UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

"PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CHATARRA EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA ANDEC S.A."

AUTORES:

CHAVARRÍA VALERIANO JACKSON JEFFERSON

ALFREDO ALEJANDRO FONSECA GONZABAY

DIRECTOR:

ING. PEDRO GERARDO PEÑA MONTOYA

Septiembre – 2022

GUAYAQUIL – ECUADOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo, Alfredo Fonseca Gonzabay, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado "PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CHATARRA EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA ANDEC S.A. - GUAYAQUIL". Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Alfredo Alejandro Fonseca Gonzabay

CI: 0951262955

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Yo, Jackson Chavarría Valeriano, declaro que soy el único autor de este trabajo de titulación titulado "PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CHATARRA EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA ANDEC S.A. - GUAYAQUIL". Los conceptos aquí desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Jackson Chavarría V.

Jackson Jefferson Chavarría Valeriano

CI: 0931461180

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Quien suscribe, en calidad de autor del trabajo de titulación titulado "PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CHATARRA EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA ANDEC S.A. - GUAYAQUIL por medio de la presente, autorizo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR a que haga uso parcial o total de esta obra con fines académicos o de investigación.

Alfredo Alejandro Fonseca Gonzabay

CI: 0951262955

Jackson Jefferson Chavarría Valeriano

CI: 0931461180

DECLARACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Quien suscribe, en calidad de director del trabajo de titulación titulado "PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CHATARRA EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA ANDEC S.A. - GUAYAQUIL desarrollado por los estudiantes Alfredo Fonseca Gonzabay & Jackson Chavarría Valeriano previo a la obtención del Título de Ingeniería Industrial, por medio de la presente certifico que el documento cumple con los requisitos establecidos en el Instructivo para la Estructura y Desarrollo de Trabajos de Titulación para pregrado de la Universidad Politécnica Salesiana. En virtud de lo anterior, autorizo su presentación y aceptación como una obra auténtica y de alto valor académico.

Dado en la Ciudad de Guayaquil, del mes de Septiembre de 2022

Ing. Pedro Gerardo Peña Montoya

Docente Director del Proyecto Técnico

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme llegar a esta meta tan anhelada.

A los dos pilares fundamentales en mi vida que son mis padres, Alfredo Fonseca y Silvana Gonzabay, por darme la vida y inculcarme los valores que han hecho de mí una persona de bien, por la paciencia, brindarme su apoyo, comprensión, amor y por darme la fuerza necesaria para seguir adelante en cualquier circunstancia.

A mis hermanos, Andrés Fonseca y Axel Fonseca, por permitirme ser un ejemplo para ellos por su compañía, cariño, respeto. A toda mi familia que han sido el complemento dentro de mi vida inculcándome sus sabios consejos que me permiten ser una gran persona en todas las facetas de mi vida personal y familiar.

A mi novia, por llegar a mi vida en un momento inesperado y brindarme su compañía, estar en las buenas y malas con su amor incondicional.

A todos mis amigos de la infancia con los que he crecido y me han brindado su amistad de una manera desinteresada, por su apoyo y estar presente cuando los necesito, estoy seguro que Dios me ha bendecido por ponerlos en mi vida.

A mi tutor el Ing. Pedro Peña, por haberme guiado en todo momento en la ejecución de la presente tesis, por brindarme sus conocimientos y ser la guía que necesitaba para la culminación exitosa de mi proyecto de graduación.

A la Ing. Fabiola Terán, por gestionar de manera eficiente las directrices que se han necesitado en la dirección de la carrera de Ingeniería Industrial, destinada a indagar a profundidad lo mejor para los estudiantes.

Alfredo Alejandro Fonseca Gonzabay

AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar, agradeciendo a mi tutor el Ing. Pedro Peña, por proporcionarme sus conocimientos como docente, dándome soporte y guiándome en todo este proceso de titulación.

También quiero agradecer a la empresa Andec S.A por brindarme todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación en su prestigiosa organización.

Agradezco a nuestra Universidad Politécnica Salesiana por haberme permitido formar parte de esta noble institución, así como también le doy gracias a cada docente que fue participe en formación profesional los cuales me brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante.

Por último, quiero agradecer a mi familia y amigos, por ofrecerme su ayuda en todo este tiempo de preparación. En especial, quiero hacer mención de mis padres, los cuales siempre han estado para mi brindándome su apoyo y amor incondicional.

Muchas gracias a todos.

Jackson Jefferson Chavarría Valeriano

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mi padre, el cual me enseño que todo en esta vida se logra con sacrificios y esfuerzo propio para poder alcanzar las metas que uno se propone en esta vida.

También va dedicado a mi amada madre, quien me inculco ser un hombre de bien, diciéndome que todos los seres humanos somos iguales y nacemos con las mismas posibilidades, pero con diferentes oportunidades y es donde cada persona las aprovecha para forjar su futuro.

A mis hermanos, quienes han visto mis sacrificios, enorgulleciéndose de mí y brindándome siempre ese ánimo para poder seguir adelante, no dejándome caer en ninguna circunstancia y por sus motivaciones.

