



**ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL**

**Tema:**

**LAYOUT DE LA PLANTA INDUSTRIAL “SIDERÚRGICA TUNGURAHUA”  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS ESPACIOS**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniería en Diseño  
Industrial**

**Línea de Investigación:**

Diseño, infraestructura y sistemas sociales y ambientales para un hábitat sostenible

**Autor:**

**FRANCISCO ANDRÉS NARANJO LÓPEZ**

**Director:**

**ING. DANIEL MARCELO ACURIO MALDONADO, MG.**

**Ambato - Ecuador**

**Mayo 2021**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO**  
**HOJA DE APROBACIÓN**

**Tema:**

LAYOUT DE LA PLANTA INDUSTRIAL “SIDERÚRGICA TUNGURAHUA” PARA  
LA OPTIMIZACIÓN DE SUS ESPACIOS.

**Línea de Investigación:**

Diseño, infraestructura y sistemas sociales y ambientales para un hábitat sostenible.

**Autor:**

FRANCISCO ANDRÉS NARANJO LÓPEZ

Francisco Javier Echeverría Tamayo, Ing. Mg.  
**CALIFICADOR**

f.



Concepción del Carmen Bedón Vaca, Arq. Mg.  
**CALIFICADOR**

f.



Daniel Marcelo Acurio Maldonado, Ing. Mg.  
**CALIFICADOR**

f.



Santiago Alejandro Acurio Maldonado, Ing. Mg.  
**DIRECTOR ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL**

f.



Hugo Rogelio Altamirano Villaroel, Dr.  
**SECRETARIO GENERAL PUCESA**

f.



**Ambato - Ecuador**  
**Mayo 2021**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, **FRANCISCO ANDRÉS NARANJO LÓPEZ**, portador de la cedula de ciudadanía No. 1804500765, autor del trabajo de graduación intitulado: LAYOUT DE LA PLANTA INDUSTRIAL “SIDERÚRGICA TUNGURAHUA” PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS ESPACIOS, previo a la obtención del título profesional de ingeniería en diseño industrial, en la escuela de **DISEÑO INDUSTRIAL**.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a las SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos del autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ambato, 01 mayo 2021



Francisco Andrés Naranjo López

C.C. 1804500765

## AGRADECIMIENTO

*A Dios por tener vida, por las bendiciones y fortaleza que me da cada día para seguir adelante y cumplir mis metas con este sueño hecho realidad.*

*A mis padres y familia por todo el apoyo incondicional, paciencia y motivación, gracias por ayudarme en cada uno de los momentos importantes en mi vida y por ser los principales promotores de mis metas; gracias por estar siempre a mi lado.*

*A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato y a los docentes de la escuela de Diseño Industrial por permitirme el desarrollo profesional con ética y valores.*

*A mi tutor académico de tesis Ing. Daniel Acurio por su tiempo, apoyo y por compartir sus conocimientos para la realización de esta investigación.*

*Mi sincero agradecimiento a la empresa “Siderúrgica Tungurahua” por brindarme el apoyo, facilidades y colaboración para poder realizar mi trabajo de titulación.*

***Francisco Andrés Naranjo López***

## DEDICATORIA

*Dedico este logro a mis padres con todo mi cariño y amor, este objetivo alcanzado, también, es suyo porque sin escatimar esfuerzo alguno han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, ustedes son el pilar fundamental en mi vida.*

*A mi hermana por sus sabios consejos, por estar siempre presente con su apoyo y expresarme su amor incondicional en todo momento.*

*Y a todos mis familiares y amigos por compartir sus lecciones y experiencias de vida que me encaminaron por el buen sendero para formarme como una persona de bien.*

***Francisco Andrés Naranjo López***

## RESUMEN

La importancia de la presente investigación realizada en la empresa “Siderúrgica Tungurahua”, radica en asegurar un flujo ordenado y eficiente del proceso productivo, debido a que en la actualidad, se evidencia una inadecuada distribución de áreas lo cual genera grandes distancias recorridas entre operaciones con un alto tiempo de fabricación del producto piñón de ataque, por ende el objetivo principal es desarrollar el nuevo layout de la planta industrial “Siderúrgica Tungurahua” para la optimización de sus espacios, se aplica la distribución en planta por procesos. Para el desarrollo de la metodología, esta investigación cuenta con un enfoque mixto, porque se va a determinar los problemas y condiciones actuales de la empresa con ayuda de encuestas, entrevistas y visitas técnicas de campo, para iniciar un análisis del proceso productivo y conocer cuál es el producto de mayor demanda en el mercado, mediante el uso de herramientas de ingeniería para realizar el Layout, diagrama de proceso y recorrido de actividades. En esta investigación, se utiliza la metodología Systematic Layout Planning (SLP) para la distribución por proceso y el software de diseño asistido por computador Autocad para establecer el nuevo Layout de planta que beneficiará de manera positiva a la empresa; finalmente, la distribución de planta con el nuevo modelo de Layout propuesto resulta adecuado, porque se crea con criterio técnico para lograr ahorros considerables tales como: en el área de fundición, se alcanza una disminución de 28 metros y 22,04 minutos y en el área de mecánica, se logró disminuir 39 metros con un tiempo de 5,11 minutos, estos valores corresponden a la distancia total recorrida y al tiempo total del proceso productivo.

**Palabras clave:** Layout, distribución, siderurgia, eficiencia, proceso, flexsim.

## ABSTRACT

The primary objective of this investigation is to develop a new layout of the Siderúrgica Tungurahua industrial facility for space optimization by applying plant distribution processes. The methodology of the research has a mixed approach because the current problems and conditions of the company will be established with surveys, interviews and technical field visits to enable an analysis of the production process to determine the greatest demand in the market by using tools to carry out the Layout process diagram. In this study, the Systematic Layout Planning (SLP) methodology is used for the process distribution and the Autocad design software to establish the new Layout. In conclusion, the plant distribution with the new proposed model will save costs such as: in the casting area, a decrease of 28 meters and 22.04 minutes was achieved and in the mechanical area, a decrease of 39 meters was achieved with a time of 5.11 minutes. These values correspond to the total distance traveled and the total time of the production process.

***Key words:*** Layout, distribution, steelmaker, efficiency, process, flexsim.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### PRELIMINARES

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA .....	v
RESUMEN .....	vi
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	viii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA .....	5
1.1 Tipos de distribución en planta .....	16
1.2 Descripción de la metodología SLP .....	23
1.3 Infraestructura de la industria siderúrgica .....	31
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO .....	26
2.1 Tipo y enfoque de investigación .....	37
2.2 Análisis de resultados .....	38
2.3 Metodología del diseño .....	45
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	80
CONCLUSIONES .....	86
RECOMENDACIONES .....	87
BIBLIOGRAFÍA .....	88
ANEXOS .....	92

## INDICE DE GRÁFICOS

### **Figuras**

Figura 1. Distribución por proceso .....	9
Figura 2. Distribución por producto .....	10
Figura 3. Criterio de General Electric .....	12
Figura 4: Ejemplo de diagrama de recorrido .....	15
Figura 5: Tabla relacional de actividades .....	15
Figura 6: Diagrama relacional de espacios .....	16
Figura 7: Horno cuchara .....	22
Figura 8: Colada continua de planchones .....	22
Figura 9: Colada Continua de palanquillas.....	23
Figura 10: Molde o coquilla para fundición .....	23
Figura 11: Área de almacenamiento .....	24
Figura 12: Resultados de la pregunta 1 .....	29
Figura 13: Resultados de la pregunta 2 .....	30
Figura 14: Resultados de la pregunta 3 .....	31
Figura 15: Resultados de la pregunta 4 .....	32
Figura 16: Resultados de la pregunta 5 .....	32
Figura 17: Organigrama empresarial Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. ....	34
Figura 18: Layout actual área de mecánica .....	40
Figura 19: SLP – Área de almacenamiento de carbón .....	41
Figura 21: Diagrama de recorrido área de fundición.....	58
Figura 22: Diagrama de recorrido – área de mecánica .....	60
Figura 24: Relación de actividades área de mecánica .....	61

Figura 27: Modelo actual área de fundición .....	63
Figura 28: Modelo actual área de mecánica .....	63
Figura 31: Layout propuesto - Área de fundición .....	67
Figura 32: Layout propuesto - Área de mecánica.....	69
Figura 33: Diagrama de recorrido propuesto – área de fundición .....	74
Figura 34: Diagrama de recorrido propuesto – área de mecánica .....	76
Figura 35: Relación de actividades propuesto área de fundición .....	77
Figura 39: Modelo propuesto área de fundición.....	84
Figura 41: Modelo propuesto área de mecánica.....	85

## **Tablas**

Tabla 1. Simbología ASME para diagramas de proceso .....	14
Tabla 2: Composición de Productos Siderúrgicos.....	19
Tabla 3: Tipos de chatarra .....	20
Tabla 4: Proceso de producción en una industria siderúrgica .....	25
Tabla 5. Población de estudio.....	26
Tabla 6: Pregunta 1 – encuesta .....	29
Tabla 7: Pregunta 2 – encuesta .....	30
Tabla 8: Pregunta 3 – encuesta .....	31
Tabla 9. Pregunta 4 – encuesta .....	31
Tabla 10: Pregunta 5 – encuesta .....	32
Tabla 11. Datos e información de contacto de la empresa .....	34
Tabla 12: Principales productos de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. ....	35
Tabla 13: SLP – Área de almacenamiento de carbón.....	41
Tabla 14: SLP - Área de materia prima.....	42

Tabla 15: SLP - Área de materia prima .....	43
Tabla 16: SLP - Área de fundición .....	44
Tabla 17: SLP - Área de modelado de arena .....	46
Tabla 18: SLP - Área de mecánica .....	47
Tabla 19: SLP - Área de herramientas .....	49
Tabla 20: SLP - Área de arena.....	50
Tabla 21: SLP - Área de acabado .....	51
Tabla 22: SLP - Área de pintura .....	53
Tabla 23: Diagrama de proceso actual - Área de fundición .....	55
Tabla 24: Diagrama de proceso actual - Área de mecánica.....	56
Tabla 25: Diagrama de proceso propuesto - Área de fundición. ....	71
Tabla 26: Diagrama de proceso propuesto - Área de fundición. ....	72
Tabla 27: Cuadro comparativo distancias recorridas en el área de fundición. ....	80
Tabla 28: Cuadro comparativo distancias recorridas en el área de mecánica. ....	81
Tabla 29: Cuadro comparativo de tiempo en el área de fundición. ....	82
Tabla 30: Cuadro comparativo de tiempo en el área de mecánica .....	82

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la industria Siderúrgica es considerada como un eje fundamental en el desarrollo económico de un país, misma que caracterizada por su posición estratégica le brinda ventajas considerables sobre otras industrias, después del petróleo y el gas la siderúrgica ocupa altos niveles de ventas a nivel mundial por ello genera directa o indirectamente millones de plazas de trabajo (Pérez, Freire & Morales, 2016).

En Latinoamérica la producción de acero ha crecido rápidamente desde el año 2000, alcanza una tasa de crecimiento del 281%. En el año 2016, se produjeron 38 millones de toneladas de acero crudo solo en los primeros 7 meses; Argentina ocupa el primer lugar en producción con un 11% y Ecuador con un 10% ocupa el segundo lugar (Alacero, 2016).

En el Ecuador las empresas siderúrgicas, se encuentran distribuidas en las provincias de Pichincha (40,7%), Guayas (24,4%), Azuay (9,7%), Tungurahua (5,0%), Imbabura (4,7%) y Loja (3,5%), en total estas provincias abarcan el 88% del sector a nivel nacional y desarrollan procesos de negocios con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes y al mismo tiempo operan con eficiencia para producir productos para generar así un beneficio económico a la empresa (Pérez, Freire & Morales, 2016).

Son muchas las empresas que optan por desarrollar mejoras para ser más competitivas y ganar participación en el mercado, a través de una adecuada reorganización de los procesos de producción y de una óptima ocupación de sus espacios, logran reducir tiempos de operación, disminuir los costos de producción entre otros para aprovechar de mejor manera sus recursos (Puca & Morales, 2010).

El concepto distribución de planta hace referencia a definir la disposición física del conjunto de recursos que intervienen en el funcionamiento de un sistema con el objetivo de optimizar dichos recursos, así como de generar un ambiente de confort y seguridad que mejore la productividad del personal y reduzca significativamente los costes. Si, se desarrolla un Layout es beneficioso conocer los diferentes modelos básicos de distribución, que por lo general, se adaptan a las necesidades de los diferentes sistemas productivos; en muchos casos la solución no es única y se observan además, alternativas en donde, se crean combinaciones de varios de estos modelos existentes (Alonso, 1997).

Carrocerías Jácome a través de la investigación desarrollada por el Ing. Álvaro Maldonado propone una distribución de planta por flujo de trabajo misma, que se encuentra en función de la secuencia de sus procesos, propone zonas de trabajo adecuadas para el desarrollo de sus actividades (Torres & Maldonado, 2015).

La Ing. Amparo Álvarez planteó en Tenería Inca una redistribución de su planta, mediante la cual, se logra aprovechar de mejor manera su materia prima, tiempos y recursos; en dicha propuesta, se considera proyecciones a futuro, que son muy importantes tomar en cuenta para el desarrollo de la propuesta (Bedón & Alvarez, 2012).

En vista de que la empresa Siderúrgica Tungurahua tiene como visión “ser una empresa dedicada a la fundición de hierro, aluminio y bronce; brinda servicios de reparación, fabricación y mantenimiento de maquinaria industrial con asistencia de calidad que superan las expectativas y requerimientos de sus clientes como factor determinante del éxito; desarrollan ventajas competitivas, que generen responsabilidad social”. Es imperativo desarrollar las ventajas competitivas mencionadas con anterioridad a través de la disminución de sus reprocesos, desperdicios, disminución de costos y sobre todo satisfacción al cliente (Tungurahua, 2015).

¿Como el desarrollo de un nuevo Layout de planta ayudará en la optimización de los recursos y logrará generar ventajas competitivas para la empresa Siderúrgica Tungurahua? Al proponer un Layout de planta, se podrá mejorar los tiempos y movimientos del proceso de fabricación si aplican la distribución en planta por proceso, estos datos son ingresados al software de simulación FlexSim para analizar las variables simuladas en el proceso.

Por lo tanto, el propósito es redistribuir las áreas de fundición y mecánica involucradas en el proceso productivo que desarrolla la empresa para optimizar el espacio, a través de la nueva propuesta, se persigue alcanzar como objetivo general, desarrollar el layout de la planta industrial “Siderúrgica Tungurahua” para la optimización de sus espacios, se aplica la distribución en planta por procesos, para lo cual, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las características del formato de distribución en planta por procesos para conocer los requerimientos necesarios para su implementación.
- Analizar los procesos propios de la empresa para determinar las necesidades de la misma.

- Proponer la distribución de la planta adecuado para la optimización de sus procesos.

La Metodología por desarrollar es propia de la distribución de planta, misma que, se desarrolla en etapas de formulación de problemas, análisis, búsqueda de soluciones, selección de alternativas, especificación, observación de su adecuación al problema, evaluación y decisión sobre el nuevo diseño (Cuatrecasas, 2012).

Es importante desarrollar investigaciones que permitan generar valor en los procesos productivos y comerciales, así lograr una mayor participación en el mercado local e internacional, se vuelve imperativo para las empresas, es la competitividad un factor clave en el cumplimiento de estos propósitos, es por ello, que se justifica el desarrollar un análisis de todos los factores que intervienen en el proceso productivo de la empresa por medio de la distribución adecuada de la planta.

El presente proyecto pretende determinar una correcta distribución de los espacios y equipos, se toma en cuenta la seguridad y confort para los colaboradores. La distribución de planta considera todos los elementos involucrados en el desarrollo de las diferentes actividades, además, de las características propias de los procesos que forman parte de la cadena productiva (Muther, 1970).

Siderúrgica Tungurahua al ser una empresa, que se desarrolla en uno de los mercados más rentables y competitivos gana mayor participación en el mercado a través de la optimización de sus recursos para generar productos de calidad, se logra una mejor distribución en características de tiempo y espacio, mediante el layout de planta, se aplica distribución por procesos, además, de la reducción de pérdidas por procesos; sino también, del talento humano, mediante el aumento de seguridad y satisfacción para los trabajadores.

El proyecto es factible debido a que actualmente en la siderúrgica existe desorganización de su maquinaria y equipamiento ha sido el causante de ocasionar lentitud y errores en los procesos de fabricación y control. Es notable que acorde ha transcurrido el tiempo y han aumentado los clientes, el crecimiento de la empresa, se da en gran escala de una manera desordenada sin ningún mecanismo de control que permita fomentar la colaboración y optimización de áreas entre procesos correlacionados. De igual manera, se identifica que para la empresa es sumamente necesaria la readecuación de áreas por procesos puesto que

en ninguna, se ha llevado a cabo procesos de innovación que permitan aprovechar al máximo las ventajas que ofrecen las nuevas tecnologías.

## CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA

### 1.1 Tipos de distribución en planta o Layout

La distribución de planta es el proceso de ordenamiento de los elementos que conforman el proceso productivo de una empresa, de manera, que se alcancen los objetivos de producción de la forma más eficaz y eficiente posible. Es considerada una de las decisiones de diseño más importantes dentro de la estrategia de operaciones de una organización (Chase, 2009).

Determina la mejor ubicación de las máquinas, puestos de trabajo, bodegas, oficinas, zonas de descanso, entre otros de manera, que se lleve a cabo la actividad de una empresa, se alcanza los objetivos establecidos de una forma eficiente, se considera el espacio, que se requiere para cada proceso productivo, así como el espacio necesario para las operaciones de apoyo, se permite una correcta circulación de materiales y personas (Nuñez, 2014).

El método Immer surgió en el año 1950, se busca solucionar problemas de diseño en las fábricas que atiende únicamente el principio de flujo o circulación de materiales relacionados con problemas de menor ajuste en una distribución ya existente (Paredes, 2016). Luego surge en 1976 el método titulado Systematic Layout Planning (SLP), el cual en la actualidad es uno de los métodos más versátiles al momento de mejorar el diseño de una planta, se enfoca en satisfacer ciertos objetivos relevantes, basado en el óptimo ordenamiento de centros de actividades invisibles en posiciones dentro del espacio disponible (Salazar, Vargas, Añasco, & Orejuela, 2015).

Para las organizaciones la distribución óptima de los espacios es un proceso complejo que relaciona los elementos que forman parte del sistema de producción, bienes y servicios (Salazar, Vargas, Añasco & Orejuela, 2015).

El objetivo en común de las organizaciones es minimizar el costo de manutención de materiales, pero también, se considerarán otros objetivos como reducir la distancia que recorren los materiales e insumos, reducir el nivel de trabajo en proceso (*Work in Progress*) y los tiempos de fabricación (*Throughput Times*) (Chase, 2009).

Las tendencias en los últimos años han sido enfoques metaheurísticos como el algoritmo de recocido simulado (SA), enjambre de partículas (PSO), algoritmos genéticos (GA) y colonia

de hormigas (ACO), aplicados con éxito en la solución de problemas para distribución de plantas industriales (Sharma & Pratap, 2013).

La mayor parte de las metodologías tradicionales de estudio de diseño en planta utilizan herramientas cualitativas para analizar y evaluar las posibles configuraciones de Layout que representan el flujo de material. En el trabajo presentado por Aída Sáez y José García, la evaluación no es solo cualitativamente, sino cuantitativamente con respecto al flujo de material para la evaluación de los riesgos asociados; el resultado de esta investigación presenta cinco etapas: identificación, estimación, evaluación, gestión y monitoreo utilizado en la gestión del riesgo de los movimientos del flujo de material en las plantas industriales (Sáez & García, 2016).

En el trabajo titulado “Diseño para la distribución de nuevas instalaciones de la Empresa INSTRUEQUIPOS CIA. LTDA en el parque Industrial Ambato” recurre al uso del software WINQSB como técnica para el nuevo diseño de la planta; obtiene como resultado un flujo de procesos eficiente, al eliminar transportes y esperas innecesarias, que se muestran en los diagramas de recorrido para la fabricación del producto principal (Reyes, 2007).

“Distribución de Planta de la Empresa de Calzado Boom’s de la Ciudad de Ambato” enfatiza que el principal problema es la mala distribución de los puestos de trabajo, para ello, se obtiene las dimensiones de los puestos de trabajo a través del método de Guertchet, conjuntamente con el software WINQSB, se obtiene una adecuada redistribución de planta lo cual permite reducir el costo de transporte de los materiales; los resultados, que se obtuvieron fueron un gran aporte para el proyecto CENI “Evaluación antropométrica y de métodos para el diseño de puestos de trabajo en la fabricación de calzado en la pequeña y mediana industria de Tungurahua-Ecuador” (Chaluis, 2015).

Por otro lado, la aplicación de un Sistema de Gestión por Procesos en la empresa textil TEX-MODA ha mejorado de una manera considerable el proceso de producción inicia desde la recepción de la materia prima hasta la comercialización de los productos. La autora de la investigación menciona que al estandarizar, implementar y mejorar los procesos inmersos en la producción, se llegó a satisfacer las necesidades de los clientes, aumento progresivo de ventas y disminución de riesgos lo que ha permitido el avance y desarrollo de la empresa (Miniguano, 2014).

En el presente proyecto, se adopta la metodología de planeación sistemática de la distribución en planta, o más conocido por sus siglas en inglés SLP (Systematic Layout Planning), para definir una propuesta de mejora de Layout que satisfaga los requerimientos existentes en la empresa Siderúrgica “Tungurahua” luego estos datos son llevados al software de simulación FlexSim en el cual, se valora variables como la distancia que recorren los trabajadores, el tiempo destinado al transporte de materiales y el tiempo utilizado por la maquinaria. El objetivo general, se podría alcanzar a través de consecuencias o hechos como:

- Reducción de riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores
- Elevación de la moral y satisfacción del personal
- Optimo uso de los espacios suprime áreas ocupadas innecesariamente
- Mejoramiento de la supervisión y control
- Reducción del manejo de materiales en proceso
- Disminución del riesgo para el material o su calidad
- Optimización de uso de maquinarias, mano de obra y servicios
- Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones
- Aumento de la producción con la disminución de retrasos y el tiempo de fabricación (Platas & Cervantes, 2015).

Una correcta distribución de planta ha de conseguir los siguientes objetivos básicos:

- a. Unidad: Al buscar el objetivo de unidad, se procura que no exista la sensación de pertenecer a distintas unidades enlazadas exclusivamente a la distribución en planta.
- b. circulación mínima: Se minimiza el movimiento de productos, personas o información.
- c. Seguridad: La seguridad es una exigencia en todo diseño de planta con respecto al movimiento de personas y materiales.
- d. Flexibilidad: Necesidad para atender los cambios, que se presenten a corto y mediano plazo con relación al volumen y proceso de producción (Aguilar, 2017).

Las instalaciones funcionan de una mejor manera mediante la distribución en planta a través de un plan estratégico en el cual intervengan el producto, manufactura, marketing, gerencia y recursos humanos, mismos que tendrán impacto directo en la distribución de las instalaciones (Tompkins, White & Bozer, 2011).

El mal diseño de una distribución de planta hará que la empresa, se enfrente frecuentemente a realizar redistribuciones costosas; por ello para minimizar costos de modificaciones posteriores la primera instalación es la adecuada, se considera en la etapa de planificación los cambios de ubicación de máquinas, principal componente de esta actividad (Vaughn, 2013).

La selección del tipo de distribución depende en gran parte de la estrategia de flujo que elija la empresa, existen cuatro tipos de distribuciones: por posición fija, por proceso, por producto y distribución híbrida.

### **Distribución por posición fija**

Es cuando el producto a ensamblar es voluminoso y pesado, no se mueve de la fábrica y permanece en un solo sitio por lo cual toda la maquinaria, personal, materiales e insumos necesarios, se llevan a él (Aguilar, 2017). Ejemplos de este tipo de distribución son: fabricación de aviones, barcos, montajes de calderas en edificaciones, entre otros.

#### Ventajas:

- Disminuye el manejo de piezas grandes, no obstante, se incrementará el de las piezas pequeñas.
- Menos inspectores, se requerirán mientras más hábiles sean los trabajadores en la calidad de su trabajo.
- Permite realizar cambios frecuentes en el diseño, secuencia de los productos y demanda intermitente al ser altamente flexibles.
- No requiere una ingeniería costosa de distribución.

