



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO  
FACULTAD CIENCIAS E INGENIERÍA**

**TESIS DE GRADO  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
INDUSTRIAL**

**TEMA: PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE PALANQUILLA  
INTERNO DE UNA EMPRESA SIDERÚRGICA**

**Autor:**

Sr. JHONNY DAVID YUQUILEMA NAULA

**Tutor:**

ING: EDWIN JESUS CARRASQUERO RODRIGUEZ

**Milagro, Junio 2021**

**ECUADOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

**RECTOR**

**Universidad Estatal de Milagro**

Presente.

Yo, JHONNY DAVID YUQUILEMA NAULA, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de integración curricular, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación DESARROLLO SOSTENIBLE, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de integración curricular en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro,

---

Yuquilema Naula Jhonny David

Autor 1

CI: 0942483140

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS que ha sido la fuente fundamental para realizar este documento, a mis padres que han formado parte de esta inspiración, a mis hermanos que me han dado las fuerzas necesarias para demostrarle que el querer es poder, a mis amigos, amigas que forman parte de mi círculo social y al ingeniero Edwin carrasquero tutor de tesis

## **DEDICATORIA**

El presente documento de investigación para culminar mi carrera universitaria dedico primero a DIOS, quien fue que me dio las fuerzas necesarias para culminar la presente tesis.

A mis padres Cristina Naula y Nicolas Yuquilema que estuvieron en los momentos de sacrificio, dedicación, esfuerzo y valentía para cumplir la meta

A mis hermanos jheferson, lisseth y Saul que siempre estuvieron a mi lado y a mis tíos, abuelos que siempre confiaron en mí

Y en especial a mi abuelo Ángel Naula que en paz descanse, persona que me acompañó el primer momento de iniciar la universidad

A mis amigos Carlos, Hugo, Daniel, lilibeth personas muy importantes que llevo dentro de mi corazón

Y al ingeniero Javier Portilla y Nicolás Valle por haber confiado en mí

## Tabla de contenido

### Tabla de contenido

Derechos de autor.....	2
Agradecimiento .....	3
Dedicatoria .....	4
Aprobación del tutor del trabajo de integración curricular .....	14
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>15</b>
1. Introducción .....	15
1.1. Planteamiento del problema .....	16
1.2. Definición del problema.....	16
1.3. Formulación del problema .....	17
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivos específicos .....	18
1.5. Justificación.....	19
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>20</b>
2. Marco conceptual.....	20
2.1. Argumento teórico.....	20
2.1.1. Concepto de la organizacion siderúrgica.....	21
2.1.2. Fundamento sobre la produccion del acero de años anteriores .....	21
2.1.3. Organizaciones siderurgicas en el ecuador.....	24
2.2. Proceso de produccion para la obtencion del acero .....	25
2.1.2. Diagrama de flujo para el proceso de produccion .....	25
2.2.2. Chatarra metálica .....	27
2.2.3. Horno arco eléctrico (eaf) .....	28
2.2.4. Horno cuchara (lf).....	30
2.2.5. Colada continua .....	31
2.2.6. Horno recalentamiento.....	32
2.2.6. Cajas de desbaste, intermedio y acabador.....	33
2.4.1. Mantenimiento industrial .....	35
2.4.2. Planificación del mantenimiento.....	35
2.4.3. Programación del mantenimiento .....	35
2.5. Tipos de mantenimiento .....	36
2.5.1. Mantenimiento correctivo.....	36

2.5.2.	Mantenimiento predictivo .....	36
2.5.3.	Mantenimiento preventivo .....	36
2.6.	Indicadores de mantenimiento .....	37
2.6.1.	Disponibilidad.....	37
2.6.1.	Fiabilidad .....	37
2.7.1.	Transporte de palanquilla e identificacion de los equipos .....	38
2.7.2.	Registro del plan de mantenimiento preventivo .....	40
2.7.3.	Recursos de mantenimiento .....	40
2.7.4.	Técnicas de análisis para identificar fallas en los equipos.....	40
2.7.5.	Tecnica de análisis diagrama ishihawa .....	40
2.7.6.	Técnica de análisis 5 whys?.....	41
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>42</b>
3.	Marco metodológico y analisis de los objetivos del proyecto .....	42
3.1.	Modelo de investigación.....	42
3.2.	Población y muestra .....	43
3.2.1.	Delimitacion e indicadores .....	43
3.2.2.	Tipo de muestra y tamaño.....	43
3.2.3.	Técnicas .....	43
3.2.3.1.	Buscar información.....	44
3.2.3.2.	Definir el problema.....	44
3.2.3.3.	Tomar medidas .....	44
3.2.3.4.	Estandarizar procedimientos.....	44
3.3.	Fuetes de informacion .....	44
3.3.1.	Análisis de los objetivos del proyecto .....	45
3.4.	Identificar las actividades de mantenimiento que se realiza actualmente para los equipos del transporte de palanquilla .....	49
3.4.1.	Estructurar el plan de mantenimiento preventivo programado para garantizar el funcionamiento de los equipos .....	58
3.4.2.	Programación del mantenimiento .....	58
3.4.3.	Planeacion del mantenimiento .....	58
3.4.4.	Terminologias del mantenimiento .....	59
3.4.4.1.	Formato de inspección diaria del transporte de palanquilla .....	59
3.4.4.2.	Analisis de los problemas en la ubicación técnica transporte de palanquilla con la técnica de análisis 5 why? .....	61

3.5. Codificación de equipos de la ubicación transporte de palanquilla.....	66
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>72</b>
4. Propuesta del plan de mantenimiento .....	72
4.1. Técnica de analisis diagrama ishikawa para determinar las causas y efectos que existen en el sistema .....	72
4.2. Tiempo perdido por paradas no planificadas.....	75
4.3. Codificación de equipos .....	76
4.4. Plan semanal de mantenimiento .....	78
4.5. Plan semanal de lubricación .....	88
4.6. Ruta de inspección diaria.....	92
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>96</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1. objetivos del proyecto a analizar. Fuente: autoría. ....	45
Tabla 2. Inventario de equipos y componentes del transporte de palanquilla. Fuente: autoría	46
Tabla 3. Numero de componentes por equipo .....	47
Tabla 4. Detalles técnicos .....	48
Tabla 5. Ordenes de mantenimiento realizadas en la ubicacion transporte de palanquilla.....	52
Tabla 6. Materiales y herramientas para ejecutar la lubricación .....	53
Tabla 7. Pasos para realizar la lubricación de chumaceras y cadenas .....	54
Tabla 8. Herramientas y equipos especiales para el cambio de rodamientos .....	55
Tabla 9. Pasos para el cambio de rodillo .....	55
Tabla 10. herramientas y materiales para el cambio de motorreductor .....	56
Tabla 11. Pasos para ejecutar el cambio de motorreductor .....	57
Tabla 12. Análisis de problemas con la técnica de análisis 5 why? .....	64
Tabla 13. Resultados de la técnica de análisis 5 why? .....	65
Tabla 14. Causa de paradas no planificadas .....	75
Tabla 15. Codificacion de equipo .....	77
Tabla 16. Estructura plan de mantenimiento .....	80
Tabla 17: inventario de equipos y componentes del transporte de palanquilla .....	104
Tabla 18. ¿resultados de la técnica de análisis 5 why? .....	104

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: producción de acero crudo del año 2019 .....	20
Ilustración 2: producción de acero crudo en latinoamérica .....	22
Ilustración 3: distribución regional del acero crudo 2020 (primeros 8 meses).....	23
Ilustración 4: diagrama de flujo para la producción de varilla. Fuente (autoría propia) .....	26
Ilustración 5: proceso de trituración de la chatarra.....	27
Ilustración 6: capacidad del horno arco eléctrico. ....	28
Ilustración 7; electric arc furnace.....	29
Ilustración 8: horno cuchara.....	31
Ilustración 9: proceso de colada continua. ....	32
Ilustración 10: forma de actuar un laminador .....	33
Ilustración 11: cilindro acabador de fundición dura templada.....	34
Ilustración 12: subsistema de transporte de palanquilla. ....	39
Ilustración 13: equipos que intervienen para el transporte de palanquilla. ....	39
Ilustración 14:técnica de análisis 5 porque? .....	41
Ilustración 15: transacción ie01, crear equipo. ....	66
Ilustración 16: transacción ie0, referencias.....	67
Ilustración 17: transacción ie01, datos generales.....	68
Ilustración 18: transacción ie01, localización.....	69
Ilustración 19: transacción ie03, organización.....	70
Ilustración 20: transacción ie03, estructura .....	71
Ilustración 21: diagrama ishikawa. ....	73
Ilustración 22: planificación del mantenimiento parte 1.....	82
Ilustración 23: planificación del mantenimiento parte 2.....	83
Ilustración 24: planificación del mantenimiento parte 3.....	84

Ilustración 25: planificación del mantenimiento parte 4.....	85
Ilustración 26: planificación del mantenimiento parte 5.....	86
Ilustración 27: planificación de lubricación parte 1.....	89
Ilustración 28: planificación de lubricación parte 2.....	90
Ilustración 29: planificación de lubricación parte 3.....	91
Ilustración 30: formato ruta de inspección diaria .....	93
Ilustración 31: diagrama de flujo para la producción de varilla .....	101
Ilustración 32: subsistema de transporte de palanquilla. ....	101
Ilustración 33: equipos que intervienen para el transporte de palanquilla.....	102
Ilustración 34: diagrama ishikawa. ....	102
Ilustración 35: planificación de lubricación parte 1.....	105

## **TITULO DE TRABAJO INTEGRACION CURRICULAR:**

### **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE PALANQUILLA INTERNO DE UNA EMPRESA SIDERÚRGICA**

#### **RESUMEN**

Las industrias siderúrgicas actualmente han desarrollado su proceso de producción, permitiendo producir miles de toneladas en un proceso continuo, ya sea en varilla o alambón por ende el presente trabajo de investigación se enfoca en proponer un plan de mantenimiento programado, que permita pasar de un mantenimiento correctivo a un mantenimiento preventivo. Debido que la ubicación transporte de palanquilla en la industria es un área muy importante donde se debe mantener operativo los equipos, para evitar generar paradas no programadas

Por tal motivo, esta investigación se centrara ejecutar un inventario para determinar el número de equipos que se encuentran en el subsistema transporte de palanquilla, tareas de mantenimiento que se realiza en el departamento de mantenimiento mecánico, utilización de las técnica de análisis 5 why? y el diagrama Ishikawa para determinar las causas que impiden desempeñar de manera adecuada a los equipos del transporte de palanquilla tales como reductores, motor eléctrico, chumaceras y rodillos. Además identificar los tipos de componentes que están compuesto cada equipo para mantener la disponibilidad adecuada al momento de ejecutar una actividad de mantenimiento.

Debido que la organización posee el software de mantenimiento SAP PM se utilizara para la codificación de equipos, esto permitirá llevar un control específico al momento de ejecutar una actividad de mantenimiento

Desarrollando de manera adecuada los puntos antes mencionados se dará a conocer la propuesta del plan de mantenimiento preventivo programado y el plan de lubricación de los equipos, indicando periodos de reposición de equipos, cantidad de reposición de grasa, tipo de grasa.

## **PALABRAS CLAVES**

Procedimiento del trabajo, historial de mantenimiento, inspección, paro no programado, mantenimiento, mantenimiento en operación, reparación, codificación del equipo, lubricación, orden de trabajo, disponibilidad

## **JOB TITLE CURRICULUM INTEGRATION:**

PROPOSAL FOR A PREVENTIVE MAINTENANCE PLAN OF THE INTERNAL LEVER TRANSPORTATION SYSTEM OF A STEEL COMPANY

## **ABSTRACT**

The steel industries currently have developed their production process, allowing the production of thousands of tons in a continuous process, either in rod or wire rod, therefore the present research work focuses on proposing a scheduled maintenance plan, which allows going from maintenance corrective to preventive maintenance. Because the billet transport location in the industry is a very important area where equipment must be kept operational, to avoid generating unscheduled stops

For this reason, this research will focus on executing an inventory to determine the number of equipment found in the billet transport subsystem, maintenance tasks performed in the mechanical maintenance department, use of analysis techniques 5 why? and the Ishikawa diagram to determine the causes that prevent the billet transport equipment such as reducers, electric motor, bearings and rollers from performing adequately. In addition, identify the types of components that each team is composed of to maintain adequate availability when executing a maintenance activity.

Because the organization has SAP PM Maintenance software, it will be used for the coding of equipment, this will allow specific control when executing a maintenance activity

Properly developing the aforementioned points, the proposed preventive maintenance plan and the equipment lubrication plan will be announced, indicating equipment replacement periods, amount of grease replacement, type of grease.

## KEYWORDS

Work procedure, maintenance history, inspection, unscheduled shutdown, maintenance, maintenance in operation, repair, equipment coding, lubrication, work order, availability

## **APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, CARRASQUERO RODRIGUEZ EDWIN JESUS en mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, elaborado por el estudiante YUQUILEMA NAULA JHONNY DVAID, cuyo título es PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE PALANQUILLA INTERNO DE UNA EMPRESA SIDERÚRGICA, que aporta a la línea de investigación desarrollo sostenible previo a la obtención del Título de Grado INGENIERO INDUSTRIAL: considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo APRUEBO, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso previa culminación de Trabajo de Integración Curricular de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro,

---

CARRASQUERO RODRIGUEZ EDWIN JESUS

Tutor

C.I: 0961545613

# CAPITULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Las industrias siderúrgicas en el mundo principalmente se centran en la extracción del hierro y a través de un proceso productivo es transformado en acero líquido para luego pasar por lingoteras (embudos) donde la palanquilla toma forma, que servirá como materia prima para el proceso de laminación de tal forma que como producto final se obtendrá varillas o alambrones dependiendo de las fórmulas de coladas que produzca.

Este tipo de organizaciones producen todos los días miles de toneladas debido a la demanda comercial del hierro, por ende cabe recalcar que durante todo su proceso productivo los equipos están expuestos a altas, medias y bajas temperaturas. De la misma forma las máquinas están sometidas a recibir golpes, vibración y vapor. Por ende hay que prevenir el desgaste, averías de las piezas que conforma el equipo y prolongar la vida útil.

Para mantener operativo el proceso de transporte de palanquilla despertaron las siguientes interrogantes ¿De qué manera evitar el desgaste de las piezas? ¿Cuántos puntos de lubricación existen en este proceso? ¿Cuál es el periodo de frecuencia de lubricación?

Se implementara un plan de mantenimiento preventivo debido que ayuda a encontrar o corregir pequeñas averías antes que generen grandes fallas y a tal punto que así se utilizara mejor los recursos de mantenimiento para así evitar paradas no programadas porque dentro de una organización se convierte en grandes pérdidas de dinero.

En el proceso transporte de palanquilla se realizara un inventario de los equipos y puntos exactos de lubricación que se encuentran en esta ubicación técnica, esto ayudara a identificar las actividades de mantenimiento que se deberá realizar para garantizar el funcionamiento de los equipos.

Para identificar el mantenimiento actual que se realiza en la organización y el periodo de frecuencia de lubricación de los equipos existentes en dicha ubicación se optara por obtener información de los informes de mantenimiento que se ejecuta en la industria.

Mediante el uso del programa SAP PM y el software EXCEL se relacionara estas herramientas para detallar un plan de mantenimiento planificado y programado de las tareas que serán necesarias para conservar o establecer un sistema que asegure su funcionamiento y garantice que los activos que se encuentran dentro de la organización sean confiables para mantener el proceso productivo.

## **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El mantenimiento es un conjunto de acciones y tareas necesarias para conservar o establecer un sistema en un estado que asegure con total garantía su funcionamiento durante el proceso productivo para así prevenir paros que representan tiempos improductivos, donde las organizaciones buscan reducir estos tiempos en su mayor totalidad debido que por cada parada no programada representa fuertes sumas de pérdidas de dinero

En el transcurso de los años las organizaciones han desarrollado o actualizado sus instalaciones industriales, esto genera que sus sistemas de producción son continuos de tal forma que se ven obligados en la necesidad de mantener todas sus líneas operativas para mantener su sistema activo por ende las organizaciones deben optar por un mantenimiento programado, planificado y ejecutado de una forma correcta.

El mantenimiento industrial es vital en el área del mantenimiento mecánico y en conjunto de actividades, aseguran que los equipos estén rindiendo de manera adecuada. Por ende el mantenimiento pasa de ser correctivo o de reparación a ser un mantenimiento preventivo, realizando rutas de inspección que servirán como reportes para una buena toma de decisiones al momento de realizar mantenimiento (GONZALES GUZMAN , 2016).

El objetivo del mantenimiento planificado es de disminuir los problemas del equipo a través de acciones de mejora, por ello el mantenimiento planeado de los activos es una parte vital del ciclo de vida, permitirá que brinden el rendimiento deseado durante su vida útil

## **1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La empresa siderúrgica contiene su sistema de producción continuo por ello siempre sus líneas de producción deben mantenerse operativas. Esto despertó el interés en llevar a cabo un control de mantenimiento dentro de uno de sus subprocesos como lo denomina en su ubicación técnica transporte de palanquilla. En este lugar para realizar dicho proceso sus equipos están sometidos a altas temperaturas que rodean los 700° C, temperatura que la palanquilla llega a este subsistema. A estas temperaturas están expuestos equipos como manorreductores, chumaceras, rodillos y cadenas.

El año 2020 desde julio hasta diciembre hubo 10 paradas en este proceso antes mencionado, dichas paradas no planificadas fueron por motorreductores falta de aceite, desgaste de rodamientos en las chumaceras y desprendimientos de cadenas.

Actualmente esta organización no cuenta con un plan de mantenimiento programado de sus equipos, plan de mantenimiento de lubricación y rutas de inspección. De tal manera queremos proponer un plan de mantenimiento preventivo programado y planificado para evitar desgaste de los equipos que intervienen en el subproceso.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

De los problemas antes mencionados que suceden en la línea de producción nos llevó a tener interrogantes que ayudaran mejorar las actividades de mantenimiento

¿Cómo emplear un plan de mantenimiento preventivo y programado para el transporte de palanquilla que evite tener mantenimientos costosos?

¿De qué manera obtener información correcta para mejorar el plan de mantenimiento actual que realiza la organización?

¿El personal de apoyo tiene conocimiento de cuantos puntos exactos de lubricación existen en el proceso de transporte de palanquilla?

¿Qué metodología y software debo utilizar para estructurar y garantizar un plan de mantenimiento que garantice el funcionamiento de los equipos?

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

- Proponer un plan de mantenimiento preventivo (programado y planificado) mediante el uso del software Excel para garantizar el funcionamiento de los equipos en el proceso transporte de palanquilla en una empresa siderúrgica

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar un inventario de los equipos que intervienen en el subproceso transporte de palanquilla
- Identificar las actividades de mantenimiento que se realiza actualmente para los equipos del transporte de palanquilla
- Proponer un plan de mantenimiento preventivo programado para garantizar el funcionamiento de los equipos

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

La alta demanda que tiene la empresa para producir ACERO, implica que debe tener todas sus líneas de producción operativas, se conforma las áreas de chatarra, fundición, laminación y dentro de ellas sub procesos que forman parte de la misma.

En el área donde se va enfocar esta investigación es el proceso de laminación donde se encuentra subproceso transporte de palanquilla. Este sistema sirve para transferir palanquilla que sirve como materia prima para el proceso de laminación, los equipos tales como motorreductores, rodillos y chumaceras deben garantizar su funcionamiento para mantener operativa la producción cuando se requiera.

En la actualidad la empresa produce entre (19000 Ton – 21000 Ton mes), esto conlleva a que este sistema brinde un rendimiento deseado.

Para garantizar la vida útil de los equipos y evitar paradas no programadas que representan grandes pérdidas de dinero, se propondrá un plan de mantenimiento planificado y programado como lo determina uno de los métodos del mantenimiento, mantenimiento productivo total (TPM). Dentro de este plan de mantenimiento se halla la técnica conocida como las 5 WHY?, técnica que se aplicara en los equipos que conforma el proceso de transporte de palanquilla para poder determinar el porqué de los fallos.

Con la obtención de los resultados del estudio a realizar se procederá a proponer un plan de mantenimiento preventivo, dentro de este plan de mantenimiento se detallara, ubicación técnica de los equipos, numero de equipo, actividad a realizar y frecuencia del mantenimiento para así ampliar el funcionamiento de los equipos, a su vez pasar de un mantenimiento correctivo a un mantenimiento planificado y programado.

## CAPITULO II

### 2. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1. ARGUMENTO TEÓRICO

Desde la antigüedad se realizaba procesos para obtener acero, uno de los primeros métodos que se realizaba en la antigüedad era conducir el hierro en polvo de carbón a hornos que se encontraban a una temperatura de 950°C. A través de este proceso se lograba cambiar la superficie de hierro forjado en acero.

En el portal web historia del acero, Arqhys afirma que en 1740, el inglés Benjamin Huntsman redescubrió el procedimiento indio por casualidad, al calentar una mezcla de hierro y una cantidad cuidadosamente medida de carbón vegetal en un crisol. Pese a la invención de otros procedimientos, siguió prefiriéndose el método del crisol para obtener acero de alta calidad, hasta que en 1902 se inventó el horno eléctrico (ARQHYS ARQUITECTURA, 2021).

A medida que ha pasado el tiempo la producción del acero en muchos países ha mejorado debido a la demanda que posee el mundo y a la gran utilidad que el ser humano requiere para construir.