Finalmente, quedo agradecido a las personas que compartieron su total conocimiento y dejaron buenos recuerdos en todo este proceso de educación y forjar un gran ser humano, quedo eternamente agradecido con todos.

Alfredo Alejandro Fonseca Gonzabay

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres, los cuales han vivido este proceso conmigo, los cuales han estando presente en cada logro que hemos hecho y en cada caída que hemos tenido. Ellos que simplemente se esfuerzan todos los días para que tengamos un estudio los cuales muchos no pudieron recibir.

A mis hermanos, que siempre me brindaron su apoyo y me ayudaron a seguir estudiando. A mi novia la cual ha estado a mi lado y me ha motivado a siempre dar lo mejor de mí.

Por último, a todas esas personas que me brindaron de sus conocimientos y dejaron una huella para formarme como ser humano, muchas gracias a todos.

Jackson Jefferson Chavarría Valeriano

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CHATARRA EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA ANDEC S.A. - GUAYAQUIL

AUTORES: ALFREDO ALEJANDRO FONSECA GONZABAY

E-mail: afonsecag@est.ups.edu.ec

JACKSON JEFFERSON CHAVARRÍA VALERIANO

E-mail: jchavarriav@est.ups.edu.ec

RESUMEN

En la actualidad el reciclaje se ha convertido de vital importancia tanto en la sociedad como en la industria, pero al reciclar estos diversos materiales, también hay que clasificarlos de manera correcta, para darle un buen uso de acuerdo a sus características.

Todos los materiales que se reciclan son tratados de diferente manera, esto varía de acuerdo a tipo (papel, cartón, plástico, chatarra), pasan previamente por un proceso de recolección, clasificación y almacenamiento. A raíz de esto surgieron organizaciones las cuales se encargan de gestionar y clasificar cada uno de estos materiales de acuerdo sus características, pero no todas tienen un proceso eficaz a la hora de su clasificación, la chatarra es una de ellas.

Hoy en día la clasificación de la chatarra es un problema para grandes y medianas empresa que se dedican a la compra y venta del mismo. La industria al recibir grandes cantidades de chatarra no pueden filtrar adecuadamente que material les llega a sus instalaciones por lo que necesitan de máquinas para ayudar en el proceso de separación de los materiales ferrosos, pero al no existir un sistema comercial para la clasificación de los materiales no ferroso las empresas usan el método tradicional, el cual se realiza de manera manual organizando la chatarra no ferrosa, lo cual no es muy eficiente haciendo que muchas organizaciones opten por eliminar estos desperdicios.

Esta propuesta se realizó con el interés de disminuir la chatarra acumulada de una manera rápida y eficiente. Definiendo una nueva metodología la cual mejore el proceso de clasificación de los materiales no ferrosos, de esta manera la empresa podría recuperar un porcentaje de material ferroso e material no ferroso, transforma lo que una vez fue llamado desperdicio en un activo para la empresa.

La finalidad de este proyecto, es la de realizar un estudio completo en el área de PMP para poder analizar de manera subjetiva, las diferentes variables que se presenten en el caso, para mejorar la clasificación de los materiales no ferrosos, mediante valores numéricos que capten la fiabilidad, eficiencia y rentabilidad del proyecto.

Palabras clave: reciclaje, clasificación, ferroso, disminuir, chatarra, recuperar, mejorar.

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CHATARRA EN EL ÁREA DE PROCESAMIENTO DE MATERIA PRIMA DE LA EMPRESA ANDEC S.A. - GUAYAQUIL

AUTORES: ALFREDO ALEJANDRO FONSECA GONZABAY

E-mail: afonsecag@est.ups.edu.ec

JACKSON JEFFERSON CHAVARRÍA VALERIANO

E-mail: jchavarriav@est.ups.edu.ec

ABSTRACT

At present, recycling has become of vital importance both in society and in industry, but when recycling these various materials, they must also be classified correctly, in order to put them to good use according to their characteristics.

All the materials that are recycled are treated differently, this varies according to the type (paper, cardboard, plastic, scrap), they previously go through a collection, classification and storage process. As a result of this, organizations emerged which are responsible for managing and classifying each of these materials according to their characteristics, but not all of them have an effective process when it comes to their classification, scrap is one of them.

Today the classification of scrap is a problem for large and medium-sized companies that are dedicated to buying and selling it. The industry, receiving large amounts of scrap, cannot adequately filter what material reaches its facilities, so they need machines to help in the process of separating ferrous materials, but since there is no

commercial system for classifying the materials non-ferrous companies use the traditional method, which is done manually by organizing non-ferrous scrap, which is not very efficient, causing many organizations to choose to eliminate this waste.

This proposal was made with the interest of reducing the accumulated scrap quickly and efficiently. Defining a new methodology which improves the classification process of non-ferrous materials, in this way the company could recover a percentage of ferrous material and non-ferrous material, transforming what was once called waste into an asset for the company.