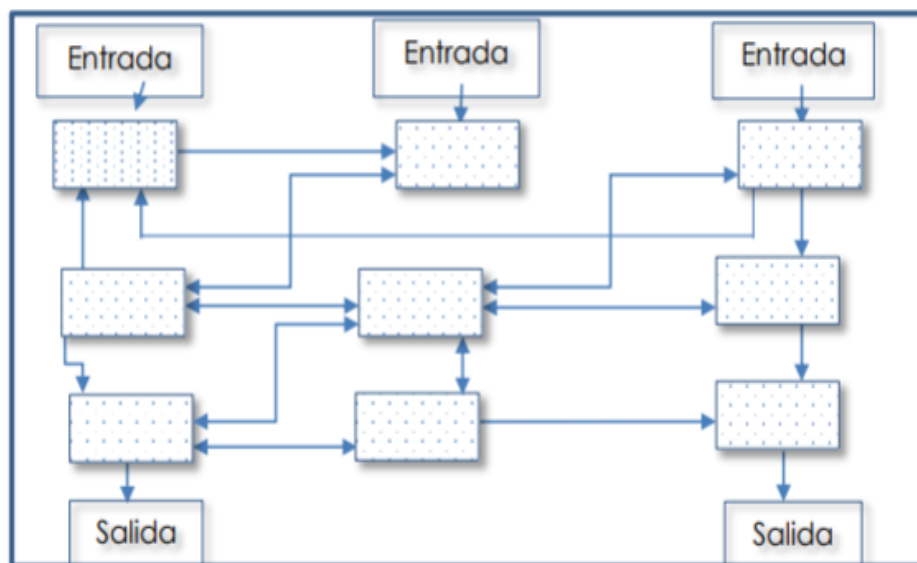
#### Desventajas:

- Inversión elevada en equipos específicos.
- Monotonía del trabajo que afecta la moral del personal.
- Flexibilidad escasa en los tiempos de fabricación.
- La detención de alguna maquinaria o falta de personal en alguna estación de trabajo detiene la cadena completa.

### **Distribución por proceso**

Se genera si todas las operaciones de una misma naturaleza están agrupadas en una sola sección, bloque o departamento. Este tipo de distribución, se utiliza, si se requiere fabricar una amplia gama de productos que utilicen una misma maquinaria. También, si se tiene una demanda intermitente y la maquinaria, no se mueve fácilmente (Muñoz, 2004). por ejemplo, fábricas de hilado y tejido, talleres de mantenimiento e industrias de confección.

Figura 1. Distribución por proceso



Fuente: (Aguilar, 2017)

#### Ventajas

- Un daño, avería o detención de cualquier maquina no incide de forma decisiva en la planificación, debido a que la carga de la maquina detenida, se las distribuye para el resto de maquinaria.
- Gran flexibilidad para la ejecución de trabajos que posibilita la asignación de tareas a cualquier máquina que esté disponible y que sea de la misma clase.
- La capacidad de uso de cada máquina, se aprovecha al máximo, todos los productos, que se fabrican en la planta comparten las mismas maquinas.
- Se adapta a una gran variedad de productos, si se presentan variaciones frecuentes en el orden, que se ejecutan las operaciones.

#### Desventajas

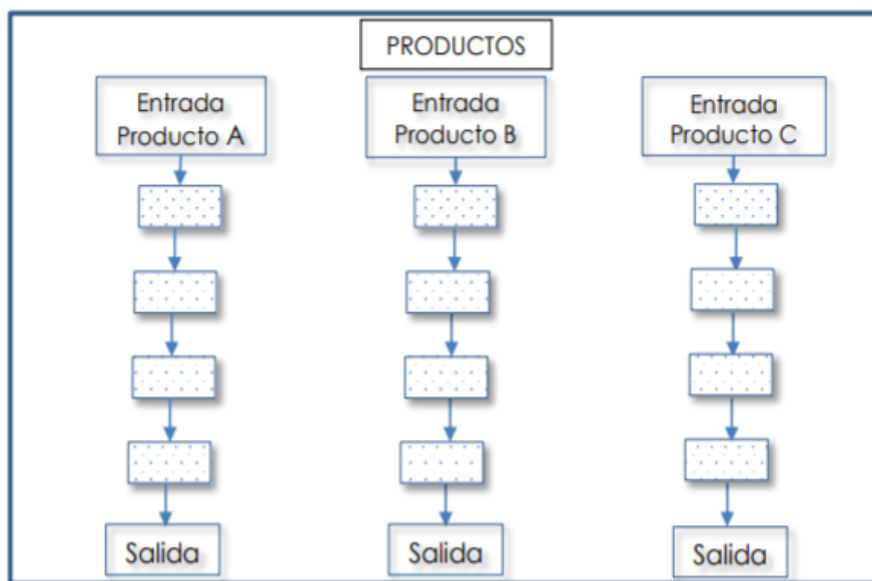
- Mayor dificultad para las rutas y programas de trabajo.

- Manipulación de materiales y costos elevados al separar las operaciones y distancias que tienen que recorrer para el trabajo.
- Aumento de inventarios en proceso.
- Complicados sistemas de control de producción y falta de control visual.

### Distribución por producto o en línea

Denominada también, producción en cadena, en esta distribución toda la maquinaria y equipos, que se necesita para fabricar un determinado producto, se agrupa en una misma zona de acuerdo con el proceso de fabricación. Empleada en los casos en que la demanda es constante y el suministro de material es fácil y continuo (Aguilar, 2017). Por ejemplo, embotellado de refrescos, ensamble de vehículos y enlatado de alimentos.

Figura 2 Distribución por producto



Fuente: (Brusil, 2014)

### Ventajas

- Menores retrasos en la fabricación al seguir rutas ya definidas y directas
- Menor cantidad de trabajo en curso en las diversas operaciones lo que conlleva a menos inventario en proceso
- Mejor utilización de mano de obra debido a la especialización de trabajo
- Limitada inspección, quizá una antes de la línea de producción y otra al salir de ella.

## Desventajas

- Costosa inversión en maquinaria, cada una, se emplea en la línea de producción específica y no en otras.
- Detención de toda la línea de producción si una maquina presenta una falla o daño.
- Se presenta el cuello de botella que es fijado por la maquina más lenta en la línea de producción.
- Menor habilidad y destreza de los operarios debido a que cada uno aprende el trabajo en una determinada máquina.

## Distribución híbrida

Los diseños híbridos en esencia buscan el beneficio simultáneo de las ventajas, que se derivan de la distribución por producto y distribución por proceso, se combina la eficiencia y flexibilidad de cada tipo de distribución lo que permite que un sistema de alto volumen coexista con uno de bajo volumen en la misma instalación (Muñoz, 2004).

## Estudio de tiempo

Esta técnica para la medición del trabajo sirve para registrar el tiempo estándar de las actividades que forman parte del proceso productivo con la finalidad de averiguar cuál es el tiempo total requerido para efectuar un trabajo (Tejada, Soler & Pérez, 2017). Un estudio de tiempos, se lo realiza si existe demoras que ocasionan atrasos en la entrega del producto, trabajadores, se quejan por el tiempo en realizar una operación y bajo rendimiento, tiempos muertos de operarios y máquinas (Tejada, Soler, & Pérez, 2017).

Para que el estudio de tiempos, se realice de una manera óptima con la finalidad de medir y documentar la recolección de los datos, se manejan los siguientes implementos necesarios.

- **Cronómetro**

La herramienta más utilizada para la toma de tiempos, de una manera sistemática permite medir la actividad que desempeña un trabajador, se considera el ritmo y valoración propia del trabajo

- **Cinta métrica**

Instrumento portátil para la medición el cual permite conocer la distancia real entre áreas u objetos de estudio.

- **Diagrama de proceso**

El proceso de fabricación del objeto en estudio, se evidencia paso a paso, se documenta de forma ordenada la descripción del proceso, distancias, tiempos, área o zona y registro de alguna observación.

- **Paleta o tablero**

Sirve de soporte para colocar todos los formatos que serán utilizados para el estudio de tiempos.

- **Calculadora**

Dispositivo electrónico utilizado por el analista para convertir los datos recolectados en una unidad de medida establecida (Albert Suñe, 2014).

Es importante la precisión en el estudio de los procesos, que se llevan a cabo en las empresas, de acuerdo con el criterio establecido por General Electric (Tejada, Soler & Pérez, 2017). menciona que para evidenciar una mayor precisión en los resultados el analista cronometrará de acuerdo con la figura 3.

Figura 3. Criterio de General Electric

Tiempo de ciclo (minutos)	Número 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 más	3

Fuente: (Tejada, Soler & Pérez, 2017).

Para que un estudio de tiempos se considere aceptable cumplirá con las siguientes etapas:

- Primera etapa (Observación y anotación de toda la información posible)
- Segunda etapa (Toma de datos)
- Tercera etapa (Recuento de datos) (Albert Suñe, 2014).

## 1.2 Descripción de la metodología Systematic Layout Planning

Este método es sistemático, multicriterio y sencillo utilizado para dar solución a problemas de distribución de planta de procesos diversos, y se aplica a pequeñas o grandes fábricas a través de una serie de fases y técnicas las cuales permiten identificar, valorar y visualizar los elementos involucrados en la implantación mediante el análisis de requerimientos de relaciones y necesidades de espacio.

Para obtener una distribución válida como alternativa al problema planteado, el SLP, se basa en cuatro etapas, además, de relaciones existentes entre los diferentes departamentos; para aplicar el método son necesarios como entradas los siguientes datos:

**Producto (P):** aquí también, se considera como producto a los materiales, materia prima, productos en curso, producto terminado, entre otros.

**Cantidad (Q):** se define como la cantidad de material o producto tratado, trasladado, transformado, que se utiliza durante el proceso.

**Recorrido (R):** definido como la secuencia y orden de las operaciones a las cuales, se someterán los productos.

**Servicios (S):** se considera aquí los servicios auxiliares de producción, servicios para el personal de planta, etc.

**Tiempo (T):** definido como la unidad de medida para poder determinar cantidades de material o producto, debido a que éstos habitualmente, se miden en unidad de masa o volumen por unidad de tiempo (Antonio, 2006).

### Procedimiento para aplicar el método SLP



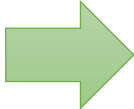


El primer paso para la aplicación del método SLP (Systematic Layout Planning) es obtener el diagrama de proceso.

#### 1. Diagrama de proceso

El diagrama de proceso, también, es conocido como flujograma de información mismo que describe y representa la secuencia de actividades que hace la organización y relaciona entre si las actividades de una manera gráfica debido a la facilidad de interpretación de las actividades, secuencias, incluye las entradas y salidas inmersas en un proceso (Zapata & Álvarez, 2005).

En la tabla 1, se muestra la simbología ASME que utilizan las empresas para representar los procesos mediante los diagramas de flujo.

Tabla 1. Simbología ASME para diagramas de proceso

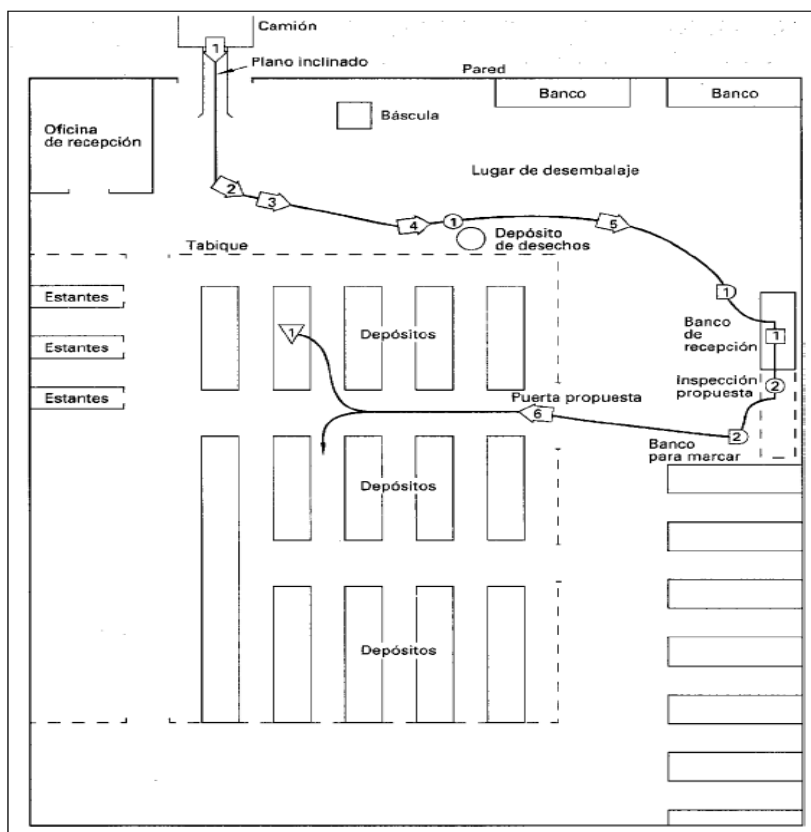
SÍMBOLO	ACCIÓN	DESCRIPCIÓN
	Operación	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección	Indica, que se verifica la calidad y/o cantidad de algo.
	Desplazamiento o transporte	Indica el movimiento de los empleados, material y equipo de un lugar a otro.
	Espera o depósito provisional	Indica demoras en el desarrollo de los hechos
	Almacenamiento	Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo, o de un objeto cualquiera en un almacén.

Fuente: (Sanz, Carmona, Pérez, Rivas & Tejedor, 2012).

## 2. Diagrama de recorrido

También, conocido como diagrama de flujo mediante el cual los analistas elaborarán la representación gráfica de la distribución de pisos y edificios e identifican cada actividad por medio de símbolos y números, la dirección de flujo se identifica al colocar periódicamente pequeñas flechas en la ruta de las líneas de flujo. A su vez es un complemento útil del diagrama de proceso y facilita el desarrollo de una configuración ideal y optima de la planta (Niebel & Freivalds, 2009).

Figura 4: Ejemplo de diagrama de recorrido



Fuente: (Kanawaty, 1998).

### 3. Relación entre actividades

Consiste en un cuadro organizado en diagonal en el cual, se establecen las relaciones existentes entre las diferentes actividades productivas, medios auxiliares, sistemas de manutención y los diversos servicios que forman parte de la planta, para lo cual, se emplea el diagrama de relaciones Dorben.

Figura 5: Tabla relacional de actividades

Código	Relación
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	Rechazable

1- Oficinas	U																			
2- Torneado	U	U																		
3- Arenado	I	U	U																	
4- Montaje	U	U	U	I																
5- Roscado	O	U	U	U	U															
6- Prensado	I	U	A	O	U	I	A													
7- Inspección	U	U	U	E	U	U	U													
8- Pulido	U	U	U	U	U	U	U													
9- C.N.C.	U	U	U	U	U	U	U													
10- Fresado	U	U	U	U	U	U	U													
11- Expedición	U	U	U	U	U	U	U													

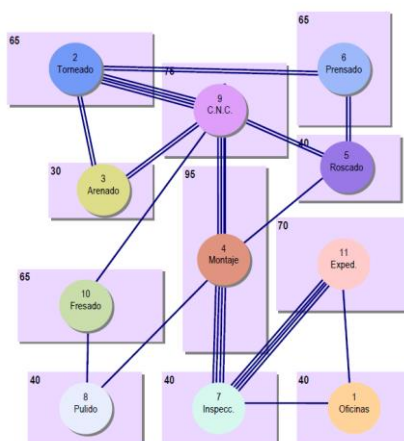
Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009).

#### 4. Diagrama relacional de espacios

Es una representación espacial similar a los diagramas de recorrido y actividades presentados previamente, normalmente el analista emplea símbolos distintivos debido a, que se añadirán modificaciones referentes a la actividad como, por ejemplo, manejo del material, número de equipos, necesidades personales, operaciones de levantamiento sobre el piso (Niebel & Freivalds, 2009). Para esto el analista, se basará en la tabla de valores de relación del método SLP (Systematic Layout Planning), que se presenta en la figura 6.

Figura 6: Diagrama relacional de espacios

Relación	Valores más cercanos	Valor	Líneas en el diagrama	Color
Absolutamente necesario	A	4	=====	Rojo
Especialmente importante	E	3	=====	Amarillo
Importante	I	2	=====	Verde
Ordinario	O	1	=====	Azul
Sin importancia	U	0	-----	
No deseable	X	-1	~~~~~	Café



Fuente: (Antonio, 2006).

Mediante un proceso de identificación y descripción de las actividades el SLP (Systematic Layout Planning) finaliza con la implementación de la mejor alternativa, en la cual el proyectista opta por generar diversas formas de Layout de planta en forma manual con un criterio subjetivo o emplea técnicas metaheurísticas con la evaluación de estos (Aguilar, 2017).

#### FlexSim

Fuente alternativa desarrollada por Nordgren Bill, King Cliff, Hullinger Roger, Lavery Eamonm y Johnson Anthony para simulador de procesos en un entorno virtual que permite recrear, modelar, ejecutar, analizar y entender sistemas del mundo real desde procesos como

la manufactura, líneas de ensamble, logística, cadena de suministros y de servicio entre otras, el software utiliza información real para que la simulación sea una réplica fiel del sistema en estudio, con el propósito de ejecutar diferentes escenarios para analizarlos y encontrar la evidencia necesaria para validar las decisiones sin correr el riesgo de experimentar en el mundo real (Marmolejo, Robles, Macías, & Mayorga, 2013).

### **Objetos del modelo**

El software FlexSim posee una amplia librería de componentes. A continuación, se presenta el listado de los principales objetos, que se utilizan como herramientas para la simulación de procesos.

- **Flowitems (Elementos de flujo):** Comprende objetos, que se trasladan a través del modelo y representarán productos, partes, ensambles, contenedores o cualquier cosa, que se mueva a lo largo del proceso, que se simula
- **Source (entrada):** Crea los productos que van a desplazarse por el modelo, en este objeto, se crean las secuencias de abastecimiento de los productos al modelo
- **Sink (salida):** Es un recurso utilizado para sacar del modelo los flowitems ya tratados
- **Queue (cola o buffer de acumulación):** Se usa para el almacenamiento de los flowitems con arribos que serán en segundos, minutos, horas, días, entre otros
- **Processor (máquina):** Simula el procesamiento de los flowitems en el modelo, este objeto representa una máquina de una fábrica, un cajero que atiende a un cliente en un banco, un empleado del correo que acomoda paquetes, el tiempo de curación de un enfermo, entre otros
- **Combiner (combinador):** Se utiliza para agrupar varios flowitems para luego ser tratados juntos, este objeto, se usa para simular procesos de montaje, unión, pegado, soldadura, empaquetado, entre otros
- **Operator (operario):** Representa a los operarios que realizan operaciones de preparación, procesado o reparación y para trasladar productos de un objeto a otro
- **Transporter (transporte):** Utilizado para transporta objetos de un sitio a otro dentro del modelo (Marmolejo, Robles, Macías, & Mayorga, 2013).

### **1.3 Industria siderúrgica**

Donoso (2017), al hablar de industria siderúrgica es considerada como una industria básica del desarrollo económico mundial del último siglo, a través del proceso que consiste en la extracción y la utilización del hierro para conseguir distintas aleaciones y tipos de minerales de acuerdo con el tipo de tratamiento. Es importante distinguir que es una industria muy amplia en la cual, se elaboran una gran variedad de productos y subproductos de alta demanda en el mercado, entre estos, se mencionan:

- Tuberías
- Cubiertas metálicas
- Perfiles laminados
- Perfiles estructurales
- Varilla de construcción
- Piñones
- Tapas y rejillas de alcantarillado
- Pesas y Mancuernas
- Poleas
- Bancas y sillas

Cabe mencionar que, para el correcto funcionamiento de una industria siderúrgica, se necesita de una elevada inversión en insumos, maquinaria, equipos, recursos tecnológicos, mano de obra especializada, calificada y con experiencia, debido a, que se fabrica una gran diversidad de productos los cuales cumplen una serie de procesos dentro de la cadena de producción.

#### **Origen del hierro – proceso de obtención**

La industria siderúrgica en la actualidad es una de las más importantes en cuestión de procesos de transformación del hierro razón por la cual es de suma relevancia conocer el origen de este metal desde épocas remotas y su utilización. El hombre primitivo manipuló por primera vez el hierro meteórico hace 1400 años J.C este hallazgo, se vio ampliamente asignado a la tribu de los Hititas ubicados en la zona sur del mar Negro que adquirieron el conocimiento de cómo tratar este material a partir de los Calibos quienes eran un linaje de gran sabiduría en cuanto al oficio de la herrería es así como el clan Hitita contemplo el hecho de mantener por 200 años la exclusividad de este metal como manera de comercio entre los

Egipcios, Sirios, Fenicios y Sumerios (López, 2010). Su mecanismo de obtención se vio relacionado de manera rustica, se realizaba un agujero en el suelo en donde, se prendía fuego y, se colocaba carbón y otros minerales y mediante cañas o fuelles ponderaban el aire, para perfeccionar este proceso, se implementó más adelante paredes de arenisca, barro y arcillas las cuales median aproximadamente 800 mm (López, 2010). Como, se sabe la mayor parte del hierro, se focaliza en la corteza terrestre del planeta el cual posee la combinación de otros minerales como son el caso de ( óxidos, carbonatos, sulfuros); desde épocas remotas la necesidad del hombre, se ha visto involucrada en cuanto a la transformación de este material el cual, como se mencionó anteriormente fue empleado en múltiples aspectos tanto de tipo decorativo como en el ámbito mecánico es así, que se someterán a procesos como son lavado, triturado, clasificado y separación de la ganga (Masaitis, 2013). El aumento de volumen, así como la cantidad de países productores reflejan la importancia del sector siderúrgico que es la base sobre la cual, se asienta el desarrollo de un país en el aspecto económico y social debido a la gran cantidad de actividades que requieren la participación del factor humano es por ello que las industrias contarán con la tecnología de punta y personal calificado que permitan obtener productos de buena calidad y precio, esto favorece al crecimiento de la industria (Mendoza, 2018).

Los productos siderúrgicos son aquellos en donde el carbón, se emplea en diferentes porcentajes para mejorar sus propiedades y sus niveles de impurezas los cuales son hierro, arrabio, acero y fundiciones (López, 2010).

Tabla 2: Composición de Productos Siderúrgicos

Hierro	0.06 % de C
Arrabio	3 y 4 % de C
Acero	0.06 y 1.7 % de C
Fundiciones	2 y 6.66 % de C

Fuente: (López, 2010)

Adicionalmente el proceso de inmersión de materias primas, minerales, chatarra, fundentes, coque, y escoria tienen un nivel de importancia considerable en el proceso de obtención del Acero (López, 2010).


En una planta siderúrgica es importante distinguir las áreas establecidas para conocer los procesos y operaciones inmersos en cada una de ellas, la mayoría de las empresas generalmente disponen estratégicamente de las siguientes áreas principales:




- Área de almacenamiento de chatarra.
- Área de selección de chatarra.
- Área de fundición
- Área de acabado
- Área de almacenamiento

**Área de almacenamiento de chatarra:** La chatarra para los procesos siderúrgicos son recolectadas a partir de áreas de producción en donde estas, se ven sometidas a procesos de separación, limpieza, cortes y prensas; todo esto gracias a los hornos eléctricos los cuales funcionan a partir de pistones a presión, de esta área, se obtienen los bloques de chatarra los cuales están listos para el proceso de fundición (Gutierrez , Gonzáles Hernán. & Hernández, 2010).

**Área de selección de chatarra:** En esta sección, se procede a la selección de la chatarra que va a ingresar al contenedor del horno cubilote en chatarra fina para una fundición rápida a estado líquido, chatarra semi gruesa que mantiene la fundición en estado líquido y chatarra gruesa la cual no permite que el calor, se escape (Soledispa & Correa, 2015)

Tabla 3: Tipos de chatarra

TIPO DE CHATARRA	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
<p>Tipo A</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chatarra pesada</li> <li>• Espesor: 6mm</li> <li>• No requiere procesos de preparación (compresión mediante maquinaria a través de sistemas hidráulicos).</li> <li>• No requiere proceso de oxicorte (mediante sopletes de oxidación violenta)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piezas de equipo caminero</li> <li>• Piezas de maquinarias</li> <li>• Material troquelado</li> <li>• Rieles y partes de ferrocarril</li> <li>• Aros de vehículos</li> <li>• Piezas de fundición</li> </ul>

<p>Tipo B</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chatarra pesada y semipesado</li> <li>• Dimensiones: 50x50x50 m</li> <li>• Requieren de procesos de preparación (corte o cizallado)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras (galpones, baldes de volquetas)</li> <li>• Tubos, vigas, ángulos</li> <li>• Rollos de alambres amarrados</li> <li>• Material de cerrajería</li> </ul>
<p>Tipo C</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chatarra de tipo liviano y con poca densidad</li> <li>• Requiere de procesos de preparación (Compactación, Cizallado)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carrocerías de buses o vehículos</li> <li>• Carcasas de electrodomésticas</li> <li>• Lata suelta</li> <li>• Chatarra doméstica</li> </ul>
<p>Tipo Naval</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procedente de embarcaciones o naves</li> <li>• Procesos de preparación (desgasificación, que se denomina a la limpieza, que se realiza a la nave de sustancias tóxicas.</li> <li>• Proceso de desguace (cortes de partes de un barco con dimensiones de 50x50x50).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buques cisterna de transporte de petróleo</li> <li>• Barcos pesqueros</li> <li>• Gabarras</li> <li>• Barcos de guerra</li> <li>• Buques graneleros</li> </ul>

Fuente: (Elaboración Propia)

**Área de fundición:** En esta área, se recibe toda la chatarra para proceder con el proceso de fundición el horno opera de manera continua su forma es cilíndrica y están compuestos de una capa interior de ladrillos y una capa exterior de acero, sus tamaños varían y, se utilizan para derretir y convertir el mineral en hierro fundido (Donoso, 2017).