Según menciona (ALACERO, 2020) que la asociación latinoamericana del acero está constituido por más de 60 países en el mundo, sus mayores productores del acero china, Japón e India.

MUNDO: RANKING DE PRODUCCIÓN DE ACERO CRUDO WORLD: RANKING OF CRUDE STEEL PRODUCTION				
Millones de toneladas / Million tons		2019		2018
País / Country	Ranking	Volumen	Ranking	Volumen
China	1	996,3	1	920,0
India / Índia	2	111,2	2	109,3
Japón /Japan	3	99,3	3	104,3
Estados Unidos / United States	4	87,8	4	86,6
Rusia / Russia	5	71,9	6	72,1

Ilustración 1: PRODUCCION DE ACERO CRUDO DEL AÑO 2019

*FUENTE: (ALACERO, 2020). RANKING OF CRUDE STEEL PRODUCTION. Recuperado el 22 de marzo del 2021. Disponible en: [https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america\\_latina\\_en\\_cifras\\_2020\\_es-en\\_09nov.pdf](https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america_latina_en_cifras_2020_es-en_09nov.pdf).*

Se puede observar en la imagen, para Alacero los países que más producen en el mundo en el año 2018 los países que más producen a nivel del mundo son:

- China con una producción de 920 toneladas anuales
- India con una producción de 109 toneladas anuales
- Japón con una producción de 104 toneladas anuales
- Estados Unidos con una producción de 86.6 toneladas anuales
- Rusia con una producción de 72.1 toneladas anuales

En el 2019 como se proyecta en la figura 1, China incrementa su producción en 0.0829%, India incrementa en 0.0265 %, Estados Unidos alcanzo 0.0138 % de incremento en su productividad, a diferencia de Japón y Rusia bajaron su productividad.

### **2.1.1. CONCEPTO DE LA ORGANIZACION SIDERÚRGICA**

Las organizaciones dedicadas a la producción del acero, se la conoce por sus múltiples procesos de producción que realiza para la obtención del acero, pasando por diferentes etapas tales como la trituración de la chatarra, fundición donde a través de agregación de aleaciones y proceso de solidificación para la obtención de palanquilla que servirá como materia prima para el departamento de laminación. Del mismo modo con ayuda de equipos, maquinarias, instalaciones, mano de obra y tecnología que servirá para la producción del acero laminado.

### **2.1.2. FUNDAMENTO SOBRE LA PRODUCCION DEL ACERO DE AÑOS ANTERIORES**

A nivel mundial hay países que son potencia en la producción del acero, llegando a producir acero crudo en cantidades enormes que reflejan en 1621 millones de toneladas, producción realizada por 5 países

En su trabajo de titulación, Carillo señala que la producción mundial de acero crudo en 2015 fue de 1.621 millones de toneladas, 2.93% por debajo del nivel de 2014, China continuó representando cerca del 50% de ese volumen con 803.8 millones de toneladas y en un segundo lugar distante se ubicó Japón (105,2), seguido por India (89,4), Estados Unidos (78,8) y Rusia (70,9) (DONOSO CARILLO, 2017, pág. 17).

AMÉRICA LATINA: PRODUCCIÓN DE ACERO CRUDO POR PAÍSES						
LATIN AMERICA: CRUDE STEEL PRODUCTION BY COUNTRY						
Millares de toneladas / Thousand tons						
País / Country	2016	2017	2018	2019	2020 <sup>(E)</sup>	Var. %20/19
Brasil / Brazil	31.644	34.777	35.407	32.569	30.498	-6%
México / Mexico	18.824	19.955	20.441	18.387	16.277	-11%
Argentina	4.126	4.624	5.162	4.645	3.510	-24%
Chile	1.153	1.158	1.145	1.133	1.182	4%
Colombia	1.272	1.253	1.219	1.333	1.101	-17%
Perú/Peru	1.168	1.207	1.217	1.230	731	-41%
Ecuador 	576	561	583	607	482	-21%
Guatemala	314	294	300	306	243	-21%
Cuba	244	221	225	230	185	-19%
El Salvador	100	96	99	102	82	-20%
Uruguay	61	58	60	62	49	-21%
Venezuela	553	444	129	51	29	-43%
Otros / Other Latam	70	24	25	26	23	-12%
<b>Total</b>	<b>60.105</b>	<b>64.671</b>	<b>66.012</b>	<b>60.681</b>	<b>54.393</b>	<b>-10,4%</b>

Ilustración 2: PRODUCCION DE ACERO CRUDO EN LATINOAMERICA

FUENTE: (ALACERO, 2020). CRUDE STEEL PRODUCTION BY COUNTRY. Recuperado el 25 de marzo del 2021. Disponible en [https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america\\_latina\\_en\\_cifras\\_2020\\_es-en\\_09nov.pdf](https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america_latina_en_cifras_2020_es-en_09nov.pdf).

En la presente figura se puede apreciar la producción en miles de toneladas de cada país que pertenece a Latinoamérica, la producción es analizada desde el año 2016 hasta 2020, Brasil es líder en la producción del acero con 31.644 toneladas en el año 2016, estando por encima de la productividad de países como México, Argentina y Chile. Ecuador apenas ese año logro tener un rendimiento de 576 mil toneladas.

Las industrias siderúrgicas han ido mejorando en el Ecuador como se puede visualizar que desde el 2017 hasta el 2019 la tasa de producción fue incrementando, llegando a obtener 1751000 toneladas de acero crudo.

En el 2020 la tendencia fue decayendo debido al virus de la pandemia que impidió que las siderúrgicas en el mundo no produzcan con normalidad esto se vio afectado también en el

Ecuador debido a que la productividad decayó en un 21% con respecto al año anterior (ALACERO, 2020).

“..En contexto, nuestro país está rodeado de grandes productores de acero como el caso de Brasil, Argentina, Venezuela, Perú, Colombia y Chile” (GUALOTUÑA SEGARRA , 2013).

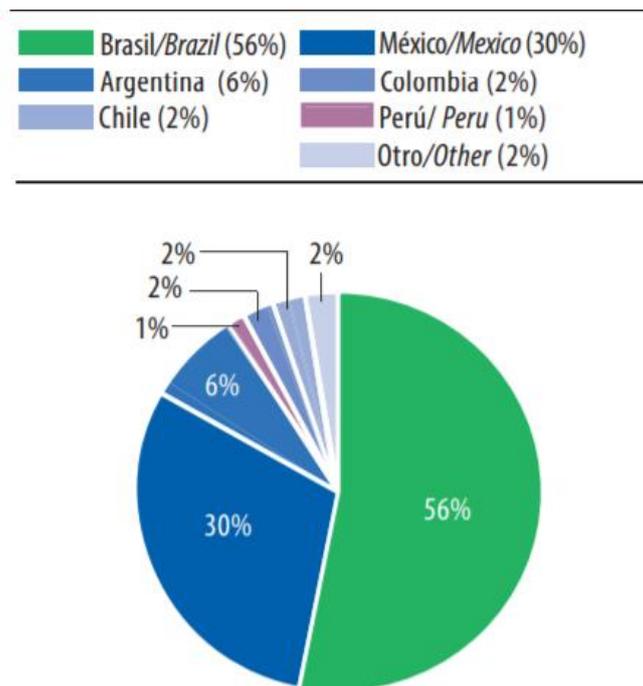


Ilustración 3: DISTRIBUCIÓN REGIONAL DEL ACERO CRUDO 2020 (PRIMEROS 8 MESES)

FUENTE: (ALACERO, 2020). REGIONAL SHARE OF CRUDE STEEL PRODUCTION.

Recuperado el 27 de marzo del 2021. Disponible en:

[https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america\\_latina\\_en\\_cifras\\_2020\\_es-en\\_09nov.pdf](https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america_latina_en_cifras_2020_es-en_09nov.pdf)

La grafica indica que en Latinoamérica la gran parte de productividad del acero bruto se genera en el país de Brasil que se adueña con un 56 % del producto, seguido por México que establece su rendimiento en 30%, Argentina se ubica con 6% de producción bruta. Países como Colombia y Chile apenas con un 2% y Perú con el 1%, a continuación se encuentran países que están en vías de desarrollo ocupando un 2% y dentro de este porcentaje se encuentra Ecuador (ALACERO, 2020).

### **2.1.3. ORGANIZACIONES SIDERURGICAS EN EL ECUADOR**

Actualmente el Ecuador cuenta con cuatro organizaciones para la producción del acero, que se obtienen a través de diferentes procesos.

Para la producción del acero en el Ecuador (ALACERO, 2020) asociación latinoamericana del acero menciona que en el Ecuador las organizaciones siderúrgicas son

- ADELCA
- ACERIAS NACIONALES DEL ECUADOR – ANDEC
- FEDERACION ECUATORIANA DE INDUSTRIAS DEL METAL – FEDIMETAL
- NOVACERO

*“En el Ecuador existen tres industrias siderúrgicas de tipo semi-integradas, estas son: ADELCA, Acería del Ecuador, ANDEC, Acería Nacional del Ecuador (ANDEC.SA.) y NOVACERO”* (CANSINO FLORES & LUCERO DIAZ, 2015).

La organización ACERIAS NACIONALES DEL ECUADOR ANDEC fue creada en el año de 1964 con el fin de cubrir la demanda del Ecuador, en 1970 donde adquiere un tren que producía 11.250 toneladas valor que cubría apenas un 20% del requerimiento Ecuatoriano. Actualmente esta organización cuenta con certificaciones de sistemas integrados de gestión, certificación de producto fabricado del Ecuador, certificado de laboratorio de ensayos y certificado de emisión de gases de inventario.

*FUENTE: Sitio corporativo ANDEC (2021). Recuperado el 27 de marzo del 2021. Disponible en <https://www.andec.com.ec/>*

La empresa ADELCA es una organización dedicada a la producción del acero donde en el año de 1963 se convierte en la primera industria de laminación para brindar productos como varillas y alambres que sirven como materia prima para elaborar clavos, ángulos y alambres.

La misión que maneja ADELCA *“es ser líderes en el reciclaje para la producción del acero, con excelencia en el servicio, calidad, tecnología, sistemas de gestión, recursos humanos, seguridad industrial protección ambiental y responsabilidad social”* (ADELCA, 2021).

Actualmente esta empresa llega a producir hasta 22000 toneladas mes y cuenta con certificaciones:

- Sistemas integrados de gestión
- Certificación INEM

- Certificación BASC

*FUENTE: Sitio corporativo ADELCA (2021). Recuperado el 29 de abril del 2021, disponible en <https://www.adelca.com/>*

## **2.2. PROCESO DE PRODUCCION PARA LA OBTENCION DEL ACERO**

### **2.1.2. DIAGRAMA DE FLUJO PARA EL PROCESO DE PRODUCCION**

En las industrias siderúrgicas los procesos de producción son amplios y continuos para tener un rendimiento eficiente y satisfacer la demanda que requiere el cliente.

El proceso de producción inicia desde la trituración de la chatarra, materia prima que la fundidora requiere para colar, al pasar el material ferroso triturado y diferentes tipos de chatarra seleccionada para fundir. El material ferroso es transportado al horno eléctrico para diluir chatarra. Una vez el colado se encuentre dentro de las especificación pasara a colada continua donde, por medio de un sistema de salificación se obtiene palanquilla (DONOSO CARILLO, 2017)

Para el proceso de laminación se requerirá materia prima (palanquilla) para inducir al horno de recalentamiento para que la palanquilla al momento de transportarse por los anillos de laminación pueda deformarse, estos anillos están formadas por cajas que están clasificadas en desbaste, intermedio y acabador. A continuación la palanquilla deformada pasa por anillos acabadores donde toma la forma ya sea varilla o alambrón.

En la figura 4 podemos apreciar los diferentes procesos que se realiza para obtener como resultado la producción de varilla, medidas de varillas producidas

- 8 mm
- 10 mm
- 12mm
- 14 mm
- 16mm
- 32mm

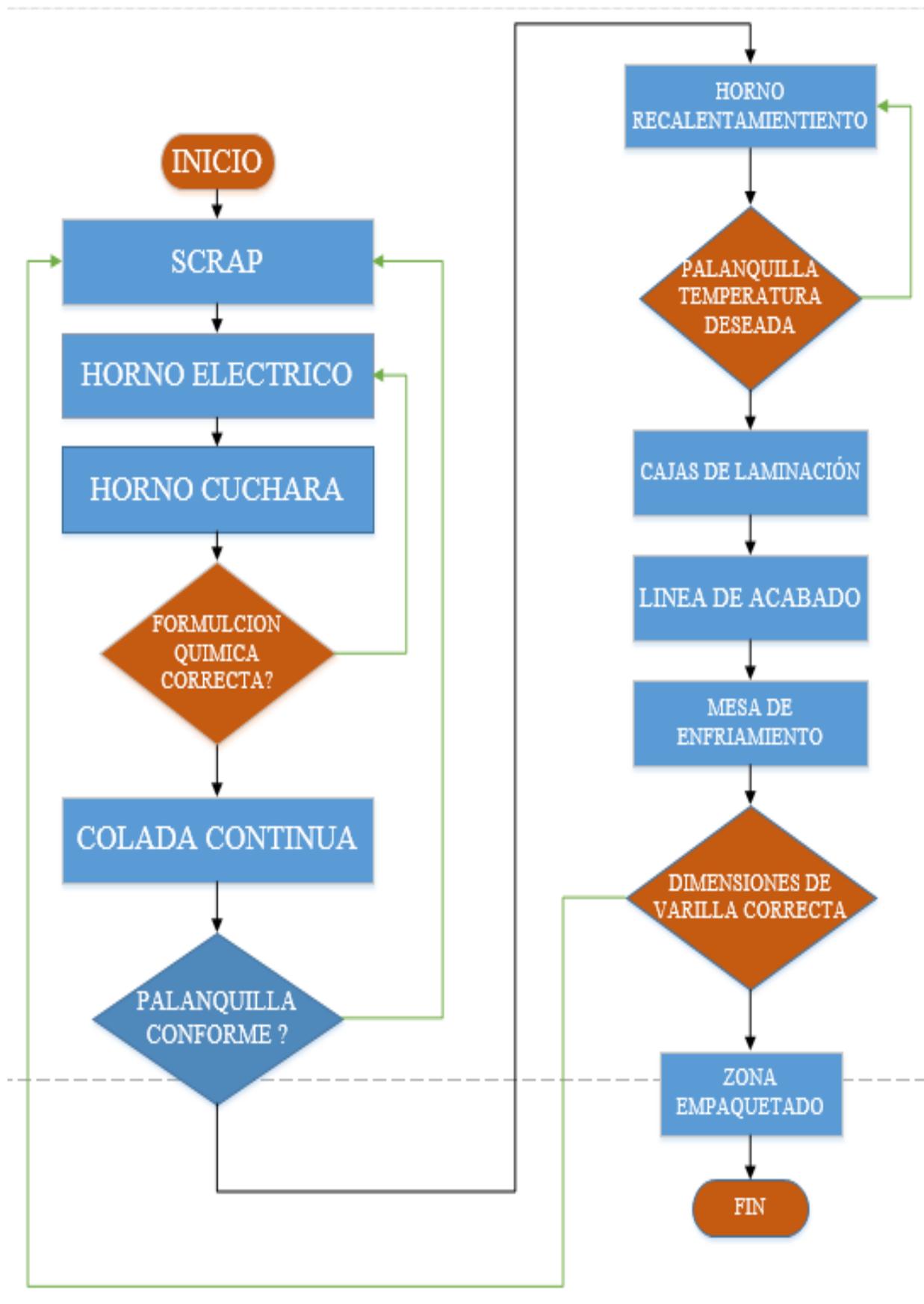


Ilustración 4: Diagrama de flujo para la producción de varilla. Fuente (Autoría propia)

### 2.2.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Según afirma (GUALOTUÑA SEGARRA , 2013) que *“la chatarra se funde y se convierte en acero líquido a través de arcos eléctricos de alta potencia por 3 columnas de electrodos de grafito que descienden por la tapa del horno”*.

En las siderúrgicas la chatarra es la materia prima esencial para poder realizar el colado en el horno eléctrico, esta materia es de mucha importancia en base a la calidad que presente, si la calidad de la chatarra es excelente la calidad del producto final (varilla o alambón) será excelente.

Cabe recalcar, según (VILLEGAS PAREDES , 2012) *“Los metales son recursos naturales no renovables por lo que es conveniente su aprovechamiento a través de la fundición”*.

### 2.2.2. CHATARRA METÁLICA

Las chatarras provienen de:

Fabrica: la chatarra producida por varillas defectuosas que se generó durante la producción, este producto es enviado para triturar y ser reutilizado.

Pacas: material que proviene de recicladoras que se dedican a compactar la chatarra

Embarcaciones y automóviles: chatarra especial que es utilizada para producir aceros especiales

Aceros no reutilizables: provienen de la chatarrización de la comunidad

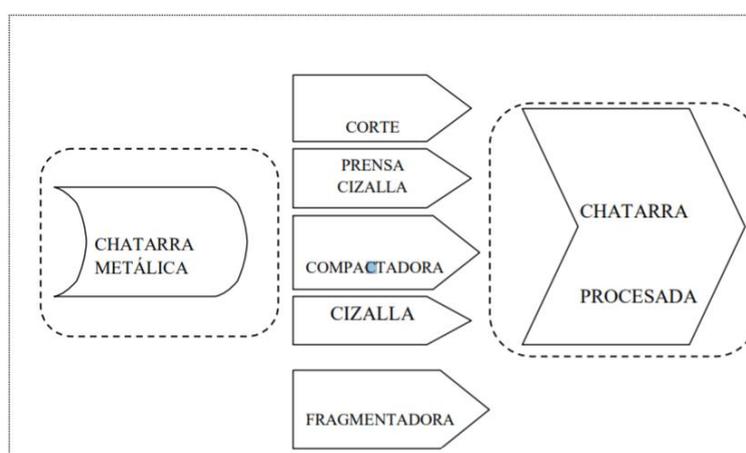


Ilustración 5: Proceso de trituración de la chatarra

Fuente: (VILLEGAS PAREDES , 2012). *Proceso de trituración de la chatarra. Recuperado el 28 de marzo del 2021. Disponible en [file:///C:/Users/jhonn/Downloads/Tesis%20I.%20M.%20168%20-%20Villegas%20Paredes%20Eduardo%20Humberto%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jhonn/Downloads/Tesis%20I.%20M.%20168%20-%20Villegas%20Paredes%20Eduardo%20Humberto%20(1).pdf)*

Como podemos apreciar en la imagen 5, los procesos que se deben llevar a cabo para la trituración de la chatarra tales como corte, prensa cizalla, compactadora, cizalla y fragmentadora. Luego de pasar por este sistema la chatarra es enviada a un sector llamado playa donde se almacena dependiendo el tipo de chatarra para que pueda ser utilizada al momento de realizar una colada en el área de fundición

### 2.2.3. HORNO ARCO ELÉCTRICO (EAF)

Para (GUALOTUÑA SEGARRA , 2013) “la principal función del Horno de Arco Eléctrico es convertir la materia prima sólida (Chatarra) en acero líquido”.

Para comenzar con el proceso de fundición en el horno eléctrico se requiere chatarra como materia prima, esta materia prima es preparada en base a al número de SAE (formulación química que maneja cada organización) para ser transportada en una canastilla y ser vaciada en el electric arc furnace.

“Tiene un diámetro aproximado de 5m, está conformado por una serie de paneles refrigerados, e internamente recubierto por material refractario diseñado para resistir altas temperaturas” (GUALOTUÑA SEGARRA , 2013).

MMI del sistema de control del EAF

Parámetros básicos de las altas series EAF de la impedancia

Tipo	Diámetro de la cáscara del horno (milímetro)	Capacidad (t)	Parámetro del transformador	Capacidad del reactor (Kvar)	Diámetro del electrodo de grafito (milímetro)
		Clasificado/máximo	Capacidad clasificada (MVA)		
EAF-30	4600/4800	30/45	25-32	7000	450
EAF-60	5400	60/70	45-55	9000-11000	500
EAF-70	5600	70/80	55-65	11000-13000	500
EAF-80	5800	75/85	60-70	12000-14000	500-550
EAF-100	6200	100/120	75-85	15000-17000	550-600
EAF-120	6400	1120/140	90-110	18000-22000	600-650

Ilustración 6: Capacidad del horno arco eléctrico.

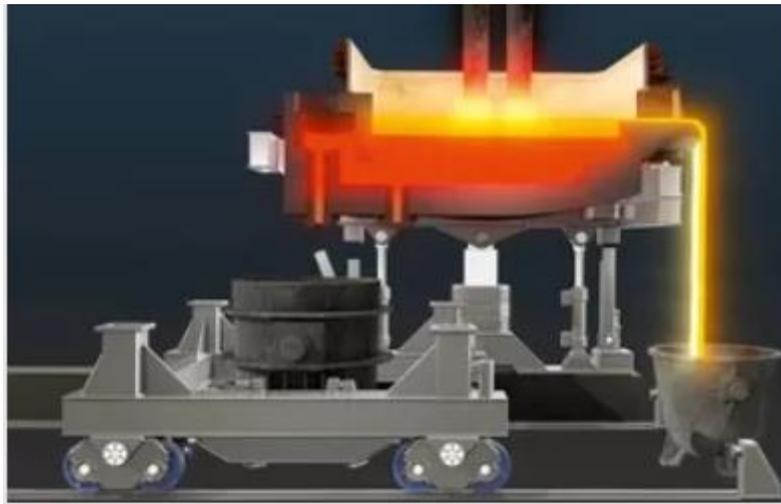
*FUENTE: Sitio corporativo BEIJING SINO STEEL ENGINEERING & EQUIPMENT CO., LTD. (2018). Recuperado el 29 de marzo del 2021. Disponible en <http://spanish.metallurgicalmachinery.com/>*

Como se puede apreciar en la figura 6 el horno eléctrico que contiene una de las siderúrgicas del Ecuador es un EAF-30 que tiene una carcasa de aproximadamente 5 m, este necesitará de un electrodo de grafito de 4,5 m de longitud para fundir la chatarra.

