. Aro y tapa ensamblada .....	52
Figura 17. Flujo grama del proceso de acabado y almacén .....	53
Figura 18. Grafica de los resultados de la lista de chequeo de las condiciones de trabajo.....	54
Figura 19. Grafico Check List del proceso de estudio.....	58
Figura 20. Grafica diagrama de Pareto .....	59
Figura 21. Diagrama espina de pescado: causas de demoras en el proceso.....	60
Figura 22. Ecuación para número de observaciones.....	61
Figura 23. Resumen del diagrama del proceso .....	71
Figura 24. Resumen del diagrama de proceso propuesto .....	92
Figura 25. Flujo grama del proceso de fundido.....	95
Figura 26. Flujo grama propuesto del proceso de moldeo.....	97
Figura 27. Flujo grama propuesto del proceso de enfriado.....	98

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Diagrama de Pareto .....	59
Tabla 2. Cálculo del número de la muestra .....	61
Tabla 3. Número de observaciones .....	62
Tabla 4. Tiempos medios.....	79
Tabla 5. Suplementos .....	82
Tabla 6. Fórmula para el cálculo de los tiempos.....	83
Tabla 7. Calculo de tiempos tipo.....	84
Tabla 8. Comparación de las actividades de proceso actual y la propuesta.....	93
Tabla 9. Comparación de los tiempos del proceso actual y la propuesta .....	93

## INTRODUCCIÓN

En la siguiente investigación se plantea una propuesta para optimizar los tiempos de producción en el proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado en la Metalmecánica San Judas Ltda., en aras de alcanzar esto se hablara acerca de estudio de tiempos, que básicamente es la “aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida”<sup>1</sup>.

Una vez planteada la teoría se mostrara la aplicación del estudio de tiempos en el proceso de producción de tapas de alcantarillado desarrollado en la empresa Metalmecánica San Judas Ltda.

Todo esto con el objetivo de dinamizar y mostrar conceptos aplicados en una industria que pretende optimizar los tiempos en el proceso de producción antes mencionado.

Dentro de las características principales de un estudio de tiempos, se tiene en cuenta que es la técnica por excelencia para minimizar la cantidad de trabajo, eliminar los movimientos innecesarios y substituir métodos. La medición del trabajo a su vez, sirve para investigar, minimizar y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado<sup>2</sup>. Normalmente son estas algunas de las situaciones que viven día a día las industrias, que

---

1 TEJADA DE LOPEZ, Blanca. Administración de servicio de alimentación: calidad, nutrición, productividad y beneficios. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. Segunda edición. 2007. Pág. 293.

2 IBID. PAG 294.

generan costos elevados y grandes porcentajes de pérdidas por no buscar y encontrar una solución a este tipo de inconvenientes.

El ciclo de tiempo del trabajo puede aumentar a causa de un mal diseño del producto, un mal funcionamiento del proceso o por tiempo improductivo imputable a la dirección o a los trabajadores, en este tipo de casos es necesario implementar esta herramienta, que busca optimizar los procesos y obtener efectividad en la producción, en este proyecto, encontrar una propuesta de mejora para los diferentes procesos que se emplean en la fabricación de una tapa de alcantarilla.

Dentro de las causas de este tipo de inconvenientes en Metalmecánica San Judas Ltda., se identificó:

- Ausencia de ficha técnica.
- Procedimiento de producción de tapas de alcantarillado.
- Estandarización de tiempo de procesos.
- Áreas de trabajo no establecidas.
- Movimientos innecesarios.

Para realizar un análisis y más adelante presentar una propuesta de mejora en consecución con la problemática establecida, fue necesario visitar la empresa, mirar cada uno de los procesos implementados para la fabricación de tapas de alcantarillado.

En el desarrollo del primer objetivo se observa el proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado, donde se observó las actividades, se tabulo los tiempos y causas de los diferentes inconvenientes mencionado anteriormente, por consiguiente los aspectos que competen al tema, como lo son los tiempos de esperas, los tiempos de ocio reglamentario para el trabajador. Todo esto como

medio de idear y aplicar métodos más sencillos, eficaces y de reducir los tiempos de producción.

En el segundo capítulo teniendo en cuenta los datos tabulados, se analiza y se establece los tiempos básicos para la ejecución de dichas actividades como fundido, moldeado, enfriado, pulido, proceso de ensamble, pintado y acabado. Finalmente de acuerdo a esto se diseña una propuesta del proceso para la optimización de los tiempos de producción.

# 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente las empresas del sector industrial se han enfocado mucho en la minimización de costos de producción y en maximización de sus utilidades a través de diferentes mejoras dentro de su planta de producción, e inmersa en un entorno progresivamente más competitivo y globalizado<sup>3</sup>, una tarea cada vez más ardua y compleja, asimismo son muchos los factores estratégicos y tácticos que en producción han de tener en cuenta para poder triunfar.

La actividad productiva se plasma en procesos sujetos a una organización y planificación, a los que se aplicaran los medios y recursos adecuados. Dichos procesos están constituidos por un conjunto de actividades coordinadas para efectuar la productividad, con las determinaciones correctas de medios, de acuerdo con los métodos más adecuados, de manera que se obtenga el producto con la máxima productividad y calidad y el mínimo tiempo y coste<sup>4</sup>.

El diseño y la implantación de procesos de producción suponen, hoy más que nunca, una problemática cuyo planteamiento correcto y solución optimizada son de suma importancia estratégica para la empresa. Para esta, el objetivo básico es, al fin y al cabo, producir los productos que más satisfagan a su mercado y

---

<sup>3</sup> DE LA FUENTES GARCIA, David; FERNADNEZ QUESADA, Isabel. Distribución en planta. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2005. Pág. 3

<sup>4</sup> ARBOS, L. C. Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático. Barcelona. Profit Editorial. 2009. Pág. 52

obtenerlos con la máxima calidad y a un coste y tiempo de respuesta mínimos, en definitiva, alcanzar el mayor nivel de competitividad posible<sup>5</sup>.

Metalmecánica San Judas Ltda., ha hecho énfasis en optimizar los tiempos de producción y ha encontrado diferentes inconvenientes como: cuellos de botella, tiempos ociosos, inexistencia de parámetros básicos en los tiempos de trabajo, entre otros. Por consiguiente de mantenerse estos a través del tiempo significara pérdida de competitividad y eficacia en sus actividades<sup>6</sup>.

En cuanto al proceso de producción de tapas de alcantarillado (producto líder en comercialización) se han detectado ineficiencias de orden operativo, debido a la inexistencia de un procedimiento que estandarice los tiempos básicos de cada operación, los cuales han generado retrasos en la producción oportuna de tapas.

Por lo tanto, Metalmecánica San Judas Ltda., se ha visto en la necesidad de optimizar los tiempos en el proceso de fabricación de tapas en acero, debido que estas son el producto de mayor demanda y consideran que de seguir así perdían competitividad en comparación con su competencia en el mercado. Por consiguiente tienen como propósito disminuir los tiempos de producción.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

---

<sup>5</sup> ARBOS, L. C. Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático. Barcelona. Profit Editorial. 2009. Pág. 53

<sup>6</sup> TEJADA DE LOPEZ, Blanca. Administración de servicio de alimentación: calidad, nutrición, productividad y beneficios. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. Segunda edición. 2007. Pág. 294

A partir de lo planteado, surge el siguiente interrogante:

¿Cómo optimizar los tiempos de producción de tapas de alcantarillado en acero para la empresa metalmecánica San Judas Ltda.?

### **1.3 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1 Delimitación espacial**

La investigación se realizará en la ciudad de Cartagena de Indias, Capital del departamento de Bolívar, Colombia, en la empresa Metalmecánica San Judas ubicada en la Avenida El Bosque Transversal 54 Nro. 22-108.

#### **1.3.2 Delimitación temporal**

La presente propuesta de optimización de los tiempos de producción en uno de los procesos de la empresa Metalmecánica San Judas. Ltda. Se llevara a cabo la gestión documental de la línea tapas de acero para alcantarillado. Se partirá de principios del mes de junio de 2015 hasta finales del mes de mayo de 2016.

## 2 JUSTIFICACIÓN

En un entorno globalizado cada vez más competitivo, las compañías deben asegurar a través de los detalles sus márgenes de beneficio. Por lo tanto, se hace imperativo evaluar con minuciosidad mediante la adecuada optimización de sus tiempos de producción, todos los detalles acerca del qué, cómo o en qué tiempo se llevan a cabo cada una de las actividades, esto ofrece un gran potencial de ahorro en cualquier empresa así como los pormenores de la capacidad de tal manera que se consiga el mejor funcionamiento de las instalaciones<sup>7</sup>.

La vitalidad de tiempos óptimos en cada uno de los procesos para la fabricación de un producto dentro de una industria, es evidente. Objetivamente hay que reconocer que es la estructura organizacional que permite la correcta ejecución y administración de los recursos de una empresa industrial<sup>8</sup>, que busca normalmente el cumplimiento de sus objetivos en cuanto a minimización de costos, tiempos de trabajo, riesgos laborales, espacios y la maximización de beneficios y utilidades para la empresa y empleados.

El estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, en condiciones determinadas y analizar los datos y estandarizar el tiempo requerido para efectuar una actividad o tarea<sup>9</sup>. La Metalmecánica San Judas LTDA., comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades

---

<sup>7</sup> MEYERS, Fred E. Tiempos y movimiento para manufactura. España. Pearson. 2000. Pág. 3

<sup>8</sup> CAPRIOTTI, Paul. Planificación estratégica de la imagen corporativa. Barcelona. Editorial Ariel, S.A. 3° edición. 2008. Pág. 7-9

<sup>9</sup> RAJADELL, Manuel; SANCHEZ, José L. Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad. España. Ediciones Díaz de Santos. 2010. Pág. 3

que tengan lugar en todo lo correspondiente a las celdas de trabajo que involucran el proceso de producción de las tapas en acero de alcantarillado, se contemplan como eje central objetivos puntuales como:

- Mejoras en la productividad.
- Mejora la satisfacción del trabajador.
- Disminución de los retrasos.
- Optimización del espacio.

En Metalmecánica San Judas Ltda., varios de estos objetivos son identificados como oportunidades de mejora, lo que permite concluir que realizar un estudio en el proceso de tapas de acero para alcantarillado con el fin de optimizar los tiempos de producción es indispensable para ella con el objetivo de replantear y optimizar su línea de producción, finalmente la estandarización de los tiempos en un puesto de trabajo evita en gran parte fracasos productivos y financieros en todo tipo de empresas industriales<sup>10</sup>.

Se desarrollara una propuesta enfocada a la optimización de los tiempos de producción donde se estudia el problema planteado. Y así contribuir a una necesidad de la empresa debida que no cuenta con unos estándares de tiempos para la ejecución sus actividades en el proceso de estudio. Se implementara mediante técnicas que garanticen la calidad en los productos y así obtener una mayor competitividad, que por su gran incremento obliga a mejorar día a día en todos sus aspectos.

---

<sup>10</sup> SALAZAR LOPEZ, Bryan. Diseño y distribución en planta (online). 2012. <<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>>

## **3 OBJETIVOS**

### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar la propuesta de optimización en los tiempos de producción de tapas de alcantarillado en acero para la empresa Metalmecánica San Judas Ltda.

### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un estudio de los tiempos de producción para la elaboración de tapas de alcantarillado en acero en la empresa Metalmecánica San Judas Ltda.
- Establecer los tiempos básicos en el proceso de fabricación de tapas de acero de alcantarillado para la determinación de los tiempos tipo o estándar.
- Plantear una propuesta de mejoramiento, con base en los resultados del estudio de tiempos.

## 4 MARCO REFERENCIAL

### 4.1 ANTECEDENTES

Marco Flores Ortiz (2009) en su tesis de grado “Optimización de la producción, en el proceso de mezclado de la línea de caucho, en la empresa Plasticaucho Industrial S.A.”<sup>11</sup> Busca reducir los tiempos, mejorar la distribución en los equipos, máquinas y áreas de trabajo. Tiene como objetivo general optimizar la producción, en el proceso de mezclado; de la línea de caucho, mediante un análisis de la situación actual en cada uno de sus diagramas de flujo, proceso y recorrido, para así obtener los tiempos de fabricación de los productos. Conforme a esto la investigación será guía en el análisis de los diagramas respectivos de la Metalmecánica San Judas Ltda., en el proceso de fabricación de tapas de acero de alcantarillado, para así plantear una propuesta de mejora en el desarrollo del proceso.

Yiber Esteban González Gil (2007) en su proyecto “Mejoramiento del sistema de producción de la empresa Metálicas Zuluaga”<sup>12</sup> plantea diseñar e implementar mejoras en el sistema de producción que permita realizar eficientemente todas las actividades que intervienen en el proceso productivo de Metálicas Zuluaga. El desarrollo de la práctica se inicia con un conocimiento general de la empresa, obtención de los tiempos estándar de producción y división del proceso en elementos más fáciles de estudiar, con el fin de realizar un diagnóstico, y así

---

<sup>11</sup> FLORES ORTIZ, Marco. Optimización de la producción, en el proceso de mezclado de la línea de caucho, en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2009.

<sup>12</sup> GONZALEZ GIL, Yiber. Mejoramiento del sistema de producción de la empresa metálicas Zuluaga. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2007.

mismo proponer alternativas de mejora e identificar qué factores son los más críticos en el proceso actual; el estudio se enfoca principalmente en el área de producción. Este proyecto sirve de guía al momento de dividir las operaciones en elementos más fáciles de estudiar y medir, como un punto de partida para analizar los procesos en el cual se ejecute el estudio de tiempo. Será mucho más eficaz la implementación del estudio de tiempos, para optimizar los tiempos de producción.

Eliana María González Neira (2004) en su trabajo de grado “Propuesta para el mejoramiento de los tiempos de producción de la empresa Servioptica Ltda.”<sup>13</sup> En el cual plantea diseñar procedimientos para el mejoramiento de los procesos productivos, que ajustados a la estructura y funcionamiento actual de la empresa de estudio, favorezcan el mejoramiento de los tiempos de producción. Para esto se establecen estándares de tiempo para cada una de las operaciones pertenecientes a los procesos de estudio. Este proyecto sirve de guía para el estudio y estandarización de los tiempos referentes al proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado, y así mismo en el diseño de la propuesta para la optimización de los tiempos de producción.