En el horno eléctrico, se da el proceso de fundición de la chatarra que fue previamente seleccionada para así poder obtener las características químicas, que se desean en función del control mediante espectrómetros de lecturas directas, este horno entra en fundición con minerales tales como la cal y ferro aleaciones a una temperatura de 1800 °C (Gutierrez , Gonzáles Hernán, & Hernández, 2010). Una vez obtenidas estas lecturas el proceso, se vuelca en el horno cuchara el cual, se encuentra libre de escorias y con el ajuste esencial para la obtención del acero líquido con aditamentos de carbono y azufre, luego de este proceso se

entra a un proceso de acabado denominado colada continua en donde, se obtendrá una solidificación del acero (De la Cruz Martínez, 2011).

Figura 7: Horno cuchara



Fuente: (De la Cruz Martínez, 2011)

**Área de acabado:** En esta sección el objetivo primordial es solidificar el acero mediante pasos constantes en donde el mismo, que se encontraba en el horno cuchara es vaciado en un molde denominado artesa el mismo, que se encuentra en contacto con el agua en donde este servirá de refrigerante para poder solidificar el acero a través de todo su trayecto. Gracias a este proceso, se obtiene un planchón con un ancho y espesor específicos los cuales serán cortados mediante un oxicorte a la salida del proceso de la colada continua de planchones (De la Cruz Martínez, 2011).

Figura 8: Colada continua de planchones



Fuente: (De la Cruz Martínez, 2011).

La maquinaria para colada continua de palanquillas está conformada por tubos de cobre los mismos que poseen un sistema de refrigeración interna el cual, se mantiene controlado a

partir de una hebra y un agitador magnético, luego de esto, se obtiene una capa gruesa de acero dentro de un molde la misma que estará sometida con rociadores de agua con una velocidad constante, finalmente, se endereza la hebra en función de los rodillos para luego ser cortada mediante oxígeno-propano (De la Cruz Martínez, 2011).

Figura 9: Colada Continua de palanquillas



Fuente: (De la Cruz Martínez, 2011).

Para el vaciado en moldes metálicos, se construirá las dos secciones con metales capaces de resistir altas temperaturas, se fabrican comúnmente de hierro fundido y acero. El diseño permite abrir y cerrar el conjunto con gran facilidad para remover la pieza terminada, los moldes permanentes, se adaptan a la producción de piezas pequeñas o medianas que tienen un buen acabado superficial y alta precisión dimensional (Martínez, 2016).

Figura 10: Molde o coquilla para fundición



Fuente: (Martínez, 2016).

Para Bisbal, Gómez, Di Yorio & Pérez (2015), la fundición en arena es un método de gran versatilidad que posee propiedades y características adecuadas que permitan fundir piezas

en cantidades de producción que van desde una pequeña a millones de piezas grandes, consiste en verter el metal fundido en un molde con una mezcla de arena sílice y bentonita para dejarla solidificar por un tiempo determinado y posteriormente romper el molde para remover el producto final.

Figura 11: Molde de arena



Fuente: (Bisbal, Gómez , Di Yorio & Pérez, 2015).

**Área de almacenamiento:** El almacenamiento del producto que procede de un lote, modelo o serie que producen las empresas o fábricas del sector metalúrgico está destinado en una sección, sitio o área acorde con el lugar de producción que disponga de anaqueles o estanterías para garantizar el orden, clasificación y cuidado, que se tiene con el producto terminado para evitar así que la humedad afecte la calidad de los productos (Granados & Puentes, 2016).

Figura 12: Área de almacenamiento



Fuente: (Granados & Puentes, 2016).

## Proceso productivo en la industria siderúrgica

En una planta siderúrgica el proceso de fabricación de productos intermedios de acero sin alear y hierro están conformados por varias actividades que necesitan de la participación directa e indirecta del personal operativo entre los cuales, se detallan a continuación:

Tabla 4: Proceso de producción en una industria siderúrgica

PROCESO	DESCRIPCIÓN
Preparación de chatarra	A partir de la recuperación de materiales, que se obtienen del proceso de reciclaje.
Sinterización	Pretratamiento en la producción de hierro por medio del calentamiento de mineral de hierro fino de coque o carbón.
Altos hornos	El mineral, se convierte en hierro fundido.
Acerías	Sitio donde, se realiza la conversión de hierro fundido en acero.
Fundición en molde metálico	Método de fundición de piezas de aluminio por gravedad. En este método, el metal fundido, se vierte en un molde de metal permanente, generalmente de hierro fundido.
Laminación	Las máquinas laminadoras aplanan el acero que surge del proceso de metalurgia para crear materia prima en forma de planchas.
Decapado	Se realiza el tratamiento superficial de las piezas para poder eliminar impurezas.
Acabado	Posterior a los procesos de laminación y decapado, se procede al acabado de la superficie para su terminación.

Fuente: Elaboración propia

A través del análisis con las diferentes temáticas, se determina que la mejor distribución en planta es aquella que integra a los trabajadores, espacios de trabajo, materiales, maquinaria y las actividades del proceso productivo para encontrar soluciones adaptables de acuerdo con el tipo de empresa. Con la aplicación de la metodología Systematic Layout Planning (SLP) y el uso del software de simulación Flexsim, se prevé una mejora significativa en la nueva distribución en planta para la empresa Siderúrgica Tungurahua.

## CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

### 2.1 Tipo y enfoque de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada debido a, que se buscara generar un adecuado y seguro espacio de trabajo, se desarrolla un análisis para la mejora de tiempos y movimientos en los procesos productivos del área de fundición y mecánica, con la finalidad de buscar soluciones viables para la propuesta de un nuevo Layout de planta con respecto a la distribución actual de la empresa “SIDERÚRGICA TUNGURAHUA CIA. LTDA”.

Debido a que el estudio, se realizará dentro del entorno físico de la empresa, la investigación posee características de campo que permiten al investigador conocer la realidad actual de la empresa para obtener la información necesaria de cada área en estudio que servirá para proponer un nuevo Layout de planta que dé solución a los problemas que tiene la empresa.

El proyecto tiene un enfoque cualitativo, la recolección de datos radica en obtener las características y necesidades de todos los involucrados en el proceso productivo de la empresa; en este caso el personal operativo y administrativo son de vital importancia para el desarrollo de la investigación, debido a, que se obtendrán datos importantes de cada área para identificar los posibles errores dentro de los procesos de la empresa.

### Grupo de estudio

Se va a tomar en consideración para la presente investigación el número de empleados de la empresa Siderúrgica Tungurahua, entre personal operativo (obrero) y administrativo (gerente general). La empresa consta con un total de 8 trabajadores, los mismos, que se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Población de estudio

DEPARTAMENTO	NÚMERO
Operario/Obrero	7
Gerencia Administrativa	1
TOTAL	8

Fuente: elaboración propia

Debido a que la población en estudio es pequeña y no supera los cien elementos, toda la población pasa a constituir parte de la muestra de investigación. Para la presente investigación, se utilizó como método la observación deductivo-inductivo para obtener un

registro real de lo que ocurre en las áreas que conforman la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.

### **Método de investigación**

Para la presente investigación, se utilizó como método la observación deductivo-inductivo para obtener un registro real de lo que ocurre en las áreas de la empresa Siderúrgica Tungurahua.

### **Recolección de información**

Para esta investigación las técnicas empleadas para la recolección de información serán: la observación directa, entrevista con preguntas de tipo abierta y encuestas que permiten establecer la manera de realizar el trabajo. Las entrevistas fueron aplicadas a la gerente general Ing. María Cristina Vayas López, persona que conoce de forma cercana la situación actual de la empresa en estudio y al personal operativo inmerso en el proceso de fundición y mecánica de la empresa Siderúrgica Tungurahua, permite recabar información invaluable sobre la forma en la cual, se lleva a cabo las actividades, los lugares en el cual la producción presenta problemas y el análisis de la distribución actual de la planta para poder proporcionar posibles soluciones orientadas a mejorar los resultados.

### **2.2 Análisis de resultados de las entrevistas**

Con el objetivo de conocer información de la empresa para saber cuál es la situación actual, se procede a la entrevista a la gerente general Ing. María Cristina Vayas López, y una encuesta a los trabajadores que forman parte de la empresa Siderúrgica Tungurahua. El formato de la entrevista se encuentra en el Anexo 1.

**1) ¿Posee la empresa un diagrama organizacional, misión, visión, objetivos y valores?**

La empresa actualmente si posee el diagrama estructural, misión, visión, principios y valores corporativos, sin embargo, carece de objetivos. Por lo que, la empresa no mide la eficacia o productividad.

**2) ¿Cuáles son los productos con mayor demanda en el mercado?**

La empresa Siderúrgica Tungurahua fabrica algunos productos, pero el que más acogida tiene en el mercado son los piñones de diferente medida, sin dejar a un lado los herrajes, repuesto para curtiembre, discos y tambores de freno, pesas, mancuernas y rejillas para alcantarilla que son los productos que tienen similares procesos.

**3) ¿Qué producto tiene el proceso de fabricación más complejo?**

El producto que presenta un proceso de fabricación complejo son los piñones de ataque, por las diversas actividades, que se realizan.

**4) ¿Se realizó algún estudio para la distribución actual de las instalaciones?**

En el año de 1995 con necesidad de una planta de mayor producción la empresa, se trasladó a la vía a Aguajan donde actualmente funciona, pero, no se realizó ningún estudio o análisis para dicha distribución.

**5) ¿Considera que es necesario definir los procesos que intervienen en la línea de fabricación de la empresa?**

Al presente, no se encuentra definido los procesos que intervienen en la producción y sería necesario evidenciarlos en algún documento para que, de esta manera, se optimice la materia prima e insumos utilizados para los diferentes procesos.

**6) ¿Cuáles son los problemas, que con mayor frecuencia se han presentado en la línea de producción de la empresa?**

El principal de los problemas, se ha generado por fallas humanas debido a confusiones al momento de transportar y ubicar el producto al siguiente proceso, como medida, se ha considerado en dar charlas frecuentes al personal.

**7) ¿Qué área de la empresa considera que tiene problemas?**

En base a la experiencia que he adquirido a lo largo de los años considero que el área que presenta problemas es la de metal mecánica.

**8) ¿Los trabajadores conocen todo el proceso productivo, que se desarrolla en la empresa?**

Si, los trabajadores que laboran en la empresa conocen los procesos, sin embargo, para el uso de ciertas máquinas proceso en específico, se asigna a quien conoce a fondo sobre la actividad.

**9) ¿La productividad de la empresa en los últimos años ha aumentado, disminuido o se mantiene constante?**

Al transcurrir los años por falta de pedidos de nuestros clientes potenciales y además, sumarle la competencia que existe en el mercado la producción de la empresa ha disminuido considerablemente.

Se analiza los resultados de la entrevista realizada a la gerente general Ing. María Cristina Vayas López, se obtiene datos relevantes para el desarrollo de la investigación, debido a que la empresa no realizó ningún análisis de distribución para trasladarse a su nueva instalación, lo que ocasionó una incorrecta distribución de las áreas y por ende, se presentan inconvenientes a lo largo del proceso productivo de la empresa. Adicionalmente, se aplicó una encuesta al personal que trabaja en las áreas de fundición y mecánica, con la finalidad de conocer la situación actual de la empresa. El formato de la encuesta, se encuentra en el Anexo 2.

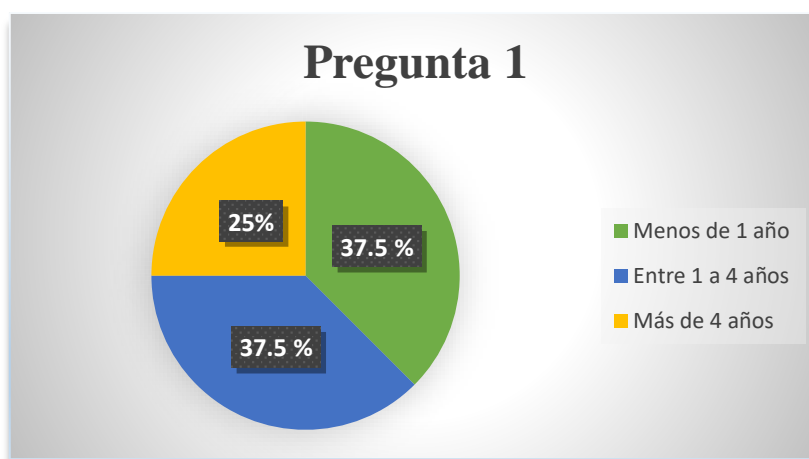
### **Pregunta1. ¿Cuántos años trabaja en la empresa Siderúrgica Tungurahua?**

Tabla 6: Pregunta 1 – encuesta

Estrato	N° Trabajadores
Menos de 1 año	3
Entre 1 a 4 años	3
Más de 4 años	2
TOTAL	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Resultados de la pregunta 1



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 13 el 25 % de los trabajadores laboran por más de 4 años, lo que indica que este porcentaje de trabajadores poseen conocimientos, destrezas, cualidades y aptitudes para poder enfrentar y solventar problemas, que se presenten en la empresa, los trabajadores que laboran entre 1 a 4 años en cierta medida no conocen a fondo el proceso de

producción de las áreas de la empresa y por último, el 37.5% que corresponde a los trabajadores que laboran menos de 1 año específicamente trabajan en un solo proceso.

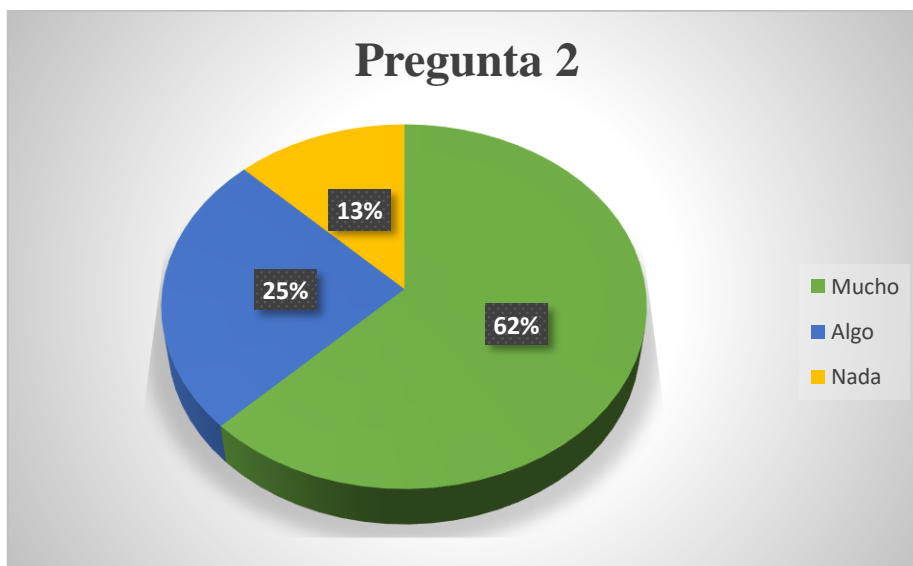
**Pregunta 2. ¿Conoce sobre el funcionamiento de la maquinaria utilizada para la fabricación de los productos?**

Tabla 7: Pregunta 2 – encuesta

Estrato	N° Trabajadores
Mucho	5
Algo	2
Nada	1
TOTAL	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 14: Resultados de la pregunta 2



Fuente: Elaboración propia

El 62 % de trabajadores que forman parte de la empresa tienen conocimiento sobre el funcionamiento y operación de todas las máquinas que forman parte del proceso productivo, por lo cual, se adaptarán sin inconveniente en cualquier área de la empresa.

Los trabajadores con un porcentaje de conocimiento sobre el funcionamiento de las máquinas equivalente al 25%, son personas que trabajan en un área determinada, sin la posibilidad de rotar su trabajo por ende no son multifuncionales. En el caso del 13% son personas que brindan apoyo a los procesos de producción o a su vez forman parte del área de ventas.

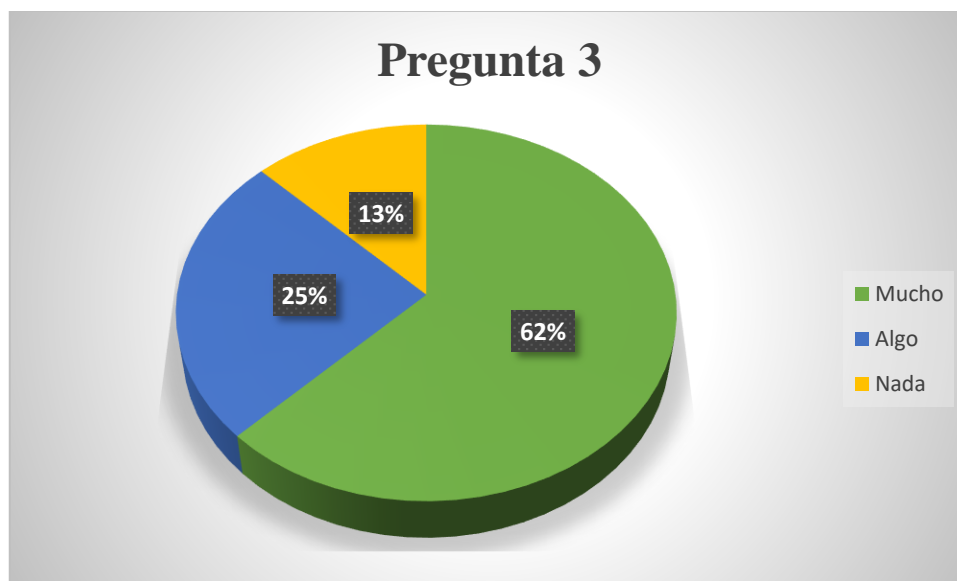
**Pregunta 3. ¿Conoce todos los procesos productivos que forman parte de la empresa?**

Tabla 8: Pregunta 3 – encuesta

Estrato	N° Trabajadores
Mucho	5
Algo	2
Nada	1
TOTAL	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 15: Resultados de la pregunta 3



Fuente: Elaboración propia

El personal operativo el cual hace referencia al 62% conocen sobre los procesos de producción, que se llevan a cabo en la empresa, saben que, como se fábrica y que productos, se obtienen, pero esto no quiere decir que trabajarán en todas las áreas. Sin embargo, existe un porcentaje bajo en el cual conocen poco o nada de los procesos esto, se debe a que son trabajadores recién integrados a la empresa o que colaboran en el proceso de ventas y entrega de los productos terminados.

**Pregunta 4. En base a su criterio, ¿Por qué, se producen las demoras en los procesos de fabricación de los productos?**

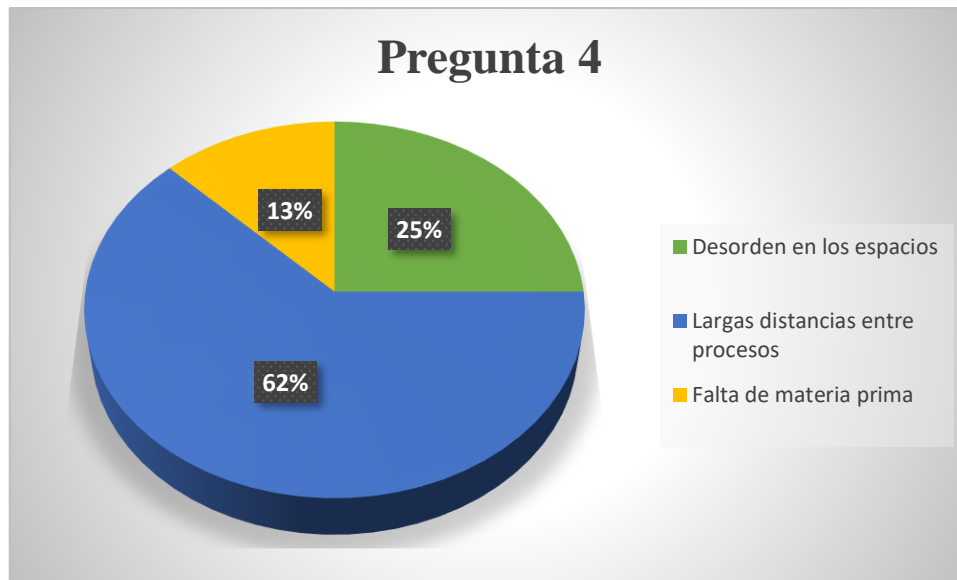
Tabla 9. Pregunta 4 – encuesta

Estrato	N°
Desorden en los espacios	2
Largas distancias entre procesos	5

Falta de materia prima	1
TOTAL	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Resultados de la pregunta 4



Fuente: Elaboración propia

El 62% del total de trabajadores concuerda que las demoras en el proceso de fabricación de los productos se deben a las largas distancias, que se recorren para el desarrollo de las actividades de un proceso a otro, esto tiene concordancia, para la distribución de las instalaciones, no se hizo un previo estudio y análisis. Este porcentaje indica que los trabajadores son conscientes de la realidad que tiene la empresa con respecto a la distribución actual.

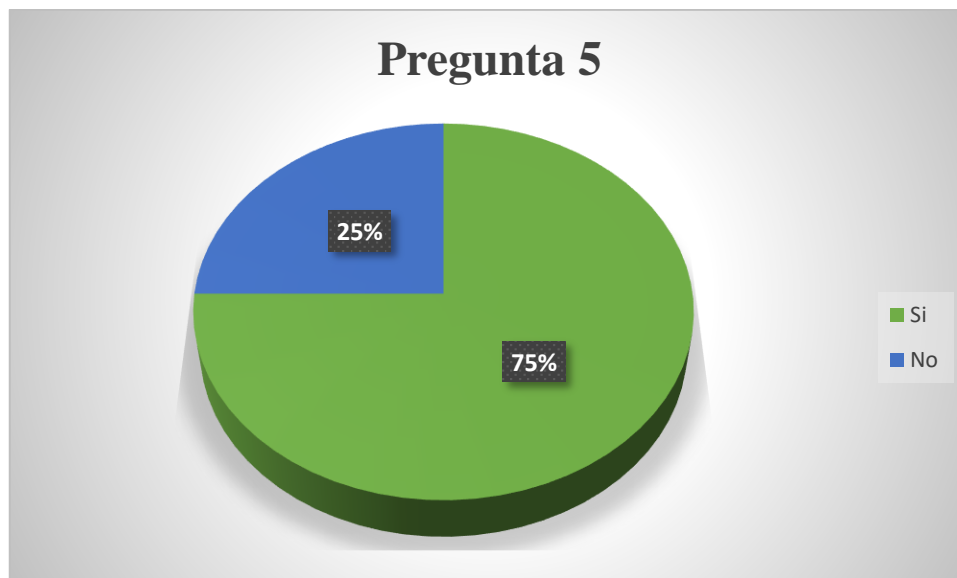
**Pregunta 5. ¿Ha recibido usted algún tipo de capacitación para realizar su trabajo?**

Tabla 10: Pregunta 5 – encuesta

Estrato	N° Trabajadores
Si	6
No	2
TOTAL	8

Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Resultados de la pregunta 5



Fuente: Elaboración propia

El 75% que equivale a las  $\frac{3}{4}$  partes de los trabajadores de la empresa han recibido una inducción o capacitación acerca de cómo realizar el trabajo, por lo general estas indicaciones las reciben de los trabajadores con más años de servicio en la empresa y que conforme avanzan los días adquieren mayor conocimiento mediante la observación de los procesos. Sin embargo, existe un 25% de trabajadores que para la ejecución de su trabajo únicamente recibieron cortas explicaciones o indicaciones generales antes de realizar su trabajo. Se analiza las respuestas, que se obtuvieron al realizar la entrevista a la gerente general de la empresa Siderúrgica Tungurahua, se determina que la empresa tiene una inestabilidad en las operaciones, rentabilidad de producción y la forma tradicional de cómo, se realizan las actividades, por lo tanto, los procesos que se realizan para obtener los diversos productos no son eficientes y, se pierde demasiado tiempo en cambiar de una actividad a otra, ocasiona que la empresa no alcance las metas propuestas.

Del análisis realizado, se evidencia que la situación actual de la empresa presenta problemas en el flujo de los procesos, inadecuada distribución de la planta, inestable administración en la producción, desperdicio de materia prima y retraso en la entrega de productos terminados provoca el desorden en el trabajo diario, actividades desorganizadas, reprocesos, y parada de la producción que afecta considerablemente a la empresa.