Una vez inducida la chatarra los cabineros de control bajan los electrodos de grafito lentamente para que entren en contacto a través de un arco eléctrico con los residuos sólidos y este se convierte en un metal líquido.

Como menciona (DONOSO CARRILLO, 2015) “en las primeras fases de este proceso de refinado se inyecta oxígeno de alta pureza a través de una lanza, lo que aumenta la temperatura del horno y disminuye el tiempo necesario para producir acero”.

El tiempo que se utiliza para la fundición de los residuos sólidos está entre 50 – 60 min y se funde a una temperatura de 1650 °C.



*Ilustración 7; Electric arc furnace.*

*FUENTE: Sitio corporativo BEIJING SINO STEEL ENGINEERING & EQUIPMENT CO., LTD. (2018). Recuperado el 29 de marzo del 2021. Disponible en <http://spanish.metallurgicalmachinery.com/>*

#### **2.2.4. HORNO CUCHARA (LF)**

Cuando los residuos sólidos se hayan convertido en acero líquido el operador de cabina del horno cuchara es notificado para que reciba la colada y comience con el proceso de desulfuración.

Según menciona (GUACHAMÍN TORRES , 2018) *“aquí se realiza el ajuste de la composición química por medio de ferroaleaciones, también se da la temperatura adecuada para el siguiente proceso”*.

En el horno cuchara se ajusta la composición química que el departamento de calidad solicita para que la colada que ha sido procesada este dentro de las especificaciones de la organización por ello en este proceso se ajusta el carbono, silicio y manganeso. Para ajustar estos componentes químicos se agregan ferroaleaciones C, Fe Si Mn, Fe Si (Carbon Coque, Ferro Silicio Manganeso y Ferro Silicio).

Al agregar estos componentes químicos 3 electrodos entran en contacto para fundir los ajustes que se ha agregado para alcanzar o conseguir desoxidar la colada. La colada debe alcanzar una temperatura entre 1590°C – 1600°C para pasar al proceso siguiente, por ello hay una comunicación clara con el operador de colada continua para notificar en que rango de temperatura la colada debe ser enviada.

En el siguiente grafico se muestra una breve característica de la cuchara debido a que este debe estar en condiciones para soportar altas temperaturas al cual está sometido en el proceso. La cuchara está recubierta de ladrillos de magnesita fundida (refractario) para soportar la alta temperatura a la cual se opera y ayuda a que no perfore el horno.

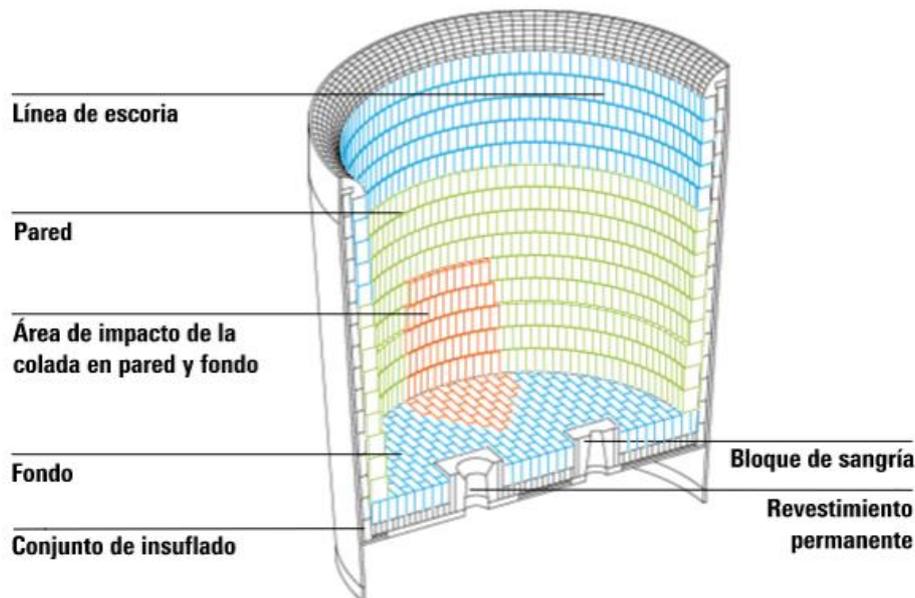


Ilustración 8: Horno cuchara

Fuente: REFRATECHNIK (2021). *Conceptos para cucharas de colada continua*. Recuperado el 30 de marzo del 2021. Disponible en <https://www.refra.com/es/Cucharas-de-colada-para-acero/>

### 2.2.5. COLADA CONTINUA

Como menciona (GUACHAMÍN TORRES , 2018) “...el acero líquido se vierte en un tundish que alimenta la colada continua, donde se lleva a cabo la solidificación del acero...”.

Al alcanzar las composiciones químicas según las normas SAE de producción la cuchara es transportada por el puente grúa de 80 toneladas hacia la torreta donde la cuchara es incrustada, este ayuda a que la secuencia de producción no se vea afectada debido a que la línea es continua. La válvula de abastecimiento se abre y distribuye el acero líquido en un distribuidor (TUNDISH) que contiene tres líneas de distribución. Al pasar la primera colada se envía una barra falsa que servirá como guía al momento de trasladarse por las lingoteras o moldes, donde la palanquilla toma forma y se solidifica.

Luego pasa por el enfriamiento secundario donde a través rodillos y de rocíos de agua la palanquilla toma forma para ser pasada por oxicortes donde determina la longitud máxima del producto final que es 12 metros. Dando así una palanquilla cuadrada de 130mm x130mm x12000 de largo.

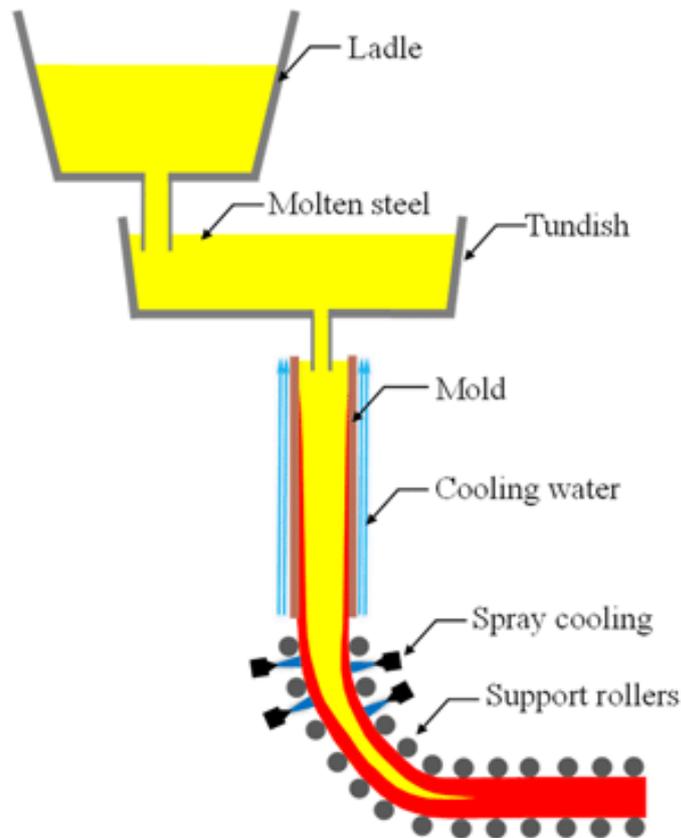


Ilustración 9: Proceso de colada continua.

Fuente: ResearchGate (2017). Descripción esquemática del proceso de colada continua de acero. Recuperado el 30 de marzo del 2021. Disponible en [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-description-of-the-continuous-casting-process-of-steel\\_fig1\\_322546316](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-description-of-the-continuous-casting-process-of-steel_fig1_322546316)

## 2.2.6. HORNO RECALENTAMIENTO

La materia prima (palanquilla) es para el área de laminación, donde esta palanquilla debe presentar calidad intachable que no contenga rugosidad y morbosidad para que al momento de laminar los rodillos laminadores no sufran desgastes y se cree torque.

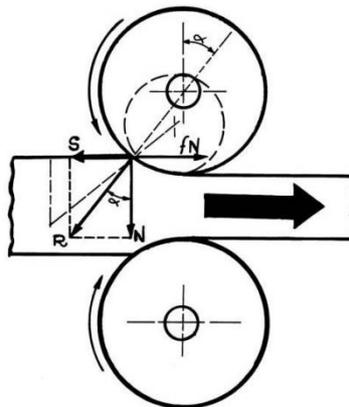
Cabe recalcar según (DONOSO CARILLO, 2017) “...las palanquillas, se elevan a una temperatura entre los 900°C y los 1.200°C”.

La palanquilla es transportada por rodillos hacia el horno de recalentamiento para alcanzar la temperatura de 1200°C temperatura a la cual la palanquilla alcanza maleabilidad y ductilidad, por ello el operario de cabina principal deberá controlar o mantener la temperatura a que debe estar sometida la palanquilla en los cambios de deformación.

### 2.2.6. CAJAS DE DESBASTE, INTERMEDIO Y ACABADOR

Según menciona (ENRÍQUEZ Y COLABORADORES, 2010) “Los semiproductos obtenidos en las máquinas de colada continua (palanquillas y llantones) no pueden utilizarse directamente, ya que requieren un proceso que les dé forma comercial...”.

Una vez alcanzada la temperatura deseada las vigas galopantes que están recubiertas con materiales refractarios se accionan mediante la conexión con los pistones hidráulicos dando así movimientos vertical y horizontal para ser puesto en rodillos de salida y ser trasladado a los cilindros de laminación.



*Ilustración 10: Forma de actuar un laminador*

*Fuente: (ENRÍQUEZ y colaboradores, 2010).*

A medida que pasa por las cajas de laminación desbaste, intermedio y acabador va tomando forma la palanquilla desde tener en su inicio 130mm a tener 5.5 mm esto se logra gracias a toda la línea de cilindros que hay en las cajas. A medida que se transporta la palanquilla se va desbastando, la secuencia que toma para desbastarse y llegar a la medida que se requiere producir es cuadrado, ovalo y redondo.

El diámetro que debe haber entre cilindros y cilindros deberá siempre ser menor al espesor de entrada.

Como se puede evidenciar en la siguiente imagen nos muestra como está formado un cilindro de laminación para lograr desbastar en el lapso de la línea hasta llevar a los anillos que le dan el acabado final dependiendo del tipo de producto que se esté realizando ya sea varilla o alambón

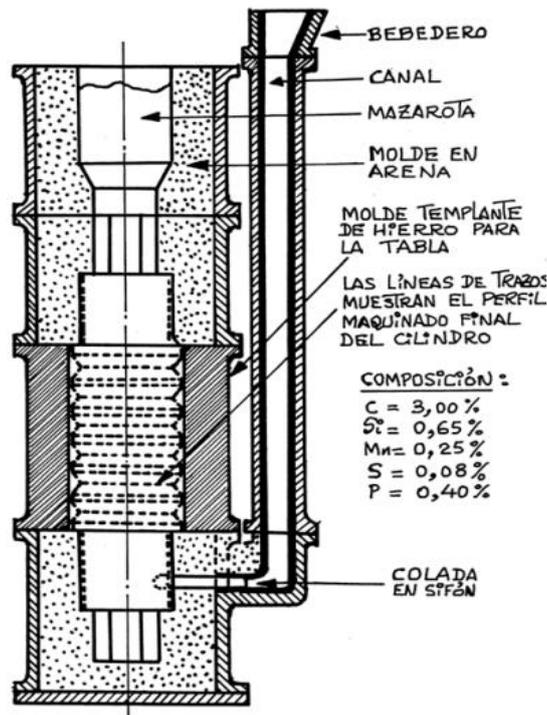


Ilustración 11: Cilindro acabador de fundición dura templada

Fuente: (ENRÍQUEZ y colaboradores, 2010)

### 2.3. FUNDAMENTOS DEL MANTENIMIENTO

En esta etapa detallaremos conceptos sobre mantenimiento, planificación del mantenimiento, la importancia de llevar a cabo un plan de mantenimiento bien estructurado y lubricación, puntos que determinaran la mejor manera de llevar a cabo el mantenimiento planificado para así evitar fallos imprevistos que ocasionan paradas de producción en paros no planificados, de la misma forma garantizar la disponibilidad de los equipos durante la producción.

### 2.4. ¿QUE ES MANTENIMIENTO?

Según menciona (DUFFUAA, RAOUF, & CAMPBELL, 2000) “el mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que se pueda realizar las funciones designadas”.

Mantenimiento, son acciones necesarias que se ejecuta con el fin de conservar un equipo o prolongar la vida útil de los componentes que conforma un equipo para así conllevar a garantizar el funcionamiento de manera óptima.

### **2.4.1. MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El mantenimiento industrial son procedimientos que se deben ejecutar en los equipos para hallar averías y poder prevenir posibles fallas que puedan generarse en las maquinarias que se encuentran en la línea de producción. Este tipo de mantenimiento es vital dentro de las empresas porque ayuda a mejorar la productividad de la industria, manteniendo siempre los equipos operativos y disponibles cuando se lo requiere, a su vez que las áreas se relacionen con el fin de mejorar la comunicación producción y mantenimiento, a tal forma que cuando se requiera del área de mantenimiento para ejecutar una acción, la información debe ser clara o a su vez concisa (CANSINO FLORES & LUCERO DIAZ , 2015).

### **2.4.2. PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Según afirma (ORTIZ USECHE, RODRIGUEZ MONROY, & IZQUIERDO, 2013) *“la planificación del mantenimiento, consiste en seleccionar las tareas de mantenimiento que se ajustan al modelo de mantenimiento...”*.

Para que la planificación del mantenimiento sea contundente y eficaz las industrias deberán poseer claramente identificadas las tareas específicas a realizar en el equipo, de la misma forma enumerar o codificar los equipos existentes que hay en el sistema de producción. Para que al momento de realizar una actividad de mantenimiento la información que transmita el planificador sea clara y concisa, además deben tomar en cuenta herramientas, personal apropiado para realizar la actividad, número de personas, repuestos de los equipos, recomendaciones del fabricante para realizar dicha actividad y recursos necesarios que pueda garantizar que el mantenimiento que se va realizar será de manera efectiva (DUFFUAA, RAOUF, & CAMPBELL, 2000).

### **2.4.3. PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

Para (ORTIZ USECHE, RODRIGUEZ MONROY, & IZQUIERDO, 2013) *“la empresa debe contar con un programa mensual que incluya los programas de lanzamiento de rutas de actividades con sus órdenes detalladas y, finalmente se programa detalladamente la ejecución del mantenimiento de manera semanal y diaria”*.

Al tener un plan de mantenimiento programado bien estructurado ayuda a poder determinar que tareas se debe realizar en el periodo establecido, así poder evitar fallos, averías, paros no planificados y disponer de los equipos cuando se lo requiere.

## **2.5. TIPOS DE MANTENIMIENTO**

### **2.5.1. MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

El mantenimiento correctivo es la actividad que se procede a ejecutar para corregir el equipo que se vio obligado a parar durante la producción ya sea por desgaste en sus componentes o rozamientos por falta de lubricación.

El mantenimiento correctivo se puede ejecutar de dos maneras:

- Correctivo programado: se lo realiza en el momento que hay una parada planificada debido que en el momento de la producción se detectó la falla pero se pudo seguir con la producción
- Correctivo no programado: tarea que se ejecuta al momento que la producción para por fallas en uno de los equipo que se encuentra en la línea de producción.

En las organizaciones al mantenimiento correctivo se analiza para tomar decisiones que permitan pasar de un mantenimiento que se realiza al momento de generarse una falla en el equipo a un mantenimiento programado o planificado que permita garantizar la disponibilidad del mismo, este tipo de mantenimiento afecta de manera directa a la satisfacción del cliente respecto al periodo de entrega de la producción y a los ingresos de la industria (BUELVAS DÍAZ & MARTINEZ FIGUEROA , 2014, pág. 22).

### **2.5.2. MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Mantenimiento predictivo se realiza con el fin de identificar y prever una falla antes que ocurra, esto permite al departamento de mantenimiento a tomar decisiones para evitar fallos. Para determinar tareas de mantenimiento predictivo en un equipo “(...) se basa en el monitoreo de la condición del equipo durante su funcionamiento y permite determinar el momento preciso para realizar las correcciones, calibraciones o cambios (...)” (BARROS JUCA, 2015, pág. 11).

Un buen mantenimiento predictivo se obtiene realizando actividades de análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceite o inspecciones diarias que permita conocer el estado del equipo.

### **2.5.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Según indica (BUELVAS DÍAZ & MARTINEZ FIGUEROA , 2014) “el mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución hechas a intervalos fijos independientes del estado del elemento o componente”.

Las tareas de mantenimiento preventivo que deberán efectuarse son:

- Inspección de rutina
- Ajustes
- Calibración
- Engrase
- Limpieza
- Lubricación

Dentro del mantenimiento preventivo los sentidos del ser humano como la vista, el tacto, el olfato se vuelven útiles para identificar condiciones adversas de la máquina (DUFFUAA, RAOUF, & CAMPBELL, 2000).

## **2.6. INDICADORES DE MANTENIMIENTO**

### **2.6.1. DISPONIBILIDAD**

Es la capacidad de un equipo que está disponible para ser utilizado en el sistema de la línea de producción por un periodo establecido para evitar fallos, así garantizar la disponibilidad cuando se requiera.

$$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$$

Fórmula 1. Ecuación de disponibilidad.

- D: Disponibilidad
- $T_o$ : Tiempo total de operación del equipo
- $T_p$ : Tiempo de parada generada por el equipo

La ecuación de disponibilidad se enfoca en el tiempo total de operación del equipo y el tiempo total de parada que se utilizó para volver a mantener operativo la maquina (BUELVAS DÍAZ & MARTINEZ FIGUEROA , 2014, pág. 26).

### **2.6.1. FIABILIDAD**

Es la capacidad que el equipo cumple de manera correcta durante el periodo de trabajo y no se ve afectado de las condicione que lo rodean, para tener fiabilidad un equipo se debe controlar

desde la preparación del equipo durante el periodo de mantenimiento, componentes que presentan desgastes deberán ser reemplazados y montados de manera correcta para garantizar su funcionamiento.

Para calcular el promedio entre fallas se utiliza la siguiente formula:

$$TPEF = \frac{H.op}{\sum_{i=1}^n fallas_t}$$

Fórmula 2. Ecuación para el tiempo promedio entre fallas.

- TPEF: Tiempo promedio entre fallas
- H.op: horas operación
- $\sum_{i=1}^n fallas_t$  : Sumatoria de fallas totales

Para calcular el tiempo promedio entre fallas depende de las horas de operación que se generó durante el proceso productivo y el número total de fallas dadas en el sistema (BUELVAS DÍAZ & MARTINEZ FIGUEROA , 2014).

## **2.7. PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SUB SISTEMA TRANSPORTE DE PALANQUILLA**

Para ejecutar un plan de mantenimiento bien estructurado, se debe detallar los equipos que interviene en el subsistema transporte de palanquilla, ubicación técnica, planos de equipo que permite conocer los componentes que se encuentran dentro de un equipo, información que será útil al momento de realizar el mantenimiento, de la misma forma conocer los puntos exactos que deberá ser lubricado los componentes.

### **2.7.1. TRANSPORTE DE PALANQUILLA E IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS**

Este subsistema se encuentra en el departamento de laminados, es útil para transportar la palanquilla que es despachada del departamento de fundición, la materia prima principal que es para el área de laminados es arrastrada por rodillos hacia el horno de recalentamiento debido que la palanquilla llega a una temperatura de 700°C y debe ser recalentada a una temperatura de 1200°C, así evitar que los cilindros de laminación no sufran golpes bruscos o haya sobre torques.



Ilustración 12: Subsistema de transporte de palanquilla.

Fuente: captura propia

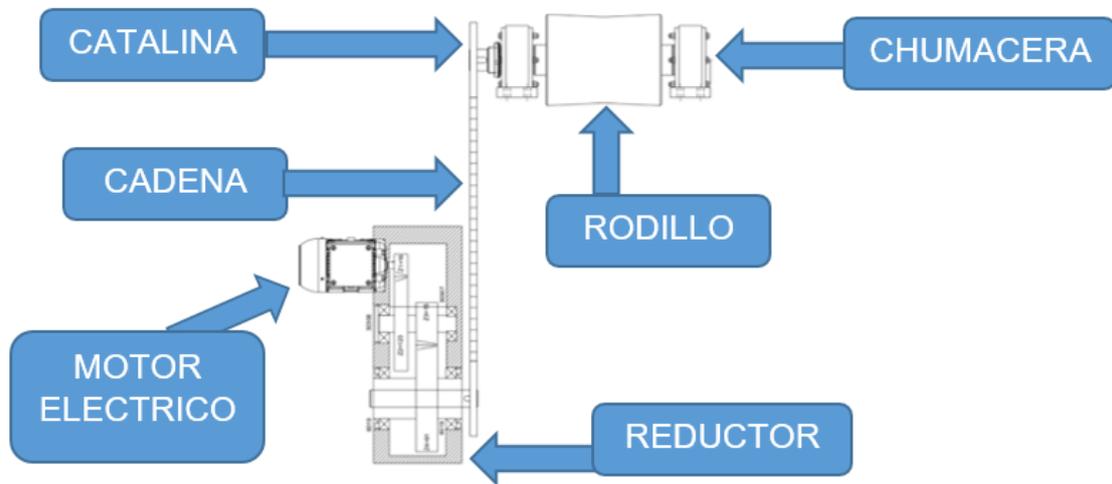


Ilustración 13: Equipos que intervienen para el transporte de palanquilla.