---

<sup>13</sup> GONZALEZ NEIRA, Eliana M. Propuesta para el mejoramiento de los tiempos de producción de la empresa Servioptica Ltda. Bogotá D.C. Universidad Javeriana. 2004

## 4.2 MARCO TEÓRICO

### 4.2.1 Estudio de tiempos

La productividad de una mano de obra se verá directamente afectada por el uso inadecuado de las herramientas, maquinarias y los métodos de trabajos utilizados en un trabajo, por ello de acuerdo al contenido de trabajo se define un método determinado y estándares de tiempos para cada tarea con el fin de tener un máximo rendimiento, proporcionar una clara justificación de las demoras inevitables, descansos personales y la fatiga del trabajador<sup>14</sup>.

En una empresa los estudios de métodos y movimientos crean en todo empleado de manufactura la importancia de estar consciente de los beneficios que lleva consigo realizar en óptimo tiempo su obra o labor, hace de ellos llevar la ventaja en la competitividad<sup>15</sup>.

---

<sup>14</sup> RIOS, Manuel Fernández. Análisis y descripción de puestos de trabajo. España. Díaz de Santo S.A. 1995. Pág. 311.

<sup>15</sup> MEYERS, Fred E. Tiempos y movimiento para manufactura. España. Pearson. Pág. 5

#### 4.2.2 Tiempo tipo

El tiempo tipo (TE) de una operación es el tiempo en el cual un operario o trabajador necesita para realizar dicha labor a paso normal, en vista de los suplementos por fatiga, retraso y necesidades personales<sup>16</sup>.

En la fase de la medición de trabajo se deben realizar tareas como: Seleccionar la tarea a estudiar, registrar los datos necesarios para efectuar la medición, examinar los datos para ver si se usan los métodos más eficientes, medir en tiempo la cantidad de trabajo de cada paso con que se lleva a cabo la tarea, calcular el tiempo normal o básico y calcular tiempo estándar<sup>17</sup>.

El tiempo tipo de una operación está formado por los siguientes conceptos<sup>18</sup>:

- a. Tiempo observado (T).
- b. Calificación de desempeño (CD).
- c. Tiempo normal (TN).
- d. Suplementos de trabajo (K%)
- e. Tiempo estándar (TE).

#### 4.2.3 Medición del tiempo

El tamaño de la muestra o cálculo de número de observaciones es un proceso vital en la etapa de cronometraje, dado que de este depende en gran medida el

---

<sup>16</sup> GOMEZ, Alberto; PUENTE, Javier; DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario. Organización de la producción en ingenierías. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 246.

<sup>17</sup> GOMEZ, Alberto; PUENTE, Javier; DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario. Organización de la producción en ingenierías. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 249.

<sup>18</sup> GOMEZ, Alberto; PUENTE, Javier; DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario. Organización de la producción en ingenierías. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 250.

nivel de confianza del estudio de tiempos. Este proceso tiene como objetivo determinar el valor del promedio representativo para cada elemento<sup>19</sup>.

Los métodos más utilizados para determinar el número de observaciones son: método estadístico y método tradicional.

En el desarrollo de la investigación se aplicara el método estadístico por su nivel de confianza del 95.45% y 5% de margen de error.

#### **4.2.4 Estudio de métodos**

Los estudios de métodos se utilizan para<sup>20</sup>:

1. Encontrar el mejor método de trabajo.
2. Fomentar en todos los empleados la toma de conciencia sobre los movimientos.
3. Desarrollar herramientas, dispositivos y auxiliares de producción económicos y eficientes.
4. Ayudar en la selección de nuevas máquinas y equipo.
5. Capacitar a los empleados nuevos en el método preferido
6. Reducir esfuerzos y costos.

---

<sup>19</sup> FERNANDEZ QUESADA, Isabel; GONZALEZ ALONSO, Peter; GARCIA PUENTE, Javier. Diseño y medición de trabajos. Oviedo. Universidad de Oviedo. 1996. Pág. 10

<sup>20</sup> RIOS FERNANDEZ, Manuel. Análisis y descripción del puesto de trabajo: teorías, métodos y ejercicios. Madrid. Edición Díaz de Santos. 1995 .pág. 311

Los estudios de movimientos sirven para reducir costos; los estudios de tiempos, para su control<sup>21</sup>. Para el desarrollo de estas se utilizan algunas técnicas como lo son:

1. Diagramas de procesos.
2. Diagramas de flujo.
3. Diagrama de actividades múltiples.
4. Diagrama de operaciones.
5. Diagramas de procesos de flujo.
6. Diagrama de análisis de operaciones.
7. Diseño de estación de trabajo.
8. Economía de los movimientos.
9. Patrones de flujo.
10. Sistemas de estándares de tiempo predeterminados (PTSS).

En aras de mostrar el proceso en estudio se utilizarán los diagramas de proceso, curso grama analítico<sup>22</sup> y herramientas de análisis como el diagrama causa-efecto y diagramas Pareto.

Los estudios de movimiento se realizan antes que los de tiempos por dos razones<sup>23</sup>:

1. El estudio de movimientos es de diseño, y es necesario diseñar un trabajo para poder construir una estación de trabajo.

---

<sup>21</sup> RIOS FERNANDEZ, Manuel. Análisis y descripción del puesto de trabajo: teorías, métodos y ejercicios. Madrid. Edición Díaz de Santos. 1995 .pág. 310-311

<sup>22</sup> George. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra. OIT. Cuarta edición. 1996. Pág. 118

<sup>23</sup> MEYERS, Fred E. Tiempos y movimiento para manufactura. España. Pearson. 2000. Pág. 7

2. No es necesario malgastar esfuerzos para estudiar los tiempos de un trabajo que no ha sido definido de forma correcta, de modo que primero se hacen los estudios de métodos.

Los estudios de métodos deben ser considerados de dos niveles<sup>24</sup>:

1. Estudios de macro movimientos (vista panorámica): corresponde a los aspectos generales y las operaciones de una planta o de una línea de productos, como operaciones, inspecciones, transportes, detenciones o demoras y almacenamiento. Se manejan cuatro técnicas que ayudan a estudiar el flujo general de una planta o un producto: diagrama de flujo, hoja de operaciones, diagrama de proceso y diagrama de flujo de proceso.
2. Estudios de micromovimientos: es en este en el que se invierte mayor tiempo y el más conocido, este estudio examina el segmento más pequeño de cada trabajo y efectúa modificaciones de ese nivel, con el fin de desglosar el trabajo en movimientos como alcanzar, mover, tomar, colocar y alinear, y medir los tiempos en milésimas de minuto (0.001 minutos). Se manejan algunas técnicas para el estudio de estas como diagrama de análisis de operaciones, diagrama de operador y máquina, diagrama de equipos, diagrama multimáquina, diseño de las estaciones de trabajo.

En los estudios de tiempo es de suma importancia entender que son los estándares de tiempo, se considera el tiempo requerido para elaborar un producto en una estación de trabajo con tres condiciones: operador calificado y bien capacitado, trabajo a una velocidad o ritmo normal y que hace una tarea específica.

---

<sup>24</sup> MEYERS, Fred E. Tiempos y movimiento para manufactura. España. Pearson. 2000. Pág. 7-8

#### **4.2.5 Puestos de trabajo**

El análisis y descripción de un puesto de trabajo, en cualquiera de sus tres extensiones principales: campo de conocimiento, conjunto de métodos y técnicas y resultados de un proceso, son método básico de gestión en empresas y organizaciones, Además de ser clave en el diseño adecuado de las estructuras<sup>25</sup>.

#### **4.2.6 Manejo de materiales**

Se define sencillamente como mover material. Las mejoras en el manejo de materiales han tenido un efecto positivo sobre los trabajadores más que cualquier otra área de diseño del trabajo y la ergonomía<sup>26</sup>. En la actualidad, los trabajos físicos pesados se han eliminado de las tareas manuales gracias a los equipos para el manejo de los materiales. Cada gasto que se haga en el negocio debe justificar su costo, y el equipo debe provenir de las disminuciones en mano de obra, materiales o costos indirectos.

Se dice que si mejora el flujo del material, en forma automática se reducen los costos de producción. Entre más corto es el flujo a través de la planta, mayor es la reducción de costos. El manejo de materiales ocasiona, aproximadamente, el 50% de todos los accidentes, y entre el 40 y el 80 por ciento de todos los costos de operaciones.

---

<sup>25</sup> RIOS FERNANDEZ, Manuel. Análisis y descripción del puesto de trabajo: teorías, métodos y ejercicios. Madrid. Edición Díaz de Santos. 1995 .Pág. 11

<sup>26</sup> MEYERS, Fred E., STEPHENS, Matthew P. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. España. Editorial. Pearson Prentice Hall. 2006. Pág. 2

Una de las técnicas que afectan el diseño de las instalaciones de manufactura es Kanban la cual es un tablero de señales que comunica la necesidad de materiales e indica en forma visual al operario que produzca otra unidad o cantidad<sup>27</sup>.

### 4.3 MARCO CONCEPTUAL

**Canal de distribución:** “Conducto a través del cual se desplazan los productos desde su punto de producción hasta los consumidores. Son grupos de individuos y organizaciones que dirigen el flujo de productos a los consumidores<sup>28</sup>”

**Calidad:** grado predecible de uniformidad que proporciona fiabilidad a bajo costo en el mercado. “hacer las cosas bien, a la primera y siempre”.<sup>29</sup>

**Lay-out:** ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa.<sup>30</sup>

**Productividad:** relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.<sup>31</sup>

---

<sup>27</sup> MEYERS, Fred E., STEPHENS, Matthew P. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. España. Editorial. Pearson Prentice Hall. 2006. Pág. 3

<sup>28</sup> MEYERS, Fred E., STEPHENS, Matthew P. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. España. Editorial. Pearson Prentice Hall. 2006. Pág. 294

<sup>29</sup> NAVA CARBELLIDO, Víctor Manuel. ¿Qué es la calidad? : Conceptos, gurús y modelos fundamentales. México. LImusa, 2005. Pág. 16

<sup>30</sup> FUENTE GARCIA, David; PARREÑO FERNANDEZ, José; PINO DIEZ, Raúl. Ingeniería de organización en la empresa: dirección de operaciones. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2008. Pág. 176

<sup>31</sup> HEIZER, Jay. Principios de administración de operaciones (quinta edición). Monterrey. Pearson. Pág. 13.

**Optimización:** proceso en el que se busca la mejor manera de realizar una actividad. La optimización suele soportarse en métodos analíticos reconocidos cuando el objetivo es elegir la mejor combinación de factores de un sistema de producción.<sup>32</sup>

**DOFA:** es una de las herramientas más utilizadas en planificación estratégica es la matriz DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas, amenazas).<sup>33</sup>

**Kanban:** es un método de producción, no un sistema que te dice cómo hacer tu trabajo.<sup>34</sup>

**Tiempos tipo:** Es el tiempo en el cual un operario o trabajador necesita para realizar dicha labor a paso normal, en vista de los suplementos por fatiga, retraso y necesidades personales<sup>35</sup>.

**Suplementos:** valores de referencia que se aplican a una actividad bajo unas condiciones de trabajo<sup>36</sup>.

---

<sup>32</sup> FIGUERA, Pau. Optimización de productos y procesos industriales. Barcelona. Edición Gestión 2000. 2016. Pág. 31

<sup>33</sup> FRANCES, Antonio. Estrategia y planes para la empresa: con el cuadro de mando integral. España. Pearson. 2006. Pág. 25.

<sup>34</sup> Barry, Render; RALPH, Stair. Métodos cuantitativos para los negocios (novena edición). España. Pearson. 2016. Pág. 224.

<sup>35</sup> GOMEZ, Alberto; PUENTE, Javier; DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario. Organización de la producción en ingenierías. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 246.

<sup>36</sup> QUESADA CASTRO, Maria; ARENAS VILLA, William. Estudio del trabajo: Notas de clase. Medellín. Instituto tecnológico Metropolitano. 2007. Pág. 150-151

## **5 DISEÑO METODOLÓGICO**

### **5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación será básica de naturaleza descriptiva debido que comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual caracterizada por la dinámica de cada una de las variables de estudio y con un enfoque mixto debido que combina el enfoque cualitativo y cuantitativo, puesto que en la investigación se observaran datos de tipos numéricos y no numéricos para hacer las conclusiones y análisis respectivos.

El método de investigación para el presente trabajo es deductivo, debido que parte de lo general a lo particular<sup>37</sup>, es decir, de acuerdo a la revisión bibliográfica realizada se tratará de llegar a un conocimiento puntual para evaluar y proponer por medio de herramientas de análisis una propuesta con el propósito de optimizar los tiempos de producción.

### **5.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Se define como población objetivo todas las empresas del sector metalmeccánico de la ciudad de Cartagena.

---

<sup>37</sup> BERNAL, César. Metodología de la investigación. Tercera Edición. Colombia: PEARSON EDUCACIÓN, 2010.p.172

Se utilizó una muestra por conveniencia, “es una técnica de muestreo no probabilístico donde los sujetos son seleccionados dada la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos para el investigador”<sup>38</sup>.

Por tal motivo, para llevar a cabo esta investigación se tendrá en cuenta como muestra una empresa del sector metalmecánico de la ciudad de Cartagena la cual es: Metalmecánica San Judas Ltda.

### **5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

Fuentes primarias: El desarrollo del proyecto se llevará a cabo mediante un trabajo de campo, en donde se tomara como patrón principal la observación del proceso, realización de Check list y entrevistas aplicadas a los diferentes responsables en los procesos necesarios para la fabricación de tapas de alcantarillado.

Fuentes secundarias: Para la obtención de la información se indagara en libros, artículos y revistas, entre otras.

### **5.4 TÉCNICAS DE ANALISIS DE LOS RESULTADOS**

El procesamiento de resultados se efectuara a través del análisis de variables internas para la detección de acontecimientos y tendencias que pueden beneficiar

---

<sup>38</sup> BERNAL, César. Metodología de la investigación. Tercera Edición. Colombia: PEARSON EDUCACIÓN, 2010. Pag.51.

o perjudicar significativamente el proceso de producción en estudio, esto se determina por medio de diagrama de Pareto y Diagrama espinas de pescado.

## **6 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TAPAS EN ACERO PARA ALCANTARILLADO**

### **6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA**

Metalmecánica San Judas Ltda., es una empresa familiar dedicada a la fabricación de productos en metal, de los cuales los de mayor demanda son las tapas de alcantarillado en acero, las vigas de acero y los lingotes de hierro y acero. Actualmente el producto de tapas para alcantarillado es el más demandado entre los mencionados anteriormente, a continuación se describe el producto, portafolio de productos y servicios, caracterización de la empresa y capacidad tecnológica del proceso de estudio.