### 2.3 Metodología del diseño

El trabajo investigativo, se desarrolló a partir de la metodología DMAIC (Ruíz & Rojas, 2009), la cual, se aplicó de acuerdo con las siguientes fases:

### **Define (Definir)**

En la primera etapa de definición, se presenta información relevante de la empresa, para cubrir la descripción del problema y la manera de llegar a solucionarlo de acuerdo con los objetivos propuestos. Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. es una empresa familiar que la formó Carlos Genaro López, visionario emprendedor que, con conocimientos básicos de metal mecánica, trabajo duro, constancia y calidad en el servicio logro materializar un sueño, constituyéndose en el mayor de sus logros profesionales. En la tabla 11, se muestra la información de Siderúrgica Tungurahua.

Tabla 11. Datos e información de contacto de la empresa

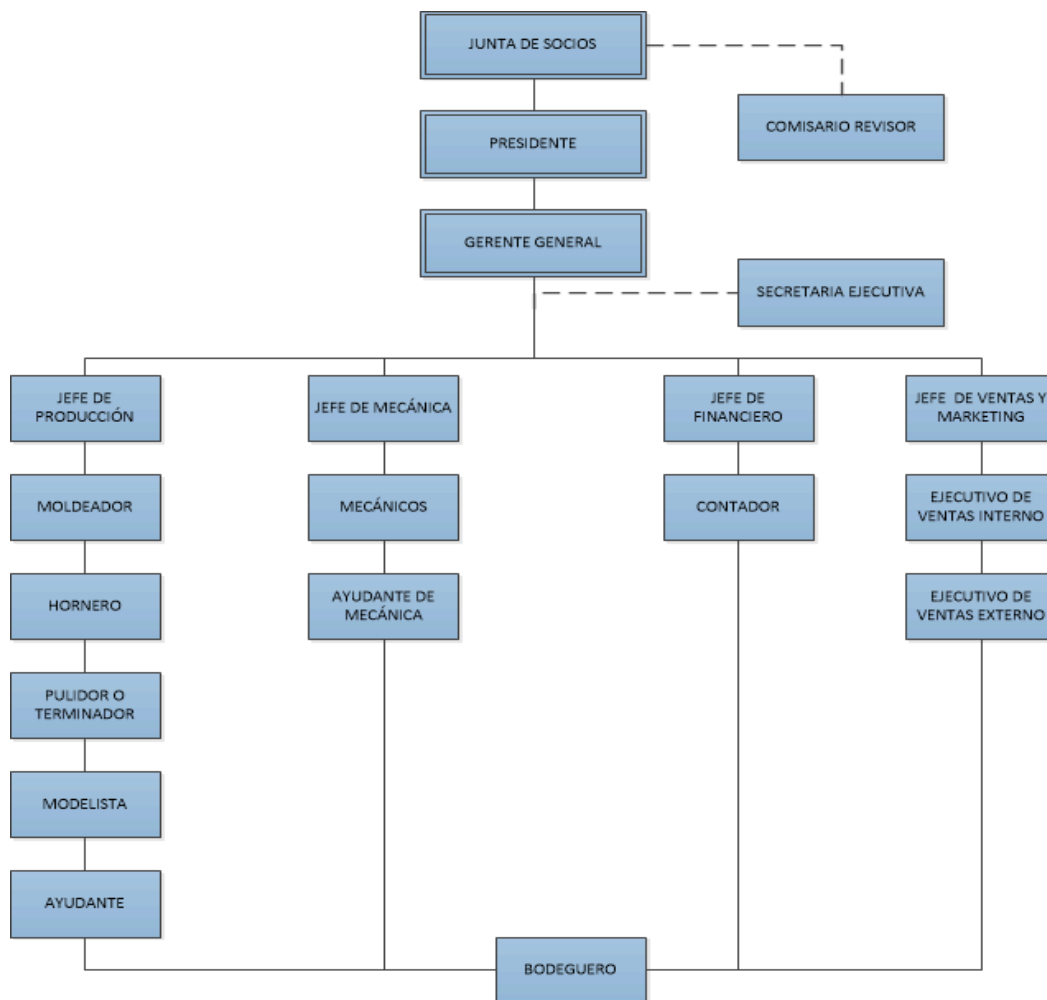
<b>Razón social:</b>	Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.
<b>Contacto:</b>	Ing. María Cristina Vayas López
<b>Dirección:</b>	Vía a Aguaján, 500 metros del final de Miraflores
<b>Ciudad:</b>	Ambato
<b>Teléfonos:</b>	(03) 2460174 - 2460409
<b>Email:</b>	ventas@siderurgicatungurahua.com
	informacion@siderurgicatungurahua.com
<b>Página web:</b>	www.siderurgicatungurahua.com/index.php
<b>Página de Facebook:</b>	www.facebook.com/siderurgica.tungurahua

Fuente: Elaboración propia

### **Organigrama empresarial**

A continuación, en la figura 18, se muestra de manera jerárquica mediante una representación gráfica el organigrama de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.

Figura 18: Organigrama empresarial Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.




Fuente: Elaboración propia

## Productos Ofertados

En la actualidad la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. fabrica una gran variedad de productos entre ellos destacan aquellos, que se muestran en la tabla 12.

Tabla 12: Principales productos de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.

TIPO	NOMBRE	IMAGEN	DETALLE
Juego de herraje y repuestos para curtiembre	Juego de catalina		Medidas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ø 1.4m</li> <li>• Ø 1.5m</li> <li>• Ø 1.8m</li> <li>• Ø 1.9m</li> </ul>

	Plato para bombo		Medidas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ø 110 cm</li> <li>• Ø 60 cm</li> <li>• Ø 90 cm</li> </ul>
Piñones	Piñón de ataque		Medida según la especificación del cliente
Pesas y mancuernas	Pesa		Peso: Desde 3 a 50 libras
	Mancuerna		Peso: Desde 3 a 50 libras
Tambores y discos de freno	Tambor de freno		Medida según la especificación del cliente
	Disco de freno		Medida según la especificación del cliente
Rejilla de alcantarilla	Rejilla de alcantarillado R1		Medidas: 88 x 25 cm
	Rejilla de alcantarilla R2		Medidas: 24.5 x 43.5 cm
	Tapa de alcantarilla		Medidas: Ø 60 cm

Fuente: Elaboración propia

La principal problemática que presenta la empresa es la incorrecta distribución de instalaciones para el proceso productivo debido a que no cuentan con la metodología apropiada por lo cual afecta en la fabricación del producto, se tienen que recorrer largas

distancias, existe desorden de las herramientas y falta de organización por parte de los operarios.

### **1. Measure (Medir)**

En esta fase, se estudia el problema de la empresa mediante la identificación del producto que presenta la mayor demanda del proceso productivo de acuerdo con cada área, para poder disminuir los desplazamientos de los obreros y la distancia total recorrida. Para ello, se utilizará el diagrama de proceso y diagrama de recorrido que forman parte de la metodología SLP.

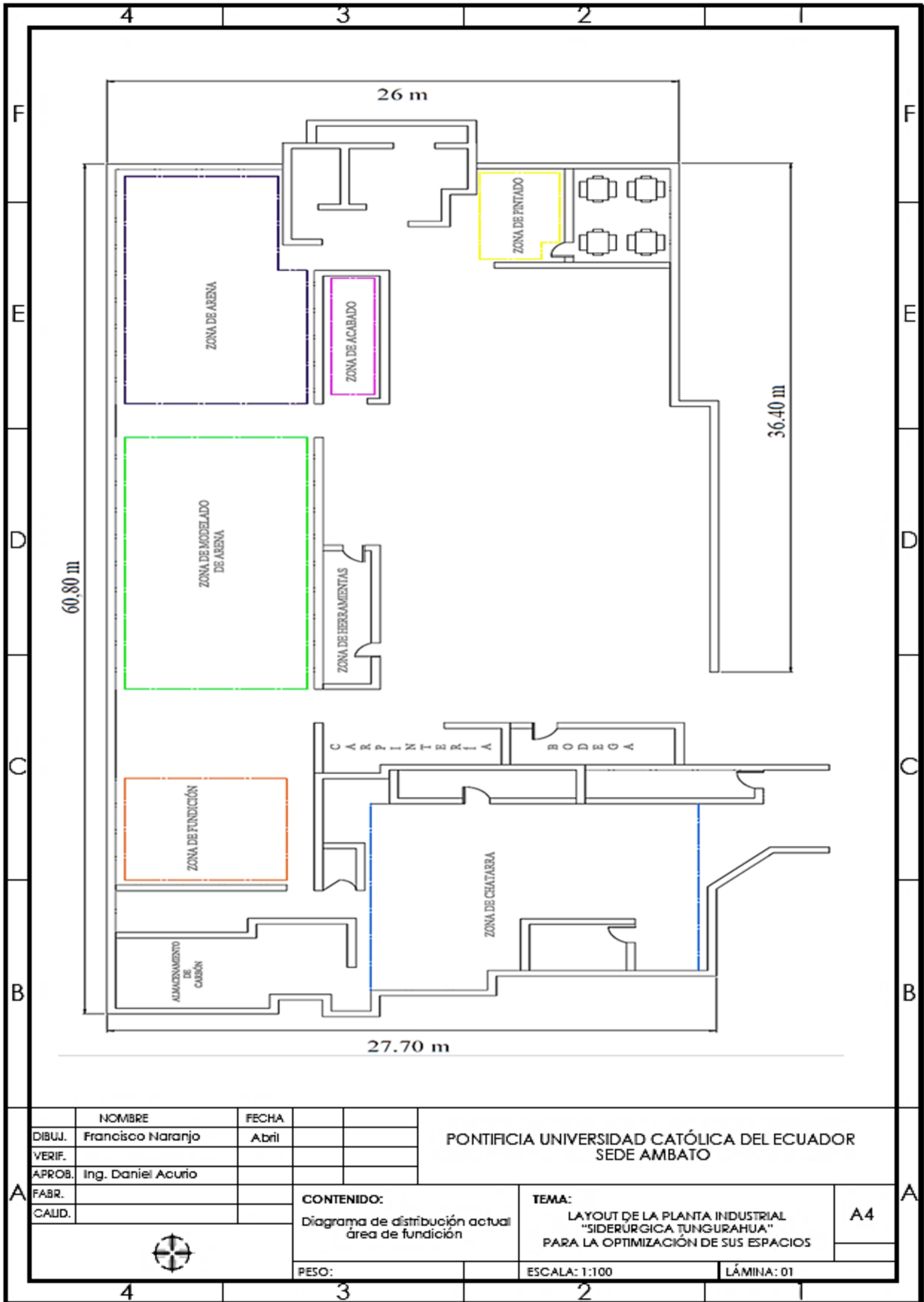
#### **Layout de la empresa**

En la actualidad la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. cuenta con una infraestructura por niveles las cuales están distribuidas de la siguiente manera:

#### **Layout actual - área de función**

En la planta baja de la empresa, se distribuyen las siguientes áreas productivas: bodega, zona de chatarra, almacenamiento de carbón, zona de fundición, zona de modelado de arena, zona de herramientas, zona de acabado y zona de pintado, como se muestra en el croquis en la figura 19.

Figura 19: Layout actual área de fundición

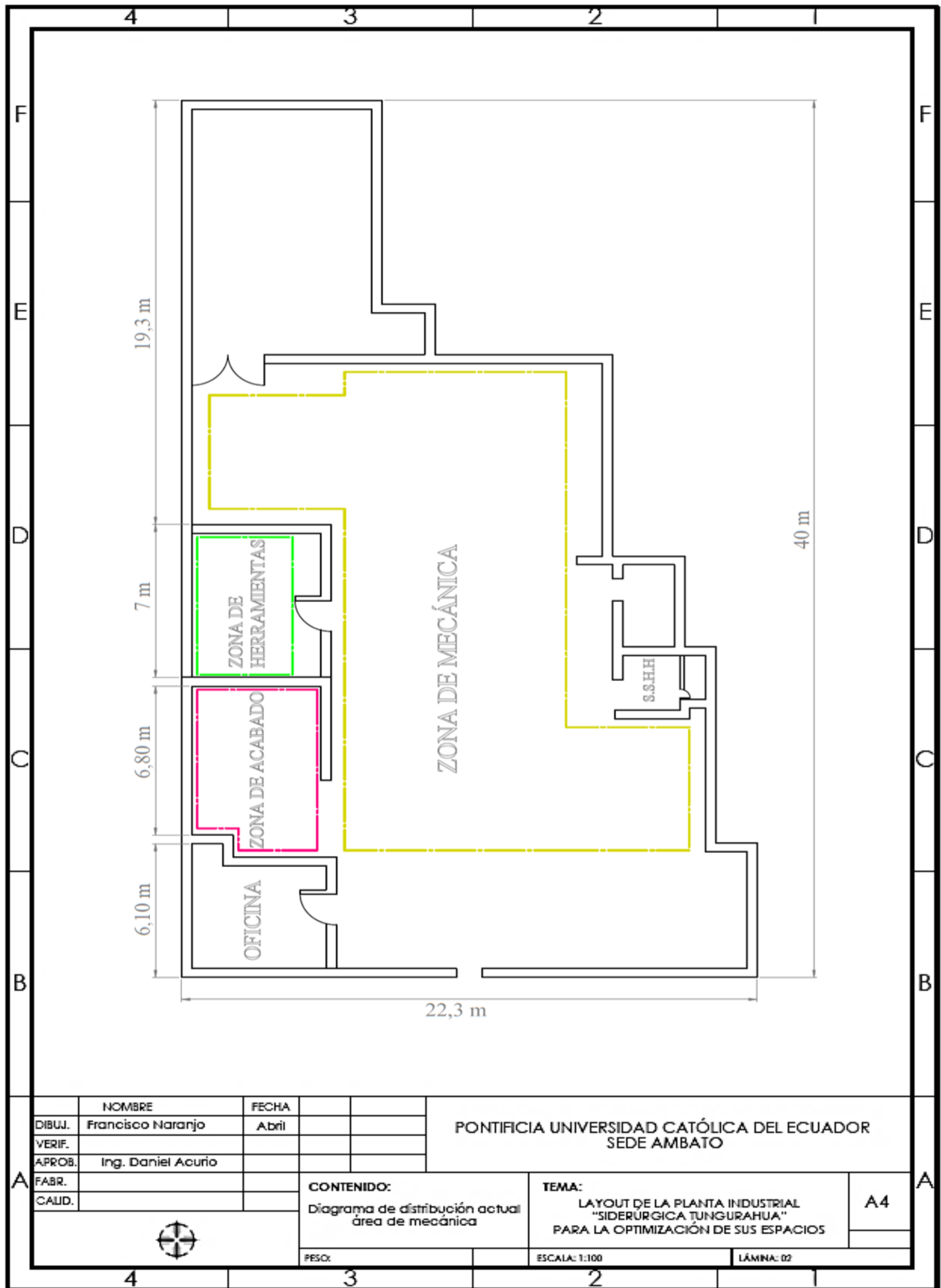


Fuente: Elaboración propia

**Layout actual - área de mecánica**

El resto de las estaciones que forman parte del proceso productivo de la empresa, se sitúan en el primer piso y en esta área, se encuentran las siguientes zonas: zona de herramientas, zona de acabado y zona de mecánica, como se muestra en el croquis de la figura 20. Para continuar con la línea de proceso productivo las piezas que provienen del área de fundición son enviadas hacia el primer piso para sus correspondientes procesos.

Figura 20: Layout actual área de mecánica



Fuente: Elaboración propia

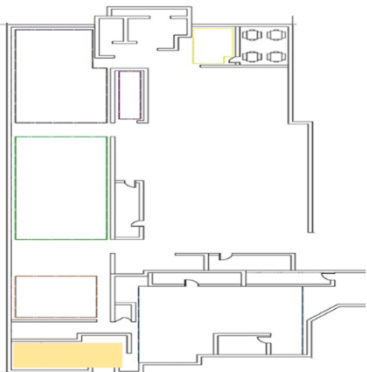

## Distribución actual de la planta por áreas

La distribución de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. en su planta actual tiene un ordenamiento que va acorde a la variación de la demanda y adaptabilidad del espacio que dispone, pero sin tomar en cuenta la optimización de espacio y tiempo. Actualmente la empresa cuenta con las siguientes áreas de trabajo para poder llevar a cabo el proceso productivo.

## Área de almacenamiento de carbón

En esta sección de la empresa, se coloca el carbón coque que sirve de combustible para alcanzar altas temperaturas en los hornos que es necesario, para que se funda la materia prima, como se muestra en la imagen de la tabla 13.

Tabla 13: SLP – Área de almacenamiento de carbón

FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL			
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de almacenamiento de carbón.			
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua		<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 65.1
Vista de planta		Imagen	
			
PRODUCTO (P)			
<b>Producto:</b> Piñón de ataque		<b>Materia Prima:</b> Carbón	
Herramientas			
Descripción	Cantidad	Estado	Marca
Pala cuadrada	4	Bueno	Bellota
Carretilla	1	Regular	Truper
Rastrillo	2	Regular	Bellota
CANTIDAD (Q)			
En esta área, se almacena 1 tonelada de carbón.			
RECORRIDO (R)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción y pesaje de carbón.</li> <li>• Revisión de impurezas presentes en el carbón.</li> <li>• Almacenamiento de carbón.</li> </ul>			
SERVICIOS (S)			
Maquinaria			
Descripción	Cantidad	Marca	

NO APLICA		
Instalaciones		
Eléctrica	Neumática	Sanitaria
SI	NO	NO
Condiciones del ambiente		
Factor	Característica	Valor nominal
Iluminación	Alta	98 lux
Temperatura	Media	29 °C
Ruido	Bajo	60 dB
Ventilación	Alta	
TIEMPO (T)		
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar una parte del proceso es de 12 minutos.		
<b>Observaciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de acceso amplia.</li> <li>• Desorden.</li> <li>• Falta de limpieza.</li> </ul>		

Fuente: Elaboración propia

### Área de materia prima (chatarra)

Se almacena la materia prima que proviene de las personas que recolectan latas, piezas mecánicas o artículos que ya cumplieron su tiempo de vida útil, como se muestra en la imagen de la tabla 14.

Tabla 14: SLP - Área de materia prima

FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL			
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de materia prima chatarra.			
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua		<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 182
Vista de planta		Imagen	
			
PRODUCTO (P)			
<b>Producto:</b> Piñón de ataque		<b>Materia Prima:</b> Chatarra	
Herramientas			
Descripción	Cantidad	Estado	Marca
Carretilla	1	Regular	Truper
Balanza	1	Regular	Camry
CANTIDAD (Q)			
En esta área, se almacena para todo el año 15 toneladas.			
RECORRIDO (R)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción y pesaje de la chatarra.</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificación por tipo chatarra.</li> <li>• Almacenamiento de la chatarra.</li> </ul>		
<b>SERVICIOS (S)</b>		
Maquinaria		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Marca</b>
NO APLICA		
Instalaciones		
Eléctrica	Neumática	Sanitaria
SI	NO	NO
Condiciones del ambiente		
<b>Factor</b>	<b>Característica</b>	<b>Valor nominal</b>
Iluminación	Alta	92 lux
Temperatura	Media	32 °C
Ruido	Bajo	70 dB
Ventilación	Alta	
<b>TIEMPO (T)</b>		
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 11 minutos.		
<b>Observaciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de acceso amplia.</li> <li>• Desorden.</li> <li>• Incorrecta distribución de chatarra.</li> </ul>		

Fuente: Elaboración propia

### Bodega de materia prima

En esta sección de la empresa, se almacena el material que va a ser utilizado en el proceso de fabricación de los productos, especialmente, se encuentran diferentes tipos de secantes y aditivos, como se observa en la imagen de la tabla 15.

Tabla 15: SLP - Área de materia prima

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL</b>		
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de materia prima bodega.		
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua	<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 14.3
Vista de planta	Imagen	
		
<b>PRODUCTO (P)</b>		
<b>Producto:</b> Piñón de ataque	<b>Materia Prima:</b> Secantes – Aditivos	
Herramientas		
NO APLICA		
<b>CANTIDAD (Q)</b>		

En esta área, se almacena los secantes y aditivos necesarios en el proceso de fundición.		
<b>RECORRIDO (R)</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Almacenamiento de secantes.</li> <li>Preparación de aditivos.</li> <li>Colocación de secantes y aditivos.</li> </ul>		
<b>SERVICIOS (S)</b>		
Maquinaria		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Marca</b>
NO APLICA		
Instalaciones		
Eléctrica	Neumática	Sanitaria
SI	NO	NO
Condiciones del ambiente		
<b>Factor</b>	<b>Característica</b>	<b>Valor nominal</b>
Iluminación	Baja	71 lux
Temperatura	Media	35 °C
Ruido	Bajo	53 dB
Ventilación	Alta	
<b>TIEMPO (T)</b>		
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 15 minutos.		
<b>Observaciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de señalización.</li> <li>Espacio desorganizado.</li> <li>Exceso de polvo al no contar con vidrio en la ventana.</li> </ul>		

Fuente: Elaboración propia

### Área de fundición

En la imagen de la tabla 16, se observa el área donde, se realiza la fundición de la materia prima, que se obtiene del depósito de chatarra, para lo cual, se utilizan los hornos cubilotes que alcanzan altos grados centígrados de temperatura hasta alcanzar la fase líquida y proceder a paletear la composición para que sea congruente para poder verter el contenido en el molde que tiene la forma de los productos, que se necesita fabricar.

Tabla 16: SLP - Área de fundición

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL</b>		
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de fundición.		
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua	<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 52.4
Vista de planta	Imagen	

			
<b>PRODUCTO (P)</b>			
<b>Producto:</b> Piñón de ataque		<b>Materia Prima:</b> carbón, chatarra, aditivos.	
Herramientas			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado</b>	<b>Marca</b>
Pala cuadrada	2	Regular	Bellota
Pala redonda	2	Regular	Bellota
Escalera	1	Regular	-
Cuchara tipo tetera	3	Bueno	-
<b>CANTIDAD (Q)</b>			
En esta área la capacidad del horno para realizar el proceso de fundición es para 120 moldes.			
<b>RECORRIDO (R)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación del horno.</li> <li>• Revisar la temperatura del horno.</li> <li>• Aumentar la temperatura del horno.</li> <li>• Fundición de la mezcla.</li> <li>• Supervisión de la fundición.</li> <li>• Paleteada de material fundido.</li> </ul>			
<b>SERVICIOS (S)</b>			
Maquinaria			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Marca</b>	
Horno	2	Furnace	
Instalaciones			
Eléctrica	Neumática	Sanitaria	
SI	NO	NO	
Condiciones del ambiente			
<b>Factor</b>	<b>Característica</b>	<b>Valor nominal</b>	
Iluminación	Baja	71 lux	
Temperatura	Media	35 °C	
Ruido	Bajo	53 dB	
Ventilación	Alta		
<b>TIEMPO (T)</b>			
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 54 minutos.			
<b>Observaciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vías de acceso obstruidas por algunos objetos.</li> <li>• Espacio cerrado con iluminación artificial.</li> </ul>			

Fuente: Elaboración propia

## Área de modelado de arena

En esta área, se obtiene la reproducción en negativo de la pieza, que se va a fabricar para luego colocar el material en estado líquido y al solidificarse adquiere la forma del modelo, como se muestra en la imagen de la tabla 17.

Tabla 17: SLP - Área de modelado de arena

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL</b>			
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de modelado de arena.			
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua		<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 154.8
Vista de planta		Imagen	
			
<b>PRODUCTO (P)</b>			
<b>Producto:</b> Piñón de ataque		<b>Materia Prima:</b> arena	
Herramientas			
Descripción	Cantidad	Estado	Marca
Pala cuadrada	1	Regular	Bellota
Carretilla	4	Regular	-
Martillo	4	Regular	-
Barra de acero	2	Bueno	-
Pico	1	Regular	-
<b>CANTIDAD (Q)</b>			
En esta área, se utiliza para tres años 7 metros cúbicos de arena.			
<b>RECORRIDO (R)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparación de arena de relleno.</li> <li>• Preparación de arena contacto.</li> <li>• Tamizar la arena.</li> <li>• Mezcla de arena.</li> <li>• Colocar los moldes en los sitios respectivos.</li> <li>• Verter la colada proveniente del horno en los moldes de madera o metal.</li> </ul>			
<b>SERVICIOS (S)</b>			
Maquinaria			
Descripción	Cantidad	Marca	
Mezcladora de arena	2	Eirich	
Zaranda de cilindro	1	-	
Compresor	1	Schulz	
Instalaciones			
Eléctrica		Neumática	Sanitaria

SI	SI	NO
Condiciones del ambiente		
Factor	Característica	Valor nominal
Iluminación	Alta	102.4 lux
Temperatura	Alta	37.6 °C
Ruido	Medio	77 dB
Ventilación	Media	-
<b>TIEMPO (T)</b>		
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 121 minutos.		
<b>Observaciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se encuentran objetos y materiales de otras áreas</li> <li>• Espacio cerrado con iluminación artificial.</li> <li>• Falta de mantenimiento en las máquinas.</li> </ul>		

Fuente: Elaboración propia

### Área de mecánica

Las piezas provenientes el área de modelado son mecanizadas, en esta área, como se observa en la imagen de la tabla 18, se dispone de esmeriles, taladros de pedestal, tornos, fresadoras y soldadoras que son utilizadas según el tipo de pieza a fabricar.