Fuente: Autoría

Como se puede visualizar en la figura 12 y la figura 13 existen equipos que necesitan un control de mantenimiento, como lubricación o cambio de componentes del equipo para garantizar la disponibilidad del equipo.

Para mantener en movimiento los rodillos de transporte de palanquilla se utiliza motorreducotres, en el eje del reductor está adaptado una catalina para ser conectado por cadena

en la catalina de la chumacera y así dar movimiento cuando el motor eléctrico se encienda (IBAÑEZ BASTIAS , 2018).

### **2.7.2. REGISTRO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Para (DUFFUAA, RAOUF, & CAMPBELL, 2000) *“el registro de las instalaciones es un archivo (electrónico o en papel) que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento”*.

A medida que se da mantenimiento a un equipo, el planificador registra la actividad que realizó, el ayudante de la organización visualiza que el plan de mantenimiento se esté cumpliendo. Dentro de este plan debe llevar a cabo un código ya sea numérico o alfabético que servirá para identificar qué equipo se procedió a reparar, además la frecuencia de mantenimiento que se debe ejecutar en la máquina.

### **2.7.3. RECURSOS DE MANTENIMIENTO**

Personal: se requiere un numero específico de colaboradores para ejecutar el mantenimiento planificado, determinando la magnitud del trabajo se designara a la persona capacitada para realizar la tarea con confiabilidad.

Componentes: son piezas que forman parte de un equipo, son útiles para montarlos correctamente y de la misma forma ser reemplazados cuando haya cumplido su vida útil por otros que se encuentren íntegros para que el equipo garantice su funcionamiento.

Herramientas: al momento de realizar un mantenimiento las herramientas indispensables para dicho mantenimiento debe ser identificado correctamente, ya sea llaves mixtas, francesa, martillo, tecles, etc. Así evitar perdida de tiempos muertos (GONZALES GUZMAN , 2016).

### **2.7.4. TÉCNICAS DE ANÁLISIS PARA IDENTIFICAR FALLAS EN LOS EQUIPOS**

#### **2.7.5. TECNICA DE ANÁLISIS DIAGRAMA ISHIKAWA**

Este tipo de técnica denominado diagrama espina de pescado o también conocido como diagrama causa efecto, permite analizar fallas que ocurren en el sistema, está formado por una espina central donde se escribe la problemática a estudiar o analizar, partiendo del problema general se generara causas y efectos de la misma que serán utilices en la toma de decisiones para el área de mantenimiento.

Las variables que se estudia en el diagrama Ishikawa:

- Mano de obra
- Materiales
- Medio ambiente
- Método
- Maquina

Con el diagrama espina de pescado se busca determinar los problemas que ocurren en el caso a estudiar, a raíz de ello mejorar la toma de decisiones (MILLAI MOLINA , 2017).

### 2.7.6. TÉCNICA DE ANÁLISIS 5 WHYS?

La técnica de análisis de los 5 porque parte de la industria Toyota durante el lapso de fabricación de su producto que eran los vehículos, donde buscaba la raíz de los problemas para poder mejorar.

Esta técnica analiza a través de preguntas que se generan para encontrar el fenómeno que impide al equipo funcionar de manera correcta, para garantizar su utilidad y disponibilidad cuando se requiere.

TÉCNICA DE ANÁLISIS 5 PORQUE?					
PROBLEMA ANALIZAR	PORQUE? 1	PORQUE? 2	PORQUE? 3	PORQUE? 4	PORQUE? 5

Ilustración 14: Técnica de análisis 5 porque?

Fuente: Autoría

El presente cuadro nos muestra la manera de plantear una problemática que sucede en un equipo para buscar los 5 porque, esto ayudara a definir la consecuencia que asecha a la problemática, así buscar una solución.

## **CAPITULO III**

### **3. MARCO METODOLÓGICO Y ANALISIS DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO**

En base a la información recolectada y al conocimiento adquirido durante el transcurso de la investigación, en este capítulo se manifestara el tipo de investigación realizada en esta investigación tomando en cuenta los diferentes tipos, también se enfocara en analizar los objetivos de la investigación para recolectar la información necesaria que ayudara a desarrollar el plan de mantenimiento preventivo, de la misma forma mostrar la población y la muestra.

Aplicar técnicas de análisis para determinar las consecuencias que impiden prolongar la vida útil de los equipos y componentes que intervienen dentro de la misma, tomar acciones para mejorar su funcionamiento a su vez ruta de inspecciones.

Con la información necesaria desarrollar el plan de mantenimiento preventivo para los equipos de transporte de palanquilla, que servirá al departamento de mantenimiento a llevar un control específico y claro al momento de realizar las actividades a los equipos existentes en dicha ubicación.

De esta manera conseguir:

- Determinar actividades rutinarias, semanales, mensuales, semestrales o anuales
- Maximizar el rendimiento de los equipos cuando se requiera para la producción masiva
- Evitar paros no planificados
- Detallar las actividades específicas a ejecutarse en los equipos

#### **3.1. MODELO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación realizada podemos definirla de modelo científico, debido que para poder ejecutar un plan de mantenimiento preventivo al subsistema transporte de palanquilla se centró en ampliar conocimientos, buscar soluciones y pasos con el fin de establecer el mantenimiento programado, buscando mejorar el funcionamiento de las máquinas.

Además se consideró la investigación descriptiva que permite, como lo indica (BERNAL , 2010, pág. 114) “En tales estudios se muestran, narran, reseñan o identifican hechos, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan productos, modelos, prototipos, guías...”.

En este tipo de investigación se utilizó la investigación descriptiva debida que para obtener información clara y concisa se entrevistó a los mecánicos, supervisor y jefe de mantenimiento, de esta forma conocer procedimientos que se ejecuta al momento de realizar una tarea

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.2.1. DELIMITACION E INDICADORES**

La ubicación técnica dentro de la organización corresponde al subsistema transporte de palanquilla, ubicación que se centró dentro el margen de esta investigación para conocer actividades a ejecutar, registros de paradas no programadas a causa de paros por diferentes situaciones que sucedió en los equipos, por ello se delimita a recolectar información del departamento de mantenimiento.

Todo esto llevo a lo largo del año a tener varios retrasos en la producción y de la misma forma disminuir los indicadores de disponibilidad del departamento de mantenimiento

### **3.2.2. TIPO DE MUESTRA Y TAMAÑO**

El tipo de muestra utilizada es de modo probabilístico debido que la organización del departamento de laminados consta de personal extenso de los dos departamentos que están relacionados directamente al subproceso a estudiar, por ello se determinó un grupo para recabar información.

El tamaño de la muestra será el personal que interviene en el departamento de mantenimiento mecánico, el número de personas es de 10 mecánicos, tanto mecánicos de intervención y lubricadores.

La variable a estudiar será la manera que se utiliza actualmente para el control de las actividades y tiempos de demora en realizar cualquier actividad correctiva para restablecer el subsistema a la producción masiva (BERNAL , 2010).

### **3.2.3. TÉCNICAS**

Las técnicas utilizadas para recolectar información se centran para esta investigación es la observación, entrevista e información documentada adquirida de la organización debido que las técnicas mencionadas anteriormente son muy utilices y factibles para obtener una información coherente para determinar mejoras para el transporte de palanquilla

Las encuestas realizadas al personal de mantenimiento se dieron con el fin de concluir si el departamento de mantenimiento posee actualmente un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de la ubicación transporte de palanquilla, de esta manera también conocer los procedimientos técnicos que se realiza para llevar a cabo el mantenimiento en un equipo, además recolectar información acerca de los puntos de lubricación existente en los equipos para garantizar las disponibilidad del componente.

Otra técnica de análisis utilizada es los 5 porque?, ayuda a determinar la causa raíz del problema a tal punto que permite conocer las causas reales de las averías

Los pasos para desarrollar el correcto análisis es el siguiente:

- 3.2.3.1. **BUSCAR INFORMACIÓN:** adquirir información específica de las tareas de mantenimiento realizadas en el transporte de palanquilla, para corregir paros no programados
- 3.2.3.2. **DEFINIR EL PROBLEMA:** en el recuadro especifique los problemas obtenidos en la recolección de información, en los cuadros verticales asigne los problemas a estudiar y en los cuadros horizontales especifique el porqué de los problemas hasta encontrar la causa raíz.
- 3.2.3.3. **TOMAR MEDIDAS:** cuando se haya encontrado la causa raíz del problema encontrar medidas que ayuden a prevenir las fallas que ocasionan un mal funcionamiento de las máquinas de la misma forma verificar si los técnicos de mantenimiento están realizando las actividades de manera correcta
- 3.2.3.4. **ESTANDARIZAR PROCEDIMIENTOS:** estandarizar procedimientos técnicos para que todo el personal de mantenimiento realices sus tareas de manera efectiva

Aplicando esta técnica de análisis evitaríamos prevenir esas pequeñas fallas que con el tiempo se incrementan y ocasionan paradas extensas

Fuente: Blog Qalyteam (2019). Los cinco porque, paso a paso. Recuperado 25 de abril del 2021. Disponible: <http://blog.qualidadesimples.com.br/es/2019/03/25/los-cinco-por-que-paso-a-paso/>

### 3.3. FUENTES DE INFORMACION

La información se pudo obtener de fuentes bibliográficas tales como tesis de mantenimientos preventivos, libros de mantenimiento, artículos de mantenimientos programados, estos

servieron de gran utilidad para tener información clara acerca del tema a ejecutarse en esta investigación

### 3.3.1. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

NUMERO	OBJETIVOS ESPECIFICOS
1	REALIZAR UN INVENTARIO DE LOS EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN EL SUBPROCESO TRANSPORTE DE PALANQUILLA
2	IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO QUE SE REALIZA ACTUALMENTE PARA LOS EQUIPOS DEL TRANSPORTE DE PALANQUILLA
3	PROPONER UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO PARA GARANTIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

*Tabla 1. OBJETIVOS DEL PROYECTO A ANALIZAR. Fuente: Autoría.*

### 3.3.2. INVENTARIO DE LOS EQUIPOS EN LA UBICACIÓN TRANSPORTE DE PALANQUILLA

Antes de realizar el inventario de los equipos debemos identificar que es componentes y que es equipo o maquinaria

**Maquina o equipo:** este consta de diferentes componentes que le ayudan a realizar una función o trabajo a desempeñar, a estos equipos se realiza mantenimiento ya sea preventivo, predictivo, análisis, correctivo para garantizar su funcionamiento

**Componente:** es la parte individual que forma parte del equipo, estos pueden corresponder tales como (retenedores, rodamientos, cojinetes etc.)

UBICACIÓN TÉCNICA	EQUIPOS	NUMERO DE EQUIPOS	FIGURAS
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	MOTORREDUCTORES	9	
	CHUMACERAS	18	
	RODILLOS	9	
	Motor eléctrico	9	

Tabla 2. INVENTARIO DE EQUIPOS Y COMPONENTES DEL TRANSPORTE DE PALANQUILLA. Fuente: Autoría

<b>EQUIPOS</b>	<b>COMPONENTES</b>	<b>NUMERO DE COMPONENTES POR EQUIPO</b>	<b>FIGURA</b>
<b>REDUCTOR</b>	<b>RETENEDORES</b>  <b>RODAMIENTOS</b>	<b>3 RETENEDORES</b>  <b>3 RODAMIENTOS</b>	
<b>CHUMACERAS</b>	<b>RETENEDORES</b> <b>RODAMIENTO</b>	<b>3 RETENEDORES</b> <b>1 RODAMIENTO</b>	

Tabla 3. NUMERO DE COMPONENTES POR EQUIPO

EQUIPO	DETALLES TÉCNICOS DE LOS COMPONENTES	CANTIDAD DE COMPONENTES POR EQUIPO	FIGURA
REDUCTOR	RETENEDOR 98X45X13	2	
	RETENEDOR CIEGO 120X12	1	
	RODAMIENTO 6019 2ZR C3	2	
	RODAMIENTO 30307 2ZR C3	1	
	RODAMIENTO 30308 2ZR C3	1	
CHUMACERA	RODAMIENTO 22218-E	2	
	RETENEDOR 105X130X12	3	

Tabla 4. DETALLES TÉCNICOS

Para poder cumplir con el objetivo específico número 2 del proyecto, se realizó una tabla de inventario indicando de manera detallada el número de equipos que existen en esta ubicación para poner en movimiento a dicho subsistema, esto se puede apreciar en la tabla 2.

En la tabla 3 se puede visualizar la cantidad de consumibles que se utiliza por equipo para que al momento que el técnico de mantenimiento realice una actividad ya sea por fuga de aceite o por reductor, los consumibles antes mencionados deberán estar disponibles para ejecutar la actividad.

Al momento de buscar y verificar los componentes del equipo a realizar mantenimiento el planificador de mantenimiento deberá tener disponible los componentes de manera exacta para ejecutar la actividad, la figura 4 detalla los componentes de manera técnica para los equipos que intervienen en el transporte de palanquilla para de esta manera garantizar un buen mantenimiento y disponibilidad del equipo para ser utilizada al momento de tomar acciones preventivas.

### **3.4. IDENTIFICAR LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO QUE SE REALIZA ACTUALMENTE PARA LOS EQUIPOS DEL TRANSPORTE DE PALANQUILLA**

Para determinar qué tipo de acciones que ejecutaba el departamento de mantenimiento a la ubicación transporte de palanquilla, se pudo obtener información del software de mantenimiento SAP (PM), donde se registra las actividades de mantenimiento ya sean de tipo correctivo y preventivo.

SAP (PM) es un software de mantenimiento que permite planificar, registrar cada actividad que se ejecuta en una ubicación técnica de la planta, de esta manera visualizar, analizar para tomar acciones de mejora.

A continuación detallaremos las actividades de mantenimiento que se ejecutó en el transporte de palanquilla

Orden	Departamento	Fecha inicio	Fecha fin	Descripción
3141357 ZA03	Mantenimiento mecánico	6 de enero 2020	6 de enero del 2020	Lubricación de chumaceras y cadenas
3141475 ZA03		12 de enero 2020	12 de enero del 2020	Cambio de aceite de motorreductores
1041520 Z01		15 de enero 2020	15 de enero del 2020	Desmontar cadenas por falla del reductor #3
3141620 Z03		19 de enero 2020	19 de enero 2020	Cambio rodamiento de la chumacera y lubricación
1041523 Z01		22 de enero 2020	22 de enero 2020	Colocación de cadenas por desprendimiento posición #1
1041560 Z03		26 de enero 2020	26 de enero 2020	Cambio de rodamiento de chumacera posición #4
3141750 Z03		2 de febrero 2020	2 de febrero 2020	Lubricación de chumacera
3141752 Z03		9 de febrero 2020	9 de agosto del 2020	Lubricación de chumacera
1041550 Z01	Mantenimiento eléctrico	12 de marzo	12 de marzo 2020	Cambio motor eléctrico #2
1041556 Z01		15 de marzo 2020	15 de marzo 2020	Templar cadenas posición #6
3141770 Z03		16 de marzo 2020	16 de marzo 2020	Lubricación de chumacera y cadena
3141780 Z01		23 de marzo 2020	23 de marzo 2020	Lubricación de chumacera y cadena
3141790 Z03		1 de abril 2020	1 de abril 2020	Lubricación de cadena
3141808 Z03		9 de abril 2020	9 de abril 2020	Lubricación de chumaceras
1041650 Z01		13 de abril 2020	13 de abril 2020	Desmontar motorreductor y cadena posición #1

3141830 Za01		16 de abril 2020	16 de abril 2020	Lubricación de chumaceras
3141830 Za03		24 de abril 2020	24 de abril 2020	Montar reductor en la posición #3
3143150 Z03		25 de septiembre 2020	25 de septiembre 2020	Lubricación de chumaceras y cambio de reductor posición #5
3143160 Z03		4 de octubre 2020	4 de octubre 2020	Cambio de cadena posición 5 y lubricación de chumaceras
3143169 Z03		6 de octubre 2020	6 de octubre 2020	Lubricación de cadenas
1125434 Z01		9 de octubre 2020	9 de octubre 2020	Ajustar base de reductor # 3 - #4
3143260 Z03		20 de octubre 2020	20 de octubre 2020	Lubricación de chumaceras
3143260 Z03		22 de octubre 2020	22 de octubre 2020	Lubricación de cadenas
1125560 Z01		26 de octubre 2020	26 de octubre 2020	Cambio de candado de cadena de la posición #5
3143280 Z03	Mantenimiento eléctrico	27 de octubre 2020	27 de octubre 2020	Revisión de motor eléctrico por fallas
1125580 Z01	Mantenimiento eléctrico	29 de octubre 2020	29 de octubre 2020	Cambio motorreductor #6
3143299 Z03		1 de noviembre 2020	1 de noviembre 2020	Lubricación de chumaceras y cadena
3143350 Z03		8 de noviembre	8 de noviembre	Lubricación de chumaceras y cadena
1125600 Z01		9 de noviembre 2020	9 de noviembre	Cambio de motorreductor #4 por fuga de aceite
3143370 Z03		10 de noviembre 2020	10 de noviembre 2020	Desmontar motorreductor #5

3143360 Za3		12 de noviembre 2020	12 de noviembre	Montar reductor #5
3144380 Z03		15 de noviembre 2020	15 de noviembre 2020	Lubricación de chumaceras y cadena
3144390 Z03		22 de noviembre del 2020	22 de noviembre del 2020	Lubricación de chumaceras y cadenas
3344420 Z03		6 de diciembre del 2020	6 de diciembre del 2020	Lubricación de chumaceras, lubricación de cadenas y cambio de motor eléctrico en la posición #1
1125700 Z03		9 de diciembre del 2020	9 de diciembre del 2020	Cambio de cadena reductor #5
3144430 Z03		12 de diciembre del 2020	12 de diciembre del 2020	Lubricación de chumaceras, lubricación de cadenas y apretar base de reductor de la posición #2
3144430 Z03		18 de diciembre 2020	22 de diciembre del 2020	Cambio de rodamientos a chumaceras de la posición 1,2,3
3144480 Z03		23 de diciembre 2020	23 de diciembre del 2020	Mantenimiento a las bases de todos los reductores que conforman el transporte de palanquilla
3144521 Z03		28 de diciembre 2020	28 de diciembre del 2020	lubricación de chumaceras y cadenas

Tabla 5. ORDENES DE MANTENIMIENTO REALIZADAS EN LA UBICACION TRANSPORTE DE PALANQUILLA

Como se puede apreciar en la tabla número 5, nos indica las tareas realizadas a lo largo del año 2020 por parte del departamento de mantenimiento, las diferentes actividades que se ha realizado a la ubicación técnica transporte de palanquilla es información relevante porque nos sirve para poder estructurar el plan de mantenimiento preventivo para tener un mayor control de los equipos detallando de manera clara las actividades que se debe ejecutar, debido que la información que fluye dentro del departamento de mantenimiento debe ser concisa para evitar pequeños errores que podrían generar actividades no deseadas.

También se puede visualizar tareas que se diferencian por el tipo de mantenimiento ya sea Z01 y Z03.

- Z01: mantenimiento correctivo
- Z03: mantenimiento correctivo

Según afirma (BUELVAS DÍAZ & MARTINEZ FIGUEROA , 2014) *“el mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución hechas a intervalos fijos independientemente del estado del elemento o componente”*.

Cabe recalcar, según (CANSINO FLORES & LUCERO DIAZ , 2015) el mantenimiento correctivo *“...se pone en práctica en el momento en que los equipos presentan un fallo, es decir el mantenimiento se reduce a la reparación del equipo o maquinaria produciendo un paro en el proceso de fabricación...”*.

Las tareas de lubricación se ejecutan semanalmente debido que los componentes de las chumaceras deben mantener constantemente grasa en su interior para evitar desgaste en los rodamientos, lo que provocaría paradas no programadas en el lapso de la producción masiva.