#### **6.1.1 Portafolio de productos y servicios**

- Lingotes, hierro y acero.
- Palanquillas de hierro y acero.
- Hojas y tiras de acero, laminadas en caliente, losas de acero.
- Bobinas de acero, laminadas en caliente.
- Barras de acero y acero laminado.
- Secciones de acero, laminadas en caliente.
- Vigas de acero, laminadas en caliente.
- Pilotes de cimentación, estacas y pilotes laminados y laminados en caliente.
- Ángulos, de acero y acero laminado.
- Hierro y acero estirado, prensado y torneado. Aceros huecos redondos y cuadrados.
- Tapas de acero.

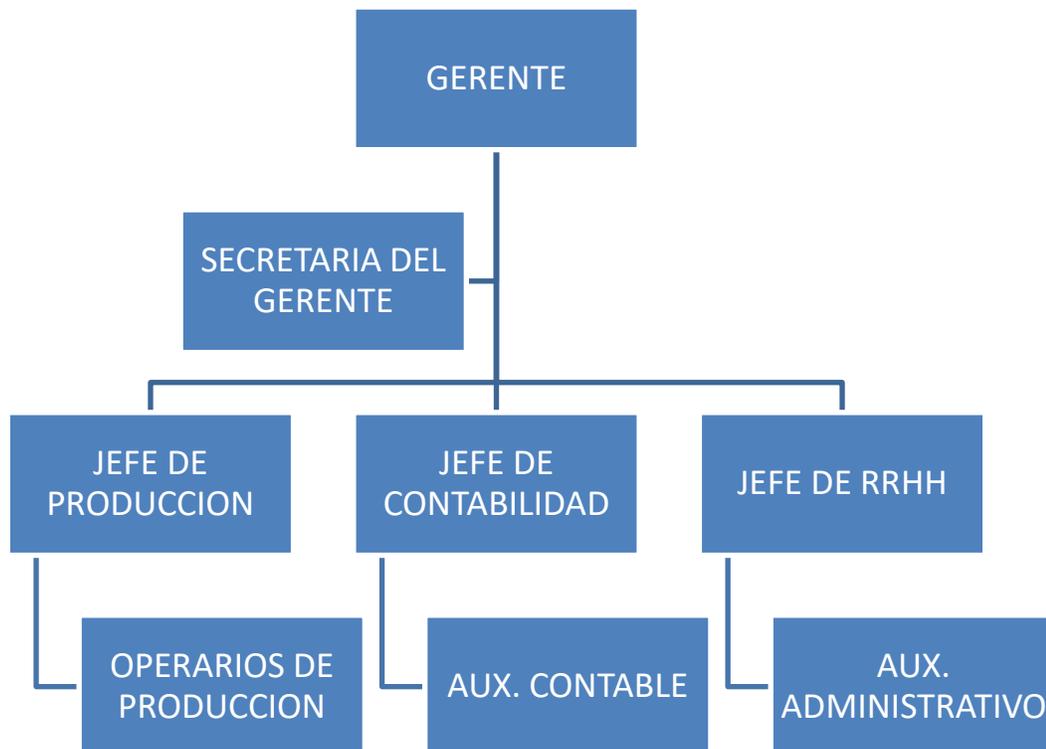
### **6.1.2 Descripción del producto de tapas para alcantarillado**

Es un producto fabricado a base de bentonita, hierro, carbón, piedra caliza y otros aditivos. Sus dimensiones son 80 centímetros diámetro externo y 60 centímetros de diámetro interno, con un peso total de 150 kilogramos. Es el producto de mayor demanda en la Metalmecánica San Judas Ltda., tiene como principales cliente Aguas de Cartagena S.A. E.S.P y Yara International A.S.A. (Abocol).

### 6.1.3 Caracterización del recurso humano.

La Metalmecánica San Judas Ltda., cuenta con una estructura organizacional de la siguiente forma cuenta con un gerente general, que tiene a su cargo una secretaria, dos ingenieros industriales que son los encargados de programas la producción y coordinar las actividades productivas, además de dos personas encargadas de la contabilidad y otras dos del recurso humano.

Figura 1. Organigrama de la Metalmecánica San Judas Ltda.



Fuente: Elaboración propia

### 6.1.4 Capacidad tecnológica e instalada.

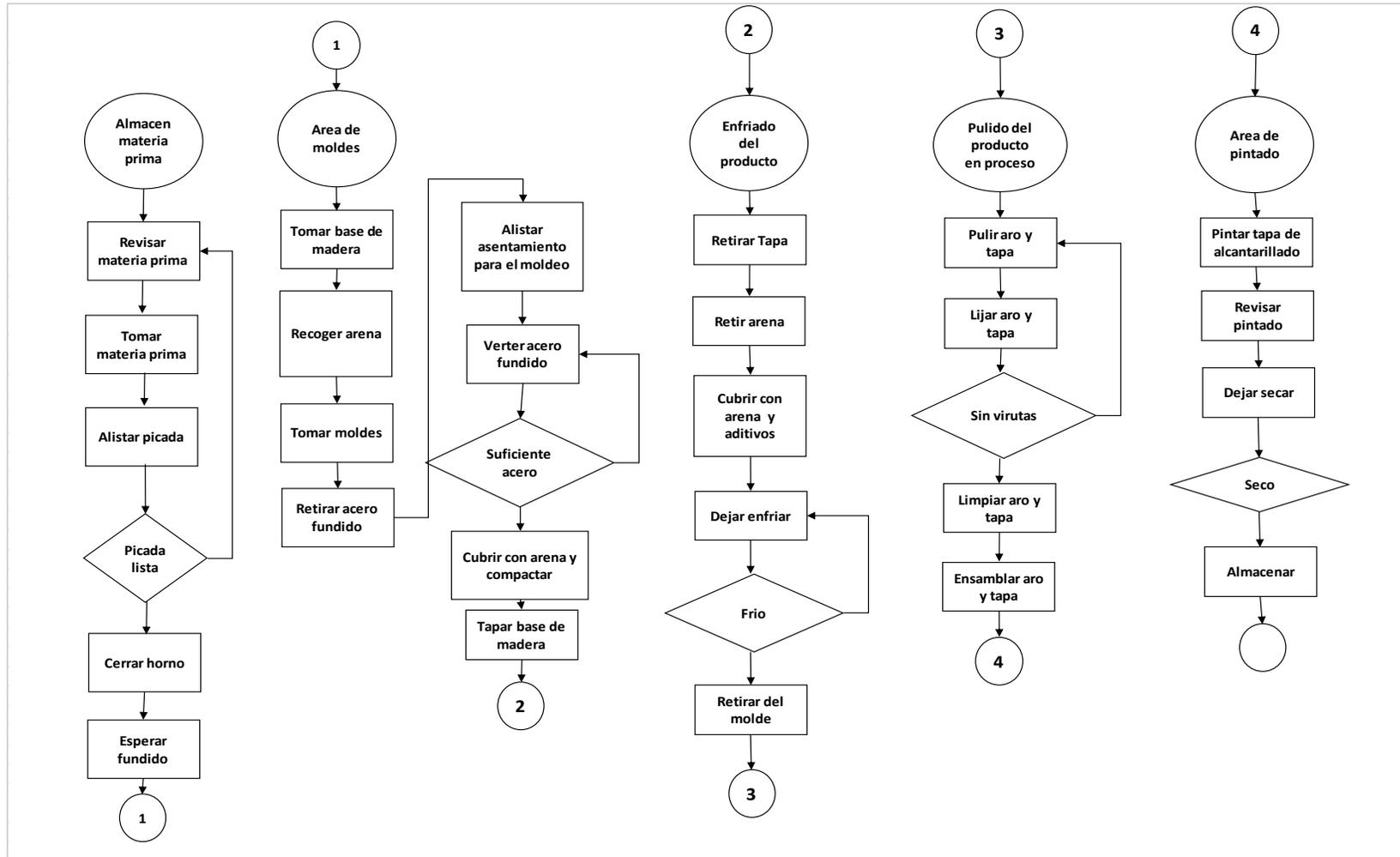
La Metalmecánica San Judas actualmente cuenta con amplias superficies para la ubicación de cada una de sus instalaciones y máquinas, en el proceso para la

fabricación de tapas de acero las principales máquinas que contribuyen en el proceso productivo son el alto horno, pulidoras industriales y herramientas manuales.

## **6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

En proceso de fabricación de tapas se divide en 6 elementos, el cual comienza por el proceso de fundido, moldeado, enfriado, pulido, ensamblado, acabado y almacenado.

Figura 2. Flujo grama del proceso actual

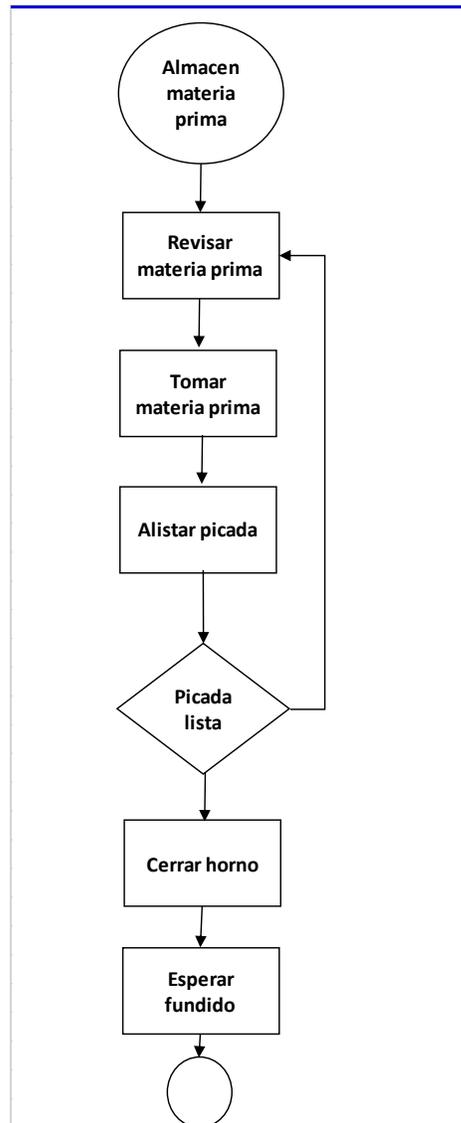


Fuente: Elaboración propia

### 6.2.1 Proceso de fundido.

Se denomina fundición al proceso de fabricación de piezas, comúnmente metálicas pero también de plástico, consistente en fundir un material e introducirlo en una cavidad (vaciado, moldeado), llamada molde, donde se solidifica.

Figura 3. Flujo grama del proceso de fundido



Fuente: Elaboración propia

En Metalmecánica San Judas Ltda., para la producción del hierro fundido se parte de hierro reciclado que se someten a un proceso metalúrgico bastante complejo cuyo producto final es el hierro colado. Durante el proceso de producción se agrega piedra caliza para purificar la mezcla.

Figura 4. Hierro para el fundido



Fuente: Fotografía propia

El proceso de fundido se sostiene el hierro cada 20 minutos en picadas (capa de hierro con piedra caliza).

Durante el proceso de producción del hierro colado se usan elevadas temperaturas (más  $1750^{\circ}\text{C}$ ) en un horno especial conocido como alto horno que funciona a base de carbón, esto hace que el producto final esté en estado líquido.

Figura 5. Alto horno



Fuente: Fotografía propia

Figura 6. Alto horno (Escape)



Fuente: Fotografía propia

En la materia prima para la obtención del hierro colado, él está siempre en forma de óxido ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), de manera que se tendrá que eliminar el oxígeno para que quede solamente el hierro elemental. A este proceso se le llama reducción y para que se produzca, se debe contar con un elemento que tome el oxígeno pero que no se combine apreciablemente con el hierro, es decir un elemento reductor.

Como elemento reductor del alto horno se utiliza el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) a alta temperatura, que es generado por el propio horno a partir de coque (carbón mineral pre-elaborado)

Figura 7. Carbón mineral



Fuente: Fotografía propia

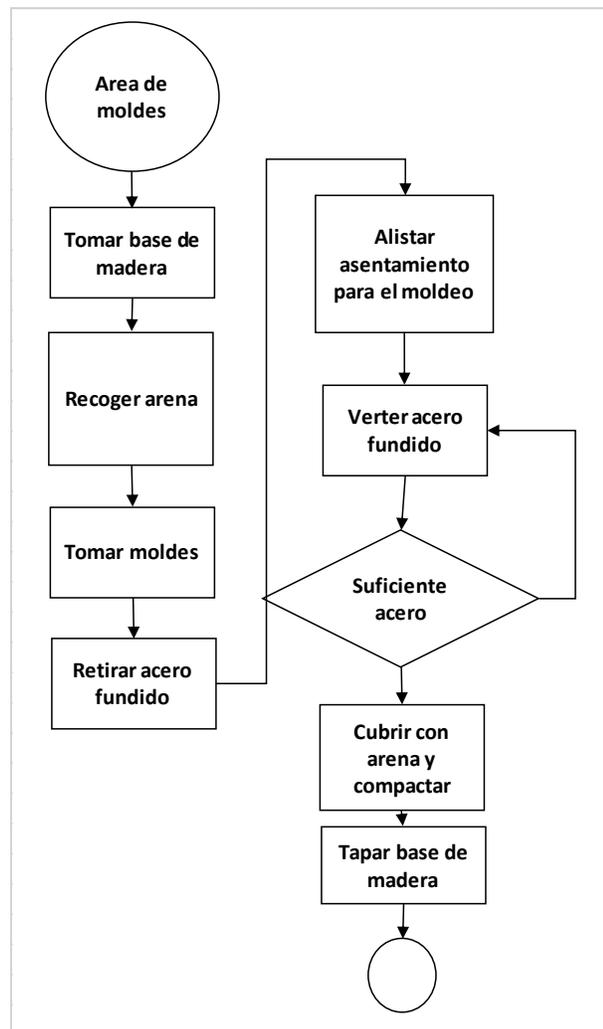
Los materiales empleados:

- Hierro reciclado
- Piedra caliza
- Carbón
- Herramientas

## 6.2.2 Proceso de moldeo.

El proceso de modificar materiales sólidos a través de moldes para obtener piezas con una forma determinada. En la Metalmecánica San Judas, consiste en la preparación de un molde fabricado con sílice (una arena muy pura) mezclada con arcilla y agua para aglomerar la arena, que reproduce la forma exterior de la pieza.