Tabla 18: SLP - Área de mecánica

FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL			
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de mecánica.			
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua		<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 198
Vista de planta		Imagen	
			
PRODUCTO (P)			
<b>Producto:</b> Piñón de ataque		<b>Materia Prima:</b> hierro fundido, acero.	
Herramientas			
Descripción	Cantidad	Estado	Marca
Martillo de bola	5	Regular	Bellota
Flexómetro	7	Regular	Stanley
Regla	4	Regular	Artel
Escuadra	8	Buena	Elite
Destornillador plano	3	Regular	Stanley
Destornillador estrella	3	Regular	Stanley

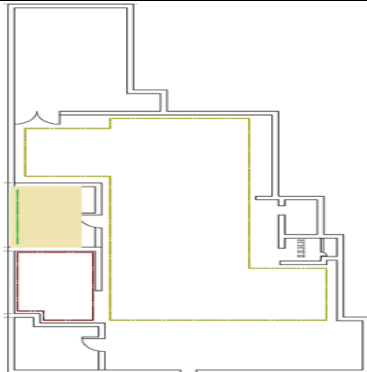
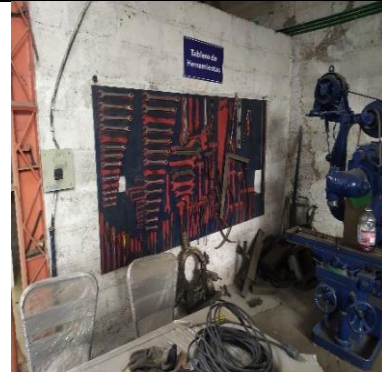
Playo de presión	5	Bueno	Truper
Alicate	6	Bueno	
Entenalla de banco	4	Bueno	Irino
Yunque	2	Regular	-
Calibrador	8	Bueno	Mitutoyo
<b>CANTIDAD (Q)</b>			
En esta área, se mecaniza los productos que vienen del área de fundición.			
<b>RECORRIDO (R)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de la pieza.</li> <li>• Medición y ajuste de las piezas.</li> <li>• Mecanizado de piezas a fabricar con utilización del torno.</li> <li>• Mecanizado de piezas a fabricar con utilización de la fresadora.</li> <li>• Soldadura de elementos mecánicos.</li> </ul>			
<b>SERVICIOS (S)</b>			
Maquinaria			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Marca</b>	
Esmeril	4	Makita	
Pulidora	3	Dewalt	
Talador de pedestal	2	Ridgid	
Torno	3	Goodway	
Fresadora	1	Arukasi	
Soldadora	3	Lincon	
Compresor	1	Porten	
Esmeril	4	Makita	
Instalaciones			
Eléctrica	Neumática	Sanitaria	
SI	SI	SI	
Condiciones del ambiente			
<b>Factor</b>	<b>Característica</b>	<b>Valor nominal</b>	
Iluminación	Alta	112 lux	
Temperatura	Media	34.3 °C	
Ruido	Alto	94 dB	
Ventilación	Media	-	
<b>TIEMPO (T)</b>			
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 108 minutos.			
<b>Observaciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación artificial.</li> <li>• Se encuentran objetos y materiales de otras áreas.</li> <li>• Las máquinas no cuentan con guardas de protección.</li> <li>• Falta de mantenimiento en las máquinas.</li> </ul>			

Fuente: Elaboración propia

## Área de herramientas

En la imagen de la tabla 19, se observa el sitio que dispone de las herramientas manuales necesarias para utilizar en el momento, que se necesite arreglar o dar mantenimiento a cada una de las máquinas existentes en el área de fundición y mecánica.

Tabla 19: SLP - Área de herramientas

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL</b>			
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de herramientas.			
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua		<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 29.2
Vista de planta		Imagen	
			
<b>PRODUCTO (P)</b>			
<b>Producto:</b> Piñón de ataque		<b>Materia Prima:</b> No aplica	
Herramientas			
Descripción	Cantidad	Estado	Marca
Juego de llaves combinadas	20	Bueno	Stanley
Juego de llaves fijas	14	Bueno	Stanley
Destornillador plano	8	Regular	Stanley
Destornillador estrella	8	Bueno	Stanley
Alicates	6	Regular	
Playo de presión	5	Regular	Stanley
Compás de exteriores	7	Bueno	
Nivel	3	Bueno	Bellota
Mazo de goma	2	Bueno	Hotdeal
Llave inglesa	4	Regular	Stein
Juego de llaves allen	12	Bueno	Bondhus
Juego de llaves torx	9	Bueno	Truper
Tenazas	10	Regular	
Remachadora	3	Bueno	Pretul
Escuadras	4	Regular	-
Mordazas	5	Bueno	Forza
Lima plana	7	Regular	Bellota
Lima media caña	8	Regular	Bellota
Gato hidráulico de botella	4	Regular	Mega
Tarraja	4	Bueno	-
Juego de Machuelos	10	Bueno	Greenfield
Pistola neumática	3	Regular	Prevost
Multímetro	1	Bueno	Eventek
<b>CANTIDAD (Q)</b>			
En esta área, se almacenan todas las herramientas, que se utilizan para dar mantenimiento a las maquinas.			
<b>RECORRIDO (R)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega de herramientas.</li> <li>• Recepción de herramientas.</li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspección y almacenaje de herramientas.</li> </ul>		
<b>SERVICIOS (S)</b>		
Maquinaria		
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Marca</b>
NO APLICA		
Instalaciones		
Eléctrica	Neumática	Sanitaria
SI	NO	NO
Condiciones del ambiente		
<b>Factor</b>	<b>Característica</b>	<b>Valor nominal</b>
Iluminación	Baja	84 lux
Temperatura	Media	35 °C
Ruido	Bajo	52 dB
Ventilación	Media	-
<b>TIEMPO (T)</b>		
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 8 minutos.		
<b>Observaciones</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desorganización.</li> <li>Deficiente iluminación artificial.</li> <li>No se ubican las herramientas correctamente en su lugar.</li> </ul>		

Fuente: Elaboración propia

## Área de arena

Lugar de la empresa imagen, que se aprecia en la tabla 20, en la cual, se encuentra la materia prima virgen que posteriormente será utilizada para realizar las mezclas de arenas necesarias en el proceso de fabricación de los productos que se requieren fabricar.

Tabla 20: SLP - Área de arena

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL</b>		
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de arena.		
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua	<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 110.4
Vista de planta	Imagen	
		

PRODUCTO (P)			
Producto: Piñón de ataque		Materia Prima: Arena	
Herramientas			
Descripción	Cantidad	Estado	Marca
Pala cuadrada	2	Bueno	Bellota
Pala redonda	2	Bueno	Bellota
CANTIDAD (Q)			
En esta área, se almacena arena, que se utiliza para 120 moldes grandes y 400 moldes pequeños, según sea la cantidad del pedido.			
RECORRIDO (R)			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción de arena.</li> <li>• Descarga de arena.</li> <li>• Inspección de arena.</li> <li>• Almacenamiento de arena.</li> </ul>			
SERVICIOS (S)			
Maquinaria			
Descripción	Cantidad	Marca	
NO APLICA			
Instalaciones			
Eléctrica	Neumática	Sanitaria	
SI	NO	NO	
Condiciones del ambiente			
Factor	Característica	Valor nominal	
Iluminación	Baja	77 lux	
Temperatura	Media	36.2°C	
Ruido	Bajo	48 dB	
Ventilación	Media	-	
TIEMPO (T)			
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 17 minutos.			
Observaciones			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de acceso amplia</li> <li>• Falta de limpieza</li> <li>• Deficiente iluminación artificial.</li> </ul>			

Fuente: Elaboración propia

### Área de acabado

Al momento de extraer la pieza del molde ésta, se encuentra áspera, conserva rebabas y tiene incrustaciones de arena por lo cual es necesario limpiar y pulir la pieza para mejorar el acabado superficial.

Tabla 21: SLP - Área de acabado

FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL		
Objetivo: Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de acabado.		
Lugar: Siderúrgica Tungurahua	Observador: Francisco Naranjo	Área (m <sup>2</sup> ): 19.7
Vista de planta	Imagen	

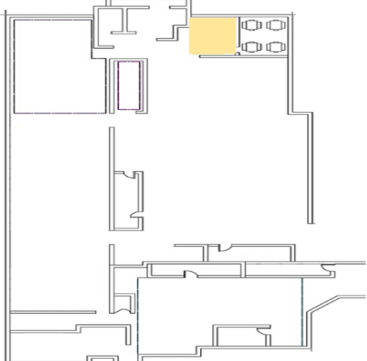

			
<b>PRODUCTO (P)</b>			
<b>Producto:</b> Piñón de ataque		<b>Materia Prima:</b> No aplica	
Herramientas			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Estado</b>	<b>Marca</b>
Entenalla	3	Bueno	
Disco de corte	4	Bueno	Norton
Disco de desbaste	4	Regular	Norton
<b>CANTIDAD (Q)</b>			
La cantidad de piezas que son sometidas al proceso de acabado depende del pedido que solicita el cliente.			
<b>RECORRIDO (R)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recepción del producto.</li> <li>• Inspección visual del acabado.</li> <li>• Limpieza.</li> <li>• Pulido y acabado superficial.</li> </ul>			
<b>SERVICIOS (S)</b>			
Maquinaria			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Marca</b>	
Soldadora	1	Lincoln	
Esmeril	5	-	
Instalaciones			
Eléctrica	Neumática	Sanitaria	
SI	NO	SI	
Condiciones del ambiente			
<b>Factor</b>	<b>Característica</b>	<b>Valor nominal</b>	
Iluminación	Baja	81 lux	
Temperatura	Media	35 °C	
Ruido	Alto	96 dB	
Ventilación	Media	-	
<b>TIEMPO (T)</b>			
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 31 minutos.			
<b>Observaciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de limpieza.</li> <li>• Deficiente iluminación artificial.</li> <li>• Objetos acumulados en la parte alta del muro.</li> <li>• Se encuentran objetos y materiales de otras áreas.</li> </ul>			

Fuente: Elaboración propia

**Área de pintura**

Esta área de la empresa es la encargada de la finalización de la producción, los productos son pintados conforme lo solicitado por el cliente, luego, se agrupan con su respectiva orden de producción.

Tabla 22: SLP - Área de pintura

<b>FICHA DE OBSERVACIÓN DE REGISTRO ESTADO ACTUAL</b>			
<b>Objetivo:</b> Registrar datos detallados relacionados al aspecto físico del área de pintura.			
<b>Lugar:</b> Siderúrgica Tungurahua		<b>Observador:</b> Francisco Naranjo	<b>Área (m<sup>2</sup>):</b> 26
Vista de planta		Imagen	
			
<b>PRODUCTO (P)</b>			
<b>Producto:</b> Piñón de ataque		<b>Materia Prima:</b> Pintura, thinner.	
Herramientas			
Descripción	Cantidad	Estado	Marca
Pistola	1	Bueno	Maer
<b>CANTIDAD (Q)</b>			
La cantidad de piezas que son sometidas al proceso de pintura depende del pedido que solicita el cliente.			
<b>RECORRIDO (R)</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza superficial de las piezas.</li> <li>• Preparación de la pintura.</li> <li>• Pintado de las piezas.</li> <li>• Secado de las piezas terminadas.</li> </ul>			
<b>SERVICIOS (S)</b>			
Maquinaria			
Descripción	Cantidad	Marca	
Compresor	1	Bp	
Instalaciones			
Eléctrica	Neumática	Sanitaria	
SI	SI	SI	
Condiciones del ambiente			
Factor	Característica	Valor nominal	
Iluminación	Alta	87 lux	
Temperatura	Alta	37.4 °C	
Ruido	Medio	81 dB	
Ventilación	Media	-	
<b>TIEMPO (T)</b>			
El tiempo, que se requiere en esta área de la empresa para realizar el proceso es de 35 minutos.			
<b>Observaciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de limpieza.</li> <li>• Se encuentra maquinaria obsoleta que impide la circulación.</li> <li>• Acumulación de polvo.</li> </ul>			

- |   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Iluminación artificial.</li></ul> |
|---|

Fuente: Elaboración propia

### **Proceso productivo**

Es necesario la elaboración de los diagramas de proceso para dar inicio a que la empresa tenga la documentación de los procesos actuales, que se realizan en las áreas de fundición y mecánica, mismos que permitirán a la empresa conocer las variables que intervienen en el proceso actual de fabricación.

### **Diagrama de proceso - Área de fundición**

En la tabla 23, se muestra el cursograma analítico actual de la empresa para el proceso productivo, que se realiza en el área de fundición. Donde, se aprecia los transportes, almacenamientos y esperas, de esta manera, se muestra el proceso productivo completo de fabricación para tener una mejor comprensión. Se aprecia que la distancia total recorrida es de 180 metros, el tiempo, que se requiere para fabricar una pieza es de 25 horas con 9 minutos. Además, el proceso tiene 17 transportes, 5 esperas y 6 almacenamientos.

Tabla 23: Diagrama de proceso actual - Área de fundición

DIAGRAMA DE PROCESO							
EMPRESA:		MÉTODO:	ACTUAL	HOJA:	1 de 1		
DEPARTAMENTO:	PRODUCCIÓN	REALIZADO POR:	FRANCISCO NARANJO	FECHA:	17/11/2019		
ÁREA:	FUNDICIÓN			DIAGRAMA N. 1			
ALCANCE DEL DIAGRAMA: El Diagrama empieza en el Almacenaje de Materia Prima y termina en el Almacenaje de Producto Terminado.							
Nº	Descripción del Proceso	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos			Observaciones
1	Descarga de chatarra		0:10:00	●	⇒	□	∇
2	Inspección de chatarra		0:01:00	○	⇒	■	∇
3	Almacenaje de chatarra			○	⇒	□	∇
4	Descarga de carbón		0:10:00	●	⇒	□	∇
5	Inspección de carbón		0:01:00	○	⇒	■	∇
6	Traslado de carbón a bodega	36	0:01:00	○	⇒	□	∇
7	Almacenamiento de carbón			○	⇒	□	∇
8	Descarga de arena		0:15:00	●	⇒	□	∇
9	Inspección de arena		0:01:00	○	⇒	■	∇
10	Traslado al Almacenaje de arena	28	0:01:00	○	⇒	□	∇
11	Traslado de la arena a la zaranda	2	0:00:06	○	⇒	□	∇
12	Colocación de arena en la zaranda		0:00:18	●	⇒	□	∇
13	Permanencia de arena en la zaranda		2:00:00	○	⇒	■	∇
14	Traslado de la arena a la mezcladora	2	0:00:06	○	⇒	□	∇
15	Permanencia de la arena en la mezcladora		0:04:00	○	⇒	■	∇
16	Almacenaje de arena mezclada		0:00:00	○	⇒	□	∇
17	Traslado de arena mezclada al área de Modelado	20	0:00:12	○	⇒	□	∇
18	Recepción de la muestra de la pieza a realizar		0:01:00	●	⇒	□	∇
19	Traslado de la muestra de la pieza a fabricar, a la zona de Carpintería	12	0:00:06	○	⇒	□	∇
20	Traslado de la muestra de la pieza a fabricar, a la zona de Modelado	2	0:00:02	○	⇒	□	∇
21	Inspección de la pieza modelada		0:03:00	○	⇒	■	∇
22	Traslado de la pieza modelada al área de bodega de moldes de madera	6	0:00:04	○	⇒	□	∇
23	Almacenaje de la pieza			○	⇒	□	∇
24	Traslado del molde de madera al área de Moldeado	10	0:00:06	○	⇒	□	∇
25	Modelado en arena de la pieza		0:20:00	●	⇒	□	∇
26	Traslado de carbón al horno	15	0:00:09	○	⇒	□	∇
27	Traslado de chatarra al horno	3	0:00:06	○	⇒	□	∇
28	Colocación de carbón en el horno		0:02:00	●	⇒	□	∇
29	Colocación de chatarra en el horno		0:05:00	●	⇒	□	∇
30	Permanencia de chatarra en el horno		0:45:00	○	⇒	■	∇
31	Traslado de caldo al molde de arena de la pieza	4	0:00:03	○	⇒	□	∇
32	Enfriado de la pieza fundida		20:00:00	○	⇒	■	∇
33	Traslado de herramientas al área de Terminado	11	0:00:04	○	⇒	□	∇
34	Traslado de la pieza fundida al área de Terminado	15	0:00:06	○	⇒	□	∇
35	Pulido de la pieza		0:30:00	●	⇒	□	∇
36	Inspección de la pieza		0:03:00	○	⇒	■	∇
37	Traslado de la pieza a almacenaje en el área de Pintura	10	0:00:03	○	⇒	□	∇
38	Almacenaje de la pieza			○	⇒	□	∇
39	Traslado de la pieza a proceso de Pintado	2	0:00:03	○	⇒	□	∇
40	Pintado		0:05:00	●	⇒	□	∇
41	Secado de la pieza Pintada		0:30:00	○	⇒	■	∇
42	Traslado de la pieza pintada	2	0:00:03	○	⇒	□	∇
43	Almacenaje de la pieza pintada			○	⇒	□	∇
RESUMEN							
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA	ACTUAL	NUEVO	AHORRO	OBSERVACIONES
Operación	●	10	1:38:18	X			
Transporte	⇒	17	0:03:19	X			
Inspección	■	5	0:09:00	X			
Demora	■	5	23:19:00	X			
Almacenaje	∇	6		X			
TOTAL		43	25:09:37				

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de proceso - Área de mecánica

En la tabla 24, se muestra el cursograma analítico actual de la empresa para el proceso productivo, que se realiza en el área de mecánica. Donde, se aprecia los transportes, almacenamientos y esperas, de esta manera, se muestra el proceso productivo completo de fabricación para tener una mejor comprensión. Se aprecia que la distancia total recorrida es de 139 metros, el tiempo, que se requiere para fabricar una pieza es de 1 hora con 55 minutos. Además, el proceso tiene 12 transportes, 2 esperas y 5 almacenamientos.

Tabla 24: Diagrama de proceso actual - Área de mecánica

DIAGRAMA DE PROCESO								
EMPRESA:		MÉTODO:		ACTUAL		HOJA: 1 de 1		
DEPARTAMENTO: PRODUCCIÓN		REALIZADO POR: FRANCISCO NARANJO		FECHA: 17/11/2019				
ÁREA: MECÁNICA						DIAGRAMA N. 1		
ALCANCE DEL DIAGRAMA: El Diagrama empieza en el Almacenaje de Materia Prima y termina en el Almacenaje de Producto Terminado.								
Nº	Descripción del Proceso	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos			Observaciones	
1	Adquisición de la pieza		0:02:00	●	⇒	□	∇	
2	Recorrido de la pieza a oficina	8	0:00:04	○	⇒	□	∇	
3	Inspección de la pieza		0:03:00	○	⇒	■	∇	
4	Transporte de la pieza a almacenaje	2	0:00:01	○	⇒	□	∇	
5	Almacenaje de la pieza			○	⇒	□	∇	
6	Recorrido de la pieza al área de Torneado	10	0:00:48	○	⇒	□	∇	
7	Colocación de la pieza en el Torno		0:05:00	●	⇒	□	∇	
8	Permanencia de la pieza en el Torno		0:30:00	○	⇒	■	∇	
9	Recorrido de la pieza a Taladros de pie	15	0:00:06	○	⇒	□	∇	
10	Taladrar		0:05:00	●	⇒	□	∇	
11	Recorrido de la pieza al área de Fresado	15	0:00:06	○	⇒	□	∇	
12	Colocación de la pieza en la Fresadora		0:05:00	●	⇒	□	∇	
13	Permanencia de la pieza en la Fresadora		1:00:00	○	⇒	■	∇	
14	Recorrido de la pieza al área de Terminado	20	0:00:09	○	⇒	□	∇	
15	Almacenaje de la pieza			○	⇒	□	∇	
16	Recorrido de la pieza al área de Esmerilado	9	0:00:04	○	⇒	□	∇	
17	Pulido		0:02:00	●	⇒	□	∇	
18	Recorrido de la pieza al área de Terminado	9	0:00:04	○	⇒	□	∇	
19	Almacenaje de la pieza Pulida			○	⇒	□	∇	
20	Recorrido de la pieza al área de Soldadura	22	0:00:10	○	⇒	□	∇	
21	Suelda		0:01:00	●	⇒	□	∇	
22	Recorrido de la pieza al área de Terminado	22	0:00:10	○	⇒	□	∇	
23	Almacenaje de la pieza Soldada			○	⇒	□	∇	
24	Recorrido de la pieza al área de Terminado	3	0:00:01	○	⇒	□	∇	
25	Inspección de la pieza		0:01:00	○	⇒	■	∇	
26	Recorrido de la pieza a oficina	4	0:00:06	○	⇒	□	∇	
27	Almacenaje de la pieza terminada			○	⇒	□	∇	
RESUMEN								
ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA	ACTUAL	NUEVO	AHORRO	OBSERVACIONES
Operación	●	6	0:20:00		X			
Transporte	⇒	12	0:01:49	139	X			
Inspección	■	2	0:04:00		X			
Demora	■	2	1:30:00		X			
Alamcenaje	∇	5			X			
TOTAL		27	1:55:49	139				

Fuente: Elaboración propia

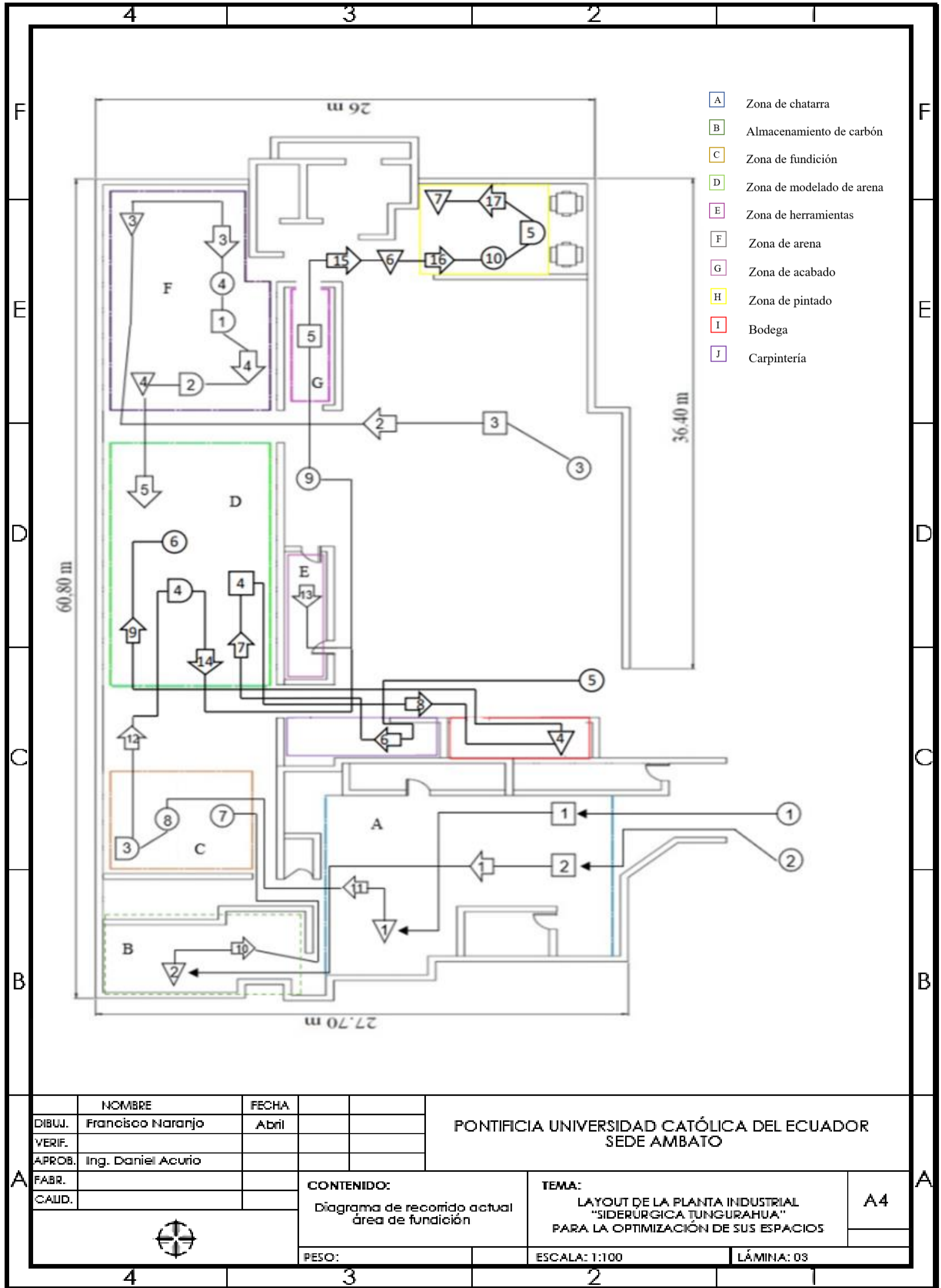
**Diagrama de recorrido**

El diagrama de recorrido del proceso productivo actual, que se realiza en la empresa, para fabricar el piñón de ataque, se aprecia de una forma visual y, se desarrolla el diagrama de recorrido de la materia prima por las diferentes zonas, las operaciones, inspecciones, esperas y los almacenamientos que intervienen en el proceso productivo.