UBICACIÓN TECNICA	ACTIVIDAD	MATERIALES Y HERRAMIENTAS
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	Lubricación de chumaceras y cadenas	Grasero $\frac{3}{4}$ Engrasadora neumática Llave francesa 5 in Manguera de aire $\frac{1}{2}$ Aceite contaminado

Tabla 6. Materiales y herramientas para ejecutar la lubricación

UBICACIÓN TÉCNICA	ACTIVIDAD	PASOS PARA EJECUTAR LA ACTIVIDAD
TRANSPORTE DE PLANQUILLA	Lubricación de chumaceras y cadenas	<p>Notificar a cabina principal que bloquee el subproceso del transporte de palanquilla y mesa de carga, para poder ejecutar la tarea de mantenimiento.</p> <p>Verificar que el subproceso este bloqueado.</p> <p>Conectar aire a la engrasadora neumática.</p> <p>Colocar graseros a las chumaceras en caso de no tenerla.</p> <p>Proceder a lubricar chumaceras en 2 puntos de lubricación por equipo.</p> <p>Verificar que no esté ningún técnico en el subproceso y notificar a cabina principal que habilite el transporte de palanquilla para lubricar las cadenas.</p> <p>Notificar a cabina principal que se ejecutó el trabajo.</p>

Tabla 7. Pasos para realizar la lubricación de chumaceras y cadenas

UBICACIÓN TÉCNICA	ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS Y EQUIPOS ESPECIALES
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	CAMBIO DE RODAMIENTOS	LLAVE MIXTA #32 LLAVE FRANCESA 10 in Combo 5 lb Eslingas Puente grúa Calentador de rodamientos

*Tabla 8. Herramientas y equipos especiales para el cambio de rodamientos*

UBICACIÓN TÉCNICA	ACTIVIDAD	PASOS PARA EJECUTAR LA ACTIVIDAD
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	Cambio de rodillo	Notificar a cabina principal que bloquee el subproceso transporte de palanquilla y mesa de carga  Verificar que el subproceso este bloqueado Coordinar con el conductor del puente grúa para proceder con la tarea Desmontar rodillo averiado  Cambio de rodillo Pruebas de funcionamiento al rodillo cambiado Notificar a cabina principal que el trabajo se ejecuto

*Tabla 9. Pasos para el cambio de rodillo*

UBICACIÓN TÉCNICA	ACTIVIDAD	HERRAMIENTAS, MATERIALES Y EQUIPOS ESPECIALES
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	Cambio de motorreductor	Llave mixta 27 Llave francesa Combo 5 lb Perno M18X50mm Tuerca M18 Rodela M18 Puente grúa Eslingas Alicate Llave de cadena

*Tabla 10. Herramientas y materiales para el cambio de motorreductor*

En la tabla 10 se puede visualizar las diferentes tipos de herramientas que se utiliza al momento de intervenir con el mantenimiento preventivo de un equipo. En este caso en la intervención del manorreductor

UBICACIÓN TÉCNICA	ACTIVIDAD	PASOS PARA EJECUTAR LA ACTIVIDAD
TRANSPORTE DE PLANQUILLA	CAMBIO DE MOTORREDUCTOR	<p>Notificar a cabina principal para que bloquee el subproceso transporte de palanquilla y mesa de carga</p> <p>Verificar bloqueo de los equipos</p> <p>Notificar a los técnicos de mantenimiento eléctrico para que desconecten el motorreductor averiado</p> <p>Coordinar con el chofer del puente grúa para ejecutar la maniobra</p> <p>Proceder con el desmontaje del motorreductor</p> <p>Instalar motorreductor bueno</p> <p>Notificar al departamento de mantenimiento eléctrico para que conecten el motorreductor</p> <p>Notificar a cabina principal para realizar pruebas de verificación</p> <p>Mencionar a cabina principal que le trabajo a culminado</p>

Tabla 11. Pasos para ejecutar el cambio de motorreductor

### **3.4.1. ESTRUCTURAR EL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO PARA GARANTIZAR EL FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS**

Al analizar el objetivo número 2 se pudo obtener información acerca de las actividades que se desarrolla en el transporte de palanquilla, de la misma forma las diferentes tareas a realizar para mantener el subproceso de manera óptima. De esta manera poder organizar el plan de mantenimiento programado.

### **3.4.2. PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO**

La programación de mantenimiento es el desarrollo de actividades que se deben desempeñar dentro de la organización a equipos que existen en una ubicación técnica para garantizar la funcionalidad durante la producción. Antes de realizar cualquier actividad programada “*es necesario asegurar que los trabajadores, las piezas y los materiales requeridos estén disponibles...*” (DUFFUAA, RAOUF, & CAMPBELL, 2000). En la tabla 6, 8 y 10 podemos visualizar los materiales y elementos que serán utilizados para llevar a cabo tareas como cambios de rodillos, lubricación de chumaceras, lubricación de cadenas y cambio de motor reductores.

### **3.4.3. PLANEACION DEL MANTENIMIENTO**

En el mantenimiento la planeación según (DUFFUAA, RAOUF, & CAMPBELL, 2000) menciona “*el proceso de planeación comprenden todas las funciones relacionada con la preparación de la orden de trabajo, lista de materiales, requisición de compras, los planos y dibujos necesarios... todos los datos necesarios antes de programar...*”.

Para DUFFUAA, los pasos que debe considerar para llevar a cabo una buena planificación del mantenimiento es:

- Realizar inspección del lugar donde se va desempeñar la actividad
- Estandarizar las actividades de mantenimiento para garantizar el mantenimiento a establecer
- Seleccionar el técnico de mantenimiento capacitado para realizar la actividad
- Verificar los repuestos que se necesitaran para realizar la tarea
- Revisar el tipo de herramientas que se debe utilizar
- Obtener información necesaria de planos de los equipos
- Ejecutar órdenes de trabajo

- Establecer el personal necesario para realizar el mantenimiento

### **3.4.4. TERMINOLOGIAS DEL MANTENIMIENTO**

**Procedimiento del trabajo:** documento en que se especifica el orden jerárquico para desempeñar la actividad de mantenimiento.

**Historial de mantenimiento:** historial de actividades que se ejecutó en los equipos existentes de la ubicación técnica requerida

**Inspección:** monitorear el área donde se va ejecutar la tarea de mantenimiento

**Paro no programado:** paro de la línea de producción por la avería de un equipo

**Mantenimiento:** acciones técnicas que se realiza en una ubicación técnica de la organización para garantizar el funcionamiento y disponibilidad cuando se requiera

**Mantenimiento en operación:** tareas de mantenimiento que se realiza aun cuando el equipo se encuentra operativo

**Mantenimiento en paro:** acciones que se realiza para prevenir averías o paros no programados

**Reparación:** remplazo de componentes de un equipo que se a generado por vida útil o fricción

**Codificación del equipo:** los equipos que existentes en una organización se deben codificar para tener un control específico y confiable

**Lubricación:** condiciones importante para preservar la fiabilidad del equipo

**Puntos de lubricación:** lugar específico donde se debe desempeñar la tarea de lubricación

**Orden de trabajo:** documento que se realiza al momento de llevar a cabo el mantenimiento para tener información específica de los recursos, materiales y tiempo de ejecución de la actividad de mantenimiento realizad

#### **3.4.4.1. *FORMATO DE INSPECCIÓN DIARIA DEL TRANSPORTE DE PALANQUILLA***

FORMATO DE INSPECCION DIARIA											
DEPARTAMENTO					HORA INICIAL						
PERSONAL RESPONSABLE					HORA FINAL						
					FECHA INICIAL						
UBICACIÓN TECNICA					FECHA FINAL						
NUMERO	DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD				L	M	M	J	V	S	D
COMENTARIOS											

Figura 15. Formato inspección de Mixer. Fuente: autoría

El formato de Mixer nos permite describir las actividades a realizar en la ubicación técnica designada, los técnicos de mantenimientos al momento de realizar las rutas de inspección diaria puedan notificar en qué estado se encuentran los equipos, para ello en la parte inferior cuenta con un espacio para reportar anomalías que suceden en los equipos.

De la descripción (comentarios) reportada por los técnicos de mantenimiento, el planificador de mantenimiento deberá ejecutar una visualización diaria de los reportes para informar al jefe de mantenimiento de las anomalías encontradas, de esta manera se tomara medidas de accionamiento preventivo en los equipos, para no generar anomalías en el lapso de producción.

El formato de inspecciones es el documento que indica puntos exactos que se deben ser supervisados diariamente para poder prevenir daños mayores, la actividad se ejecuta durante la producción para de esta manera determinar si los equipos operan de manera adecuada. Las actividades que se podría considerar dentro del subproceso transporte de palanquilla son:

- Inspecciones de elementos de transmisión
- Ajustes y alineación de partes móviles
- Inspecciones de equipos
- Limpieza

El control de inspecciones diarias son medidas que sirven para saber el estado real de los equipos que se encuentran dentro de la ubicación por ende el técnico a través de este método podrá detectar si en el transporte de palanquilla hay existencia de derrames de aceite, motorreductores en buen estado, estructuras fisuradas, paro de los rodillos, motores eléctricos quemados, cadenas destempladas o ruidos extraños dentro de chumaceras

#### ***3.4.4.2. ANALISIS DE LOS PROBLEMAS EN LA UBICACIÓN TÉCNICA***

##### ***TRANSPORTE DE PALANQUILLA CON LA TÉCNICA DE ANÁLISIS 5 WHY?***

TECNICA DE ANALISI 5 WHY?

UBICACIÓN TECNICA	PROBLEMAS A ANALIZAR	WHY?1	WHY? 2	WHY? 3	WHY? 4	WHY? 5
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	FUGA DE ACEITE DEL REDUCTOR	<p>Por qué existe fugas de aceite en el reductor?</p> <p>Porque se dañó el retenedor del reductor</p>	<p>Porque se dañó el retenedor del reductor?</p> <p>porque no hubo una correcta instalación del retenedor</p>	<p>Porque no hubo una correcta instalación del retenedor?</p> <p>Porque se usó las herramientas adecuadas</p>	<p>Por qué no se usó las herramientas adecuadas?</p> <p>Por falta de conocimiento?</p>	<p>Porque hay falta de conocimiento?</p> <p>Porque no hay un manual de procedimientos</p>
	RODILLOS DE TRANSPORTE PARADOS	<p>Por qué hay paro de los rodillos?</p> <p>Porque los rodamientos de la chumacera están tomados</p>	<p>Porque los rodamientos de las chumaceras están tomados?</p> <p>Por qué no hay lubricación en los rodamientos</p>	<p>Porque no hay lubricación en los rodamientos?</p> <p>Porque no hubo una planificación previa de lubricación</p>	<p>Por qué no hubo una planificación previa de lubricación?</p> <p>Porque no existe un plan de mantenimiento de lubricación</p>	

	MOTORES ELETRICOS AVERIADOS	<p>Porque hay daños de motores eléctricos?</p> <p>Porque hay constantes elevaciones de amperajes</p>	<p>Porque hay constantes elevaciones de amperajes?</p> <p>Porque el reductor esta tomado y fuerza al motor eléctrico</p>	<p>Porque el reductor esta tomado?</p> <p>Porque los rodamientos del reductor cumplieron su vida útil y no hubo un cambio de reductor</p>	<p>Porque no hubo un cambio preventivo del reductor?</p> <p>Porque no cuentan con un plan de mantenimiento</p>	
	DESPRENDIMIEN TO DE CADENAS	<p>Porque existe desprendimiento de cadenas?</p> <p>Porque no se realiza cambios de cadenas</p>	<p>Por qué no se realiza cambios de cadenas?</p> <p>Porque no hay un control preventivo de cambios de cadena</p>	<p>Porque no hay un control preventivo de cadenas?</p> <p>Porque no hay un aviso previo del planificador de mantenimiento</p>	<p>Porque no hay un aviso previo del planificador de mantenimiento?</p> <p>Porque no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo</p>	

	<b>MOTORREDUCTORES CAIDOS</b>	Porque hay motorreductores caídos? Porque los pernos de la base se aflojan	Por qué los pernos de la base se aflojan? porque se aíslan las roscas del reductor	Porque se aíslan las roscas de los pernos? Porque hay constantes vibraciones al momento de transportarse la palanquilla		
--	-------------------------------	---	---	--	--	--

*Tabla 12. Análisis de problemas con la técnica de análisis 5 why?*

Como se puede apreciar la tabla 12, se utilizó la técnica de análisis 5 porque?. Para determinar las causas que ocasionen dicho problema, y de esta manera tomar acciones preventivas que permitan tener un control de los equipos para garantizar la disponibilidad

RESULTADO DEL ANÁLISI 5 WHY?		
UBICACIÓN TÉCNICA	PROBLEMA ANALIZAR	RESULTADO ANÁLISIS
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	Fuga de aceite del reductor	no existe un manual de procedimientos
	Rodillos de transporte parados	No cuentan con un plan de mantenimiento de lubricación
	Motores eléctricos averiados	No cuentan con un plan de mantenimiento preventivo
	Desprendimiento de cadenas	Los técnicos de mantenimiento no realizan inspecciones diarias
	Motorreductores caídos	El personal de mantenimiento no ejecutan las inspecciones rutinarias

*Tabla 13. Resultados de la técnica de análisis 5 why?*

Los resultados de la técnica de análisis nos demuestra que el departamento de mantenimiento debe contar con un plan de mantenimiento preventivo que permita tener un control detallado de los equipos para el uso de transporte de palanquilla, de la misma forma detallar actividades rutinarias para el control de inspecciones, misma que se encargara de realizar los técnicos de planta, de esta forma prevenir daños mayores en los equipos de tal manera que el departamento de mantenimiento responda a tiempo.

### 3.5. CODIFICACION DE EQUIPOS DE LA UBICACIÓN TRANSPORTE DE PALANQUILLA

La codificación de equipos dentro de la organización “*es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única a cada pieza del equipo*” (DUFFUAA, RAOUF, & CAMPBELL, 2000).

La codificación de equipos permite tener un control específico de los equipos para de esta manera vigilar a que equipos se han realizado mantenimiento o cambio de equipos o componentes ya sea reductores, motores eléctricos, rodamientos de la chumacera, cadenas o rodillos de transporte.

Para poder codificar los equipos que se encuentran en el subproceso transporte de palanquilla se utilizará el software SAP PM. A continuación detallaremos los pasos para codificar los equipos.

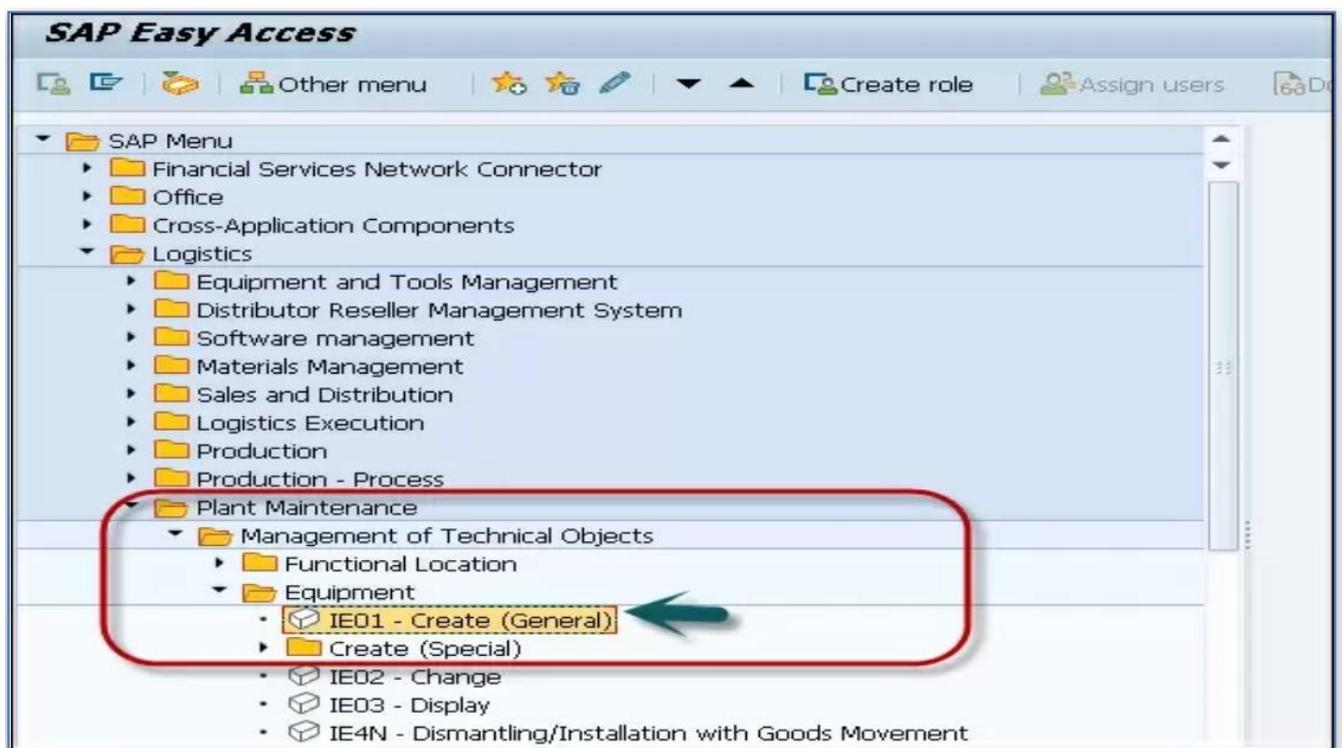


Ilustración 15: Transacción IE01, crear equipo.

Fuente: HEBERGEMENTWEBS (2019). SAP PM – registro de equipos. Recuperado 23 de marzo del 2021. Disponible en <https://www.hebergementwebs.com/tutorial-sap-pm/sap-pm-registro-de-equipos>

Como se puede apreciar en la figura 16, nos indica que la transacción para crear código a los equipos de la ubicación técnica transporte de palanquilla es la IE01

Pasos para llegar a la transacción IE01

- 1- Abrir software SAP PM
- 2- Buscar la opción gestión de objetos técnicos
- 3- Dar clic IE01 (crear equipo)

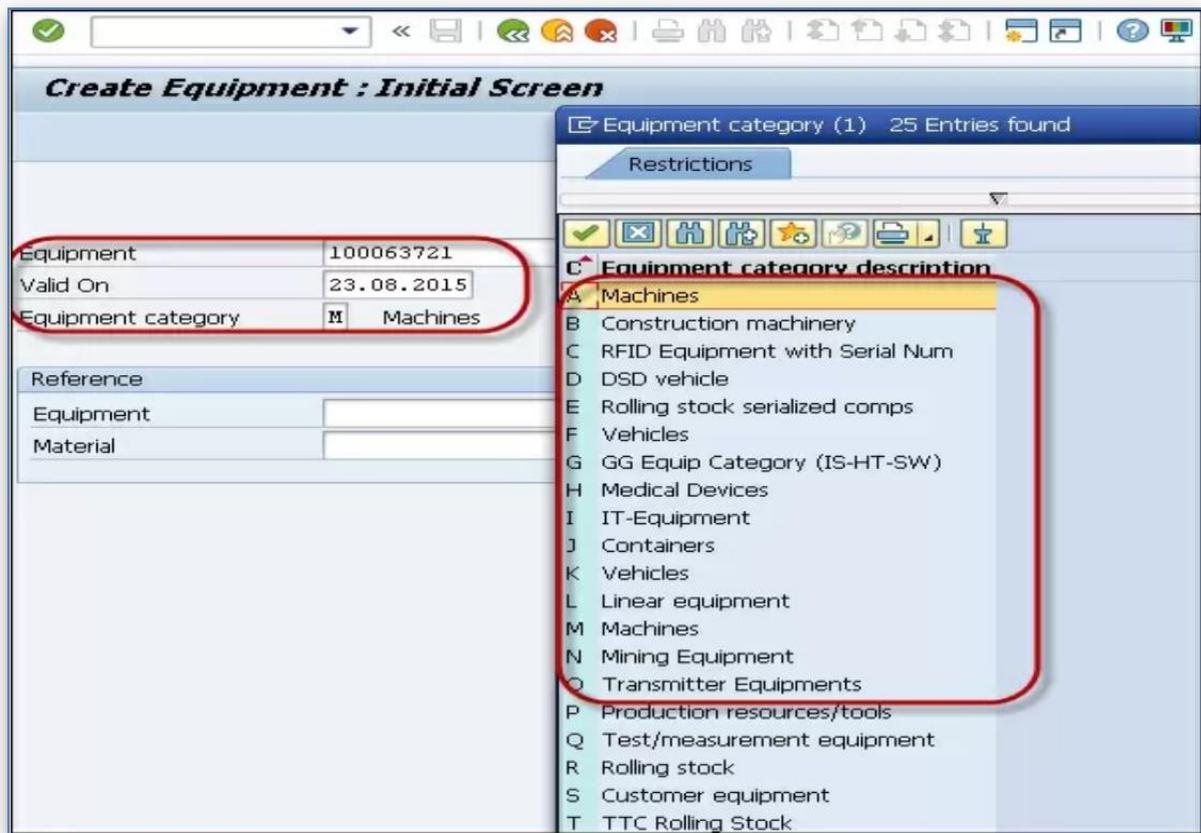


Ilustración 16: Transacción IE0, referencias

Fuente: HEBERGEMENTWEBS (2019). SAP PM – registro de equipos. Recuperado 23 de marzo del 2021. Disponible en <https://www.hebergementwebs.com/tutorial-sap-pm/sap-pm-registro-de-equipos>

Como podemos apreciar en la figura 17, al ingresar a la ventana crear equipo se deberá tomar en cuenta pasos importantes para comenzar a crear equipos

- 4- Completar el casillero “valid on” (fecha de creación de equipo)
- 5- Clic en equipamiento de categoría
- 6- Escoger la opción I (equipos industriales)
- 7- Ejecutar

**Create Equipment : General Data**

Equipment: TM0000000001IE    Category: Test/measurement equipment

Description: Test Calibration Equipment    Intern.note

Status: AVLB    0001

Valid From: 23.06.2012    Valid To: 31.12.9999

General    Location    Organization    Structure    PRT data

**General data**

Class:

Object type: 606    Sensors

AuthorizGroup:

Weight:     Size/dimension:

Inventory no.:     Start-up date:

Note Type:

Report Type:

**Reference data**

AcquistnValue:     Acquisition date:

Ilustración 17: Transacción IE01, datos generales

Fuente: SAP Community (2012). Master Data for Calibration Process. Recuperado 24 de mayo del 2021. Disponible en <https://blogs.sap.com/2012/06/22/master-data-for-calibration-process/>

El software (SAP PM) de mantenimiento industrial es de mucha ayuda dentro de las organizaciones debido que a través de una codificación de equipos, al momento de realizar las ordenes de mantenimiento se creara con el número de codificación del equipo ( reductor, motor eléctrico, rodillo) para llevar un control que permita monitorear el tipo de actividades que se ha realizado durante un lapso de tiempo. Si no se codifica al equipo y no hay una información documentada de la actividad realizada a los equipos no se podría realizar una planificación de mantenimiento programado debido que se correría el riesgo que se esté dando mantenimiento a un mismo equipo que ya intervino y no a un equipo que esté cumpliendo su vida útil sus componentes.