Figura 8. Flujo grama del proceso de moldeo



Fuente: Elaboración propia

La arena debe estar preparada con anterioridad para conseguir las propiedades necesarias para resistir las condiciones de este proceso, se tiene en cuenta el plano de la pieza, se crea un modelo en madera con las medidas 1,2 metros de largo y 1 metro de ancho. Debe ser más grande que la pieza final, hay que tener en cuenta la contracción una vez se haya enfriado a temperatura ambiente.

Se compacta la arena alrededor del modelo en una caja de moldeo. Para ello, se coloca cada modelo en una tabla, que garantiza que posteriormente ambas partes del molde encajen perfectamente. Si la pieza que se quiere fabricar es hueca, se necesitaran machos que eviten que el metal fundido rellene dichas oquedades. Los machos se elaboran con arenas especiales debido a que deben ser más resistentes que el molde. Una vez colocado, se juntan ambas caras del molde y se sujetan.

Luego del proceso de fundido, el hierro líquido baja por una tolva que lo lleva a un recipiente de alta resistencia térmica para ser transportado al molde de aluminio de la tapa de alcantarillado, sometido en arena.

Figura 9. Recibiente para verter fundido



Fuente: Fotografía propia

Colada: Se vierte el material fundido, la entrada del metal fundido hacia la cavidad del molde se realiza a través de varios canales llamados bebederos. Los cuáles serán eliminados cuando solidifique la pieza. Cuando las piezas son grandes se suele poner la mazarota que sirve para acumular el material fundido para que no haya faltas ni sitios donde no llegue la colada.

Figura 10. Tapa



Fuente: Fotografía propia

Figura 11. Aro



Fuente: Fotografía propia

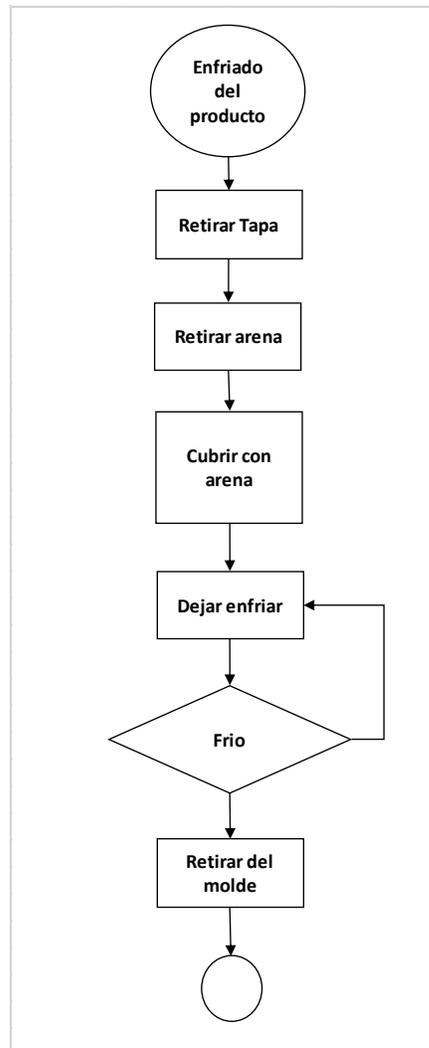
Materiales:

- Molde de aluminio (tapa y aro)
- Conductores para la colada
- Herramientas
- Arena San Blas
- Sílice
- Agua
- Madera

### 6.2.3 Proceso de enfriado.

Solidificación: Esta etapa es la más crítica de todo el proceso, ya que un enfriamiento excesivamente rápido puede provocar la aparición de grietas. Este proceso tiene un tiempo estipulado en Metalmecánica San Judas Ltda., de 5 a 6 horas aproximadamente, sin embargo estas se dejan en proceso de enfriamiento hasta por más de 8 horas.

Figura 12. Flujo grama del proceso de enfriado



Fuente: Elaboración propia

Desmolde: Se rompe el molde y se extrae la pieza. En el desmolde también debe retirarse la arena del macho. Toda esta arena se recicla para la construcción de nuevos moldes. También se eliminan los conductos de la colada.

Figura 13. Formaleta de maderas para moldeo



Fuente: Fotografía propia

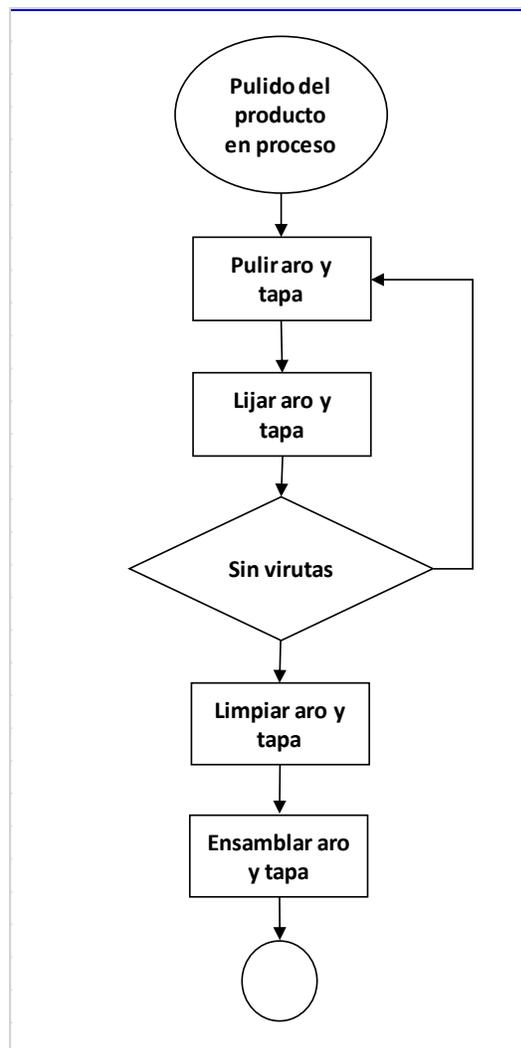
Materiales:

- Arena San Blas
- Sílice
- Agua
- Madera

#### 6.2.4 Proceso de pulido.

Limpieza de los restos de arena adheridos, posteriormente la pieza puede requerir proceso mecanizado y utilizar procesos como abrasión o arranque de viruta con el propósito de moldear imperfecciones luego del proceso de solidificación y enfriado.

Figura 14. Flujo grama del proceso de pulido



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Aro sin pulir



Fuente: Fotografía propia

#### **6.2.5 Proceso de ensamble.**

Una vez se pulen las piezas (tapa y base) pasan a ser armadas las 2 piezas, se obtienen como producto terminado una tapa de alcantarillado con su base lista para ser pasada a empaque.

Figura 16. Aro y tapa ensamblada

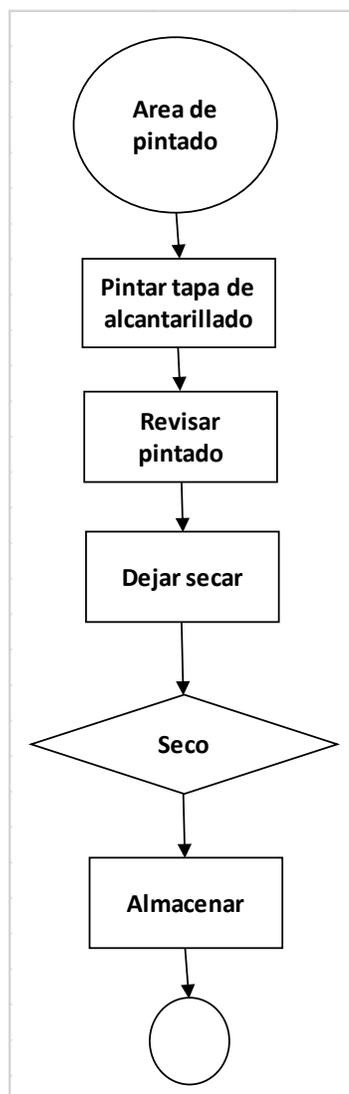


Fuente: Fotografía propia

### 6.2.6 Proceso de acabado y almacén.

En este proceso el producto previamente ensamblado es inspeccionado y pasa al proceso de pintado donde se aplican tres capas de anticorrosivo y permanece por un rango de cinco minutos secándose hasta ser almacenado.

Figura 17. Flujo grama del proceso de acabado y almacén

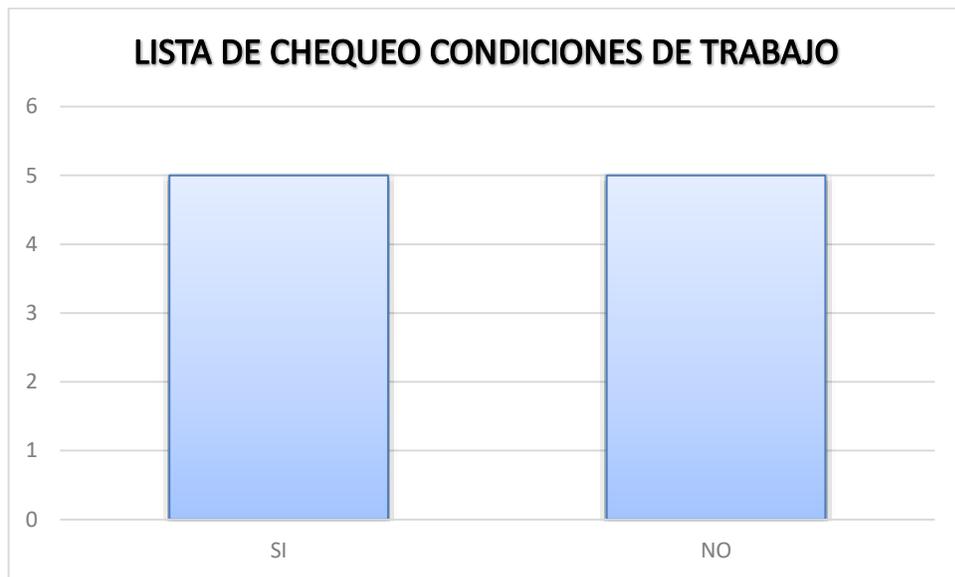


Fuente: Elaboración propia

### 6.3 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN EN EL PROCESO ACTUAL DE FABRICACIÓN DE TAPAS DE ACERO PARA ALCANTARILLADO

Para el análisis y tabulación del proceso de estudio se tiene en cuenta aquellos factores y condiciones de trabajo óptimos para desempeñar de una tarea o labor. (Ver anexo 1)

Figura 18. Grafica de los resultados de la lista de chequeo de las condiciones de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Existe un 50% de factores en las condiciones de trabajo las cuales afectaran el proceso productivo.

### **6.3.1 Factores que intervienen en el proceso actual**

Las condiciones de trabajo son un factor muy importante en los procesos productivos debido que de ellos depende gran parte del rendimiento de los trabajadores en el desarrollo de dicha actividad o trabajo, se analizaran aspectos importantes que afectan el proceso (Ver anexo 2)<sup>39</sup>.

- Las posturas de trabajo <sup>40</sup>.
- El uso de energía muscular.
- Iluminación.
- Acceso.
- Las condiciones atmosféricas.
- Los servicios.
- Presión laboral.

#### **6.3.1.1 Posturas de trabajo**

Las posturas que manejan los operarios son las adecuadas ergonómicamente, sin embargo en el proceso de estudio se trabaja de pie desde la entrada de la materia prima hasta la salida del producto terminado.

---

<sup>39</sup> DE LA FUENTE, David; FERNANDEZ, Isabel; GARCIA, Nazario. Administración de empresas en ingeniería. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 43

<sup>40</sup> CORTES DIAZ, José María. Seguridad e higiene del trabajo: técnicas de prevención de riesgos laborales. Madrid. Editorial Tebar. 9º edición. 2007. Pág. 539

### **6.3.1.2 Uso de energía muscular**

El uso de fuerza en el levantamiento materias primas es aceptable por el peso de estos, sin embargo el transporte de producto en proceso es un aspecto a tener en cuenta en el estudio de tiempos, debido que la metalmecánica no cuenta con bandas transportadoras o herramientas que ayuden en el transporte de este, la frecuencia de este trabajo generaría fatigación en el operador con el paso de las horas de trabajo.

### **6.3.1.3 Iluminación**

La iluminación en la empresa se realiza con iluminación natural, desde las primeras horas de la mañana hasta la tarde, esta es buena porque las ventanas y claraboyas están ubicadas correctamente. Además solo se trabajan un turno único de 7 de la mañana hasta las 5 de la tarde.

### **6.3.1.4 Acceso**

El acceso a los puestos de trabajo, materias primas e insumos de trabajo se encuentra aceptable debido a su ubicación cerca de los puestos de trabajo.

### **6.3.1.5 Condiciones atmosféricas**

La ventilación no es la adecuada, no cuentan con un sistema de ventiladores o extractores en la planta, pero la ubicación estratégica de ventanas permite un mejor ambiente de trabajo.

### **6.3.1.6 Servicios**

En lo que respecta a servicios, la empresa cuenta en la actualidad con servicio de electricidad, agua potable, avenida asfaltada y corredor de cargas, alcantarillado, se encuentra en muy buen estado.

### **6.3.1.7 Presión laboral**

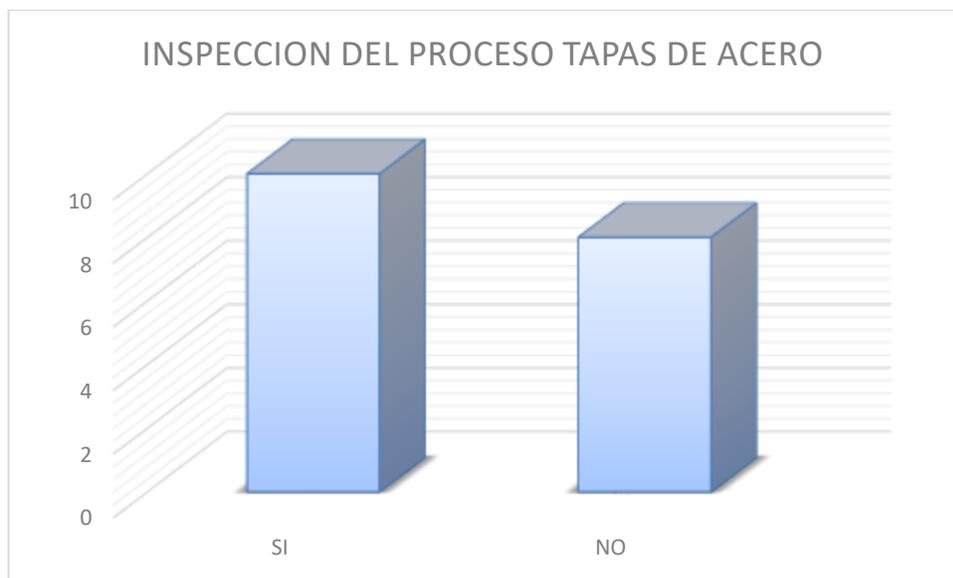
La mayor parte de los trabajos se realizan por pedido, debido a la planeación por parte de la organización no se trabaja bajo presión en el área de producción, esto crea un buen ambiente de trabajo.