**Área de fundición**

En la figura 21, se presenta el diagrama de recorrido con el fin de tener una idea clara de la forma, como se relacionan y cuál es el recorrido de la pieza a lo largo del proceso productivo.

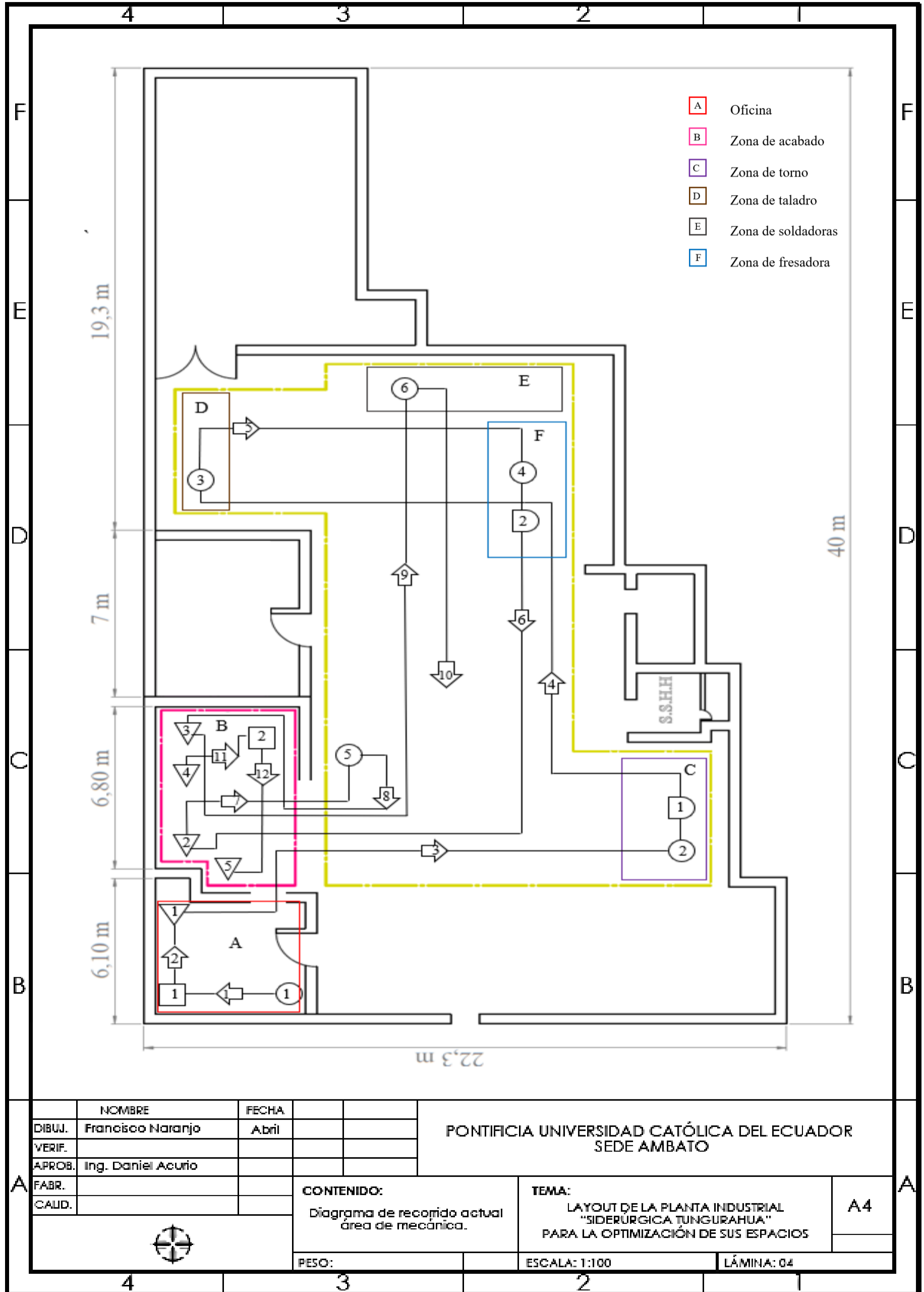
Figura 21: Diagrama de recorrido área de fundición



**Área de mecánica**

En la figura 22, se presenta el diagrama de recorrido cuyo objetivo principal es indicar cual es la manera, en la que se desarrolla el proceso productivo.

Figura 22: Diagrama de recorrido – área de mecánica



	NOMBRE	FECHA
DIBUJ.	Francisco Naranjo	Abril
VERIF.		
APROB.	Ing. Daniel Acurio	
FABR.		
CAUD.		

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
SEDE AMBATO

**CONTENIDO:**  
Diagrama de recorrido actual  
área de mecánica.

**TEMA:**  
LAYOUT DE LA PLANTA INDUSTRIAL  
"SIDERURGICA TUNGURAHUA"  
PARA LA OPTIMIZACIÓN DE SUS ESPACIOS

A4

PESO:

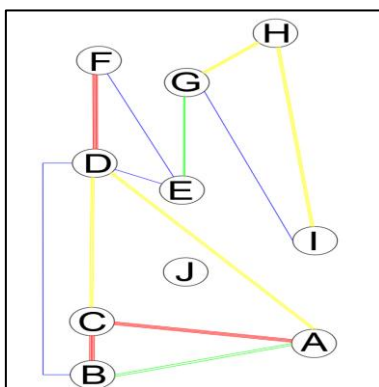
ESCALA: 1:100

LÁMINA: 04



El diagrama muestra el grado de cercanía de cada zona en relación con las demás, se basa en el diagrama de relación entre actividades, de esta forma, se trata de conseguir que las actividades con mayor flujo estén lo más cerca posible, para cumplir el principio de la mínima distancia recorrida. Las áreas de la zona de fundición se representan por letras y están unidas por líneas que tienen su código como: absolutamente necesario (4 líneas rojas), especialmente importante (3 líneas amarillas), importante (2 líneas verdes), ordinario (1 línea azul) y no deseable (línea café).

Figura 25: Relación de espacios área de fundición

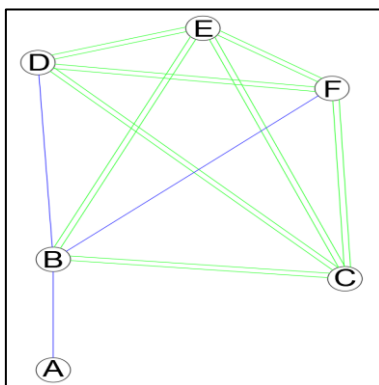


Fuente: Elaboración propia

### Diagrama relacional de espacios área de mecánica

A continuación, se muestra en la figura 26 el diagrama de relacional de espacios entre las actividades que conforman el área de mecánica de la empresa.

Figura 26: Relación de espacios área de mecánica

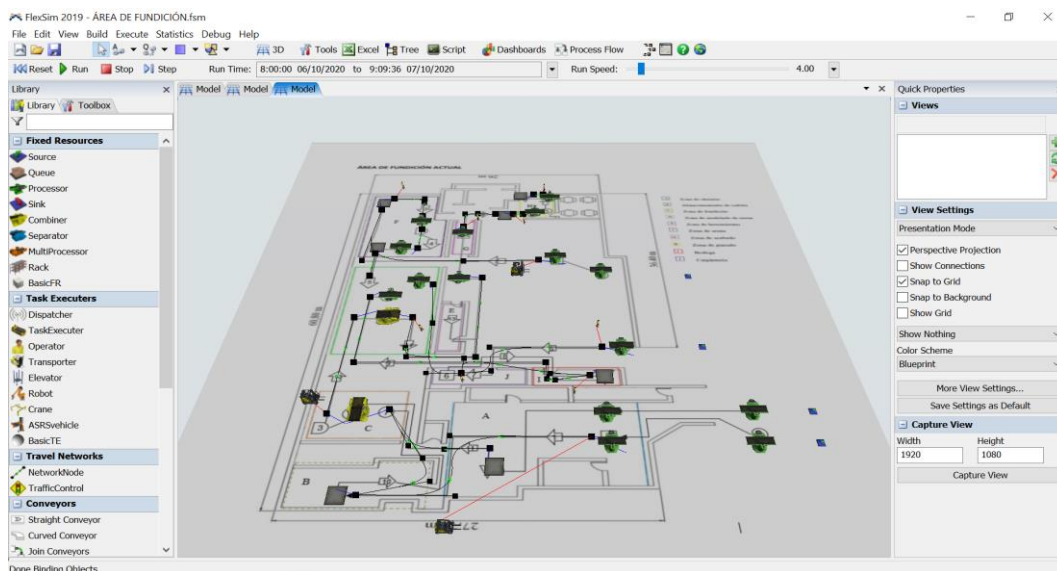


Fuente: Elaboración propia

### Construcción del modelo actual – área de fundición

Con la ayuda del software de simulación Flexsim, se selecciona los recursos necesarios de las librerías y, se los arrastra al espacio de trabajo para realizar configuraciones tanto de entradas, operadores, transporte y maquinaria, como se detalla en la figura 27.

Figura 27: Modelo actual área de fundición

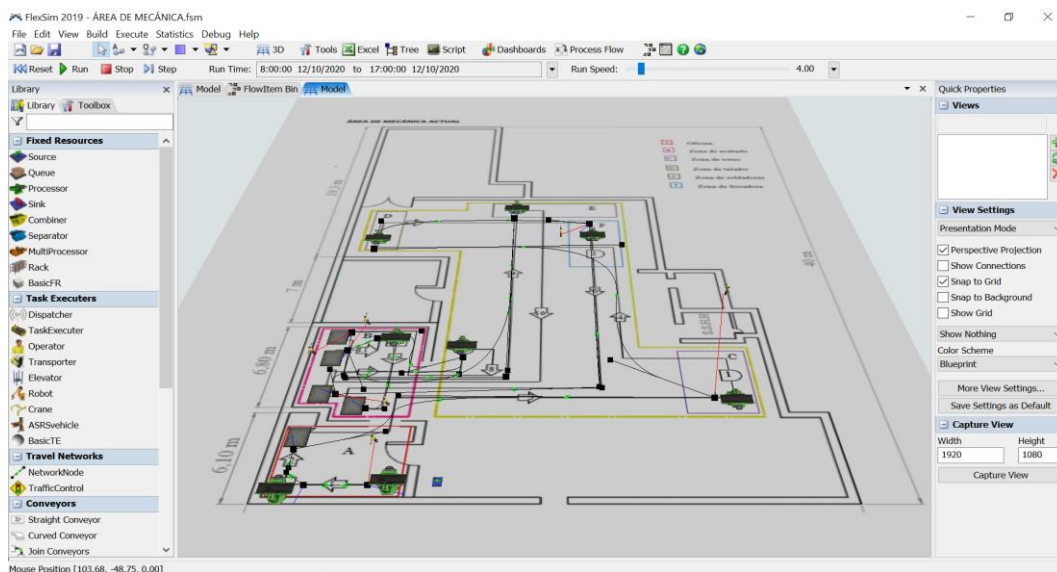


Fuente: Elaboración propia

### Construcción del modelo actual – área de mecánica

A continuación, se muestra en la figura 28 el modelo para simular el proceso productivo, que se lleva a cabo en el área de mecánica de la empresa.

Figura 28: Modelo actual área de mecánica



Fuente: Elaboración propia

## 2. Analyze (Analizar)

En la fase de analizar, se recurre a utilizar los datos recogidos de las entrevistas, encuestas y procesos productivos, que se ejecutan en el interior de la empresa para analizarlos y poder determinar oportunidades de mejora del problema, según los requerimientos de espacio de cada una de las áreas productivas, se evidencia que existen actividades susceptibles de mejora en las distintas áreas que conforman la empresa como lo son las distancias recorridas y tiempos de ejecución de ciertas actividades; estos puntos claves serán analizados técnicamente con la finalidad de minimizarlos, para que la empresa logre alcanzar una evolución en el proceso productivo para que sea más eficiente y coordinado.

En base al levantamiento de información de tiempos y movimientos, se obtienen los datos iniciales del diagrama de proceso actual en el área de fundición, que se menciona en la tabla 27, evidencia un tiempo máximo de 20 horas que le toma a la pieza fundida enfriarse esto ocasiona en el proceso productivo un cuello de botella. Además, se considera intervenir en las siguientes actividades como los son el traslado del carbón hacia la bodega debido a, que se tiene una distancia de 36 metros lo que ocasiona una pérdida de tiempo para, que se lleve a cabo la próxima actividad. Otro de los puntos a considerar para una mejora es el traslado de carbón a la zona de fundición donde, se encuentra localizado el horno debido a la incorrecta ubicación del almacenamiento de carbón, todo esto conlleva a una pérdida en su capacidad productiva.

En el área de mecánica el tiempo máximo de actividad en relación con las demás es de 1 hora el cual hace referencia a la permanencia de la pieza en la fresadora con ello, se genera otro cuello de botella mismo que podría solucionarse con la implementación de otra máquina fresadora, un punto clave para disminuir distancias es ubicar las máquinas en relación con el grado de cercanía entre actividades, que se realizan en esta área para mejorar el proceso. Con la ayuda del software de Flexsim, se analiza los datos, que se obtienen de la simulación en el área de fundición, como se observa en la figura 29.

Figura 29: Tiempo de estado actual área de fundición

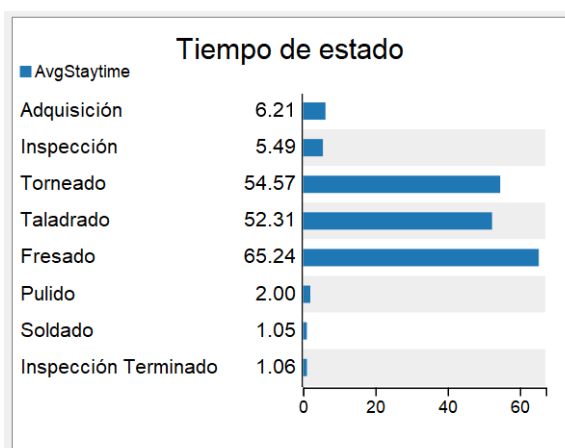


Fuente: Elaboración Propia

Para la simulación, se ingresó un tiempo total de 25 horas, 9 minutos y 37 segundos que es la suma de todos los tiempos de las 43 actividades del proceso productivo arroja como resultado el tiempo promedio de estado en el área de fundición, se observa que el enfriado ocasiona en el sistema un cuello de botella con un tiempo promedio de 1279,62 minutos.

Para el área de mecánica, se analiza los datos, que se obtienen de la simulación, como se observa en la figura 30

Figura 30: Tiempo de estado actual área de mecánica



Fuente: Elaboración Propia

Para la simulación, se ingresó un tiempo total de 1 hora, 55 minutos y 49 segundos que es la suma de todos los tiempos de las 27 actividades del proceso productivo arroja como resultado el tiempo promedio de estado en el área de mecánica, se observa que el fresado es el cuello de botella en el proceso con un tiempo promedio de 65,24 minutos ocasiona que las máquinas de siguiente actividad tengan un porcentaje elevado de inactividad.

### **3. Improve (Mejorar)**

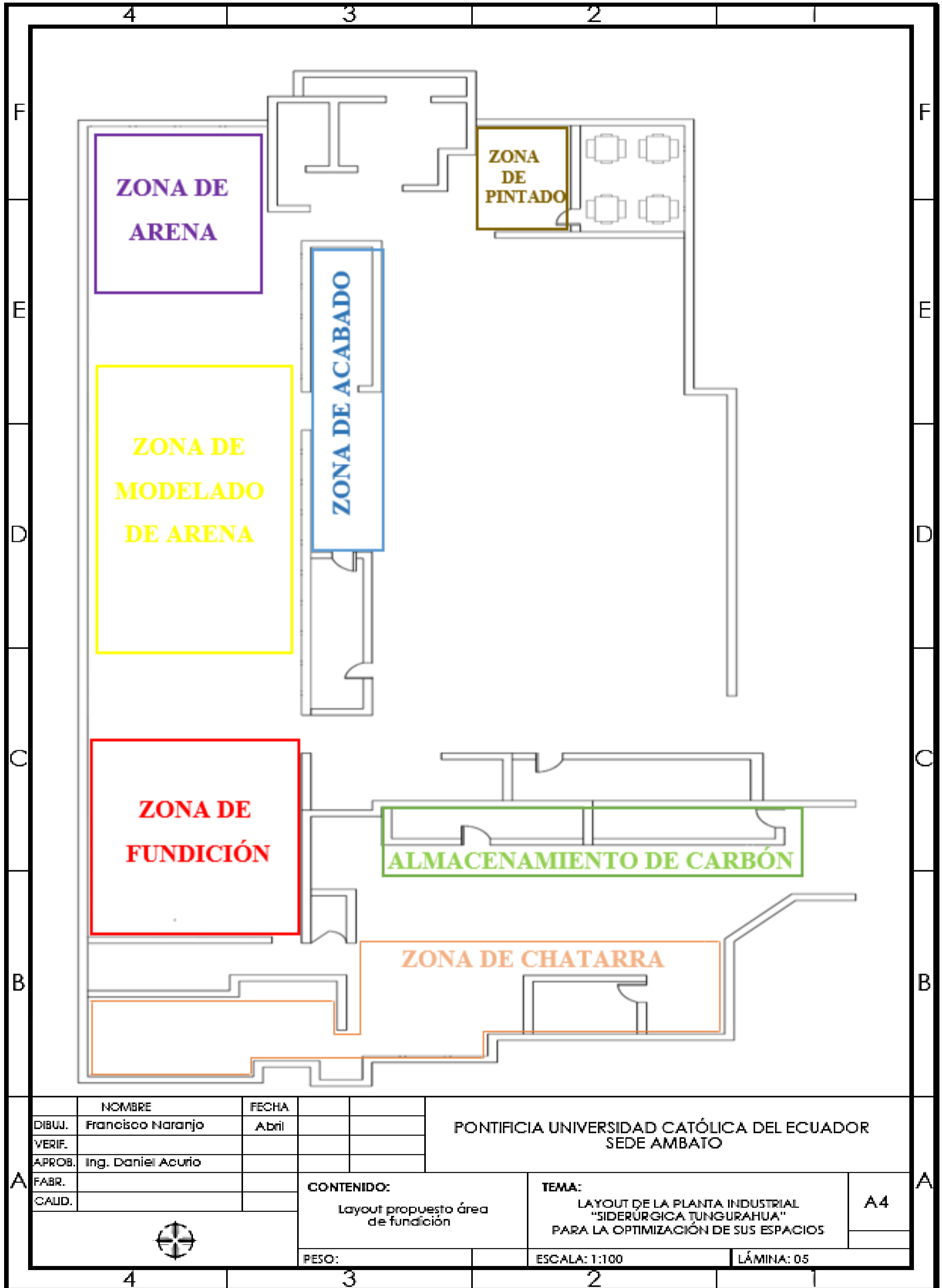
En esta fase implica generar una alternativa de solución para obtener un nuevo Layout de planta que será propuesto a la gerente general de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. Ing. María Cristina Vayas López, para lo cual, se tomó en cuenta todas las limitaciones y condicionantes reales. En el nuevo Layout, se aplicó la planeación sistemática de distribución en planta SLP, los principales factores para realizar el Layout, se derivaron de los siguientes elementos:

- Minimizar el recorrido de las distancias entre operaciones.
- Reducir demoras en el proceso productivo
- Aumentar la eficiencia
- Identificación y delimitación de áreas

#### **Layout propuesto - Área de fundición**

En esta área que conforma parte del proceso productivo de la empresa, se generó la mejor alternativa de Layout, que se ajusta al presente de la empresa y pretende la reducción de las distancias recorridas entre áreas para ello, se unificó la zona de almacenamiento de chatarra, la zona donde, se almacenaba el carbón, se la reubicó para darle una mejor fluidez al proceso y reducir distancias. El cambio de la bodega por la carpintería, se la realizó acorde al volumen de los materiales y espacio físico de estas áreas.

Figura 31: Layout propuesto - Área de fundición

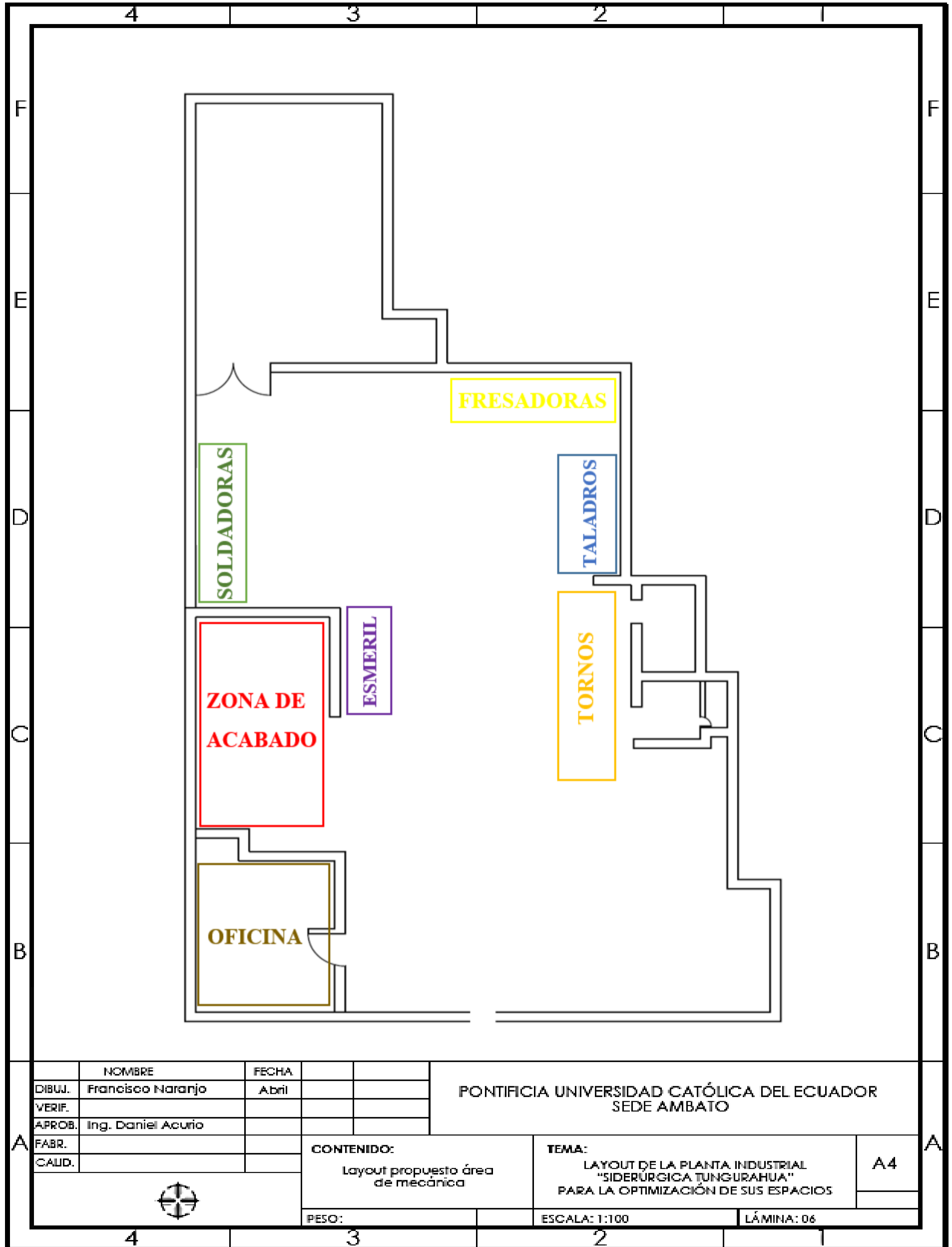


Fuente: Elaboración propia

**Layout propuesto - Área de mecánica**

En esta área de la empresa para la creación del nuevo Layout, se enfocó en la reubicación de la maquinaria existente en la zona de mecánica de acuerdo con el espacio físico de las instalaciones con la finalidad de minimizar la distancia que recorren los trabajadores al desplazarse por cada una de las máquinas que conforman el proceso productivo.