The purpose of this project is to carry out a complete study in the PMP area to be able to subjectively analyze the different variables that arise in the case, to improve the classification of non-ferrous materials, through numerical values that capture the reliability, efficiency and profitability of the project.

Keywords: recycling, classification, ferrous, reduce, scrap, recover, improve.

INDICE

Introducción **1**

Capítulo I: Problema **2**

1.1. Antecedentes 2

1.2. Importancia y Alcance 5

1.3. Delimitación 7

1.3.1. Delimitación Temporal 7

1.3.2. Delimitación Espacial o Geográfica 8

1.4. Formulación del Problema 9

1.5. Objetivos 11

1.5.1. Objetivo General 11

1.5.2. Objetivos Específicos 11

Capitulo II: Estado del Arte **12**

2.1. Reciclaje de Chatarra 12

2.2. Metales Ferrosos 14

2.2.1. Características del Hierro Puro 14

2.2.2. Proceso Siderúrgico 15

2.2.3. Aceros Comerciales 19

2.3. Metales no Ferrosos 20

2.3.1. Cobre 21

2.3.1.1. Obtención del Cobre 21

2.3.1.2. Aleaciones del Cobre 22

2.3.1.3. Aplicación 23

2.3.2. Aluminio 23

2.3.2.1. Obtención del aluminio 23

2.3.2.2. Proceso Hall-Heroult 24

2.3.2.3. Proceso Hall-Heroult 24

2.3.2.4. Aleaciones del Aluminio 25

2.3.2.5. Aplicación 25

2.4. Clasificación de la Chatarra de Andec S.A 26

2.4.1. Chatarra Tipo A: Chatarra Pesada. 26

2.4.2. Chatarra Tipo B: Chatarra Pesada y Semipesada 27

2.4.3. Chatarra Tipo C: Chatarra Liviana o de Poca Densidad. 27

2.4.4. Chatarra Tipo Naval: Chatarra Procedente de Embarcaciones o Naves. 28

2.5. Maquinarias para la clasificación de la chatarra 29

2.5.1. Máquina Fragmentadora de Metales 29

2.5.1.1. Un Zigzag 29
2.5.2.1. Que es una Fragmentadora de Metales 30
2.5.2. Zarandas 30
2.5.2.1. Ventajas y desventajas 32
2.5.3. Cuchara (Manipuladora Solida) 32
2.5.3.1. Pinza de Clasificación 33
2.5.4. Oxicorte 34
2.5.4.1. Partes Componentes del Equipo Oxicorte. 35
2.5.4.2. Caracterización del Oxicorte 36
2.6. Equipo de protección personal. 36
2.6.1. Casco 37
2.6.2. Orejera 38
2.6.3. Gafas de Seguridad 39
2.6.3.1. Características importantes de los lentes de seguridad 39
2.6.4. Botas Punta de Acero 39
2.6.5. Guantes Napa 40
2.6.6. Mascarilla con Filtro 40
2.6.7. Uniforme con Reflectivo 40
2.7. Organigrama jerárquico de la empresa Andec S.A. 42
Capitulo III: Marco metodológico 43
3.1. El Método DMAIC 44
3.2. Metodología de recuperación de materiales que fue implementado en el área de procesamiento durante un tiempo de prueba. 45
3.3. Método Estadístico 47
Capitulo IV: Resultados 48
4.1 Muestreo de mejora de clasificación de materiales no ferrosos con maquinaria de otra empresa siderúrgica. 48
4.2 Línea de clasificación MMS 1000E separador de metal y separador de tambor MWA 1000 E de la línea HAMMEL. 49
4.2.1. Clasificador móvil MMS 1000E 50
4.2.2. Separador de tambor MWA 1000 E 51
4.3 Propuesta de mejora con cucharon cribador. 54
4.4 Metodología de trabajo del cucharon cribador. 55
4.5 Método de préstamo para inversión 58
Conclusiones 61
Recomendaciones 62