Codificando equipos industriales nos ayudara

- Llevar un control especifico a los se equipos que se realiza tareas de mantenimiento
- Determinar el número de equipos existentes en planta
- Decidir el número de equipos que se debe tener de backup

Visualizando la imagen 18 podemos determinar que para la codificación de equipos en la opción datos generales se debe completar con las características de la maquina ya sea

- El tipo de equipo
- Peso
- Tamaño o dimensión del equipo
- Valor de adquisición
- Fecha de adquisición
- Fabricante del equipo (año, mes. País etc.)

### Create Equipment : Location

Location data	
MaintPlant	TKBL TKBL - Bangalore Plant
Location	TKBL Plant TKBL : Location TKBL
Room	
Plant section	100 TKBS 080987432
Work center	TKWC TK Work Center Tool
ABC indic.	
Sort field	

Ilustración 18: Transacción IE01, localización

Fuente: Tutorial kart (2021). How to create equipment in SAP. Recuperado 25 de mayo del 2021. Disponible en <https://www.tutorialkart.com/sap-pm/create-equipment-in-sap/>

En la siguiente imagen podemos observar, en el software de mantenimiento se debe completar los siguientes ítems

Centro de localización: lugar donde la organización ejerce su trabajo

Localización: área de producción

Indicador ABC: ejecutar el nivel de criticidad del equipo alto, medio u bajo

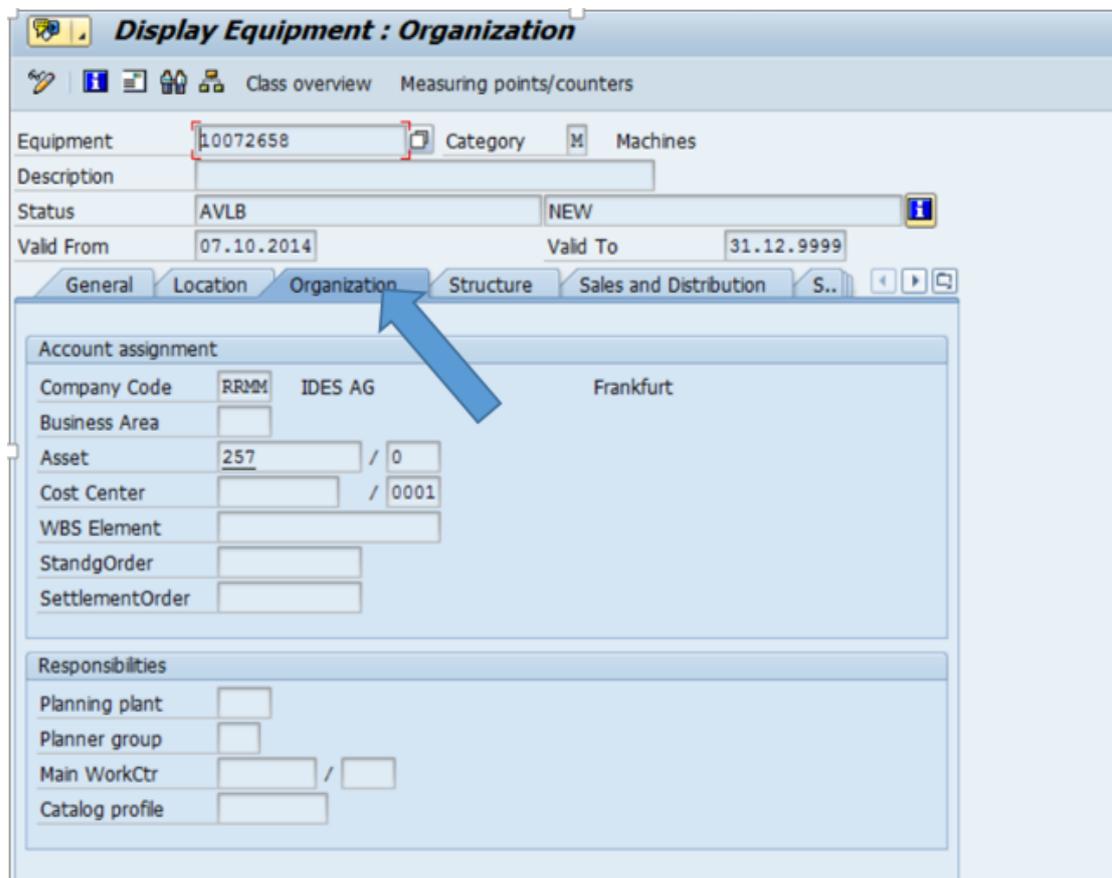


Ilustración 19: Transacción IE03, organización

Fuente: Raymond Moynihan (2014). *Cómo activar la sincronización de datos maestros en FI-AA (Contabilidad de activos fijos) y PM (Equipos)*. Recuperado el 24 de mayo del 2021.

Disponibile en <https://wiki.scn.sap.com/wiki/display/ERPFI/FI-AA+%28Asset+Accounting%29+and+PM+%28Equipment%29+Synchronization>

La presente figura podemos constatar la venta organización dentro de la transacción IE03, donde debemos tener en cuenta

Código de organización: descripción de la industria

Centro de costos: línea de producción responsable

Centro de planificación: lugar donde estará ubicada la organización

Grupo de planificación: departamento responsable

Trabajo responsable: área de mantenimiento responsable

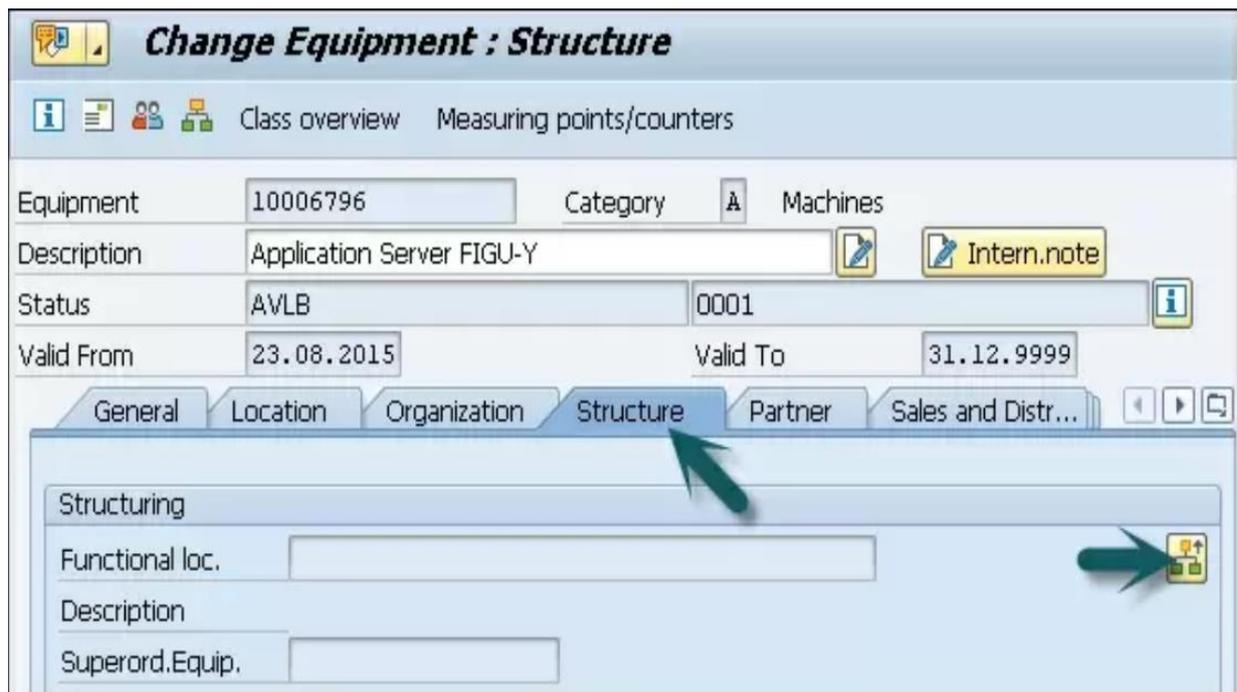


Ilustración 20: Transacción IE03, estructura

Fuente: *HEBERGEMENTWEBS* (2019). *SAP PM – registro de equipos*. Recuperado 23 de marzo del 2021. Disponible en <https://www.hebergementwebs.com/tutorial-sap-pm/sap-pm-registro-de-equipos>

La presente figura indica la opción estructura, en este ítem se agrega la ubicación técnica del equipo, lugar donde la maquina va desempeñar su función

Ubicación técnica: consta de códigos que se le asigna para diferenciar de otras ubicaciones técnicas por ejemplo ACE-MIL-LAM-TRA

Denominación: nombre del equipo

## **CAPITULO IV**

### **4. PROPUESTA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

A medida que se fue estructurando este proyecto, se logró recolectar información relevante, que permitió comenzar a estructurar el plan de mantenimiento preventivo para el subproceso transporte de palanquilla, debido que este sistema a lo largo del año se dio constantes paradas no programadas, afectando los indicadores de mantenimiento.

Con este plan de mantenimiento preventivo se pretende llevar un control específico de los equipos de tal manera que se registren los equipos que se han dado mantenimiento y a cuales equipos no se ha ejecutado una tarea de mantenimiento, de esta manera prevenir esas pequeñas averías y fallas que se presentan en los equipos al momento de la producción masiva.

Por ello es determinante la codificación del número de equipos que existen en el subproceso transporte de palanquilla y de la misma manera de los equipos que se tienen de backup, para que a través de los reportes de mantenimientos se pueda obtener información detallada del mantenimiento ejecutado a dicho equipo.

De la misma forma se deberá implementar las rutas de inspecciones diarias a este sistema, los técnicos encargados para el subproceso transporte de palanquilla serán responsables de detallar las condiciones en las que se encuentra diariamente los equipos. Y de los reportes obtenidos de las inspecciones ejecutadas por los técnicos, tomar medidas de control y accionamiento temprano.

#### **4.1. TÉCNICA DE ANALISIS DIAGRAMA ISHIKAWA PARA DETERMINAR LAS CAUSAS Y EFECTOS QUE EXISTEN EN EL SISTEMA**

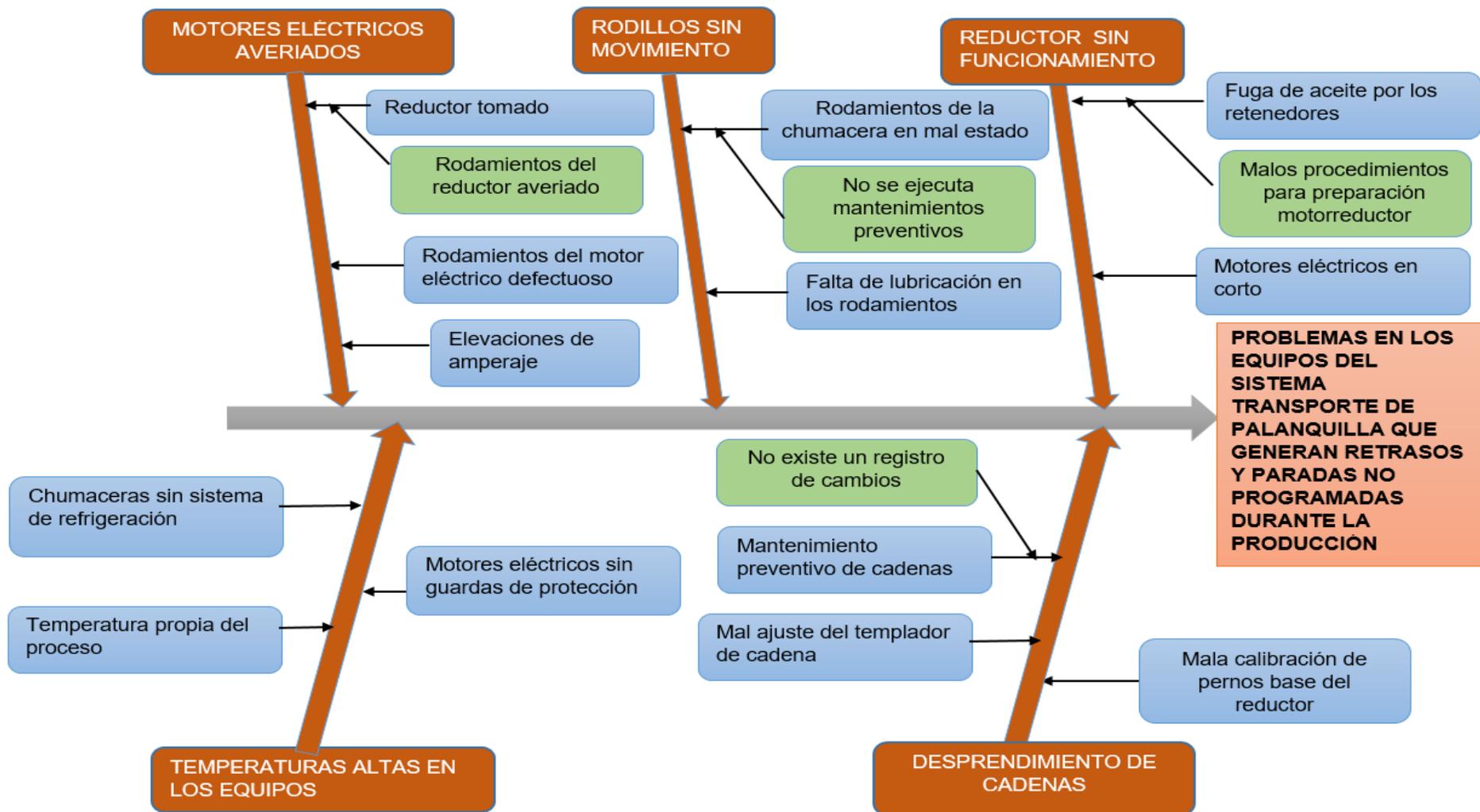


Ilustración 21: Diagrama Ishikawa.

Autor: Autoría

Como se puede visualizar en la imagen 21, se estudió el problema mediante la técnica de análisis diagrama Ishikawa, esta técnica ayuda a encontrar causas, subcausas y efectos que afectan todo el sistema, teniendo como finalidad averías en los equipos y retrasos en la producción. Encontrando esos pequeños detalles que dejamos pasar por alto al momento de ejecutar una actividad se debe tomar medidas de prevención que permita garantizar la disponibilidad de los equipos, la fiabilidad de los técnicos mediante una correcta planificación del mantenimiento.

Al momento que el técnico ejecute una actividad ya sea preparación de un reductor se deberá instruir de manera adecuada y una de las maneras de mejora será mediante la capacitación del personal para tener confiabilidad en los equipos que se prepara. Si en el área de mantenimiento se realiza una actividad errónea se verá reflejado en el funcionamiento del equipo, mediante la técnica de recolección de datos la entrevista con el supervisor de mantenimiento se pudo entender que hay ocasiones donde el técnico por acelerar su trabajo utiliza herramientas no adecuadas para llevar a cabo su actividad y una de ellas es la mala colocación de los retenedores, este componente debe ser colocado de manera adecuada al momento que el equipo realice el trabajo, ocasionando fugas de aceite y paro del equipo por falta de lubricación en sus componentes.

Los rodillos del transporte de palanquilla deben tener un control específico de lubricación para que exista esa pequeña capa de lubricante entre el rodamiento y la pista de la chumacera, ayudara al componente a prolongar su vida útil, de esta manera no ocurran paros no planificados que afectan al indicar de mantenimiento y recursos de la organización.

Llevar un plan de mantenimiento o registro de tareas ejecutadas en los equipos que hay en el sistema para realizar el trabajo requerido es de gran utilidad debido que el plan de mantenimiento dará el aviso que a un determinado equipo ya se ejecutó la tarea y a que equipo se debería ejecutar la actividad de mantenimiento preventiva y con el lapso del tiempo estandarizar el plan de manteniendo de manera adecuada, clara y útil.

Por ello es determinante codificar a los equipos para llevar un control riguroso y la información entre técnico, supervisor y jefe de mantenimiento debe ser clara y fluida y de la misma forma relacionar al técnico con el plan de mantenimiento para que tenga constancia y este en sobre aviso de las actividades que se debe tener presente o inspecciones diarias a realizar para prevenir posibles averías o fallas en los equipos.

## 4.2. TIEMPO PERDIDO POR PARADAS NO PLANIFICADAS

CAUSA DE PARADAS NO PLANIFICADAS	NUMERO DE FALLAS	TIEMPO DE PARADA (min)
DESMONTAR CADENAS POR FALLA REDUCTOR #3	3	150
COLOCACION DE CADENA POR DESPRENDIMIENTO	6	30
CAMBIO DE RODAMIENTOS CHUMACERAS	3	720
CAMBIO MOTOR ELÉCTRICO	3	180
TEMPLAR CADENA POSICION #6	5	150
DESMONTAR CADENA Y MOTORREDUCTOR POSICION #1	2	120
AJUSTAR BASE REDUCTOR	10	450
CAMBIO REDUCTOR #6	1	60
CAMBIO REDUCTOR #4 POR FUGA DE ACEITE	1	60
CAMBIO REDUCTOR #5	1	60

Tabla 14. Causa de paradas no planificadas

En la siguiente tabla se puede observar las causas que origino, paradas no programadas durante el lapso del año, este proceso de transporte de palanquilla a pesar de no contar con equipos complejos apporto al total de paradas con un total de 33 horas, tiempo que se puede mejorar implementando un plan de mantenimiento programado para disminuir tiempos de parada ya sea por procedimientos mal ejecutados, disponibilidad de equipos o tiempo de cambios.

Mediante la entrevista con el supervisor de mantenimiento, podemos mencionar que al momento que un reductor presente averías hay que verificar y tomar acciones de manera adecuada debido que hay equipos donde se puede realizar actividades que se necesite poco tiempo y actividades que conlleven mayor tiempo para responder a la avería. Si el reductor de la posición #1 presente averías por fugas de aceite, desgaste en rodamientos, motores eléctricos averiados o desprendimientos de cadenas, una acción que conlleve menor tiempo seria reportar al departamento de mantenimiento eléctrico para deshabilitar la alimentación eléctrica del motor eléctrico y desmontar cadenas, operación que le tomara una pérdida de 30 minutos.

Una de las tareas de mantenimiento que mayor tiempo conlleva a responder al fallo es el cambio de rodamientos de la chumacera debido que para ejecutar la actividad de cambio de rodamientos se debe desmontar el rodillo y llevarlo al área técnica para ejecutar la actividad de mantenimiento, donde se tendrá que revisar cojinetes, rodamiento y eje del rodillo

Para mejorar en los tiempos de paradas no programadas de ajustar base de reductores o templar cadenas se debe realizar tareas de inspecciones preventivas cuando se ejecute la tarea de lubricación de chumaceras para prevenir fallos que afectan a la producción

### 4.3. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Como se puede evidenciar en la tabla 2, se identifica la cantidad de equipos que existen en el sistema transporte de palanquilla, información que se pudo obtener en el capítulo 3 y será de gran relevancia para este capítulo

UBICACIÓN	CODIGO	EQUIPO
TRANSPORTE DE PLANQUILLA	1010521	REDUCTOR R-001
	1010522	REDUCTOR R-002
	1010523	REDUCTOR R-003
	1010524	REDUCTOR R-004
	1010525	REDUCTOR R-005
	1010526	REDUCTOR R-006
	1010527	REDUCTOR R-007
	1010528	REDUCTOR R-008
	1010529	REDUCTOR R-009
	1010530	REDUCTOR BACKUP R-010
	1010531	REDUCTOR BACKUP R-011
	1010532	REDUCTOR BACKUP R-012
	1010534	MOTOR ELECTRICO MOT-001
	1010535	MOTOR ELECTRICO MOT-002
	1010536	MOTOR ELECTRICO MOT-003
	1010537	MOTOR ELECTRICO MOT-004
	1010538	MOTOR ELECTRICO MOT-005
	1010539	MOTOR ELECTRICO MOT-006
	1010540	MOTOR ELECTRICO MOT-007

	1010541	MOTOR ELECTRICO MOT-008
	1010542	MOTOR ELECTRICO MOT-009
	1010543	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-010
	1010544	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-011
	1010545	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-012
	1010546	RODILLO RD-001
	1010547	RODILLO RD-002
	1010548	RODILLO RD-003
	1010549	RODILLO RD-004
	1010550	RODILLO RD-005
	1010551	RODILLO RD-006
	1010552	RODILLO RD-007
	1010553	RODILLO RD-008
	1010554	RODILLO RD-009
	1010555	RODILLO BACKUP RD-010
	1010556	CHUMACERA CH-001
	1010557	CHUMACERA CH-002
	1010558	CHUMACERA CH-003
	1010559	CHUMACERA CH-004
	1010560	CHUMACERA CH-005
	1010561	CHUMACERA CH-006
	1010562	CHUMACERA CH-007
	1010563	CHUMACERA CH-008
	1010564	CHUMACERA CH-009

Tabla 15. CODIFICACION DE EQUIPO

En la tabla 14 nos muestra como cada equipo para el transporte de palanquilla adquiere un código, número que lleva para identificar el equipo a ejecutar una tarea de mantenimiento. La

codificación de los equipos ayudara a llevar un control específico del equipo, el técnico al momento de realizar las inspecciones diarias en la organización y percatarse que un equipo está operando de manera adecuada reportara al jefe o supervisor de mantenimiento que determinado equipo con código específico presenta anomalías y requiere de un mantenimiento preventivo o ejecutar acciones de prevención para que no se requiera de paradas, debido que en la organización lo que menos se debe evitar, generar paradas no planificadas que afecten a la producción.