Figura 32: Layout propuesto - Área de mecánica



Fuente: Elaboración propia

### **Diagrama de proceso propuesto - Área de fundición**

Con los cambios propuesto en el área de Fundición, los cuales son: Redistribución de la Zona de almacenaje de Chatarra y Carbón, y el intercambio de ubicación del área destinada para Bodega y Carpintería, se obtiene un ahorro en tiempo de 22 minutos con 4 segundos, y en distancia de recorrido entre procesos de 28 metros. Las modificaciones planteadas tienen como objetivo reducir la distancia a recorrer entre procesos, construyen así un flujo más armonizado y coordinado entre ellos, esto con el espacio necesario que el operario requiere para mayor facilidad de movimientos entre las diferentes áreas de trabajo, con el fin de que cumpla con sus actividades de forma óptima y segura.

Tabla 25: Diagrama de proceso propuesto - Área de fundición.

DIAGRAMA DE PROCESO							
EMPRESA:		MÉTODO:	PROPUESTO	HOJA:	1 de 1		
DEPARTAMENTO:	PRODUCCIÓN	REALIZADO POR:	FRANCISCO NARANJO	FECHA:	23/11/2019		
ÁREA:	FUNDICIÓN				DIAGRAMA N. 1		
Terminado.							
Nº	Descripción del Proceso	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos			Observaciones
1	Descarga de chatarra		0:07:00	●	⇒	□	D ▽
2	Inspección de chatarra		0:01:00	○	⇒	■	D ▽
3	Almacenaje de chatarra			○	⇒	□	D ▽
4	Descarga de carbón		0:07:00	●	⇒	□	D ▽
5	Inspección de carbón		0:01:00	○	⇒	■	D ▽
6	Traslado de carbón a bodega	15	0:01:00	○	⇒	□	D ▽
7	Almacenamiento de carbón			○	⇒	□	D ▽
8	Descarga de arena		0:12:00	●	⇒	□	D ▽
9	Inspección de arena		0:01:00	○	⇒	■	D ▽
10	Traslado al Almacenaje de arena	28	0:01:00	○	⇒	□	D ▽
11	Traslado de la arena a la zaranda	2	0:00:06	○	⇒	□	D ▽
12	Colocación de arena en la zaranda		0:00:18	●	⇒	□	D ▽
13	Permanencia de arena en la zaranda		2:00:00	○	⇒	■	D ▽
14	Traslado de la arena a la mezcladora	2	0:00:06	○	⇒	□	D ▽
15	Permanencia de la arena en la mezcladora		0:04:00	○	⇒	■	D ▽
16	Almacenaje de arena mezclada		0:00:00	○	⇒	□	D ▽
17	Traslado de arena mezclada al area de Modelado	20	0:00:12	○	⇒	□	D ▽
18	Recepción de la muestra de la pieza a realizar		0:01:00	●	⇒	□	D ▽
19	Traslado de la muestra de la pieza a fabricar, a la zona de Carpintería	12	0:00:06	○	⇒	□	D ▽
20	Traslado de la muestra de la pieza a fabricar, a la zona de Modelado	2	0:00:02	○	⇒	□	D ▽
21	Inspección de la pieza modelada		0:03:00	○	⇒	■	D ▽
22	Traslado de la pieza modelada al área de bodega de moldes de madera	6	0:00:04	○	⇒	□	D ▽
23	Almacenaje de la pieza			○	⇒	□	D ▽
24	Traslado del molde de madera al área de Moldeado	10	0:00:06	○	⇒	□	D ▽
25	Modelado en arena de la pieza		0:15:00	●	⇒	□	D ▽
26	Traslado de carbón al horno	11	0:00:06	○	⇒	□	D ▽
27	Traslado de chatarra al horno	3	0:00:06	○	⇒	□	D ▽
28	Colocación de carbón en el horno		0:01:00	●	⇒	□	D ▽
29	Colocación de chatarra en el horno		0:03:00	●	⇒	□	D ▽
30	Permanencia de chatarra en el horno		0:45:00	○	⇒	■	D ▽
31	Traslado de caldo al molde de arena de la pieza	4	0:00:03	○	⇒	□	D ▽
32	Enfriado de la pieza fundida		20:00:00	○	⇒	■	D ▽
33	Traslado de herramientas al área de Terminado	11	0:00:04	○	⇒	□	D ▽
34	Traslado de la pieza fundida al área de Terminado	12	0:00:05	○	⇒	□	D ▽
35	Pulido de la pieza		0:25:00	●	⇒	□	D ▽
36	Inspección de la pieza		0:03:00	○	⇒	■	D ▽
37	Traslado de la pieza a almacenaje en el área de Pintura	10	0:00:03	○	⇒	□	D ▽
38	Almacenaje de la pieza			○	⇒	□	D ▽
39	Traslado de la pieza a proceso de Pintado	2	0:00:03	○	⇒	□	D ▽
40	Pintado		0:05:00	●	⇒	□	D ▽
41	Secado de la pieza Pintada		0:30:00	○	⇒	■	D ▽
42	Traslado de la pieza pintada	2	0:00:03	○	⇒	□	D ▽
43	Almacenaje de la pieza pintada			○	⇒	□	D ▽
RESUMEN							
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA	ACTUAL	NUEVO	AHORRO	OBSERVACIONES
Operación	10	1:16:18			X	0:22:00	En el método propuesto para el área de Fundición, las operaciones se mantienen, los cambios planteados son la reubicación física del centro de Carbón y Carpintería.
Transporte	17	0:03:15	152		X	0:00:04	
Inspección	5	0:09:00			X	0:00:00	
Demora	5	23:19:00			X	0:00:00	
Almacenaje	6				X	0:00:00	
<b>TOTAL</b>	<b>43</b>	<b>24:47:33</b>	<b>152</b>			<b>0:22:04</b>	

Fuente: Elaboración propia

### Diagrama de proceso propuesto - Área de mecánica

Con los cambios propuestos en el área de Mecánica, que fueron la reubicación de maquinaria, con esto, se obtiene un ahorro en tiempo de 5 minutos con 11 segundos, y en distancia de recorrido entre procesos de 29 metros.

Las modificaciones planteadas tienen como objetivo, que la organización tenga la capacidad de redistribuir áreas de acuerdo con sus necesidades, sin que esto involucre el normal flujo operacional, sino por lo contrario tener una capacidad instalada flexible, que se adapte a los cambios de ampliación o reducción de dimensiones, al unir o reposicionar áreas y maquinaria pertinentemente, con ello, se logra reducir la ruta de recorrido entre procesos.

Tabla 26: Diagrama de proceso propuesto - Área de fundición.

DIAGRAMA DE PROCESO						
EMPRESA:		MÉTODO:	PROPUESTO	HOJA:	1 de 1	
DEPARTAMENTO:	PRODUCCIÓN	REALIZADO POR:	FRANCISCO NARANJO	FECHA:	23/11/2019	
ÁREA:	MECÁNICA				DIAGRAMA N. 1	
Terminado.						
Nº	Descripción del Proceso	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos	Observaciones	
1	Adquisición de la pieza		0:01:00			
2	Recorrido de la pieza a oficina	4	0:00:02			
3	Inspección de la pieza		0:03:00			
4	Transporte de la pieza a almacenaje	2	0:00:01			
5	Almacenaje de la pieza					
6	Recorrido de la pieza al área de Torneado	10	0:00:48			
7	Colocación de la pieza en el Torno		0:03:00			
8	Permanencia de la pieza en el Torno		0:30:00			
9	Recorrido de la pieza a Taladros de pie	8	0:00:04			
10	Taladrar		0:05:00			
11	Recorrido de la pieza al área de Fresado	12	0:00:05			
12	Colocación de la pieza en la Fresadora		0:03:00			
13	Permanencia de la pieza en la Fresadora		1:00:00			
14	Recorrido de la pieza al área de Terminado	20	0:00:09			
15	Almacenaje de la pieza					
16	Recorrido de la pieza al área de Esmerilado	5	0:00:03			
17	Pulido		0:02:00			
18	Recorrido de la pieza al área de Terminado	12	0:00:05			
19	Almacenaje de la pieza Pulida					
20	Recorrido de la pieza al área de Soldadura	15	0:00:07			
21	Suelda		0:01:00			
22	Recorrido de la pieza al área de Terminado	15	0:00:07			
23	Almacenaje de la pieza Soldada					
24	Recorrido de la pieza al área de Terminado	3	0:00:01			
25	Inspección de la pieza		0:01:00			
26	Recorrido de la pieza a oficina	4	0:00:06			
27	Almacenaje de la pieza terminada					
RESUMEN						
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	DISTANCIA	ACTUAL	NUEVO	AHORRO
Operación	6	0:15:00			X	0:05:00
Transporte	12	0:01:38	110		X	0:00:11
Inspección	2	0:04:00			X	0:00:00
Demora	2	1:30:00			X	0:00:00
Almacenaje	5				X	
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>1:50:38</b>	<b>110</b>			<b>0:05:11</b>

Fuente: Elaboración propia

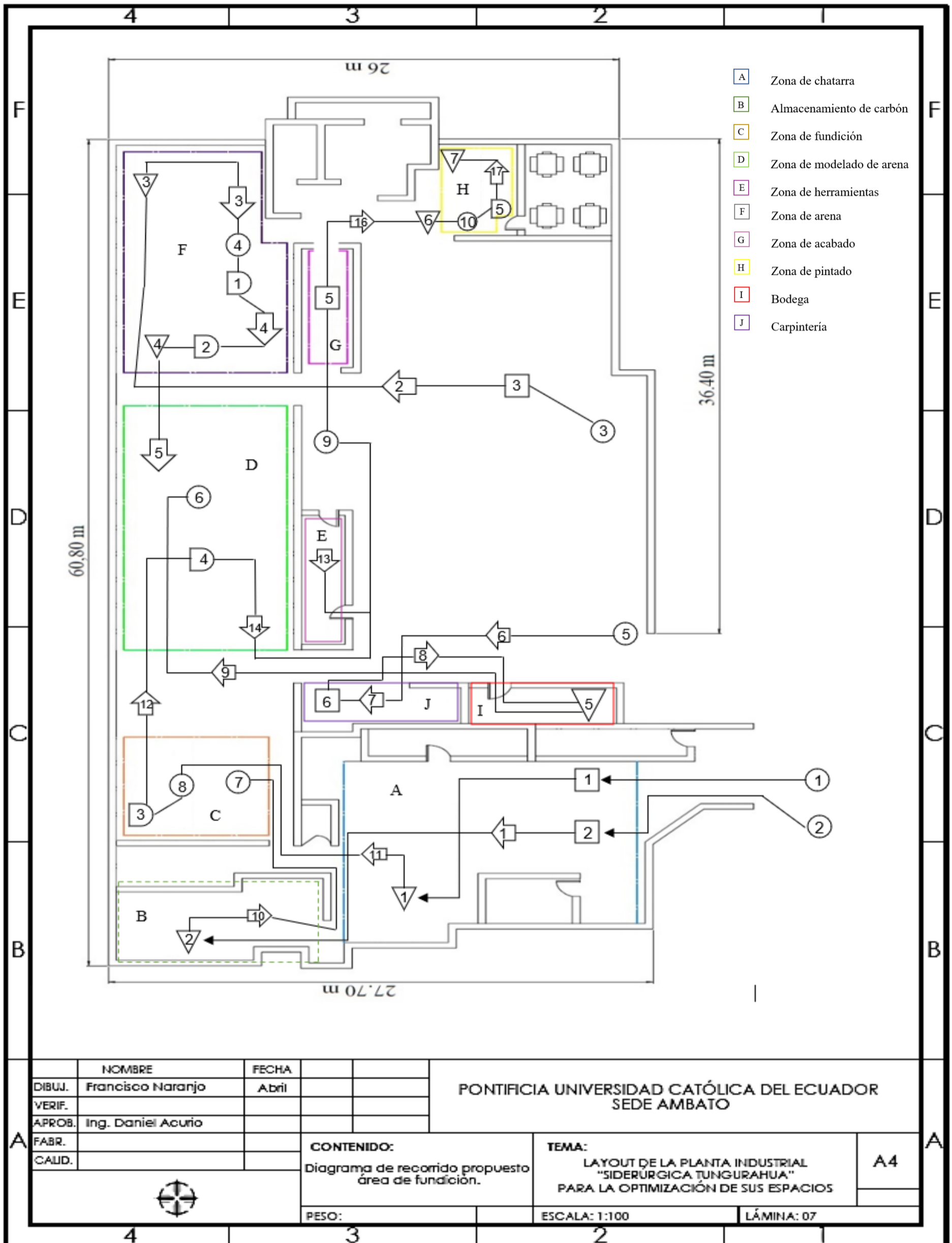
**Diagramas de recorrido propuestos**

Para realizar el nuevo diagrama de recorrido para la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda., se analizó técnicamente la información recolectada en las áreas que forman parte del proceso productivo y con base en el nuevo Layout de planta, se observa cómo es el recorrido por cada área de la empresa para identificar operaciones, transportes inspecciones y almacenamientos lo cual conlleva a, que se logre un entorno de trabajo agradable y seguro.

**Diagrama de recorrido propuesto – área de fundición**

En la figura 33, se presenta el diagrama a escala que muestra el sitio donde, se desarrollan las actividades, además, del trayecto que siguen los trabajadores y materia prima para completar el proceso productivo de la empresa.

Figura 33: Diagrama de recorrido propuesto – área de fundición

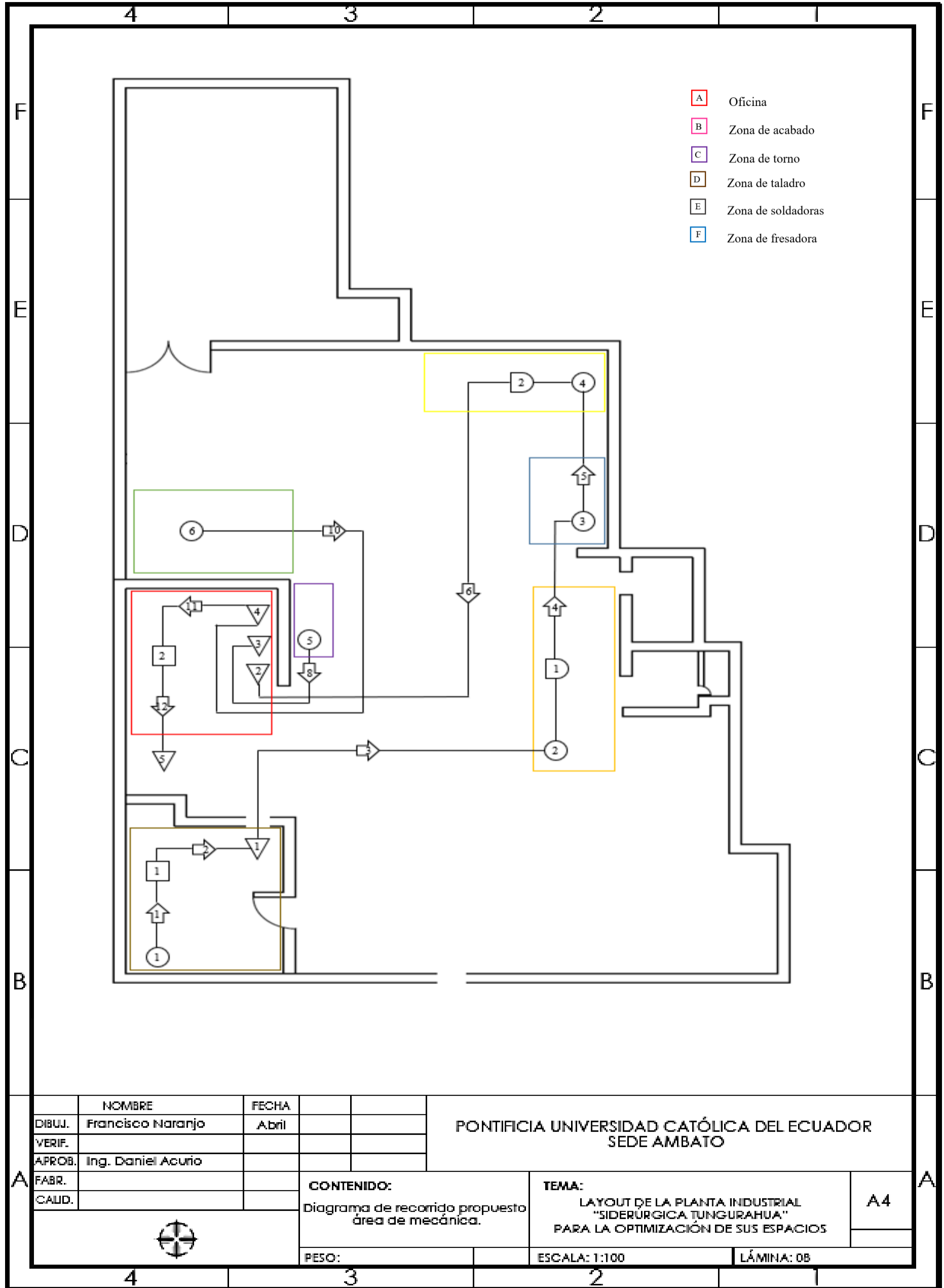


Fuente: Elaboración propia

**Diagrama de recorrido propuesto – área de mecánica**

En la figura 34, se muestra el lugar y la secuencia de, cómo se efectúan las diferentes actividades por toda el área desde su inicio hasta el final, detalla las conexiones del proceso productivo en la empresa.

Figura 34: Diagrama de recorrido propuesto – área de mecánica

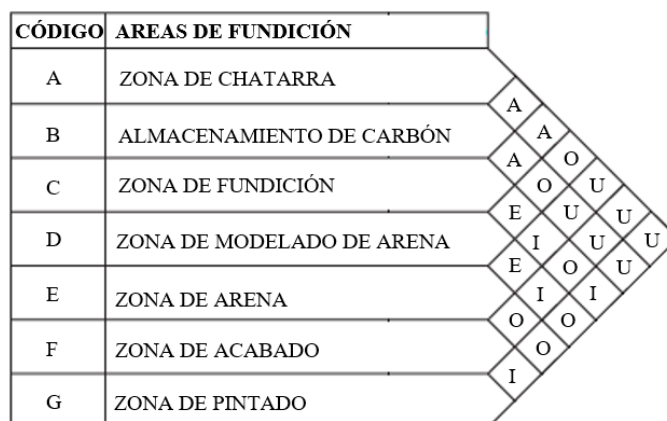


Fuente: Elaboración propia

### Relación entre actividades área de fundición

A continuación, se muestra en la figura 35 el diagrama de relación de actividades propuesto entre las diferentes zonas que conforman el área de fundición de la empresa, se evidencia una notable mejora en el grado de cercanía entre las áreas de fundición, lo cual minimiza la distancia y tiempo que de demora en realizar las actividades del proceso productivo.

Figura 35: Relación de actividades propuesto área de fundición



Fuente: Elaboración propia

### Relación entre actividades. Área de mecánica

A continuación, se muestra en la figura 36 el diagrama de relación de actividades propuesto entre las diferentes zonas que conforman el área de mecánica de la empresa. lo cual me indica una mejora en minimizar la distancia y tiempo, que se demora en realizar las actividades del proceso productivo.

Figura 36: Relación de actividades propuesto área de mecánica

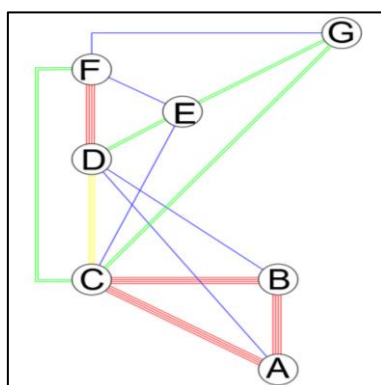


Fuente: Elaboración propia

### Diagrama relacional de espacios área de fundición

El diagrama relacional propuesto muestra el grado de cercanía de cada zona en relación con las demás, con lo cual, se logró mejorar la relación existente entre la zona de chatarra, almacenamiento de carbón, zona de fundición, zona de modelado de arena y zona de arena que son representadas con el código: absolutamente necesario (4 líneas rojas), especialmente importante (3 líneas amarillas), importante (2 líneas verdes) y ordinario (1 línea azul), como se muestra en la figura 37.

Figura 37: Relación de espacios propuesto área de fundición

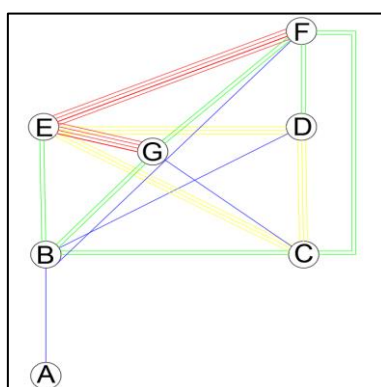


Fuente: Elaboración propia

#### Diagrama relacional de espacios área de mecánica

El diagrama propuesto muestra el grado de cercanía de cada zona en relación con las demás, se basa del diagrama de relación entre actividades, con lo cual, se logró mejorar la relación existente entre: la zona de soldadoras, zona de fresadora y la zona de esmeril, como se muestra en la figura 38.

Figura 38: Relación de espacios propuesto área de fundición



Fuente: Elaboración propia

#### 4. Control (Controlar)

La última fase de la metodología DMAIC, se ejecutará por parte de la empresa para garantizar un funcionamiento eficiente del nuevo Layout de planta que generará en el proceso productivo de la empresa un cambio significativo, en lo que se refiere a disminución de tiempos y movimientos que son necesarios para la fabricación de los productos con mayor demanda en el mercado. Para ello es fundamental que todos los procesos productivos sean documentados para que sirvan como fuente de información de los cambios generados en el área de fundición y mecánica, para ello, se utilizaran los formatos establecidos en el anexo 3 y anexo 4

### CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN EVALUACIÓN PRELIMINAR

Para el desarrollo de este capítulo, se analiza el impacto de los resultados de la investigación, que se obtuvieron en base a la metodología Systematic Layout Planning (SLP), para aplicar la toma de decisiones y obtener un nuevo Layout de planta para el proceso productivo en la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. Cía. Ltda. Como resultado, se alcanza mejoras significativas entre los desplazamientos de las distintas actividades del proceso de producción, al comparar la situación actual versus la propuesta planteada.

#### Área de fundición

En la tabla 27, se observa la disminución en los transportes con la implementación del diagrama de recorrido propuesto.

Tabla 27: Cuadro comparativo distancias recorridas en el área de fundición.

Nº	Actividad	Distancia actual (m)	Distancia propuesta (m)
1	Descarga de chatarra		
2	Inspección de chatarra		
3	Almacenaje de chatarra		
4	Descarga de carbón		
5	Inspección de carbón		
6	Traslado de carbón a bodega	36	15
7	Almacenamiento de carbón		
8	Descarga de arena		
9	Inspección de arena		
10	Traslado al Almacenaje de arena	28	28
11	Traslado de la arena a la zaranda	2	2
12	Colocación de arena en la zaranda		
13	Permanencia de arena en la zaranda		
14	Traslado de la arena a la mezcladora	2	2
15	Permanencia de la arena en la mezcladora		
16	Almacenaje de arena mezclada		
17	Traslado de arena mezclada al área de Modelado	20	20
18	Recepción de la muestra de la pieza a realizar		
19	Traslado de la muestra de la pieza a fabricar, a la zona de Carpintería	12	12
20	Traslado de la muestra de la pieza a fabricar, a la zona de Modelado	2	2
21	Inspección de la pieza modelada		
22	Traslado de la pieza modelada al área de bodega de moldes de madera	6	6
23	Almacenaje de la pieza		
24	Traslado del molde de madera al área de Moldeado	10	10
25	Modelado en arena de la pieza		

26	Traslado de carbón al horno	15	11
27	Traslado de chatarra al horno	3	3
28	Colocación de carbón en el horno		
29	Colocación de chatarra en el horno		
30	Permanencia de chatarra en el horno		
31	Traslado de caldo al molde de arena de la pieza	4	4
32	Enfriado de la pieza fundida		
33	Traslado de herramientas al área de Terminado	11	11
34	Traslado de la pieza fundida al área de Terminado	15	12
35	Pulido de la pieza		
36	Inspección de la pieza		
37	Traslado de la pieza a almacenaje en el área de Pintura	10	10
38	Almacenaje de la pieza		
39	Traslado de la pieza a proceso de Pintado	2	2
40	Píntado		
41	Secado de la pieza Pintada		
42	Traslado de la pieza pintada	2	2
43	Almacenaje de la pieza pintada		
TOTAL		180	152

Fuente: Elaboración propia

Con el nuevo Layout de planta, se disminuye una distancia de 28 metros en el diagrama de recorrido.

### Área de mecánica

En la tabla 28, se observa la disminución en los transportes con la implementación del diagrama de recorrido propuesto.

Tabla 28: Cuadro comparativo distancias recorridas en el área de mecánica.