Referencias Bibliográficas 63
Anexos..... 65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Acerías Nacionales del Ecuador S.A. ANDEC 1969 3
Figura 2. Acerías Nacionales del Ecuador S.A. ANDEC 2020 5
Figura 3. Ubicación geográfica de Andec S.A (Google maps) 9
Figura 4. Horno de fusión del hierro 16
Figura 5. Proceso de fundición del hierro 18
Figura 6. Maquina vibratoria Zaranda 32
Figura 7. Manipuladora de cuchara 33
Figura 8. Pinza recolectora de chatarra 34
Figura 9. Partes de un oxicorte 36
Figura 10. Esquema organizacional de la empresa ANDEC S.A. 42
Figura 11. Maquina clasificadora de metales no ferrosos 50
Figura 12. Maquina clasificadora MWA 1000 E 51
Figura 13. Proforma de máquinas clasificadoras de metales ferrosos y no ferrosos 53
Figura 14. Cucharon cribador 54
Figura 15. Cribador separando la tierra de la chatarra 55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cronograma de actividades para la realización del proyecto técnico 8
Tabla 2. Composición y contenido del hierro 15
Tabla 3. Propiedades de los materiales aleantes 19
Tabla 4. Ventajas y desventajas de la maquina zaranda 32
Tabla 5. Tierra revisada de la maquina Vezzani 45
Tabla 6. Chatarra ferrosa recuperada 46
Tabla 7. Cuadro de resumen de material recuperado de la maquina Vezzani 46
Tabla 8. Total de tierra retirada de la maquina zaranda. 47
Tabla 9. Tabla de desechos acumulados en la empresa ANDEC S.A. 47
Tabla 10. Cuadro de recuperación de chatarra ferrosa y no ferrosa maquina Vezzani. 49
Tabla 11. Cuadro de recuperación de chatarra ferrosa y no ferrosa del material acumulado 49
Tabla 12. Cuadro de análisis de recuperación de chatarra en $/T 56
Tabla 13. Costo de instalación de la maquina cribadora. 57
Tabla 14. Costo de procesamiento de los desechos acumulados de ANDEC S. 57
Tabla 15. Tiempo de procesamiento del material ferroso y no ferroso. 58
Tabla 16. Cuadro de compra de cucharon cribador 58
Tabla 17. Cuadro de amortización para la compra del cucharon cribador 60

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Banda transportadora de chatarra 65
Anexo 2. Banda transportadora de chatarra 65
Anexo 3. Balanza para pesar vehículos con chatarra.....66
Anexo 4. Proceso para desembarcar la chatarra 66
Anexo 5. Maquina apilar chatarra 67
Anexo 6. Tambor magnético 67
Anexo 7. Compactadora de chatarra.....68
Anexo 8. Residuos sólidos sin clasificar (chatarra ferrosa, no ferrosa y tierra).....68

Introducción

La presente investigación se refiere al proceso de clasificación de materiales ferrosos y no ferrosos de las industrias siderúrgicas. La mayoría de estas organizaciones poseen un patrón de reciclaje muy común, el cual es de aprovechar la chatarra ferrosa para su proceso productivo, pero no todo lo que se recibe es 100% material que se pueda usar en sus hornos, por lo que también se encuentran de metales no ferrosos (cobre, bronce, acero inoxidable, aluminio) y desechos sólidos (tierra, no metálicos).

La mayoría de las industrias en el ecuador no procesan este tipo de metales no ferrosos, por lo que para muchos es el rechazo que se obtiene al momento de clasificar la chatarra, normalmente estos materiales no son tomados en cuenta por lo que usualmente son desechados por la compañía local de recolección de desechos sólidos no peligrosos.

La problemática en este caso es, que no existe un método rentable para clasificar estos materiales no ferrosos, por lo que en este proyecto se va a analizar, estudiar y plantear algunas alternativas las cuales puedan optimizar e implementarse en las industrias para evitar esa fuga de dinero que se tiene al no procesar este tipo de materiales de manera correcta.

El interés para realizar este estudio no es solo para obtener un proceso más eficiente, sino también con el fin de reducir el impacto ambiental que se obtiene al procesar la chatarra y obtener materiales sin clasificarlos de manera correcta. Esta investigación trata de crear una nueva tendencia al momento de la clasificación de materiales ferrosos y no ferrosos, aprovechando al máximo todos los recursos que se tiene en la industria siderúrgica.

Capítulo I: Problema

1.1. Antecedentes

ANDEC Acerías Nacionales del Ecuador S.A., Su comienzo es en 1964 y nace de una idea de CENDES, debido al que el hierro que se consumía en esa época en su totalidad era importado, por lo que la demanda en el mercado se encontraba en crecimiento, estando en marcha el proyecto de construcción del puente sobre el Rio Guayas, en el que se tenía que emplear una gran cantidad de hierro.

Se lleva a cabo los contactos entre CENDES y funcionarios del gobierno, juntos se reunieron con personeros de la corporación Aceros del Pacifico CAP de chile y así propusieron realizar la instalación de una planta laminadora en el país, esta propuesta obtuvo una aceptación acogedora. Por lo que comenzaron a realizar estudios para posteriormente tomar la decisión de formar la empresa Acerías Nacionales del Ecuador Andec.