A demás se puede visualizar en la presente tabla que para la ubicación transporte de palanquilla disponen de equipos de backup, en una organización siempre deben disponer de un equipo de respaldo para ejecutar una tarea de cambio en caso que se requiere. Para esta investigación los equipos que siempre dispondrán de backup son:

- Reductores
- Motores eléctricos
- Rodillos
- Chumaceras
- Cadenas
- Componentes de cada equipo

#### **4.4. PLAN SEMANAL DE MANTENIMIENTO**

Este plan de mantenimiento se ejecutará en base a toda la información obtenida a medida que se ha ido desarrollando la investigación y la información adquirida de las técnicas de análisis que se utilizó para determinar causas que provocaron fallos en la línea de producción.

Con el plan de mantenimiento que se presentara, el supervisor, jefe, asistente y técnico de mantenimiento dispondrán de una guía de ejecución de actividades de la ubicación transporte de palanquilla para mantener disponibles los equipos durante la producción

# PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

UBICACIÓN	CODIGO EQUIPO	EQUIPO/ ACTIVIDAD	AREA ENCARGADA	FRECUENCIA	FECHA
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	1010521	REDUCTOR R-001	Mecánico		
	1010522	REDUCTOR R-002			
	1010523	REDUCTOR R-003			
	1010524	REDUCTOR R-004			
	1010525	REDUCTOR R-005			
	1010526	REDUCTOR R-006			
	1010527	REDUCTOR R-007			
	1010528	REDUCTOR R-008			
	1010529	REDUCTOR R-009			
	1010530	REDUCTOR BACKUP R-010			
	1010531	REDUCTOR BACKUP R-011			
	1010532	REDUCTOR BACKUP R-012			
	1010534	MOTOR ELECTRICO MOT-001	Eléctrico		
	1010535	MOTOR ELECTRICO MOT-002			
	1010536	MOTOR ELECTRICO MOT-003			
	1010537	MOTOR ELECTRICO MOT-004			
	1010538	MOTOR ELECTRICO MOT-005			
	1010539	MOTOR ELECTRICO MOT-006			

1010540	MOTOR ELECTRICO MOT-007	
1010541	MOTOR ELECTRICO MOT-008	
1010542	MOTOR ELECTRICO MOT-009	
1010543	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-010	
1010544	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-011	
1010545	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-012	
1010546	RODILLO RD-001	
1010547	RODILLO RD-002	
1010548	RODILLO RD-003	
1010549	RODILLO RD-004	
1010550	RODILLO RD-005	
1010551	RODILLO RD-006	
1010552	RODILLO RD-007	
1010553	RODILLO RD-008	
1010554	RODILLO RD-009	
1010555	RODILLO BACKUP RD-010	Mecánico
1010556	CHUMACERA CH-001	
1010557	CHUMACERA CH-002	
1010558	CHUMACERA CH-003	
1010559	CHUMACERA CH-004	
1010560	CHUMACERA CH-005	
1010561	CHUMACERA CH-006	
1010562	CHUMACERA CH-007	
1010563	CHUMACERA CH-008	
1010564	CHUMACERA CH-009	

*Tabla 16. Estructura plan de mantenimiento*

Esta estructura del plan de mantenimiento se realizó en base a la información obtenida en cada etapa de la investigación, se pudo evidenciar que cada equipo tiene un código, de tal manera que el mismo código que se aprecia en el plan de mantenimiento es el mismo que debe ser codificado al equipo para que al momento que el técnico verifique que haya una falla en el equipo reporte al planificador de mantenimiento o responsable de área de manera correcta con el fin de planificar una tarea de mantenimiento al equipo averiado.

Mediante el informe del técnico de mantenimiento se tomara decisiones preventivas para mantener al equipo operando de mejor manera, el planificador de mantenimiento deberá mantener disponible todos los componentes, materiales o herramientas necesarias para que el técnico ejecute la actividad de mantenimiento de manera segura y de calidad para garantizar el trabajo. Si es necesario el supervisor de mantenimiento deberá ejecutar una inspección visual donde se va ejecutar la actividad para tener un mayor control de los riesgos que puedan presentarse al momento de realizar la tarea de mantenimiento debido que al técnico de mantenimiento se deberá salvaguardar la integridad física.

La estructura del plan de mantenimiento está conformado por:

- **Ubicación técnica:** es la denominación donde está ubicada el subsistema de la línea de proceso
- **Código de equipo:** identificación de los equipos para tener un control específico al momento de ejecutar una actividad
- **Equipo:** está compuesto de componentes y en conjunto realizan un trabajo y dentro de este subsistema podemos encontrar reductores, chumaceras, motores eléctricos y rodillos
- **Área responsable:** las áreas responsables de mantener disponibles los equipos son áreas de mantenimiento mecánico y eléctrico.
- **Frecuencia:** tiempo que se deberá ejecutar una actividad de mantenimiento a los equipos
- **Fecha:** deberá registrarse la fecha de la actividad de mantenimiento ejecutada al equipo intervenido para que el programa lance un aviso de cuando debería ejecutarse la actividad siguiente
- **Semanas:** aviso donde se ejecutara la actividad siguiente para ejecutar una actividad de mantenimiento preventivo

Este plan de mantenimiento se ejecutó en el programa Microsoft Excel, a continuación anexo

PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO							16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Denom	UBICACIÓN	CODIGO	AREA	PERIODO	INICIO													
inac		EQUIP	ENCARGA		ACTIVD	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28
		1010521	REDUCTOR R-001															
			Cambio reductor	Mecánico	Semestral	6-jun								X				
			Cambio cadena	Mecánico	Anual	18-dic												
		1010522	REDUCTOR R-002															
			Cambio reductor	Mecánico	Semestral	12-mar												
			Cambio cadena	Mecánico	Anual	18-dic												
		1010523	REDUCTOR R-003															
			Cambio reductor	Mecánico	Semestral	24-may					X							
			Cambio cadena	Mecánico	Anual	18-dic												
		1010524	REDUCTOR R-004															
			Cambio reductor	Mecánico	Semestral	9-jun								X				
			Cambio cadena	Mecánico	Anual	18-dic												
		1010525	REDUCTOR R-005															
			Cambio reductor	Mecánico	Semestral	12-abr	X											
			Cambio cadena	Mecánico	Anual	18-dic												
		1010526	REDUCTOR R-006															
			Cambio reductor	Mecánico	Semestral	29-abr		X										
			Cambio cadena	Mecánico	Anual	18-dic												
		1010527	REDUCTOR R-007															

Ilustración 22: planificación del mantenimiento parte 1.

Fuente: Autoría

UBICACIÓN	CODIGO EQUIPO	EQUIPO/ACTIVIDAD	AREA ENCARGA	PERIODICIDAD	INICIO ACTIVIDAD	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	S
	1010527	REDUCTOR R-007															
		Cambio reductor	Mecánico	Mensual	18-dic												
	1010528	REDUCTOR R-008															
		Cambio reductor	Mecánico	Mensual	18-dic												
	1010529	REDUCTOR R-009															
		Cambio reductor	Mecánico	Mensual	18-dic												
	1010530	REDUCTOR BACKUP R-010															
	1010531	REDUCTOR BACKUP R-011															
	1010532	REDUCTOR BACKUP R-012															
	1010534	MOTOR ELECTRICO MOT-001															
		Cambio motor electrico	Mecánico	Semestral	6-jun									X			
	1010535	MOTOR ELECTRICO MOT-002															
		Cambio motor electrico	Mecánico	Semestral	12-mar												
	1010536	MOTOR ELECTRICO MOT-003															
		Cambio motor electrico	Mecánico	Semestral	24-may						X						
	1010537	MOTOR ELECTRICO MOT-004															
		Cambio motor electrico	Mecánico	Semestral	9-jun									X			
	1010538	MOTOR ELECTRICO MOT-005															
		Cambio motor electrico	Mecánico	Semestral	12-abr	X											
	1010539	MOTOR ELECTRICO MOT-006															

Ilustración 23: planificación del mantenimiento parte 2

Fuente: Autoría

Denom	UBICACIÓN	CODIGO EQUIP	EQUIPO/ACTIVIDAD	AREA ENCARGA	PERIODO	INICIO ACTIVIDA	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53
		1010539	MOTOR ELECTRICO MOT-006														
			Cambio motor electrico	Mecánico	Semestral	29-abr											
		1010540	MOTOR ELECTRICO MOT-007														
			Cambio motor electrico	Mecánico	Anual	18-dic									X		
		1010541	MOTOR ELECTRICO MOT-008														
			Cambio motor electrico	Mecánico	Anual	18-dic									X		
		1010542	MOTOR ELECTRICO MOT-009														
			Cambio motor electrico	Mecánico	Anual	18-dic									X		
		1010543	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-0010														
		1010544	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-0011														
		1010545	MOTOR ELECTRICO BACKUP MOT-0012														
	TRANSPORTE DE PLANAQUILLA																
		1010546	RODILLO RDO-001														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010547	RODILLO RDO-002														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010548	RODILLO RDO-003														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		

Ilustración 24: planificación del mantenimiento parte 3

Fuente: autoría

Denom	UBICACIÓN	CODIGO EQUIP	EQUIPO/ACTIVIDAD	AREA ENCARGA	PERIODO	INICIO ACTIVIDAD	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53
		1010549	RODILLO RDO-004														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010550	RODILLO RDO-005														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010551	RODILLO RDO-006														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010552	RODILLO RDO-007														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010553	RODILLO RDO-008														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010554	RODILLO RDO-009														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010555	RODILLO RDO-0010														
			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
		1010556	CHUMACERA CH-001														
			Mantenimiento chumacera	Mecánico	Anual	15-dic									X		
		1010557	CHUMACERA CH-002														
			Mantenimiento chumacera	Mecánico	Anual	15-dic									X		
		1010558	CHUMACERA CH-003														
			Mantenimiento chumacera	Mecánico	Anual	15-dic									X		
		1010559	CHUMACERA CH-004														

Ilustración 25: planificación del mantenimiento parte 4

Fuente: autoría

Denom	UBICACIÓN	CODIGO EQUIP	EQUIPO/ACTIVIDAD	AREA ENCARGA	PERIODO	INICIO ACTIVIDAD	S43	S44	S45	S46	S47	S48	S49	S50	S51	S52	S53
63		1010549	RODILLO RDO-004														
64			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
65		1010550	RODILLO RDO-005														
66			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
67		1010551	RODILLO RDO-006														
68			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
69		1010552	RODILLO RDO-007														
70			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
71		1010553	RODILLO RDO-008														
72			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
73		1010554	RODILLO RDO-009														
74			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
75		1010555	RODILLO RDO-0010														
76			Inspección de rodillos	Mecánico	Trimestral	10-ene									X		
77																	
78		1010556	CHUMACERA CH-001														
79			Mantenimiento chumacera	Mecánico	Anual	15-dic									X		
80		1010557	CHUMACERA CH-002														
81			Mantenimiento chumacera	Mecánico	Anual	15-dic									X		
82		1010558	CHUMACERA CH-003														
83			Mantenimiento chumacera	Mecánico	Anual	15-dic									X		
84		1010559	CHUMACERA CH-004														

Ilustración 26: planificación del mantenimiento parte 5

Fuente: autoría

La planificación de mantenimiento se desarrolló en base a las actividades que se realiza en la ubicación transporte de palanquilla, informe obtenido del departamento de mantenimiento mecánico (tabla 5).

Este plan de mantenimiento se centra en el calendario mes, donde se programa las actividades que se debe ejecutar a los equipos que intervienen en el transporte de palanquilla como motores eléctricos, reductores, chumaceras y rodillos, buscando de esta manera implementar actividades de mantenimiento preventivo para mantener disponible los equipos y no generen paradas de mantenimiento no programadas. Con esta guía de ejecución de tareas de mantenimiento el planificador o programador de mantenimiento tendrá el tiempo suficiente para mantener la disponibilidad de los repuestos, materiales, herramientas, equipos preparados y disponer de los técnicos de mantenimiento para desarrollar la actividad que requiere la ubicación para mantener la producción continua.

A medida que la actividad de mantenimiento se vaya ejecutando el programador de mantenimiento mecánico deberá:

- Pintar de color celeste : después que la actividad haya sido ejecutado eficaz y eficientemente para garantizar el funcionamiento
- Pintar de color amarillo: cuando llego la fecha de cambio y no se ejecutó la actividad porque se presentó otra actividad en la organización y de esa manera tener presente la tarea de mantenimiento.

Como se puede apreciar en las figuras 22 - 25 se determinó periodos de frecuencia para desarrollar la actividad de mantenimiento, en vista que las actividades de cambio de reductores y motor eléctrico se hacían individualmente se determinó que la ejecución se haga en conjunto para prevenir paradas en el lapso de la producción, esta ubicación dentro de la organización siempre debe mantenerse disponible debido que si se generan paradas en la línea de producción se generaría paradas no programadas a dos departamentos de producción (acería y laminados)

Acería: perdería frecuencia en la línea de producción por acumulación de palanquillas en la línea productiva

Laminados: se crearía espacios en el horno de recalentamiento lo que genera tiempo no productivo

Motores eléctricos y reductores: se deberá realizar el cambio en un periodo semestral

Cadenas: las cadenas que se utilizan para la transmisión de reductor-rodillo se deberán ejecutar una actividad de cambio en un periodo anual

Rodillos: se ejecutara tareas de inspecciones en un periodo trimestral para determinar rupturas provocadas por rozamiento y golpes al momento que la palanquilla llega de la línea de colada continua y abastece al horno de recalentamiento para mantener la producción operativa

Chumaceras: las tareas de mantenimiento se realizara anualmente, donde se verificara si la pista de la chumacera presenta desgaste o el rodamiento presenta alguna fisura o desgaste

#### **4.5. PLAN SEMANAL DE LUBRICACIÓN**

# PLANIFICACIÓN DE LUBRICACIÓN

Denom	UBICACIÓN	CODIGO EQUIPO	EQUIPO/ACTIVIDAD	PUNTO LUBRICACION	LUBRICANTE	CANTIDAD REPOSICION	AREA ENCARGA	PERIODO	INICIO ACTIVIDAD	S3	S4	S5	S6	S7	S8
		1010521	REDUCTOR R-001												
			lubricacion de cadena	cadena 1			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010522	REDUCTOR R-002												
			lubricacion de cadena	cadena 2			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010523	REDUCTOR R-003												
			lubricacion de cadena	cadena 3		2 LITROS	Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010524	REDUCTOR R-004												
			lubricacion de cadena	cadena 4	vacuoline 525 usado		Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010525	REDUCTOR R-005												
			lubricacion de cadena	cadena 5			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010526	REDUCTOR R-006												
			lubricacion de cadena	cadena 6			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010534	MOTOR ELECTRICO MOT-001												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010535	MOTOR ELECTRICO MOT-002												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010536	MOTOR ELECTRICO MOT-003												

Ilustración 27: planificación de lubricación parte 1

Fuente: autoría

PLANIFICACIÓN DE LUBRICACIÓN															
Denom	UBICACIÓN	CODIGO EQUIP	EQUIPO/ACTIVIDAD	PUNTO LUBRICACION	LUBRICANTE	CANTIDAD REPOSICION	AREA ENCARGA	PERIOD	INICIO ACTIVID	S3	S4	S5	S6	S7	S8
		1010536	MOTOR ELECTRICO MOT-003												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010537	MOTOR ELECTRICO MOT-004												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010538	MOTOR ELECTRICO MOT-005												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos	GRASA MOBIL POLYREX	4 BOMBEADAS DE GRASA	Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010539	MOTOR ELECTRICO MOT-006												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010540	MOTOR ELECTRICO MOT-007												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010541	MOTOR ELECTRICO MOT-008												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
	TRANSPORTE DE PLANAQUILLA	1010542	MOTOR ELECTRICO MOT-009												
			lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	

Ilustración 28: planificación de lubricación parte 2

Fuente: autoría

6	Denom inac	UBICACIÓN	CODIGO EQUIP	EQUIPO/ACTIVIDAD	PUNTO LUBRICACION	LUBRICANTE	CANTIDAD REPOSICION	AREA ENCARGAL	PERIODICIDAD	INICIO ACTIVIDAD	S3	S4	S5	S6	S7	S8
71																
72			1010556	CHUMACERA CH-001												
73				lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
74			1010557	CHUMACERA CH-002												
75				lubricacion de chumaceras	lubricar 2 puntos			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
76			1010558	CHUMACERA CH-003												
77				lubricacion de chumaceras	lubricar 2 puntos			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
78			1010559	CHUMACERA CH-004												
79				lubricacion de chumaceras	lubricar 2 puntos			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
80			1010560	CHUMACERA CH-005												
81				lubricacion de chumaceras	lubricar 2 puntos	GRASA MOBILITH SHC 460		Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
82			1010561	CHUMACERA CH-006												
83				lubricacion de chumaceras	lubricar 2 puntos			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
84			1010562	CHUMACERA CH-007												
85				lubricacion de chumaceras	lubricar 2 puntos			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
86			1010563	CHUMACERA CH-008												
87				lubricacion de chumaceras	lubricar 2 puntos			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
88			1010564	CHUMACERA CH-009												
89				lubricacion de chumaceras	lubricar 2 puntos			Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
90																

Ilustración 29: planificación de lubricación parte 3

Fuente: autoría

Realizar tareas de lubricación adecuadas es muy útil para garantizar el funcionamiento de los equipos y prevenir desgaste en los componentes que intervienen en ella. Realizando tareas adecuadas de lubricación ayudara:

- ✓ Proteger contra el desgaste de rodamientos
- ✓ Prevenir la corrosión
- ✓ Reducir la fricción
- ✓ Mantener separados partes que se encuentran en movimiento

Como se puede apreciar en las figuras 26, 27 y 28 se asignan actividades de lubricación para mantener operativos los equipos, para la transmisión de motorreductor- rodillo se debe realizar tareas de lubricación a las cadenas con una frecuencia semanal, como podemos observar en la figura 26 el aceite que se utiliza para la lubricación de cadenas es un aceite usado vacuoline 533 y la cantidad que debe ser utilizada para la actividad es de 2 litros

La tarea de lubricación para los motores eléctricos son las siguientes

Frecuencia: la actividad de lubricación se realizara en una frecuencia mensual

Cantidad de reposición: cantidad de reposición es de 4 bombeadas con la engrasadora manual que representaría 25 gramos

la chumaceras son los equipos que más están expuestos a temperaturas altas debido a la cercanía con la palanquilla al momento de realizar el trabajo de transporte, por ende la frecuencia de lubricación se deberá realizar en un periodo semanal para mantener la película de lubricación entre el rodamiento y la pista de la chumacera. La grasa que se debe utilizar para esta actividad es la grasa MOBILITH SHC 460 debido que es una grasa recomendada para aplicaciones industriales, cojinetes bajo cargas pesadas y buen desempeño en acerías, la cantidad a reponer es de 8 bombeadas con la engrasadora neumática

#### **4.6. RUTA DE INSPECCIÓN DIARIA**

FORMATO INSPECCIÓN DIARIA											
DEPARTAMENTO		mantenimiento mecánico			HORA INICIO		7:30				
PERSONAL RESPONSABLE		jhonny yuquilema			HORA FIN		8:30				
					FECHA INICIAL		1-may				
UBICACIÓN TÉCNICA		transporte de palanquilla			FECHA FIN		7-jun				
TAREA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD				L	M	MI	J	V	S	D
1	revisar si existe desprendimiento de cadenas										
2	revisar si todos los rodillos giran de manera adecuada										
3	revisar si el motor electrico y reductor tienen la guarda de proteccion										
4	revisar si el reductor presenta fugas de aceite										
COMENTARIOS											

Ilustración 30: formato ruta de inspección diaria

Fuente: autoría

El técnico responsable del área transporte de palanquilla deberá ejecutar actividades de inspecciones diarias, tarea que ayudara a determinar el estado en que están realizando trabajo los equipos, el ayudante de la organización deberá llenar el formato como se visualiza en el figura 29

- ✓ Si los equipos se encuentran en buen estado
- X Si presenta alguna falla

En caso de presentar alguna falla el equipo se deberá describir la falla en la parte de comentarios

## **CONCLUSIONES**

El presente trabajo de la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo programado cumplido con los objetivos propuestos en el desarrollo de la investigación, de esta manera garantiza su funcionamiento y disponibilidad del equipo para la línea de producción

Con el plan de mantenimiento propuesto se busca evitar ejecutar tareas de mantenimientos correctivo, debido que esto genera paradas no programadas de mantenimiento. Como se puede observar en la tabla 14 el mayor número de paradas fueron provocadas por desprendimientos de cadenas en el transporte de palanquilla, por ende, se optó por implementar el formato de MIXER para realizar tareas de inspecciones con los técnicos de planta

Para que la información fluya de manera eficaz y eficiente en el departamento de mantenimiento al momento de ejecutar una actividad fue necesario ejecutar la codificación de los equipos para llevar un control riguroso y específico. También será útil para determinar el número de equipos existentes en la línea productiva y de esta manera el planificador ejecutar gestiones que permita disponer de repuestos para los equipos que se realizara actividades de mantenimiento como cambio de retenedores, rodamientos y aceite.