## 6.4 MEDICIÓN DE LOS TIEMPOS DE TRABAJO EN EL PROCESO ACTUAL

### 6.4.1 Registro de datos del proceso de estudio

En el proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado se observó que actualmente no existe un procedimiento con estándares de tiempo básicos para la ejecución de las actividades que hacen parte de este proceso, en lo que respecta a los métodos de trabajo la Metalmecánica San Judas Ltda., cuenta con un personal capacitado y experimentado en la ejecución de cada uno de los procesos de estudio, sin embargo se identificó condiciones de trabajo en las que el operador presentaría fatiga laboral al transcurrir la jornada de trabajo como lo son el trabajar toda la jornada de pie, acaloramiento por el funcionamiento del alto horno. También demoras en los procesos debido a la espera de inspecciones en el proceso por parte del ingeniero de turno (Ver anexo 2).

Figura 19. Grafico Check List del proceso de estudio



Fuente: Elaboración propia

Los si en el proceso de estudio representan el 55,55% y los no el 44.44%.

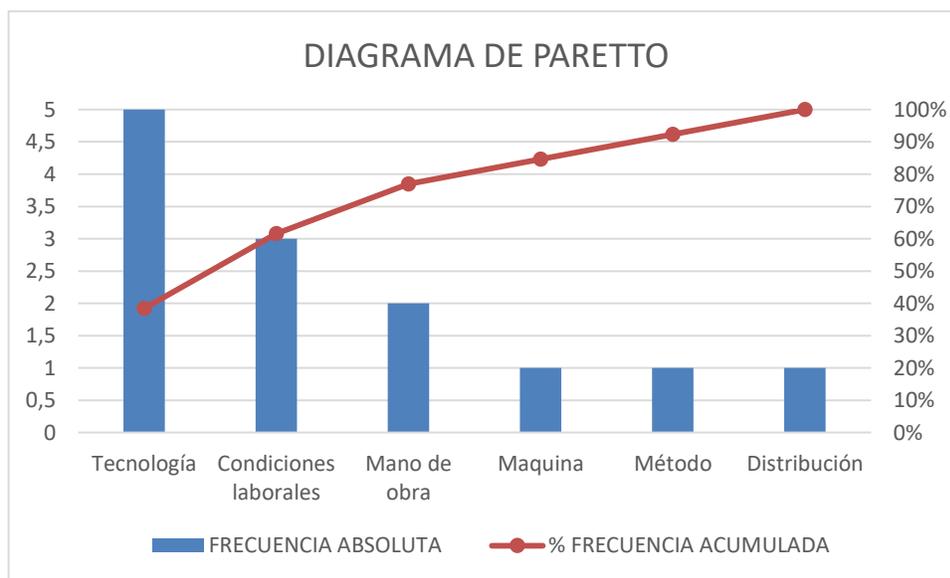
## DIAGRAMA DE PARETTO

Tabla 1. Diagrama de Pareto

ITEM	CAUSAS EN LA DEMORA DEL PROCESO DE FABRICACION	FRECUENCIA ABSOLUTA	PORCENTAJE	% FRECUENCIA ACUMULADA
1	Tecnología	5	38%	38%
2	Condiciones laborales	3	23%	62%
3	Mano de obra	2	15%	77%
4	Maquina	1	8%	85%
5	Método	1	8%	92%
6	Distribución	1	8%	100%
	TOTAL	13	100%	

Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Grafica diagrama de Pareto

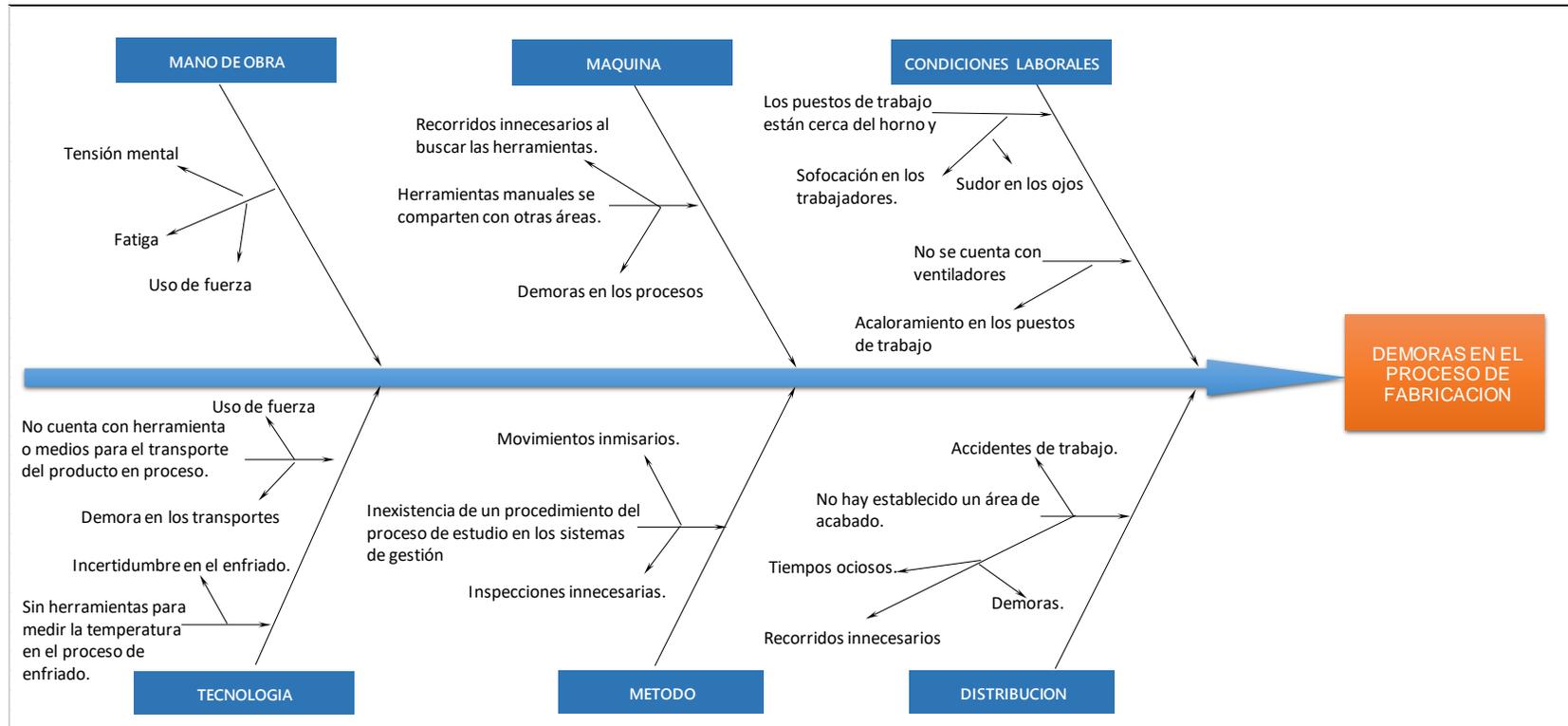


Fuente: Elaboración propia

En el diagrama se puede identificar que la tecnología, condiciones laborales y mano de obra son los factores que más influencia tienen en la demora del proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado.

### 6.3.2.1.1 Diagrama de Ishikawa del proceso de estudio.

Figura 21. Diagrama espina de pescado: causas de demoras en el proceso



Fuente: Elaboración propia

## 6.4.2 Cálculo de la muestra de los tiempos de producción

Para el cálculo de número de muestras para el estudio de tiempos, inicialmente se tomaron 5 datos del histórico de la producción del proceso de estudio, y se utilizó método estadístico, formulado así:

Figura 22. Ecuación para número de observaciones

$$n = \left( \frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

siendo:

$n$  = Tamaño de la muestra que deseamos calcular (número de observaciones)

$n'$  = Número de observaciones del estudio preliminar

$\Sigma$  = Suma de los valores

$x$  = Valor de las observaciones.

40 = Constante para un nivel de confianza de 94,45%

Fuente: [www.ingenieriaindustrialonline.com](http://www.ingenieriaindustrialonline.com)

Tabla 2. Cálculo del número de la muestra

CALCULO DE NUMERO DE OBSERVACIONES PARA EL PROCESO DE FABRICACION DE TAPAS DE ACERO PARA ALCANTARILLADO												
N'	FUNDIDO		MOLDEADO		ENFRIADO		PULIDO		ENSAMBLE		ACABADO Y ALMACEN	
	TIEMPO (MIN)	T <sup>2</sup>	TIEMPO (MIN)	T <sup>2</sup>								
1	20	400	20	400	360	129600	20	400	20	400	10	100
2	19	361	20,5	420,25	360	129600	20,5	420,25	20	400	9	81
3	20	400	20,6	424,36	360	129600	18	324	18	324	9,5	90,25
4	21	441	22	484	360	129600	19	361	19	361	10	100
5	20	400	20,5	420,25	360	129600	20	400	20	400	10	100
SUMATORIA(X)	100	2002	103,6	2148,86	1800	648000	97,5	1905,25	97	1885	48,5	471,25
n	1,600		1,690		0,000		3,366		2,721		2,721	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Número de observaciones

OPERACIÓN	NUMERO DE OBSERVACIONES
FUNDIDO	2
MOLDEADO	2
ENFRIADO	1
PULIDO	4
ENSAMBLE	3
ACABADO Y ALMACEN	3

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4.3 Análisis de los tiempos y método de trabajo

En aras de analizar los tiempos de producción y el método de trabajo para la fabricación de tapas de acero para alcantarillado se realizó el diagrama de proceso y curso grama analítico, con el fin de identificar tiempos muertos en el proceso y otros factores que afecten los tiempos de producción en el proceso de estudio.

Los símbolos que se utilizaran en los diagramas son lo que se muestran en la figura.

**Operación:** se utiliza cuando se trasforma especialmente la materia prima o cuando avanza un paso al final del proceso, se simboliza con un circulo.

**Transporte:** indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipos de un lugar a otro, se simboliza con una fecha apuntada a la derecha.

**Inspección:** Indica verificación, supervisión, se utiliza cuando se verifica la calidad, cantidad, normas, entre otras, se simboliza con un rectángulo.

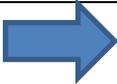
**Demora o espera:** es un depósito temporal o provisional, espera, detenimiento. Indica demora en el desarrollo de los hechos, se simboliza con una media esfera.

**Almacenaje:** indica depósito de un objeto bajo vigilancia, lugar donde se recibe o entrega mediante alguna forma de autorización, se simboliza con un triángulo.

**Actividad combinada:** cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo, su símbolo es un círculo dentro de un cuadrado (operación – inspección).

#### 6.4.4 Diagrama del proceso

A continuación se plasma el diagrama del proceso actual en el proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado, el cual parte desde el almacenamiento permanente de la materia prima hasta el almacenamiento del producto terminado.

DIAGRAMA DEL PROCESO METODO ACTUAL									
Método actual		X							
Método propuesto		_____							
DIAGRAMA DE PROCESO									
<b>SUJETO DEL DIAGRAMA:</b>						<b>FECHA:</b>			
El diagrama empieza en el almacén permanente de la MP						<b>HECHO POR:</b>			
Y termina en el almacenamiento de productos terminados						<b>DIAGRAMA N°</b> _____			
<b>DEPARTAMENTO :</b>		Producción				<b>HOJA N°</b> _____			
N°	Dist.	Tiempo	SIMBOLOS					Descripción del proceso	
			OPERACIONES	TRANSPORTE	INSPECCIONES	DEMORAS	ALMACEN		
ITEM	Metros	(Min.)							
1	-	0					x	Almacenamiento permanente de la materia prima.	FUNDIDO

2	-	0,5			X			Revisar material requerido.	
3	-	0,5	X					Tomar el material requerido.	
4	-	0,1	X					Abrir horno.	
5	1	0,5		x				Transportar MP al horno para el proceso de fundido.	
6	-	0,2	X					Alistar materia prima en el horno.	
7	0,2	0,1	X					Cerrar horno.	
8	-	20				X		Esperar la homogeneización de las materias primas.	
9	20	5		x				Transportarse hasta la bodega de los moldes.	
10	-	0					X	Almacenamiento permanente de los moldes.	
11	10	2	X					Recoger arena.	
12	5	1		x				Transportar arena.	
13	1	2	X					Cubrir con arena el asentamiento de madera.	

14	0	0,5	X					Colocar molde sobre el asentamiento de madera.
15	1,5	0,1	X					Tomar recipiente para transportar el material fundido.
16	1	0,1	X					Retirar racor del ducto de salida el horno.
17	-	1	X					Recibir mezcla.
18	1,5	0,5		X				Transportar mezcla hasta el asentamiento con el molde del aro de la tapa para alcantarillado.
19	1	0,25	X					Verter el acero fundido en el molde del aro.
20	1	0,5		X				Transportar mezcla hasta el asentamiento con el molde de la tapa de alcantarillado.
21	0,5	0,25	X					Verter el acero fundido en el molde para la tapa.

22	1	1	X					Cubrir con arena el molde del aro con acero fundido para su secado.
23	1	1	X					Cubrir con arena el molde de la tapa con acero fundido para su secado.
24	1	0,2	X					Tomar tapas de madera.
25	-	0,1	X					Tapar asentamiento de madera del molde con el aro.
26	-	0,1	X					Tapar asentamiento de madera del molde con la tapa.
27	1	0,25	X					Girar en 180° asentamiento de madera con el aro.
28	1	0,25	X					Girar en 180° asentamiento de madera con la tapa.
29	-	0,5	X					Retirar base del asentamiento con el molde del

								aro.	
30	-	0,5	X					Retirar base del asentamiento con el molde de la tapa.	
31	-	1	X					Retirar molde del aro.	
32	-	1	X					Retirar molde de la tapa.	
33	5	4	X					Recoger arena.	ENFRIADO
34	5	0,5		x				Transportar arena.	
35	1	1	X					Verter arena en aro de acero fundido.	
36	1	1	X					Verter arena en la tapa de acero fundido.	
37	-	1,5	X					Compactar la arena en el asentamiento con él aro.	
38	-	1,5	X					Compactar la arena el asentamiento con la tapa.	
39	-	360				x		Esperar proceso de enfriado.	