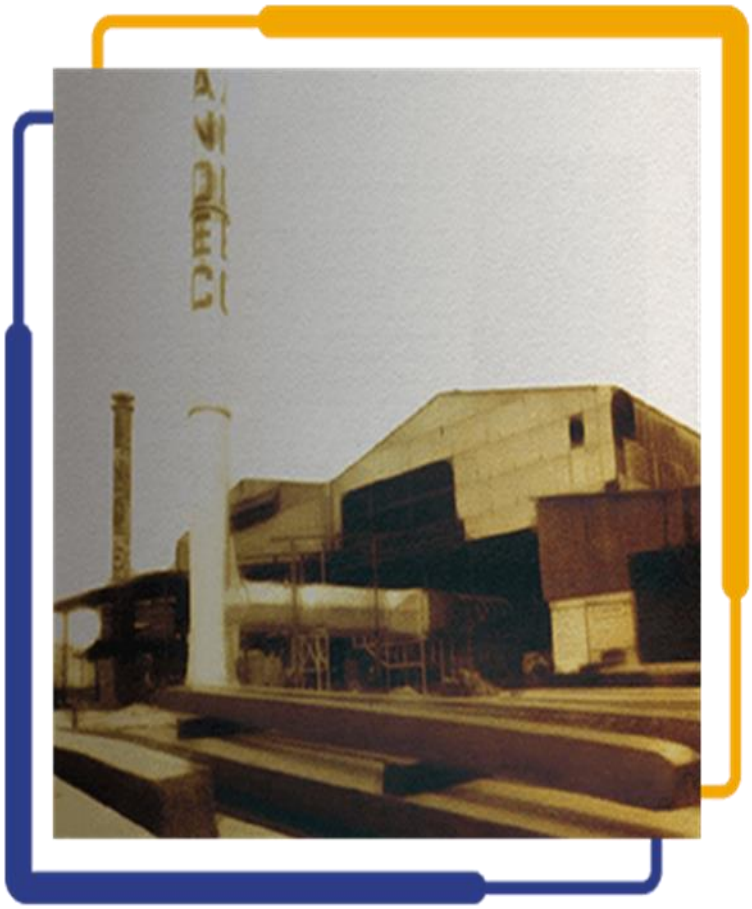
Puesto a que sus principales accionistas fueron el CAP de Chile, Juan H. Kruger, Agustín Arroyo y el Ab. Jaime Nebot Velasco. En la fecha del 31 de enero de 1964, se establece jurídicamente ANDEC y se llevó a cabo los trámites para conseguir la clasificación industrial, en el año 1966 se consiguen los terrenos donde hoy por hoy está radicada la planta.

En el año 1967 se elaboran los contratos de diseños de instalación y así dar arranque a los equipos. En 1968 se instalan y a finales de 1969 empieza a dar marcha a la planta laminadora.

El 19 de octubre de 1969, se apertura la planta de Acerías Nacionales del Ecuador S.A. ANDEC. Al principio de su trabajo ANDEC contaba con 10 asalariados y 47 operarios, bajo la Administración del Ing. Fernando Gamio. Al distribuir el

funcionamiento de las acerías, la empresa consiguió un auge muy importante en la ciudad de Guayaquil.

Figura 1. Acerías Nacionales del Ecuador S.A. ANDEC 1969



Fuente: *Andec fuerza interior, ACERIAS NACIONALES DEL ECUADOR (https://www.andec.com.ec/)*

En 1970 se obra una alteración en el estatuto de los accionistas de la sociedad, pasando la empresa al poder de ECUASIDER, Ecuatoriana de Siderúrgica, el 87% de las acciones y el 13% de inversionistas privados.

En 1981 ANDEC, con la sensatez de la entidad que tiene que ampliar la actividad siderúrgica del país, con la finalidad de ser un soporte para las empresas trefiladoras en especial, ajuste de la firma Pomini Farrel de Italia, el boceto, abastecimiento, montaje puesto en marcha de nuevo el tren de laminación llamado MONOBLOK de velocidad

alta (65 m/segundos), para la elaboración de alambrón al igual que a sido enganchado a los equipos existentes. El reciente laminador está dando arranque en el segundo trimestre de 1982. El rendimiento inicial es de 11250 toneladas, lo que esto indicaba un 20% de la demanda de ese tiempo.

En el año 1984, la Dirección de Industrias del Ejército DINE, logra el 93% de las acciones de la empresa. El 7% sobrante queda en domino de la familia Coronel, estando permanentemente hasta la presente.

En el comienzo de ANDEC tuvo que afrontar un sinnúmero de percances producidos por sindicatos, comités de empresas y contratos colectivos. En noviembre de 1996, se determina que lo mejor es liquidar a todo el personal, culminando la relación laboral con las organizaciones sindicales, esto aprobó perfeccionar el número de empleados, alcanzando así los más altos rendimientos de su historia.

Es en el año 1996, que se funcionan ANDEC Y FUNASA, laborando a partir de allí con una administración, como un Complejo Siderúrgico integrado.

Entre los años 1996 y 1998, ANDEC obtiene sus mejores frutos en sus 30 años de vida, semblante que aprueba renovar su planta Industrial, consiguiendo al grupo Bascotécnia de España un nuevo y moderno tren laminador. En 1998, el rendimiento arriba a 135.000 toneladas, aumentando su intervención de mercado al 50% en sus treinta años de labor interrumpida.

El rendimiento del nuevo tren se inició a partir de octubre de 1999, para evaluar un proceso que se alarga hasta los primeros meses del año 2000.

Una vez mejorado los procesos, ANDEC estará en posición de velar con sus productos las más altas exigencias Internacionales de hoy, tanto en mercado nacional como en los más modernos mercados del mundo.