N°	Actividad	Distancia actual (m)	Distancia propuesta (m)
1	Adquisición de la pieza		
2	Recorrido de la pieza a oficina	8	4
3	Inspección de la pieza		
4	Transporte de la pieza a almacenaje	2	2
5	Almacenaje de la pieza		
6	Recorrido de la pieza al área de Torneado	10	6
7	Colocación de la pieza en el Torno		
8	Permanencia de la pieza en el Torno		
9	Recorrido de la pieza a Taladros de pie	15	8
10	Taladrar		
11	Recorrido de la pieza al área de Fresado	15	12
12	Colocación de la pieza en la Fresadora		
13	Permanencia de la pieza en la Fresadora		
14	Recorrido de la pieza al área de Terminado	20	17
15	Almacenaje de la pieza		
16	Recorrido de la pieza al área de Esmerilado	9	5

17	Pulido		
18	Recorrido de la pieza al área de Terminado	9	9
19	Almacenaje de la pieza Pulida		
20	Recorrido de la pieza al área de Soldadura	22	15
21	Suelda		
22	Recorrido de la pieza al área de Terminado	22	15
23	Almacenaje de la pieza Soldada		
24	Recorrido de la pieza al área de Terminado	3	3
25	Inspección de la pieza		
26	Recorrido de la pieza a oficina	4	4
27	Almacenaje de la pieza terminada		
<b>TOTAL</b>		139	100






Fuente: Elaboración propia

Con el nuevo Layout de planta, se disminuye una distancia de 39 metros en el diagrama de recorrido.

### Área de fundición

En la tabla 29, se observa la disminución de tiempo en ciertas operaciones, que se realizan en el área con ayuda de la implementación del diagrama de proceso propuesto.

Tabla 29: Cuadro comparativo de tiempo en el área de fundición.

ACTIVIDAD		CANTIDAD	TIEMPO ACTUAL	TIEMPO NUEVO	AHORRO
Operación		10	1:38:18	1:16:18	0:22:00
Transporte		17	0:03:19	0:03:15	0:00:04
Inspección		5	0:09:00	0:09:00	3
Demora		5	23:19:00	23:19:00	4
Almacenaje		6	-	-	-
<b>TOTAL</b>		43	25:09:37	24:47:33	0:22:04






Fuente: Elaboración propia

### Área de mecánica

En la tabla 30, se observa la disminución de tiempo en ciertas operaciones, que se realizan en el área con ayuda de la implementación del diagrama de proceso propuesto.

Tabla 30: Cuadro comparativo de tiempo en el área de mecánica

ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO ACTUAL	TIEMPO NUEVO	AHORRO
-----------	----------	---------------	--------------	--------

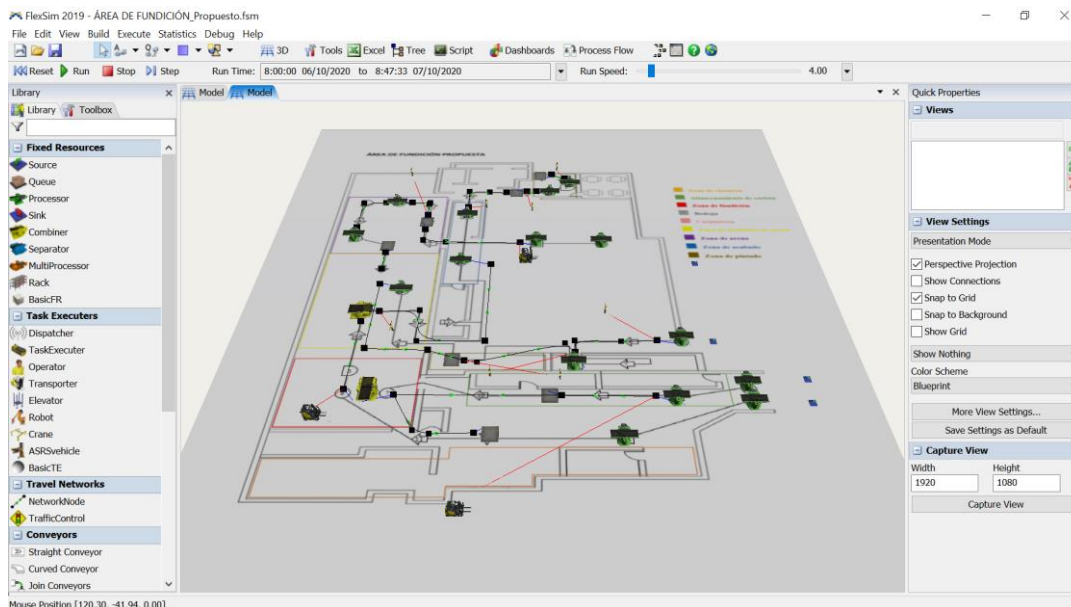
Operación		6	0:20:00	0:15:00	0:05:00
Transporte		12	0:01:49	0:01:38	0:00:11
Inspección		2	0:04:00	0:04:00	-
Demora		2	1:30:00	1:30:00	-
Almacenaje		5	-	-	-
<b>TOTAL</b>		27	1:55:49	1:50:38	0:05:11

Los layout de planta propuestos afectan positivamente al área de fundición y mecánica y, se logra disminuir el tiempo y las distancias de transporte entre las actividades en el estado actual los trabajadores en el área de fundición, se recorría una distancia de 180 metros por cada producto fabricado; con el nuevo Layout propuesto este valor, se redujo a 152 metros por lo cual, se obtiene una reducción del 15.50%. En el área de mecánica recorrían una distancia de 139 metros, la distancia con el Layout propuesto, se disminuye a 100 metros, logra una reducción del 28 %, estos cambios inciden directamente en la ejecución de las actividades y a su vez los trabajadores tendrían un ritmo óptimo de trabajo en un ambiente seguro y adecuado con la finalidad de tener un flujo constante de la materia prima para obtener de esta manera una eficiencia en el proceso productivo, mejora así la productividad de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.

### **Construcción del modelo propuesto – Área de fundición**

A continuación, se muestra en la figura 39 el modelo para simular el proceso productivo, que se lleva a cabo en el área de mecánica de la empresa.

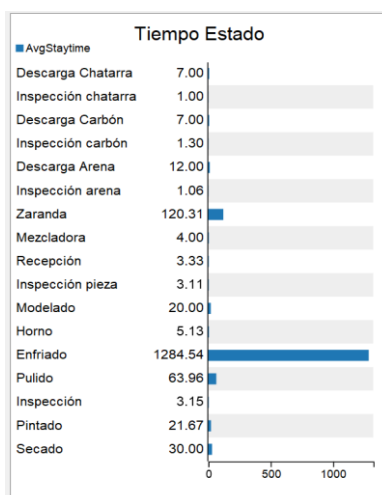
Figura 39: Modelo propuesto área de fundición



Fuente: Elaboración propia

Al considerar los aspectos, que se mencionaron en la fase de análisis, se genera la simulación del nuevo Layout de planta en el área de fundición con un tiempo total de proceso productivo de 24 horas, 47 minutos y 33 segundos, obtienen así la mejora en el tiempo promedio de descarga de chatarra, descarga de carbón, modelado y en la zona de fundición, como se observa en la figura 40.

Figura 40: Tiempo de estado propuesto área de fundición

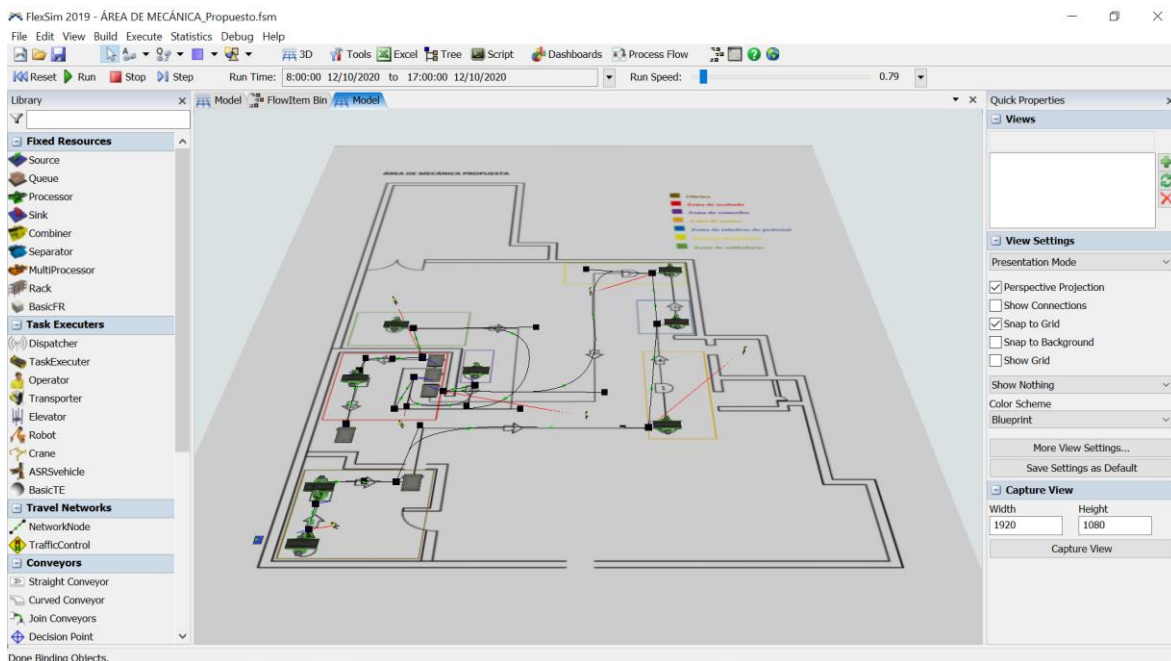


Fuente: Elaboración propia

### Construcción del modelo propuesto – área de mecánica

A continuación, se muestra en la figura 41 el modelo para simular el proceso productivo, que se lleva a cabo en el área de mecánica de la empresa.

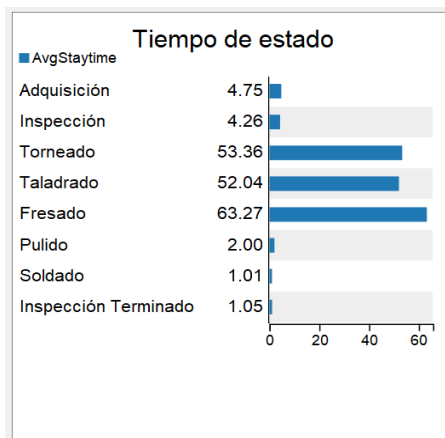
Figura 41: Modelo propuesto área de mecánica



Fuente: Elaboración propia

Para el proceso productivo, que se realiza en el área de mecánica, se consideró la reubicación de la maquinaria para obtener de esta manera un tiempo total de 1 hora, 50 minutos y 38 segundos, por lo tanto, se mejora el tiempo promedio de la adquisición, Inspección, Torneado, taladrado y en la operación de fresado, como se observa en la figura 42

Figura 42: Tiempo de estado propuesto área de mecánica



Fuente: Elaboración propia

## CONCLUSIONES

- La identificación de las características más importantes de la distribución por proceso son la utilización eficiente del espacio, eliminación de movimientos inútiles o redundantes, eliminar cuellos de botella, los requerimientos para la implementación consisten en la toma de tiempos y movimientos, elaboración de los diagramas de proceso, recorrido, relación de actividades y el diagrama relación de espacio que forman parte de la metodología Systematic Layout Planning.
- El análisis de los procesos propios de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda. en las áreas de fundición y mecánica, se agrupan dentro del diagrama de proceso productivo, todos son importantes para la fabricación del producto y las necesidades de la empresa son la disminución de tiempo, optimización de espacio y minimizar la distancia recorrida.
- La propuesta de la distribución de planta con el nuevo modelo de Layout ha resultado adecuado porque en el área de fundición, se han optimizado los procesos y, se logra una disminución de recorrido en el traslado de carbón a la bodega, traslado de carbón a la zona de fundición y el traslado de la pieza fundida al área de terminado con un indicador de ahorro correspondiente a 22.04 minutos en el tiempo total de fabricación del piñón de ataque y una distancia total de 152 metros, en el área de mecánica, se ha optimizada el recorrido de la pieza hacia las zonas de torno, taladro, fresado y terminado con lo cual, se ha disminuido el espacio relacional, se logra un indicador de ahorro de tiempo de 5,11 minutos del tiempo total con una distancia total recorrida de 100 metros.

## **RECOMENDACIONES**

- En el área de fundición y mecánica, se haría un análisis de estudio hombre-máquina con el fin de mejorar la utilización de la maquinaria y mantener el proceso productivo en óptimas condiciones.
- Si la empresa amplía su infraestructura es necesario retomar un estudio del SLP.
- Se sugiere utilizar los formatos de evaluación de control para verificar que los procesos productivos de la empresa se mantengan y lograr una mejora continua.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, a. (octubre de 2017). Diseño de infraestructura de nueva planta para la línea de producción de los modelos buller y linner 12 en dina camiones . Obtenido de <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/93/1/aguilajarjaenantonio%20mmanav%202017.pdf>
- Alacero. (14 de diciembre de 2016). Alacero. Obtenido de <https://www.alacero.org/en/node/52>
- Alonso, á. (1997). Conceptos de organización industrial. Marcombo.
- Antonio, j. (enero de 2006). Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos : aportación al control de la geometría de las actividades. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/311939744\\_optimizacion\\_de\\_la\\_distribucion\\_en\\_planta\\_de\\_instalaciones\\_industriales\\_mediante\\_algoritmos\\_geneticos\\_aportacion\\_al\\_control\\_de\\_la\\_geometria\\_de\\_las\\_actividades](https://www.researchgate.net/publication/311939744_optimizacion_de_la_distribucion_en_planta_de_instalaciones_industriales_mediante_algoritmos_geneticos_aportacion_al_control_de_la_geometria_de_las_actividades)
- Bedón, c., & alvarez, a. (2012). Redistribución del layout de producción para la optimización de la secuencia productiva de la tenería "inca" de la ciudad de ambato mediante la aplicación del diseño interior. Ambato: pontificia universidad católica del ecuador sede ambato.
- Brusil, d. (2014). Análisis y diseño de la distribución física de una fábrica panificadora de la ciudad de guayaquil,. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16113/1/an%20c3%a1lisis%20y%20redise%20de%20la%20distribuci%20f%20f%20c3%a1brica%20panificadora.pdf>
- Cadavín marín, g. (2014). Análisis de ciclo de vida (acv) del proceso siderúrgico. Universidad nacional de colombia, departamento de ingeniería química, manizales.
- Casals, m., roca, x., & forcada, n. (2000). Diseño de complejos industriales. Universitat politecnica de catalunya. Iniciativa digital politecnica.
- Chaluis, g. (abril de 2015). Distribución de planta de la empresa de calzado boom's de la ciudad de ambato. Obtenido de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10391/1/tesis\\_t993id.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10391/1/tesis_t993id.pdf)
- Chase, r. (2009). Distribucion de las instalaciones . México d.f.: interamericana editores .
- Cuatrecasas, l. (2012). Diseño integral de plantas productivas: organización de la producción y dirección de operaciones. Ediciones díaz de santos.

- Donoso, j. (2017). El impacto de la industrialización en el proceso de fabricación de productos intermedios de hierro o acero sin alear como mecanismo de sustitución de importaciones en el contexto de cambio de la matriz productiva de la industria siderúrgica del ecuador . Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2104/1/t-uide-1544.pdf>
- García mateos, a. (1967). Nuevas técnica de siderurgia. *Dynac*, 427-465.
- Instituto chileno del acero . (1976). Estudio sobre tecnología en la siderurgia latinoamericana. Caracas.
- Kanawaty, g. (1998). Introducción al estudio del trabajo (cuarta ed.). Ginebra: oficina internacional del trabajo.
- López, d. (2010). Siderurgia. Argentina.
- Masaitis, j. (2013). Industrias basadas en recursos naturales. En j. M. Stellman, *enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (págs. 1-20). Madrid: chantal dufresne, ba.
- Mendoza, a. (2018). Innovación en los métodos de comercialización de chatarra ferrosa de talme s.a. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16424/1/tesis%20alexandra%20mendoza%20c..pdf>
- Miniguano, m. (noviembre de 2014). Gestión por procesos para el área de producción de la empresa textil tex-moda. Obtenido de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8549/1/tesis\\_t943id.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8549/1/tesis_t943id.pdf)
- Munoz, d. (2009). Administración de operaciones. Cengage learning.
- Muñoz, m. (2004). Diseño de distribución en planta de una empresa textil. Obtenido de [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/munoz\\_cm/munoz.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/munoz_cm/munoz.pdf)
- Muther, r. (1970). Distribución en planta(2a edición). Barcelona, españa.
- Niebel, b., & freivalds, a. (2009). Ingeniería industrial : métodos, estándares y diseño del trabajo. (duodécima ed. Ed.). México: mcgraw-hill.
- Núñez, a. (2014). Decisiones tácticas y estratégicas. En dirección de operaciones . España: editorial uoc.
- Núñez, M. (Enero de 2017). *Factibilidad de construcción de una planta siderúrgica de la empresa acería del ecuador c.a., en la ciudad de Milagro*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13390/TESIS%20MARIA%20NU%C3%91EZ07022017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Paredes, A. (2016). Rediseño de una planta productora de lácteos mediante la utilización de las metodologías SLP, CRAFT y QAP. *Scientia et technica*. Obtenido de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/12571/9421>
- Pérez, P., Freire, J., Morales, M., & Carrera, A. (2016). *COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA EN EL ECUADOR*. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador Sede Guayaquil.
- Platas, J., & Cervantes, M. (2015). Planeación y Diseño Layout de instalaciones. Un enfoque por competencias. En *Planeación y Diseño Layout de instalaciones* (pág. 66). México D.F.: Grupo editorial Patria, S.A de C.V.
- Proecuador. (2013). *Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones*. Obtenido de [http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/11/PROEC\\_AS2013\\_METALMECANICA.pdf](http://www.proecuador.gob.ec/wpcontent/uploads/2013/11/PROEC_AS2013_METALMECANICA.pdf)
- Puca, D., & Morales, Á. (2010). *Propuesta de Reorganización Técnica-Económica de los Procesos de Producción para las Carrocerías: Interprovincial y Bus-Tipo en la Empresa VARMA S.A. de la Ciudad de Ambato*. Riobamba : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Reyes, J. (Abril de 2007). *Diseño para la distribución de nuevas instalaciones de la empresa INSTRUEQUIPOS CIA. LTDA en el parque industrial Ambato*". Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/292/1/t267id.pdf>
- Sáez, A., & García, J. (2016). Protocolo: Evaluación de los riesgos del flujo de material en el diseño. *ProQuest*, 7(2), 43-63.
- Salazar, A., Vargas, L., Añasco, C., & Orejuela, J. (2015). PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA BIETAPA EN AMBIENTES DE MANUFACTURA FLEXIBLE MEDIANTE EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO,. *EIA*, 161-175.
- Sanz, J., Carmona, M., Pérez, R., Rivas, M., & Tejedor, F. (2012). Guía para una gestión basada en procesos. *Instituto Andaluz de Tecnologías*.
- Sharma, P., & Pratap, R. (2013). A Review of Meta-heuristic Approaches to Solve Facility Layout Problem. *International Journal of Emerging Research in Management & Technology*, 2(10), 29.
- Soledispa, L., & Correa, P. (Abril de 2015). *Optimización del proceso de fundición del acero mediante inyección de oxígeno al horno de fundición, evaluando el impacto al*

- ambiente, aplicada en una empresa siderúrgica de Guayaquil* . Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10268/1/UPS-GT001300.pdf>
- Tompkins, J., White, J., & Bozer, Y. (2011). *Planeación de instalaciones*. Nueva York (E.U.A.): Thomson.
- Torres, M., & Maldonado, Á. (2015). *Redistribución de la planta industrial Carrocerías Jácome aplicando el formato de distribución de flujo de trabajo*. Ambato: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato.
- Tungurahua, S. (2015). *Siderurgica Tungurahua*. Obtenido de <http://www.siderurgicatungurahua.com/index.php/nosotros-fundicion-hierro>
- Vaughn, R. (2013). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Barcelona: Reverte.
- Verdeja, L. F., Sancho, J. P., & Verdeja, J. I. (2017). El proceso siderúrgico: estado actual y perspectivas del futuro. *Revista de Minas*, 173-181.
- Zapata, C., & Álvarez, C. (2005). Conversión de diagramas de procesos en diagramas de casos de uso usando Atom 3. *Scielo*, 72, 12.

## ANEXOS

## Anexo1: entrevista a la gerente de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.

ENTREVISTA A LA GERENTE	
<b>Objetivo:</b>	Conocer la situación actual de la empresa
<b>Fecha:</b>	20 de abril de 2020
<p><b>1) ¿Posee la empresa un diagrama organizacional, misión, visión, objetivos y valores?</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><b>2) ¿Cuáles son los productos con mayor demanda en el mercado?</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><b>3) ¿Qué producto tiene el proceso de fabricación más complejo?</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><b>4) ¿Se realizó algún estudio para la distribución actual de las instalaciones?</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><b>5) ¿Actualmente cuantas personas laboran en la empresa?</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p><b>6) ¿Considera que es necesario definir los procesos que intervienen en la línea de fabricación de la empresa?</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

**7) ¿Cuáles son los problemas, que con mayor frecuencia se han presentado en la línea de producción de la empresa?**

---

---

---

**8) ¿Qué área de la empresa considera que tiene problemas?**

---

---

---

**9) ¿Los trabajadores conocen todo el proceso productivo, que se desarrolla en la empresa?**

---

---

---

**10) ¿La productividad de la empresa en los últimos años ha aumentado, disminuido o se mantiene constante?**

---


---

---


**Anexo 2. Encuesta dirigida a los trabajadores de la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.**

<b>ENCUESTA A TRABAJADORES DE SIDERURGICA TUNGURAHUA</b>							
<b>Objetivo</b>	Conocer la situación actual de la empresa en las áreas de fundición y mecánica.						
<b>Fecha:</b>	20 de abril de 2020						
<b>Instrucciones:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Marque con una X la casilla que usted crea conveniente.</li> <li>• No se marcará en más de dos casillas.</li> </ul>						
<b>Pregunta 1. ¿Cuántos años trabaja en la empresa Siderúrgica Tungurahua Cía. Ltda.?</b>							
	<table border="1"> <tr> <td>Menos de 1 año</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Entre 1 a 4 años</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Más de 4 años</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Menos de 1 año	<input type="checkbox"/>	Entre 1 a 4 años	<input type="checkbox"/>	Más de 4 años	<input type="checkbox"/>
Menos de 1 año	<input type="checkbox"/>						
Entre 1 a 4 años	<input type="checkbox"/>						
Más de 4 años	<input type="checkbox"/>						
<b>Pregunta 2. ¿Conoce sobre el funcionamiento de la maquinaria utilizada para la fabricación de los productos?</b>							
	<table border="1"> <tr> <td>Mucho</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Algo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Nada</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Mucho	<input type="checkbox"/>	Algo	<input type="checkbox"/>	Nada	<input type="checkbox"/>
Mucho	<input type="checkbox"/>						
Algo	<input type="checkbox"/>						
Nada	<input type="checkbox"/>						
<b>Pregunta 3. ¿Conoce todos los procesos productivos que forman parte de la empresa?</b>							
	<table border="1"> <tr> <td>Mucho</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Algo</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Nada</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Mucho	<input type="checkbox"/>	Algo	<input type="checkbox"/>	Nada	<input type="checkbox"/>
Mucho	<input type="checkbox"/>						
Algo	<input type="checkbox"/>						
Nada	<input type="checkbox"/>						
<b>Pregunta 4. En base a su criterio, ¿Por qué, se producen las demoras en los procesos de fabricación de los productos?</b>							
	<table border="1"> <tr> <td>Desorden en los espacios</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Largas distancias entre procesos</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Falta de materia prima</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Desorden en los espacios	<input type="checkbox"/>	Largas distancias entre procesos	<input type="checkbox"/>	Falta de materia prima	<input type="checkbox"/>
Desorden en los espacios	<input type="checkbox"/>						
Largas distancias entre procesos	<input type="checkbox"/>						
Falta de materia prima	<input type="checkbox"/>						
<b>Pregunta 5. ¿Ha recibido usted algún tipo de capacitación para realizar su trabajo?</b>							
	<table border="1"> <tr> <td>Si</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>No</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>		
Si	<input type="checkbox"/>						
No	<input type="checkbox"/>						

## Anexo 3. Formato ficha de observación

FICHA DE OBSERVACIÓN		
		
Área:		
Fecha:		
Responsable:		
Objetivo:		
N°	Descripción	Observaciones
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
Elaborado por:		Aprobado por:

## Anexo 4. Formato de lista de chequeo

		LISTA DE CHEQUEO			
		Área:			
Fecha:					
Responsable:					
Objetivo:					
N°	Descripción	Si	No	N.A.	Observaciones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
Elaborado por:			Aprobado por:		