40	0,25	1	X					Retirar arena del asentamiento de madera con el aro.	PULIDO
41	0,25	1	X					Retirar arena del asentamiento de madera con la tapa.	
42	-	0,5	X					Tomar el aro.	
43	15	2		X				Transportar tapa de acero.	
44	15	2		x				Buscar tapa.	
45	-	0,5	X					Tomar tapa de acero	
46	15	2		X				Transportar aro de acero.	
47	-	1			X			Inspeccionar aro de acero.	
48	-	1			X			Inspeccionar aro de acero.	
49	0,25	6	X					Pulir aro de acero.	
50	0,25	6	X					Pulir tapa de acero	
51	-	0,5			X			Inspeccionar estado del aro de acero.	
52	-	0,5			X			Inspeccionar estado de la tapa de acero.	

53	0,5	0,25	X					Tomar lijas industriales.	ENSAMBLE
54	0,25	5	X					Lijar aro de acero.	
55	0,25	5	X					Lijar tapa de acero.	
56	5	7,5	X					Ensamblar el aro con la tapa.	
57	10	1		X				Transportar hasta el área de pintado.	ACABADO Y ALMACEN
58	-	2,5	X					Preparar pintura.	
59	-	3,5	X					Pintar la pata de acero de alcantarillado.	
60	-	1			x			Inspeccionar pintado	
61	-	5				X		Dejar secar tapa de acero.	
62	20	1		X				Transportar hasta el almacén.	
63	-	1					X	ALMACEN	

Figura 23. Resumen del diagrama del proceso

RESUMEN DEL METODO ACTUAL	
OPERACIONES 	40
TRANSPORTE 	11
INSPECCIONES 	6
DEMORAS 	3
ALMACEN 	3
DISTANCIA EN MTS	142,7
TIEMPO EN MINUTOS	467,25

Fuente: elaboración propia

### 6.4.5 Curso grama analítico

El siguiente curso grama se describe el proceso actual y las variables críticas en el método de trabajo para la fabricación de tapas de acero para alcantarillado.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DE: OPERACIÓN( ) MATERIAL( ) EQUIPOS ( )											
NOMBRE DEL PROCESO ANALIZADO: FABRICACION DE TAPAS DE ACERO PARA ALC								Dueño del proceso		LUIS MIGUEL REBOLLO	
FECHA: ABRIL DE 2017				DIAGRAMA DEL PROCEO							
HORA INICIO: 7AM				HORA FINAL: 5PM							
Documentos de Entrada	I	ACTIVIDAD	QUIEN	○	□	⇒	▽	D	TIEMPO ESTIMADO (Min)	DIST(Mt)	VARIABLES CRITICAS OBSERVADAS
Proceso de fundido	1	Almacenamiento permanente de la materia prima.					X		0	-	
	2	Revisar material requerido.	Operario		X				0,5	-	
	3	Tomar el material requerido.	Operario	X					0,5	-	
	4	Abrir horno.	Operario	X					0,1	-	
	5	Transportar MP al horno para el proceso de fundido.	Operario				X		0,5	1	
	6	Alistar materia prima en el horno.	Operario	X					0,2	-	
	7	Cerrar horno.	Operario	X					0,1	0,2	
	8	Esperar la homogeneización de las materias primas.	Operario					X	20	-	

Deposito con formaletas de madera donde se colocara el molde ya sea tapa o aro

9	Transportarse hasta la bodega de los moldes.	Operario				X			5	20	
10	Almacenamiento permanente de los moldes.	Operario						X	0	-	
11	Recoger arena.	Operario	X						2	10	
12	Transportar arena.	Operario						X	1	5	
13	Cubrir con arena el asentamiento de madera.	Operario	X						2	1	
14	Colocar molde sobre el asentamiento de madera.	Operario	X						0,5	0	
15	Tomar recipiente para transportar el material fundido.	Operario	X						0,1	1,5	
16	Retirar racor del ducto de salida el horno.	Operario	X						0,1	1	
17	Recibir mezcla.	Operario	X						1	-	
18	Transportar mezcla hasta el asentamiento con el molde del aro de la tapa para alcantarillado.	Operario							0,5	1,5	En este proceso es necesario el apoyo de un compañero, debido a lo pesado que puede llegar a ser el hierro fundido.
19	Verter el acero fundido en el molde del aro.	Operario	X						0,25	1	

20	Transportar mezcla hasta el asentamiento con el molde de la tapa de alcantarillado.	Operario								0,5	1	En este proceso es necesario el apoyo de un compañero, debido a lo pesado que puede llegar a ser el hierro fundido.
21	Verter el acero fundido en el molde para la tapa.	Operario	X							0,25	0,5	
22	Cubrir con arena el molde del aro con acero fundido para su secado.	Operario	X							1	1	
23	Cubrir con arena el molde de la tapa con acero fundido para su secado.	Operario	X							1	1	
24	Tomar tapas de madera.	Operario	X							0,2	1	
25	Tapar asentamiento de madera del molde con el aro.	Operario	X							0,1	-	
26	Tapar asentamiento de madera del molde con la tapa.	Operario	X							0,1	-	
27	Girar en 180° asentamiento de madera con el aro.	Operario	X							0,25	1	

	28	Girar en 180° asentamiento de madera con la tapa.	Operario	X								0,25	1	
	29	Retirar base del asentamiento con el molde del aro.	Operario	X								0,5	-	
	30	Retirar base del asentamiento con el molde de la tapa.	Operario	X								0,5	-	
	31	Retirar molde del aro.	Operario	X								1	-	
	32	Retirar molde de la tapa.	Operario	X								1	-	
	33	Recoger arena.	Operario	X								4	5	
	34	Transportar arena.	Operario					X				0,5	5	
	35	Verter arena en aro de acero fundido.	Operario	X								1	1	
	36	Verter arena en la tapa de acero fundido.	Operario	X								1	1	
Se compacta la materia ya seca con arena para su proceso de enfriado.	37	Compactar la arena en el asentamiento con él aro.	Operario	X								1,5	-	
	38	Compactar la arena el asentamiento con la tapa.	Operario	X								1,5	-	





En el curso grama actual se identifica una variable crítica, la necesidad de un medio o herramienta para el transporte de las tapas de acero y los aros después de su enfriado, en la situación actual se transportan de forma manual, de esta forma se genera un desgaste por la distancia que debe recorrer el trabajador y el peso de estos elementos. Además el operador debe esperar al ingeniero para que realice la inspección del producto después del enfriado, actividad que se puede suplir con la inspección del operador para agilizar el proceso.

El enfriado de las tapas y aros hace parte fundamental en el proceso de compactación y conservación de las propiedades del acero, sin embargo el tipo de acero que se utiliza en los procesos de fundido se establece que el tiempo de enfriado debe ser de 4 a 5 horas según las normas AISI y actualmente se deja en este proceso de 5 a 6 horas.

#### 6.4.6 Tabulación y análisis de los tiempos de producción

Para la tabulación y análisis de los tiempos del proceso en estudio y mejor aplicación del mismo, se procedió a dividir en seis operaciones principales, fundido, moldeado, enfriado, pulido, ensamble, acabado y almacén.

Tabla 4. Tiempos medios

TIEMPOS MEDIDOS						
	FUNDIDO	MOLDEADO	ENFRIADO	PULIDO	ENSAMBLE	ACABADO Y ALMACEN
N	TIEMPO(MIN)	TIEMPO(MIN)	TIEMPO(MIN)	TIEMPO(MIN)	TIEMPO(MIN)	TIEMPO(MIN)
1	20	22	360,000	20	20	10
2	18	19		18	20	10
3				19	18	11
4				20		
5						
PROMEDIO DE LOS TIEMPOS (min)	19,000	20,500	360,000	19,250	19,333	10,333

Fuente: Elaboración propia

Para medición de los tiempos se tuvo en cuenta el resultado de la fórmula estadística para el número de observaciones del ciclo y se establecieron unos tiempos promedio de acuerdo al resultado de los tiempos observados en el cronometraje de cada actividad en el proceso de estudio. Además se identificó que en el proceso de enfriado, no se cuenta con un instrumento de medida para determinar si el producto en proceso de encuentra en estado para continuar al siguiente etapa (pulido).

## **7 MEDICIÓN DE LOS TIEMPOS DE PRODUCCIÓN EN PROCESO DE FABRICACIÓN DE TAPAS DE ACERO PARA ALCANTARILLADO**

### **7.1 ESTUDIO DE TIEMPOS.**

Se tendrá como punto de partida el número de observaciones necesarias para realizar dicho estudio, con el fin de tomar el número de muestras totales para cada operación. Además de establecer los suplementos y valoración del trabajo de acuerdo a las condiciones de trabajo actuales para entonces establecer los tiempos tipo de cada actividad.

#### **7.1.1 Número de observaciones para calcular la muestra.**

Para esto se realizó un análisis del número de observaciones necesarias para cada proceso y así obtener el número de lecturas que brinde un nivel de confianza y precisión.

Para realizar este estudio de tiempos y determinar los tiempos tipo en cada operación se siguió los siguientes pasos:

1. Obtener y registrar información necesaria de cada operación y trabajo.
2. Dividir la operación en elementos.
3. Observar y registrar el tiempo empleado por el trabajador.
4. Determinar el número de ciclos a cronometrarse.
5. Valorar la actuación del operador.
6. Determinar los suplementos.
7. Determinar el tiempo tipo para cada operación.

### **7.1.2 Justificación de los tiempos y suplementos.**

En la observación y registro de datos del proceso se identificaron algunos factores como fatiga en el trabajador, trabajo de pie, uso de fuerza, condiciones laborales inadecuadas, que establecido por la OIT ameritan del sistema de suplementos por descanso.

Para el cálculo de los suplementos se tuvo en cuenta las condiciones de trabajo actuales observadas en el proceso de estudio, y en cuanto a la asignación de los porcentajes se tomó el sistema de suplementos por descanso de los tiempos básicos<sup>41</sup>(Ver anexo 1).

---

<sup>41</sup> George. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra. OIT. Cuarta edición. 1996. Pág. 53-74

Estas son las valoraciones en un trabajador hombre. (Ver anexo 2):

1. Suplementos constantes, necesidades personales un 5% y base por fatiga un 4%.
2. Suplementos por trabajar de pie un 2%
3. Uso de fuerza/energía muscular un 3%
4. Condiciones atmosféricas un 4% se considera la temperatura ambiente en las instalaciones.

Tabla 5. Suplementos

<b>SUPLEMENTOS HOMBRE</b>	<b>%</b>
NECESIDADES PERSONALES	5
BASE POR FATIGA	4
TRABAJAR DE PIE	2
USO DE FUERZA	3
CONDICIONES ATMOSFERICAS	2
TOTAL	16%

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.3 Cálculo de los tiempos tipo

La determinación de los tiempos tipo es uno de los objetivos en este estudio, debido que se define en una operación, como el tiempo en el cual un operario, trabaja a paso normal, realiza una tarea, y se tienen en cuenta suplementos de fatiga, retrasos y necesidades personales (anteriormente descritas).

El tiempo tipo será, el tiempo normal más los suplementos. Entonces se resume de la siguiente manera: obtención del tiempo de la operación, el tiempo medio de

las lecturas realizadas y registradas en una tabla de datos, después valorar el paso en que se realiza la operación y determinar los suplementos.

Tabla 6. Fórmula para el cálculo de los tiempos

CALCULO DE TIEMPO TIPO	FORMULA
a. Tiempo observado (T).	T
b. Calificación de desempeño (CD).	T/TN
c. Tiempo normal (TN).	T*CD
d. Suplementos de trabajo (K%)	%
e. Tiempo estándar (TE).	$TN*(1+K) = T*(CD)*(1+K)$

Fuente: Libro: Organización de la producción en ingenierías. Universidad de Oviedo

## 7.2 TIEMPO TIPO DE TRABAJO PROPUESTOS EN EL PROCESO ACTUAL

A continuación se establecen los tiempos básicos para la fabricación de tapas de acero para alcantarillado mediante el estudio de tiempos, de acuerdo a la experiencia del operador y ritmo de trabajo se tuvo una valoración<sup>42</sup> del 95%.

Tabla 7. Calculo de tiempos tipo

TIEMPO TIPO EN LA FABRICACION DE TAPAS DE ALCANTARILLADO						
N	OPERACIÓN	TIEMPO OBSERVADO	TIEMPO NORMAL	VALORACION	SUPLEMENTOS	TIEMPO TIPO
		MINUTOS	MINUTOS	95%	%	MINUTOS
1	FUNDIDO	19,000	18,050	0,95	0,16	20,938
2	MOLDEADO	20,500	19,475	0,95	0,16	22,591
3	ENFRIADO	360,000	342,000	0,95	0,16	396,72
4	PULIDO	19,250	18,288	0,95	0,16	21,2135
5	ENSAMBLE	19,333	18,367	0,95	0,16	21,30533333
6	ACABADO Y ALMACEN	10,333	9,817	0,95	0,16	11,38733333
TIEMPO TIPO TOTAL						482,7678333

Fuente: Elaboración propia

El proceso para la fabricación de tapas de acero para alcantarillado debería tardar 482,7678 minutos, equivalente a 8 horas con 46 minutos aproximadamente, con aplicación de todos los suplementos necesarios previamente observados.

---

<sup>42</sup> CASO NEIRA, Alfredo. Técnicas de medición del trabajo. España. Fundación Confemetal. 2° edición. 2006. Pág. 92-94

## **8 PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TAPAS DE ACERO PARA ALCANTARILLADO EN LA EMPRESA METALMECÁNICA SAN JUDAS LTDA.**

La presente propuesta tiene como finalidad optimizar los tiempos de producción del proceso actual en la fabricación de tapas de acero para alcantarillado, para así hacer de la Metalmecánica San Judas Ltda., una empresa con tiempos de respuesta óptimos en cuanto a los pedidos de su producto de mayor demanda.