ISO 9001 en 1997, fue fundador para una época en la que pocas industrias ecuatorianas

lo tomaban en cuenta. La ejecución de tecnologías de punta aumento la producción, de tal manera la incorporación dio nuevos procedimientos en la gestión de calidad efectuada en ANDEC logre la certificación ISO 9001, el día 22 de febrero del 200. Para seguir en el proceso, el 31 de julio del 2003, la empresa alcanzo la certificación ISO 9001:2000 y ahora ha concluido en el transcurso la certificación del SGI Sistema Integrado Gestión, incorporando a su sistema de calidad, las normas ISO 14001 y OHSAS 18001.

Figura 2. Acerías Nacionales del Ecuador S.A. ANDEC 2020

Fuente: Andec fuerza interior, ACERIAS NACIONALES DEL ECUADOR (https://www.andec.com.ec/)

1.2. Importancia y Alcance

Andec S.A. es una de las empresas más grandes del Ecuador, siendo una de las primeras que impulso al desarrollo de la Industria Siderúrgica nacional, tiene una gran presencia en el mercado por su marca, teniendo en sus productos largos de aceros las varillas para la construcción, la cual es su principal producto utilizado en varias

megaobras a nivel nacional (Puente de la Unidad Nacional, Torre The Point, Coca Codo Sinclair, etc.); para poder fabricar sus productos Andec S.A todos los días recibe material reciclado (chatarra ferrosa) de diferentes sectores a nivel nacional lo que constituye su materia prima para realizar sus productos, al captar alto volúmenes de material reciclados y al ser preparado en sus máquinas procesadoras se ha obtenido una cantidad de desechos sólidos (materiales ferrosos, no ferrosos, plástico, madera, caucho, pintura, tierra, etc.), al punto que se ha venido acumulando a través de los años (Aprox. 5 años) en el cual no ha existido una capacidad de tratamiento para los desechos, que contribuya a la empresa en poder recuperar los materiales ferrosos para ser utilizado en su proceso productivo, los no ferrosos para recuperarlos generando un ingreso a través de la venta y todos los residuos para que sean entregado a la empresa Urvaseo, que es la empresa encargada de la recolección y disposición final de los desechos sólidos.

La propuesta para realizar la clasificación de materiales ferrosos, no ferrosos y desechos sólidos, es la de implementar una maquinaria que realice este proceso de manera apropiada y eficiente. De acuerdo a estudios preliminares realizados por peritos externos encargados de la valoración de los inventarios de la chatarra en Andec S.A, indicaron que se tiene 22 mil toneladas aproximadamente de desechos sólidos acumulados en los patios de PMP.

La finalidad de este proyecto es la de realizar un estudio completo en el área de PMP para poder analizar de manera subjetiva, las diferentes variables que se presenten en el caso, para mejorar la clasificación de los materiales ferrosos, mediante valores numéricos que capten la fiabilidad, eficiencia y rentabilidad del proyecto.

Los beneficiarios de esta propuesta en forma directa serán los autores de la investigación, pues se verá el alcance de los conocimientos adquiridos y utilizados en la consecución del proyecto.

Al mismo tiempo Andec S.A. también es beneficiada, por medio del estudio técnico que se llevara a cabo para mejorar su proceso de clasificación y recuperación de chatarra, haciendo que el área de PMP pueda mejorar realizando una reingeniería en su distribución de planta para sectorizar el almacenamiento de los distintos tipos de chatarra al poder contar con el espacio físico que actualmente está ocupado por el material acumulado, contribuyendo de esta forma a la ejecución de las etapas de pavimentación del patio de chatarra cumpliendo una normativa ambiental y ordenanza municipal.

1.3. Delimitación

1.3.1. Delimitación Temporal

Se realizó un cronograma de actividades para tener un control en base al tiempo estimado para la culminación del proyecto, dándole importancia a todas las actividades para así presentar un estudio confiable que sirva de guía para otros estudiantes u organizaciones.

	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																					
	MESES	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO			
	SEMANAS ACTIVIDADES	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
FASE PRELIMINAR	Reunión de planeación de anteproyecto.																				
	Socialización del Anteproyecto.																				
	Presentación del Anteproyecto.																				
	Aprobación del Anteproyecto.																				
FASE I Levantamiento de Información	Compilar información referente al área y maquinarias.																				
	Establecer las necesidades del área actuales.																				

	Determinar las actividades del personal operativo del área.																					
FASE II Diseño y Estructuración	Plantear ideas de mejoras tecnológicas para el área.																					
	Poner a efecto un cronograma de nuevas actividades para mejorar la clasificación de material no ferroso.																					
	Exteriorizar la propuesta de mejora a los dirigentes del área para su respectiva validación.																					
FASE III Presentación y Socialización	Ejecución del Informe Final.																					
	Presentación de Proyecto Técnico.																					

Tabla 1. Cronograma de actividades para la realización del proyecto técnico

1.3.2. Delimitación Espacial o Geográfica

Esta empresa ANDEC S.A está ubicada en un populoso sector de la ciudad de Guayaquil, conocido como Guasmo Norte, geográficamente este sector corresponde al sur de la ciudad.