Ante las paradas constantes no programadas en este sistema de la línea de producción transporte de palanquilla se optó por implementar un plan de mantenimiento programado que permita tener un mayor control de los equipos para garantizar el funcionamiento durante las horas de producción, este plan indica la frecuencia que debe ejecutarse una tarea de mantenimiento para mantener operativo los equipos debido que esta ubicación es muy importante para mantener la línea de producción continua ya que se conecta con el proceso de colada continua, este debe mantener su línea activa para no generar paradas no planificadas al departamento de fundición y laminación.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda llevar un control estricto del plan de lubricación en los rodamientos de las chumaceras para mantener la película de lubricación entre el rodamiento y la pista, de esta manera prolongar la vida útil del componente. También ejecutar inspecciones de alineación de todos los rodillos para asegurar que la palanquilla no genera choques al momento de transportar la palanquilla hacia el horno de recalentamiento

Para garantizar el funcionamiento de los equipos es indispensable que el supervisor de área ejecute tareas de inspección para validar que las tareas de mantenimiento se está desarrollando de manera adecuada, utilizando las herramientas adecuadas, materiales adecuados y procedimientos al momento de reemplazar los componentes, como se puede apreciar en el diagrama Ishikawa desarrollado en esta investigación se puede visualizar que una de las causas que generan fallas en los reductores es por malos procedimientos al omento de montar los componentes.

Para prevenir paradas no planificadas en la línea de producción se deberá realizar tareas de inspecciones diarias para prevenir ejecutar mantenimientos correctivos en los equipos.

Dar a conocer a todo el personal de mantenimiento el plan de lubricación para que los técnicos de mantenimiento se capacite con qué tipo de lubricante se debe realizar cada tarea y cuanto es la cantidad de reposición, para que no ocurra perdidas de lubricante al momento de realizar la tarea

Estandarizar un manual de procedimientos para ejecutar la actividad de mantenimiento a reductores y chumaceras para garantizar el funcionamiento en el momento que requiera del reemplazo del equipo

Documentar la lista de componentes que se requiere para las actividades de mantenimiento como se puede apreciar en la tabla 4, de esta manera realizar pedidos de manera correcta y no ocurra anomalías al momento de realizar la actividad

## **BIBLIOGRAFÍA**

- ALACERO. (2020). *AMERICA LATINA EN CIFRAS 2020*. Obtenido de ALACERO.ORG:  
[https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america\\_latina\\_en\\_cifras\\_2020\\_es-en\\_09nov.pdf](https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america_latina_en_cifras_2020_es-en_09nov.pdf)
- ARQHYS ARQUITECTURA. (2021). *LA HISTORIA DEL ACERO*. Obtenido de ARQHYS DECORACION: <https://www.arqhys.com/arquitectura/acero-historia.html>
- BARROS JUCA, O. F. (2015). *LA PLANIFICACION ESTRATEGICA DE MANTENIMIENTO COMO HERRAMIENTA PREVNETIVA Y PREDICTIVA PARA LA DISMINUCION DE LA ACCIDENTABILIDAD DE UN SISTEMA DE GESTION DE SGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL. (MAGISTER EN SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTION DE LA CALIDAD, AMBIENTE Y SEGURIDAD)*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CUENCA. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8940/1/UPS-CT005197.pdf>
- BERNAL , C. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. COLOMBIA: PEARSON. Obtenido de <file:///C:/Users/jhonn/Downloads/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- BUELVAS DÍAZ , C. E., & MARTINEZ FIGUEROA , K. J. (2014). *ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINARIA PESADA DE LA EMPRESA L/L. (INGENIERIA MECÁNICA)*. UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CARIBE, BARANQUILLA. Obtenido de <http://repositorio.uac.edu.co/handle/11619/813>
- CANSINO FLORES , E. A., & LUCERO DIAZ , D. W. (2015). *ELABORACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA FABRICA MINEROSA. (INGENIERO MECANICO)*. ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, QUITO. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10469/1/CD-6192.pdf>
- DONOSO CARILLO, J. (2017). *EL IMPACTO DE LA INDUSTRIALIZACION EN EL PROCESO DE FABRICACION DE PRODUCTOS INTERMEDIOS DE HIERRO O ACERO SIN ALEAR COMO MECANISMO DE SUSTITUCION DE IMPORTACIONES EN EL CONTEXTO DE CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA DEL ECUADOR*.

(MAGISTER EN NEGOCIOS INTERNACIONALES). UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR, QUITO. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2104/1/T-UIDE-1544.pdf>

DONOSO CARRILLO, J. (2015). IMPLICACIONES DE LA APLICACION DE ESTRATEGIAS PARA LA SUSTITUCION DE IMPORTACIONES DE PRODUCTOS LAMINADOS COMO MECANISMO DEL CAMBIO DE LA MATRIZ PRODUCTIVA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA DEL ECUADOR. (MAGISTER EN GERENCIA EMPRESARIAL). ESCUELA POLITÉCNICA DEL ECUADOR, QUITO. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11227/1/CD-6417.pdf>

DUFFUAA, RAOUF, & CAMPBELL. (2000). *SISTEMAS DE MANTENIMIENTO PLANEACION Y CONTROL*. MEXICO: LIMUSA WILEY.

ENRÍQUEZ, J. L., TREMP GUERRA , E., ELÍO DE BENGY , S., & FERNANDEZ SEGOVIA , D. (2010). *LAMINACION*. MADRID: MONOGRAFIAS SOBRE LA TECNOLOGIA DEL ACERO . Obtenido de [file:///C:/Users/jhonn/Downloads/LAMINACION2\\_MONO\\_2010.pdf](file:///C:/Users/jhonn/Downloads/LAMINACION2_MONO_2010.pdf)

GONZALES GUZMAN , J. L. (2016). PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y PLANIFICADO PARA LA LINEA DE PRODUCCION EN LA EMPRESA LATERCER S.A.C. (TESIS INGENIERIA). UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO, CHICLAYO. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/94867568.pdf>

GUACHAMÍN TORRES , J. (2018). EVALUACION SOBRE LOS PROCESOS DE INNOVACION EN EL SUBSECTOR DE LAS SIDERURGICAS EN EL ECUADOR; CASO DE ESTUDIO: ADELCA, ACERIA DEL ECUADOR. (MAGISTER EN SISTEMAS DE GESTION INTEGRADOS). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, QUITO . Obtenido de <file:///C:/Users/jhonn/Downloads/CD-8716.pdf>

GUALOTUÑA SEGARRA , A. P. (2013). DIAGNOSTICO DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO DE ACERO LIQUIDO PARA LA COLADA CONTINUA EN LA EMPRESA ADELCA E IMPLEMENTACION DE LA MEJORA MEDIANTE RUTA DE LA CALIDAD. (MAESTRIA EN GESTION DE LA CALIDAD Y

*PRODUCTIVIDAD*). UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE, SANGOLQUI.

IBAÑEZ BASTIAS , J. A. (2018). PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO A CARROS DE TRASPADO DE ARRABI, ACERO Y ESCORIA EN ACERIA CONOX PARA LA C.S.H.S.A. (*INGENIERO DE EJECUCIÓN EN MECÁNICA DE PROCESOS Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL*). UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45935/3560901544050UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MILLAI MOLINA , D. A. (2017). DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO UTILIZANDO EL ANÁLISIS DE VIBRACIONES PARA MÁQUINAS ROTATIVAS EN PLANTA CRACKING DE ENAP REFINERIAS ACONCAGUA. (*TÉCNICO UNIVERSITARIO EN MECÁNICA INDUSTRIAL*). UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARIA. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48723/3560901064825UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ORTIZ USECHE, A., RODRIGUEZ MONROY, C., & IZQUIERDO, H. (2013). GESTION DEL MANTENIMIENTO EN PYMES INDUSTRIALES. *REVISTA VENEZOLANA DE GERENCIA (RVG)*, PP. 86-104. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/290/29026161004.pdf>

VILLEGAS PAREDES , E. H. (2012). ESTUDIO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL ACERO SAE 1020, EN BASE AL RECICLAJE DE CHATARRA METÁLICA EN LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO, PARA REDUCIR LA IMPORTACION DE PALANQUILLA. (*INGENIERIA MECANICA*). UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, AMBATO. Obtenido de <file:///C:/Users/jhonn/Downloads/Tesis%20I.%20M.%20168%20-%20Villegas%20Paredes%20Eduardo%20Humberto.pdf>

## SITIOS WEB

- [https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america\\_latina\\_en\\_cifras\\_2020\\_es-en\\_09nov.pdf](https://www.alacero.org/sites/default/files/publicacion/america_latina_en_cifras_2020_es-en_09nov.pdf).
- <https://www.andec.com.ec/>
- <https://www.adelca.com/>
- [file:///C:/Users/jhonn/Downloads/Tesis%20I.%20M.%20168%20-%20Villegas%20Paredes%20Eduardo%20Humberto%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/jhonn/Downloads/Tesis%20I.%20M.%20168%20-%20Villegas%20Paredes%20Eduardo%20Humberto%20(1).pdf)
- <http://spanish.metallurgicalmachinery.com/>
- <https://www.refra.com/es/Cucharas-de-colada-para-acero/>
- [https://www.researchgate.net/figure/Schematic-description-of-the-continuous-casting-process-of-steel\\_fig1\\_322546316](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-description-of-the-continuous-casting-process-of-steel_fig1_322546316)
- <http://blog.qualidadesimples.com.br/es/2019/03/25/los-cinco-por-que-paso-a-paso/>
- <https://www.hebergementwebs.com/tutorial-sap-pm/sap-pm-registro-de-equipos>
- <https://blogs.sap.com/2012/06/22/master-data-for-calibration-process/>
- <https://www.tutorialkart.com/sap-pm/create-equipment-in-sap/>
- <https://wiki.scn.sap.com/wiki/display/ERPFI/FI-AA+%28Asset+Accounting%29+and+PM+%28Equipment%29+Synchronization>

# ANEXOS

## ANEXOS1: FIGURA

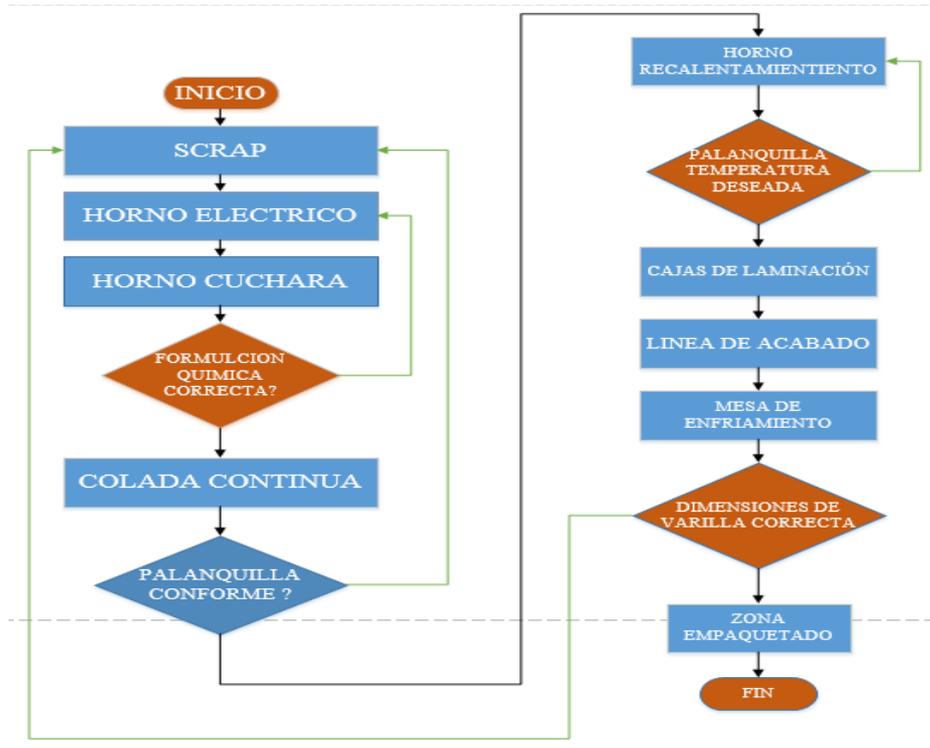


Ilustración 31: Diagrama de flujo para la producción de varilla

Fuente (Autoría propia)



Ilustración 32: Subsistema de transporte de palanquilla.

Fuente: captura propia.

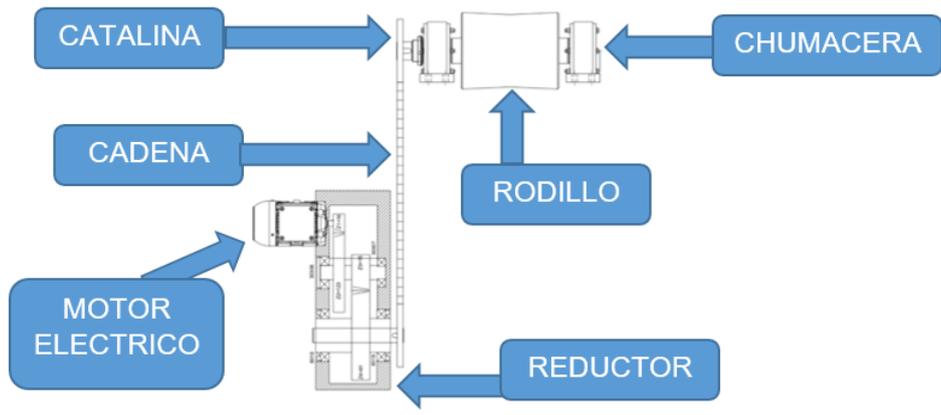


Ilustración 33: Equipos que intervienen para el transporte de palanquilla

Fuente: Autoría

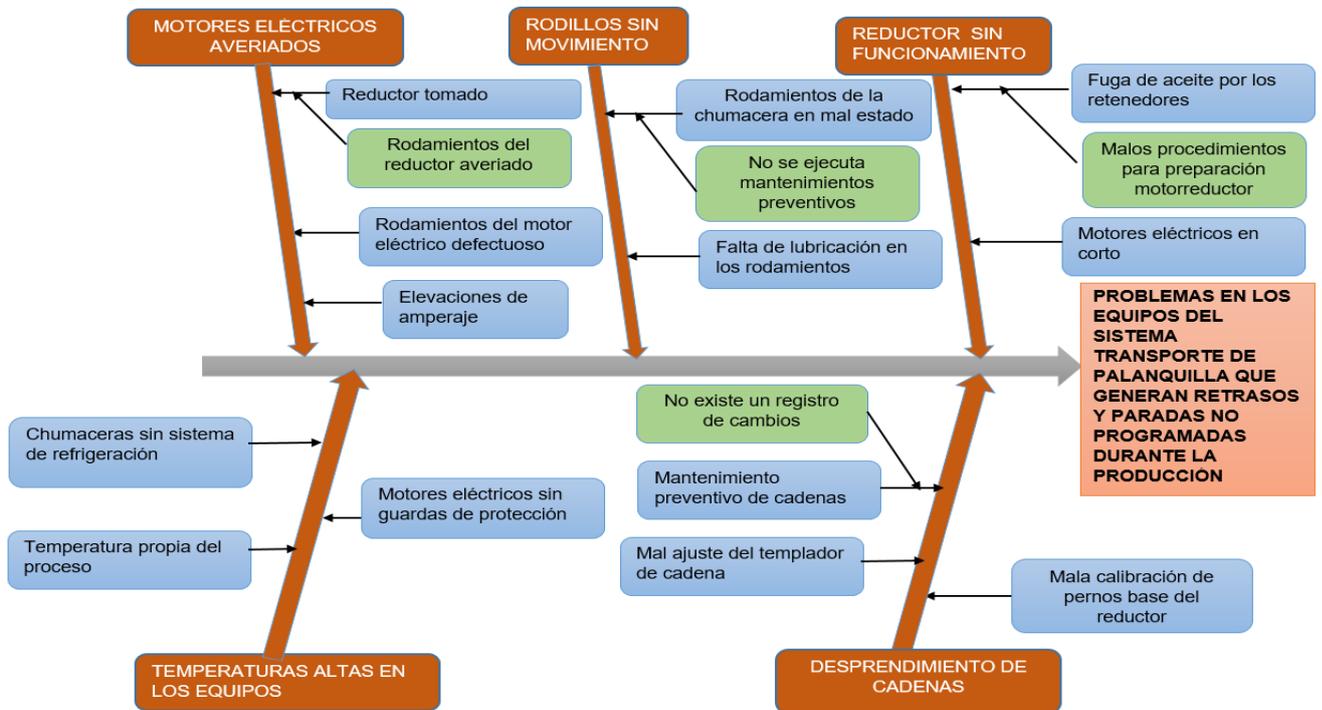


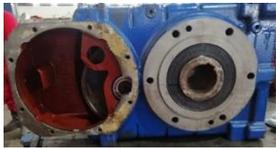
Ilustración 34: Diagrama Ishikawa.

Fuente: Autoría

D= DISPONIBILIDAD			
T0= TIEMPO TOTAL DE OPERACIÓN			
Tp= tiempo de parada generada por el equipo			
horas laborables= 24horas			
paradas planificadas= 2 horas			
Tn= toneladas no producidas			
		<b>REDUCTOR 3</b>	
$D = \frac{T_o}{T_o + T_p}$		To	20
		Tp	1
PRODUCCION POR HORA		D	95,2380952
35 BARRAS		Tn	73,5
PESO BARRA			
2.1 toneladas			

Figura anexada: Disponibilidad del reductor

## ANEXO 2: TABLAS

UBICACIÓN TÉCNICA	EQUIPOS	NUMERO DE EQUIPOS	FIGURAS
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	MOTORREDUCTORES	9	
	CHUMACERAS	18	
	RODILLOS	9	
	Motor eléctrico	9	

Fuente: autoría

Tabla 17: inventario de equipos y componentes del transporte de palanquilla

¿RESULTADO DEL ANÁLISI 5 WHY?		
UBICACIÓN TÉCNICA	PROBLEMA ANALIZAR	RESULTADO ANÁLISIS
TRANSPORTE DE PALANQUILLA	Fuga de aceite del reductor	no existe un manual de procedimientos
	Rodillos de transporte parados	No cuentan con un plan de mantenimiento de lubricación
	Motores eléctricos averiados	No cuentan con un plan de mantenimiento preventivo
	Desprendimiento de cadenas	Los técnicos de mantenimiento no realizan inspecciones diarias
	Motorreductores caídos	El personal de mantenimiento no ejecuta las inspecciones rutinarias

Tabla 18. ¿Resultados de la técnica de análisis 5 why?

Fuente: autoría

CAUSA DE PARADAS NO PLANIFICADAS	NUMERO DE FALLAS	TIEMPO DE PARADA (min)
DESMONTAR CADENAS POR FALLA REDUCTOR #3	3	150
COLOCACION DE CADENA POR DESPRENDIMIENTO	6	30
CAMBIOS DE RODAMIENTOS CHUMACERAS	3	720
CAMBIOS MOTOR ELÉCTRICO	3	180
TEMPLAR CADENA POSICION #6	5	150
DESMONTAR CADENA Y MOTORREDUCTOR POSICION #1	2	120

AJUSTAR BASE REDUCTOR	10	450
CAMBIO REDUCTOR #6	1	60
CAMBIO REDUCTOR #4 POR FUGA DE ACEITE	1	60
CAMBIO REDUCTOR #5	1	60

Tabla 14: causas paradas no planificadas

Fuente: autoría

PLANIFICACIÓN DE LUBRICACIÓN															
Denom	UBICACIÓN	CODIGO	EQUIPO/ACTIVIDAD	PUNTO	LUBRICANTE	CANTIDAD	AREA	PERIODO	INICIO	S3	S4	S5	S6	S7	S8
inac		EQUIP		LUBRICACION		REPOSICION	ENCARGA	ACTIVIDAD							
		1010521	REDUCTOR R-001	lubricacion de cadena	cadena 1		Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010522	REDUCTOR R-002	lubricacion de cadena	cadena 2		Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010523	REDUCTOR R-003	lubricacion de cadena	cadena 3		Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010524	REDUCTOR R-004	lubricacion de cadena	cadena 4		Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010525	REDUCTOR R-005	lubricacion de cadena	cadena 5		Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010526	REDUCTOR R-006	lubricacion de cadena	cadena 6		Mecánico	Semanal	10-ene	X	X	X	X	X	X
		1010534	MOTOR ELECTRICO MOT-001	lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos		Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010535	MOTOR ELECTRICO MOT-002	lubricacion de rodamiento	lubricar 2 puntos		Mecánico	Mensual	10-ene	X				X	
		1010536	MOTOR ELECTRICO MOT-003												

Ilustración 35: planificación de lubricación parte 1

Fuente: autoría