### **8.1 PROPUESTA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TAPAS DE ACERO PARA ALCANTARILLADO**

En la propuesta se reduce a la mitad las inspecciones en el proceso, las cuales se realizan por el operador a diferencia del proceso actual, donde estas representan una demora para el proceso, a causa que dicha inspección las realiza el ingeniero de producción. Además reducir de 6 horas a 4 horas el tiempo de enfriado del producto, proceso en que se identifica el mayor tiempo de espera

### 8.1.1 Diagrama de proceso propuesto

La presente propuesta del proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado, tiene un total 342,25 minutos, 125 minutos menos que el proceso actual. Una diferencia considerable en aras optimizar los tiempos de producción de la Metalmecánica San Judá Ltda.

DIAGRAMA DEL PROCESO METODO PROPUESTO								
Método actual								
Método propuesto		X						
DIAGRAMA DE PROCESO								
SUJETO DEL DIAGRAMA:					FECHA:			
El diagrama empieza en el Almacén permanente de la MP					HECHO POR:		Luis Herrera	
Y termina en el almacenamiento de productos terminados					DIAGRAMA N° _____			
DEPARTAMENTO :		Producción			HOJA N° _____			
N°	Dist.	Tiempo	SIMBOLOS					Descripción del proceso
			OP	TRANS	INSP	DEM	ALM	
ITEM	Metros	(Min.)						
1	-	0					x	Almacenamiento permanente de la materia prima.

2	-	0,5			X			Revisar material requerido.
3	-	0,5	x					Tomar el material requerido.
4	-	0,1	x					Abrir horno.
5	1	0,5		x				Transportar MP al horno para el proceso de fundido.
6	-	0,2	X					Alistar materia prima en el horno.
7	0,2	0,1	X					Cerrar horno.
8	-	20				X		Esperar la homogeneización de las materias primas.
9	20	5		x				Transportarse hasta la bodega de los moldes.
10	-	0					X	Almacenamiento permanente de los moldes.
11	10	2	x					Recoger arena y aditivos.
12	5	1		x				Transportar arena.
13	1	2	X					Cubrir con arena el asentamiento de madera.
14	0	0,5	X					Colocar molde sobre el asentamiento de madera.

15	1,5	0,1	X					Tomar recipiente para transportar el material fundido.
16	1	0,1	X					Retirar racor del ducto de salida el horno.
17	-	1	X					Recibir mezcla.
18	1,5	0,5		X				Transportar mezcla hasta el asentamiento con el molde del aro de la tapa para alcantarillado.
19	1	0,25	X					Verter el acero fundido en el molde del aro.
20	1	0,5		X				Transportar mezcla hasta el asentamiento con el molde de la tapa de alcantarillado.
21	0,5	0,25	X					Verter el acero fundido en el molde para la tapa.
22	1	1	X					Cubrir con arena el molde del aro con acero fundido para su secado.

23	1	1	X					Cubrir con arena el molde de la tapa con acero fundido para su secado.
24	1	0,2	X					Tomar tapas de madera.
25	-	0,1	X					Tapar asentamiento de madera del molde con el aro.
26	-	0,1	X					Tapar asentamiento de madera del molde con la tapa.
27	1	0,25	X					Girar en 180° asentamiento de madera con el aro.
28	1	0,25	X					Girar en 180° asentamiento de madera con la tapa.
29	-	0,5	X					Retirar base del asentamiento con el molde del aro.
30	-	0,5	X					Retirar base del asentamiento con el molde de la tapa.
31	-	1	X					Retirar molde del aro.
32	-	1	X					Retirar molde de la tapa.
33	5	4	X					Recoger arena.
34	5	0,5		x				Transportar arena.

35	1	1	X					Verter arena en aro de acero fundido.
36	1	1	X					Verter arena en la tapa de acero fundido.
37	-	1,5	X					Compactar la arena en el asentamiento con el aro.
38	-	1,5	X					Compactar la arena el asentamiento con la tapa.
39	-	240				X		Esperar proceso de enfriado.
40	0,25	1	X					Retirar arena del asentamiento de madera con el aro.
41	0,25	1	X					Retirar arena del asentamiento de madera con la tapa e inspeccionar
42	-	0,5	x					Tomar el aro.
43	15	2		X				Transportar tapa de acero.
44	15	2		x				Buscar tapa.
45	-	0,5	x					Tomar tapa de acero
46	15	2		X				Transportar aro de acero.

47	0,25	6	X					Pulir aro de acero.
48	0,25	6	X					Pulir tapa de acero
49	-	0,5			X			Inspeccionar estado del aro de acero.
50	-	0,5			X			Inspeccionar estado de la tapa de acero.
51	0,5	0,25	X					Tomar lijas industriales.
52	0,25	5	X					Lijar aro de acero.
53	0,25	5	X					Lijar tapa de acero.
54	5	7,5	X					Ensamblar el aro con la tapa.
55	10	1		X				Transportar hasta el área de pintado.
56	-	2,5	X					Preparar pintura.
57	-	3,5	X					Pintar la pata de acero de alcantarillado.
58	-	1			x			Inspeccionar pintado
59	-	5				X		Dejar secar tapa de acero.
60	20	1		X				Transportar hasta el almacén.
61	-	1					X	ALMACEN

Figura 24. Resumen del diagrama de proceso propuesto

RESUMEN DEL METODO ACTUAL	
OPERACIONES 	40
TRANSPORTE 	11
INSPECCIONES 	4
DEMORAS 	3
ALMACEN 	3
DISTANCIA EN MTS	142,7
TIEMPO EN MINUTOS	345,25

Fuente: Elaboración propia

En comparaciones del proceso actual con el propuesto.

Tabla 8. Comparación de las actividades de proceso actual y la propuesta

RESUMEN DEL METODO	METODO ACTUAL	METODO PROPUESTO	DIFERENCIA	PROCENTAJE %
OPERACIONES 	40	40	0	0,00%
TRANSPORTE 	11	11	0	0,00%
INSPECCIONES 	6	4	2	33,33%
DEMORAS 	3	3	0	0,00%
ALMACEN 	3	3	0	0,00%
DISTANCIA EN MTS	142,7	142,7	0	0,00%
TIEMPO EN MINUTOS	467,25	345,25	122	26,11%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Comparación de los tiempos del proceso actual y la propuesta

OPERACIONES	TIEMPO ACTUAL (MINUTOS)	TIEMPO PROPUESTO EN MINUTOS)	DIFERENCIA	PORCENTAJE %
FUNDIDO	21,9	21,9	0	0%
MOLDEADO	19,1	19,1	0	0%
ENFRIADO	369,5	249,5	120	32%
PULIDO	24	22	2	8%
PINTADO Y ACABADO	17,75	17,75	0	0%
ALMACENADO FINAL	15	15	0	0%
TIEMPO TIPO	467,25	345,25	122	26%

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama propuesto se obtendrá un 26,11% respecto a los tiempos de producción.

## **8.2 PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TAPAS DE ACERO**

En el estudio de tiempos y análisis de los diagramas de proceso y curso grama analítico se identifica que la etapa de enfriado de las tapas y aros, después de ser moldeado representa para la Metalmecánica San Judas un generador de tiempos ociosos. Debido que en el procedimiento actual se deja en reposo para su enfriamiento por 6 horas seguidas, en aras de mejorar los tiempos de enfriado de los productos en proceso se propone a la Metalmecánica San Judas, el uso de almidón mezclado con la arena y bentonita (La bentonita es una arcilla de grano muy fino del tipo de montmorillonita que contiene bases y hierro. Tiene aplicaciones en cerámica, entre otros usos), las propiedades de esto aditivos permitirán reducir los tiempos de enfriado y secado del proceso actual, método utilizado por otras metalmecánicas del sector.

Por lo tanto como propuesta en el proceso se plantea el siguiente procedimiento (ver Anexo 3):

### **Fundición**

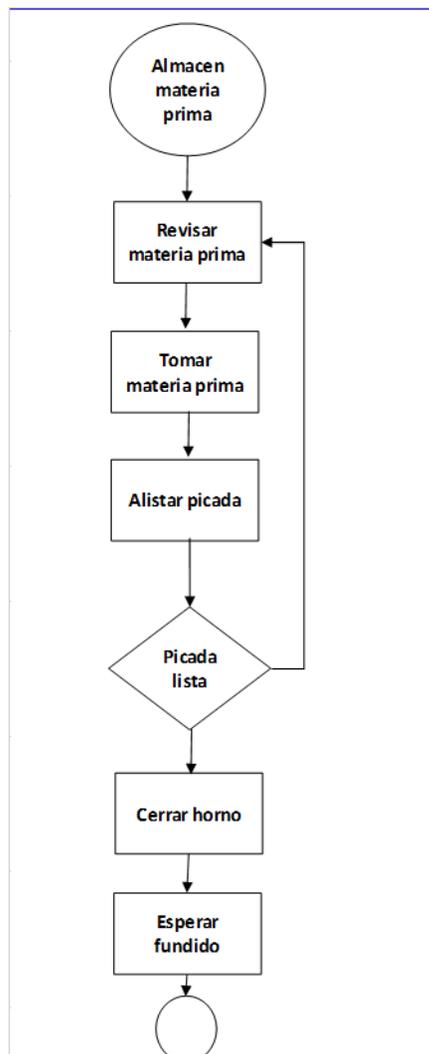
Preparación de la materia prima.

- Hierro reciclado.
- Piedra caliza.
- Carbón.
- Sílice (sustancia para verter mejor el hierro luego de que sale del horno).

Proceso:

1. transportar la materia prima del almacén hasta el horno.
2. Introducir la picada de 170 kg en el horno (capa de hierro, piedra caliza y carbón) y sílice.
3. Esperar que se homogenice la mezcla durante 20 y 30 minutos aproximadamente a temperatura máxima de 1750°C

Figura 25. Flujo grama del proceso de fundido



Fuente: Elaboración propia

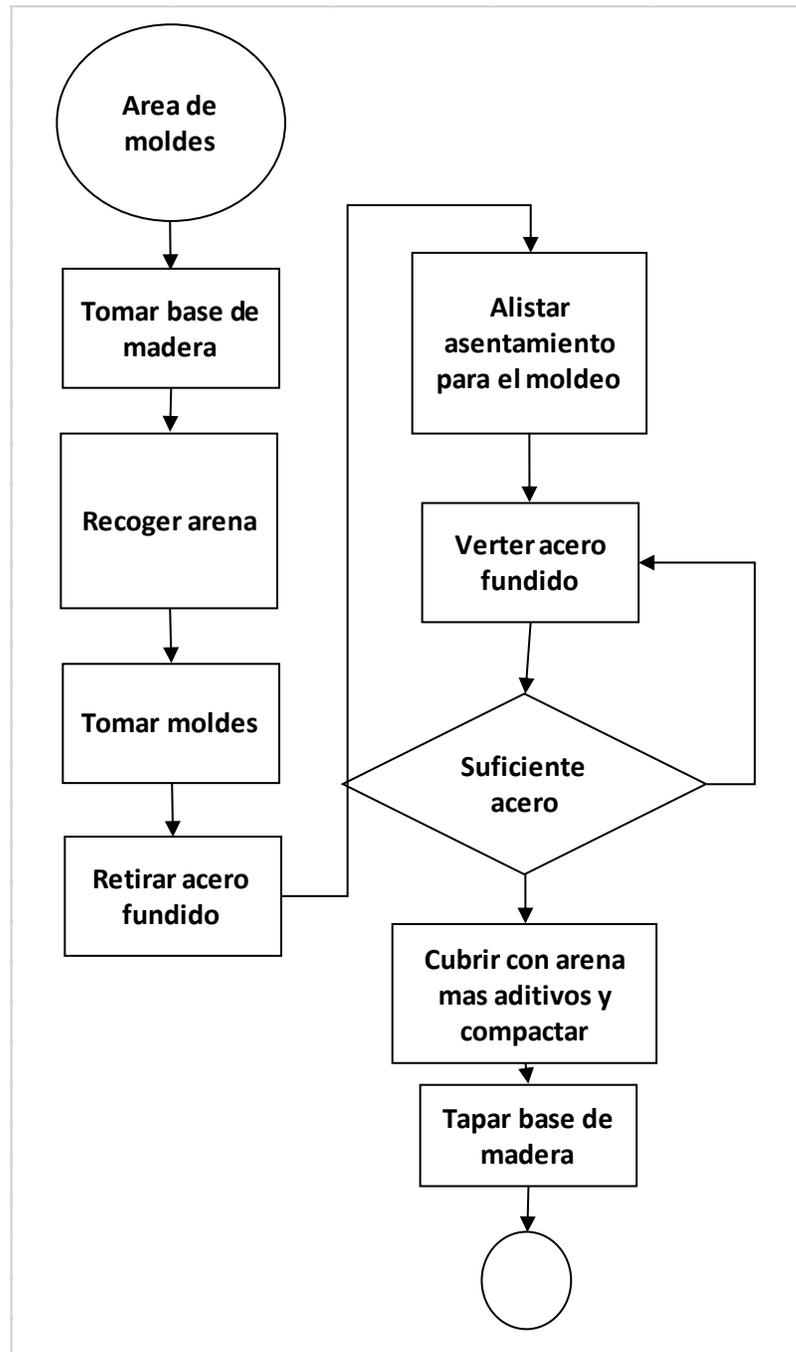
## **Proceso de moldeo y enfriado.**

- Moldeo.
- Preparación de arena.
- Fabricación y montaje del molde.
- Fusión.
- Colada.
- Desmolde.