Figura 3. Ubicación geográfica de Andec S.A

Fuente: Google maps

1.4. Formulación del Problema

Acerías Nacionales del Ecuador "Andec S.A." es una compañía siderúrgica dedicada a la fabricación de hierro, mediante el funcionamiento de hornos de arco eléctricos que transforma la chatarra en acero líquido, los cuales sirven para la elaboración de las palanquillas de acero y posteriormente a la fabricación de varillas soldables, alambrón, alambre grafilado, alambre trefilado, varilla redondas- lisas, electro mallas, armaduras conformadas, barras cuadradas, ángulos, pletinas, dowells, estribos y techos para su comercialización a nivel nacional. Su objetivo es comercializar productos de acero de calidad, mediante abastecimiento de excelencia.

Mediante una visita al área de PMP se determinó, que existe una gran acumulación de desperdicios de chatarra mezclada con tierra (lo que en la planta se denomina desechos sólidos), que desde el año 2010 hasta la presente han venido acumulándose estos desechos por todo lo procesado y evacuado de la maquina Vezzani en ese tiempo, a partir del año

2012 se construyó un prototipo de maquinaria para la clasificación del material contaminado y obtener la chatarra ferrosa, a esta máquina artesanal (Construida a base del material recuperado de la chatarra adquirida), con la finalidad de contar con un equipo que separe la gran cantidad de tierra existente entre los materiales recuperables se la denomino Zaranda, la misma estaba provista de un tamizado que ayudó a clasificar el material que se tenía almacenado desde 2010, pero esta maquinaria al clasificar solo el material ferroso también ha dejado grandes desperdicios, que son la mezcla de tierra, material no ferrosos: como aluminio, acero inoxidable, cobre, bronce y material contaminado que es la mezcla del metal con cobre u otro tipo de metal, ya sea que haya venido fusionado o que se haya quedado adherido por la trituración o cizallamiento de la chatarra.

En una visita de campo realizada se pudo observar que la maquina Zaranda no es empleada en un 100% de su capacidad para realizar la separación de los materiales acumulados debido a que solo trabaja esporádicamente por falta de maquinaria para él abastecimiento permanente durante los turnos de trabajo, personal operativo dedicado a esta labor y a que dicha maquinaria por su infraestructura no es adecuada para periodos continuos de labores por ser una maquinaria artesanal, adicional a esto se verifica que durante la operación de la Zaranda separando los materiales solamente se obtiene la separación de la tierra y la recuperación de los materiales ferroso se realizan mediante una grúa manipuladora con electroimán, dejando entre los desperdicios una gran cantidad de material no ferroso y contaminado que puede seguir siendo recuperado generando ingresos para la empresa.

El área de PMP realizo un proyecto de recuperación de todos los materiales que se puedan obtener de los desechos sólidos acumulado mediante un periodo de 6 meses a través de la contratación de personal para el reciclaje manual.

Una vez analizadas las estadísticas proporcionadas por el área de PMP, se determina que la recuperación de estos desechos mediante la metodología implantada conllevaría a un largo periodo de recuperación de los materiales y por ende se continuaría acumulando los desechos que siga procesando la maquina Vezzani razón por la cual es factible la implementación de un proyecto de mejora que contribuya a la empresa para efectuar la recuperación de los materiales (ferrosos, no ferrosos y contaminados) y la evacuación de todo los desechos sólidos acumulados en la planta ´para que se pueda atender y poder dar cumplimiento a las recomendaciones ambientales informadas por el municipio de guayaquil a la empresa Andec (No almacenar la chatarra directa en el suelo) debido a que dicho almacenamiento durante las épocas invernales contaminan el suelo y por ende ahí sospecha de contaminación a recursos hídricos por la filtración de la lluvia al subsuelo. Para lo cual se deberá contar con los espacios físicos disponibles para el almacenamiento de los diferentes tipos de chatarra para el proceso productivo dentro de un patio pavimentado y sectorizado acorde a los tipos de chatarra existente.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Reducir los desperdicios que se encuentran almacenados, recuperando la chatarra para el proceso productivo y el material no ferroso, así como nuevos ingresos de activos para la empresa.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar una nueva metodología la cual mejore el proceso de clasificación de los materiales no ferrosos.
- Definir cuánto tiempo tomaría clasificar el material que se tiene almacenado y

cuanto se recuperaría de material no ferroso mediante la nueva propuesta.

- Contribuir en el cumplimiento de las recomendaciones ambientales mediante la eliminación de desechos sólidos acumulados que generarían espacios físicos para la pavimentación.

Capitulo II: Estado del Arte

2.1. Reciclaje de Chatarra

Nos referimos a una colección de metales viejos o chatarra (especialmente hierro) a algunos componentes que al final de su vida útil, tienen un valor económico y pueden reciclarse una vez recuperados adecuadamente.

Estos metales se clasifican en dos tipos los cuales son:

1) **Metales ferrosos:** son metales originarios del hierro y acero.
2) **Metales no ferrosos:** estos metales no contienen hierro tales como cobre, aluminio, estaño, plomo, zinc o níquel, entre los más conocidos.