Preparación de la arena y componentes adicionales:

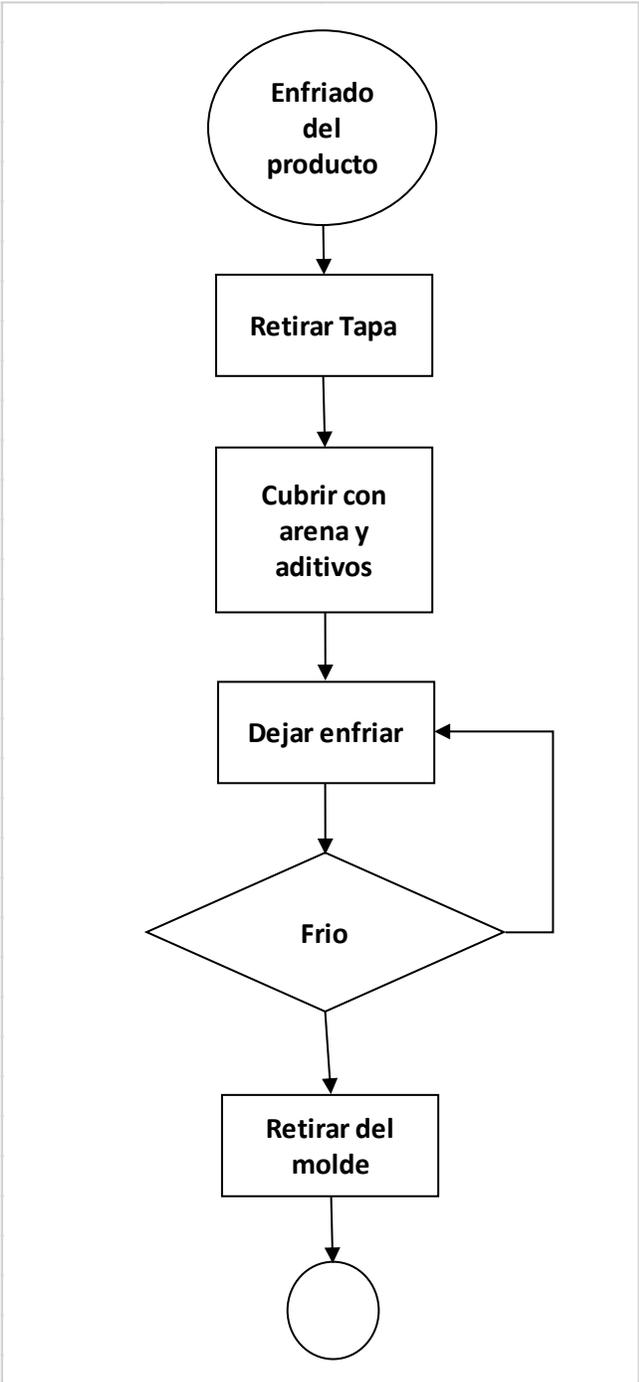
1. Tratamiento preliminar de la arena (arena de contacto o arena de relleno con grumo desechos) y la arcilla a utilizar
2. Tratamiento preliminar de la arena reciclada
3. Tratamiento de los componentes preliminares tratados: bentonita (separador) y almidón, linaza o agua de melaza (secado de la arena)
4. El moldeo se puede realizar en caja, descubierto y en arena desnuda.

Figura 26. Flujo grama propuesto del proceso de moldeo



Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Flujo grama propuesto del proceso de enfriado



Fuente: Elaboración propia

#### Fases del moldeo:

- 1) Colocación de la caja en el lugar destinado al moldeo
- 2) Ubicación del modelo dentro de la caja
- 3) Relleno de la caja con la arena de moldear debidamente preparada
- 4) Apisonado de la arena (hasta quedar compacta) y colocar tablero
- 5) Voltear la caja del fondo con modelo y tablero
- 6) Alisar la superficie libre de arena alrededor del modelo
- 7) Aplicar compuesto para secado de la arena
- 8) Aplicar bentonita como separador (arena fina seca)
- 9) Limpiar la superficie del molde
- 10) Colocar la caja de tapa
- 11) Poner el bebedero en el sitio de alimentación
- 12) Rellenar la arena y apisonar la tapa
- 13) Abrir respiraderos en la tapa para expulsión de gases
- 14) Apertura de ambas cajas (tapa y fondo)
- 15) Extracción del modelo mediante un tirafondo
- 16) Colocación de los machos en las piezas que sea necesario.
- 17) Cierre del molde tapa sobre fondo.
- 18) Grapado para asegurar el cierre hermético del molde
- 19) Se vierte el hierro colado en el bebedero hasta que el hierro aparezca por los respiraderos
- 20) Una vez solidificado el metal, las piezas se extraen a golpes de los moldes y se realiza el vaciado de los machos cuando las piezas los tienen para pasar al proceso de acabado.

## 9 CONCLUSIONES

Con el estudio de la situación actual en el proceso de fabricación de tapas de acero para alcantarillado, se pudo determinar la existencia de unos tiempos ociosos en el enfriamiento de las tapas de acero debido a la falta de un método para control en el enfriado y estandarización de los tiempos del producto en proceso.

En el estudio realizado mediante el diagrama de proceso y curso grama analítico, así como el análisis en el estudio de tiempos, del proceso de estudio, esto ayudo a mejorar el método de trabajo para así proponer un procedimiento para la elaboración de tapas de acero para alcantarillado.

En el desarrollo del primero objetivo, se parte de un concepto general hasta lo específico, como primer instancia las generalidades de la empresa, hasta hacer la medición de los tiempos y tabulación de los mismos, el estudio de los tiempos se identifican demoras para la inspección del producto en proceso, y falta de estandarización del tiempo de enfriado de las partes de las tapas de acero.

Por otro lado en el segundo objetivo se resalta la valoración del ritmo de trabajo y los suplementos necesarios de acuerdo a las condiciones de trabajo actuales, donde se toma una muestra para calcular los tiempos tipos y estandarizar los tiempos de producción. Por último se establece una propuesta en el proceso de moldeo y enfriado.

Como recomendaciones, realizar un nuevo diseño de distribución en planta, implementar una herramienta de transporte que minimice los esfuerzos y los riesgos a la hora de transportar el hierro colado y elementos pesados y diseñar una ficha técnica del proceso de elaboración de tapas de alcantarillado.

## 10 BIBLIOGRAFIA

1. TEJADA DE LOPEZ, Blanca. Administración de servicio de alimentación: calidad, nutrición, productividad y beneficios. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. Segunda edición. 2007. Pág. 293.
2. IBID. PAG 294.
3. DE LA FUENTES GARCIA, David; FERNADNEZ QUESADA, Isabel. Distribución en planta. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2005. Pág. 3
4. ARBOS, L. C. Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático. Barcelona. Profit Editorial. 2009. Pág. 52
5. ARBOS, L. C. Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible: técnicas de diseño y herramientas gráficas con soporte informático. Barcelona. Profit Editorial. 2009. Pág. 53
6. TEJADA DE LOPEZ, Blanca. Administración de servicio de alimentación: calidad, nutrición, productividad y beneficios. Medellín. Editorial Universidad de Antioquia. Segunda edición. 2007. Pág. 294
7. MEYERS, Fred E. Tiempos y movimiento para manufactura. España. Pearson. 2000. Pág. 3
8. CAPRIOTTI, Paul. Planificación estratégica de la imagen corporativa. Barcelona. Editorial Ariel, S.A. 3° edición. 2008. Pág. 7-9
9. RAJADELL, Manuel; SANCHEZ, José L. Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad. España. Ediciones Díaz de Santos. 2010. Pág. 3
10. SALAZAR LOPEZ, Bryan. Diseño y distribución en planta (online). 2012. <  
<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>>
11. FLORES ORTIZ, Marco. Optimización de la producción, en el proceso de mezclado de la línea de caucho, en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2009.

12. GONZALEZ GIL, Yiber. Mejoramiento del sistema de producción de la empresa metálicas Zuluaga. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. 2007.
13. GONZALEZ NEIRA, Eliana M. Propuesta para el mejoramiento de los tiempos de producción de la empresa Servioptica Ltda. Bogotá D.C. Universidad Javeriana. 2004
14. RIOS, Manuel Fernández. Análisis y descripción de puestos de trabajo. España. Díaz de Santo S.A. 1995. Pág. 311.
15. MEYERS, Fred E. Tiempos y movimiento para manufactura. España. Pearson. Pág. 5
16. GOMEZ, Alberto; PUENTE, Javier; DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario. Organización de la producción en ingenierías. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 246.
17. GOMEZ, Alberto; PUENTE, Javier; DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario. Organización de la producción en ingenierías. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 249.
18. GOMEZ, Alberto; PUENTE, Javier; DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario. Organización de la producción en ingenierías. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 250.
19. FERNANDEZ QUESADA, Isabel; GONZALEZ ALONSO, Peter; GARCIA PUENTE, Javier. Diseño y medición de trabajos. Oviedo. Universidad de Oviedo. 1996. Pág. 10
20. RIOS FERNANDEZ, Manuel. Análisis y descripción del puesto de trabajo: teorías, métodos y ejercicios. Madrid. Edición Díaz de Santos. 1995 .pág. 311
21. RIOS FERNANDEZ, Manuel. Análisis y descripción del puesto de trabajo: teorías, métodos y ejercicios. Madrid. Edición Díaz de Santos. 1995 .pág. 310-311
22. George. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra. OIT. Cuarta edición. 1996. Pág. 118
23. MEYERS, Fred E. Tiempos y movimiento para manufactura. España. Pearson. 2000. Pág. 7

24. MEYERS, Fred E. Tiempos y movimiento para manufactura. España. Pearson. 2000. Pág. 7-8
25. RIOS FERNANDEZ, Manuel. Análisis y descripción del puesto de trabajo: teorías, métodos y ejercicios. Madrid. Edición Díaz de Santos. 1995. Pág. 11
26. MEYERS, Fred E., STEPHENS, Matthew P. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. España. Editorial. Pearson Prentice Hall. 2006. Pág. 2
27. MEYERS, Fred E., STEPHENS, Matthew P. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. España. Editorial. Pearson Prentice Hall. 2006. Pág. 3
- 28.<sup>1</sup> MEYERS, Fred E., STEPHENS, Matthew P. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. España. Editorial. Pearson Prentice Hall. 2006. Pág. 294
29. NAVA CARBELLIDO, Víctor Manuel. ¿Qué es la calidad? : Conceptos, gurús y modelos fundamentales. México. LImusa, 2005. Pág. 16
30. FUENTE GARCIA, David; PARREÑO FERNANDEZ, José; PINO DIEZ, Raúl. Ingeniería de organización en la empresa: dirección de operaciones. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2008. Pág. 176
31. HEIZER, Jay. Principios de administración de operaciones (quinta edición). Monterrey. Pearson. Pág. 13.
32. FIGUERA, Pau. Optimización de productos y procesos industriales. Barcelona. Edición Gestión 2000. 2016. Pág. 31
33. FRANCES, Antonio. Estrategia y planes para la empresa: con el cuadro de mando integral. España. Pearson. 2006. Pág. 25.
34. Barry, Render; RALPH, Stair. Métodos cuantitativos para los negocios (novena edición). España. Pearson. 2016. Pág. 224.
35. GOMEZ, Alberto; PUENTE, Javier; DE LA FUENTE, David; GARCIA, Nazario. Organización de la producción en ingenierías. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 246.

36. QUESADA CASTRO, Maria; ARENAS VILLA, William. Estudio del trabajo: Notas de clase. Medellín. Instituto tecnológico Metropolitano. 2007. Pág. 150-151
37. BERNAL, César. Metodología de la investigación. Tercera Edición. Colombia: PEARSON EDUCACIÓN, 2010.p.172
38. BERNAL, César. Metodología de la investigación. Tercera Edición. Colombia: PEARSON EDUCACIÓN, 2010. Pag.51.
39. DE LA FUENTE, David; FERNANDEZ, Isabel; GARCIA, Nazario. Administración de empresas en ingeniería. Oviedo. Universidad de Oviedo. 2006. Pág. 43
40. CORTES DIAZ, José María. Seguridad e higiene del trabajo: técnicas de prevención de riesgos laborales. Madrid. Editorial Tebar. 9° edición. 2007. Pág. 539
41. George. Introducción al estudio del trabajo. Ginebra. OIT. Cuarta edición. 1996. Pág. 53-74
42. CASO NEIRA, Alfredo. Técnicas de medición del trabajo. España. Fundación Confemetal. 2° edición. 2006. Pág. 92-94

## 11 ANEXOS

### Anexo 1. Lista de chequeo de la situación actual del proceso.

INSPECCION CHECK LIST PARA TAPAS DE ACERO DE ALC				
AREA:	PRODUCCION	FECHA: 10/03/17	REALIZADO POR:	Jose Barrios Romero
ITEM	LISTA DE CHEQUEO	SI	NO	OBSERVACIONES
1	Educación técnica	X		
2	Experiencia en el proceso	X		
3	Herramientas en buen estado	X		
4	Maquinaria en buen estado	X		
5	Manejo adecuado de las herramientas	X		
6	Cuellos de botella	X		
7	Tiempos ocios	X		Se identificaron tiempos ocios en el proceso de pulido debido que el producto en proceso no avanza al siguiente paso(ensamble), hasta que el ingeniero inspeccione.
8	Trabajo tedioso	X		
9	Monotonía del trabajo		X	
10	Tensión mental el proceso		X	
11	Condición atmosféricas apropiadas		X	A nivel de condiciones laborales se torna caluroso el área de moldeado, pulido en horas del proceso de fundido.
12	Posturas inadecuadas		X	Los operarios conservan buenas posturas en la ejecución de los trabajos sin embargo en levantamiento de objetos pesados se observan algunas posturas anormales.
13	Trabajo de pie	X		Operario de pie desde la entrada de la materia prima hasta la salida del producto terminado.
14	Trabajo monótono		X	
15	Iluminación insuficiente		X	
16	Presión laboral por producción		X	Operador trabaja a ritmo calmado sin presión alguna.
17	Concentración intensa		X	
18	Ruido en el ambiente de trabajo	x		

## Anexo 2. Lista de chequeo de las condiciones de trabajo actuales

INSPECCION: CONDICIONES DE TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACION DE TAPAS DE ACERO PARA ALCANTRILLADO.					
AREA	PRODUCCION	FECHA: 10/03/17	REALIZADO POR:	Jose Barrios Romero	
Suplementos constantes por necesidades personales (5) y fatiga en un hombre (4) de acuerdo a la OIT.					
ITEM	SUPLEMENTOS VARIABLES	SI	NO	OBSERVACIONES	VALORACION
1	Trabajo de pie	X		Se trabaja de pie desde la entrada de la materia prima hasta el producto terminado.	2
2	Posturas de trabajo	X		Ligeramente incomoda.	0
3	Uso de fuerza	X		Se levanta mas de 10kg en materias primas.	3
4	Mala iluminación		X	Se cuenta con una excelente iluminacion.	
5	Condiciones atmosféricas	X		El área de trabajo es caluroso debido a la cercanía del alto horno con las demás áreas.	2
6	Concentración intensa		X	Trabajo con cierta presion	0
7	Ruido	X		Continuo, pero bajo	0
8	Tensión mental		X	Baja, trabajo normal y poca tension.	0
9	Monotonía		X	Trabajo nada monotono.	0
10	Tedio		X	Trabajo algo de tedio.	0

**Anexo 3.** Procedimiento propuesto.