El reciclaje de chatarra es de gran relevancia para la industria del reciclaje debido a la importancia y volumen de residuos metálicos: chatarra de desguaces, maquinaria de todo tipo, cables eléctricos, vehículos de transporte abandonados, así como de trenes o barcos, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, etc. (Cocunubo Medina, 2018)

Los gestores de residuos son los encargados de recoger, clasificar y disponer todos estos residuos para su reutilización en nuevos procesos productivos. El acero, al igual que otros metales, se puede reciclar una vez que finaliza su uso inicial. No importa de dónde vengan (el acero es uno de los materiales más reciclados del mundo), se pueden reciclar casi infinitamente sin pérdida de calidad. (Aldamo Residus i Medi Ambient; Veles, 2022)

Los metales son recursos indispensables, los cuales cubren las necesidades básicas de la sociedad como en las viviendas y la movilidad. Son muy necesarios para que exista

una economía industrializada. Por este motivo, existe una gran demanda de reciclaje de chatarra.

Teniendo en cuenta que los metales se pueden reciclar y regenerar repetidamente sin afectar el material, gran parte de la producción de metales actual se realiza mediante el reciclaje de chatarra y desechos metálicos.

(José, 2015) En su página web nos indica que el procesamiento de la chatarra no ferrosa, como su nombre lo indica, es aquella que deriva de los metales no ferreos, es decir , aquella que no se crea por la producción o transformación del hierro y sus derivados, sino que se origina a partir de metales preciosos como zinc, niquel o plomo, entre otros. La industria del reciclado de metales está en continuo crecimiento y su funcionamiento es de lo más eficiente de manera que se pueda abarcar todo de menor a mayor envergadura: las pequeñas empresas compran la chatarra de la que se abastecerán después las grandes plantas de reciclaje a nivel nacional e internacional.

(Song Chen, 1 May 2021) En su artículo "Research on the process of small sample non-ferrous metal recognition and separation based on deep learning", analizó el aumento significativamente en el consumo de cobre y aluminio; por lo tanto, reciclar estos elementos al final de su vida útil será de gran valor económico y beneficio social. Sin embargo, la separación de materiales no ferrosos es difícil debido a sus diferentes fuentes, diversas formas, tamaños y las complejas condiciones de la superficie. Un estudio experimental sobre la separación de estos materiales determino que pocas chatarras de metales no ferrosos pueden ser usadas. Para abordar estas limitaciones, se utilizó un modelo de reconocimiento de imágenes tradicional y un modelo de detección de múltiples objetivos de muestra pequeña (que puede detectar varios objetivos simultáneamente) basados en sensores electromagnéticos los cuales pueden determinar su densidad y saber su composición metálica.

2.2. Metales Ferrosos

Cuando el componente principal del material es hierro, el material es ferroso o férrico. Por lo general, contiene una pequeña cantidad de carbono que se ha incorporado a ganancia y otros metales dopantes para dar las propiedades de aleación resultantes especiales.

El hierro puro no tiene muy buenas propiedades mecánicas, por lo que son muy pocas sus aplicaciones técnicas.

2.2.1. Características del Hierro Puro

- Es un metal denso.
- Bajas propiedades mecánicas (facilidades de corte, limado, conformado, etc).
- Se corroe y se oxida fácilmente.
- Tiene una alta conductividad térmica.
- Densidad alta (7874 kg/m3.)
- Punto de fusión alcanza a los 1535 ºC.
- Maleable, blando y dúctil.
- Color blanco plateado.
- Es un material ferromagnético.

En la industria siderúrgica se emplea mucho la aleación del hierro con el carbono y otros materiales, este proceso mejora mucho las propiedades del Fe. La aleación de estos dos componentes metálicos se convierte en un producto siderúrgico, pero el proceso el cual ha sido sometido esta sustancia férrea se la conoce como metalurgia.

2.2.2. Proceso Siderúrgico

El proceso siderúrgico se conoce como un conjunto de operaciones que deben ser realizadas para obtener algún tipo de metal ferroso característico. La industria siderúrgica varia desde la extracción de mineral de hierro hasta la fabricación del producto final.

El hierro es uno de los ochos grandes elemento que tiene la corteza terrestre; nunca aparece en estado puro, pero se los combina para formar óxidos, hidróxidos, carbonatos y sulfuros.

Se distinguen diferentes tipos según el contenido de hierro:

Mineral de hierro	Contenido en hierro	Composición
Magnetita	>70%	Óxido de hierro
Hematites roja	70%	Óxido de hierro
Limonita	60%	Hidróxido de hierro
Siderita	40-50%	Carbonato de hierro
Pirita	<40%	Sulfuro de hierro

Tabla 2. Composición y contenido del hierro

La mayoría de minerales que son extraídos en las minas contiene una parte de hierro en su componente, el cual es conocido como mena (elementos utilizables) otra parte que consta de sustancias no ferrosas llamadas ganga (elementos no utilizables) tales como los materiales rocosos, entre otros.

Los pasos a seguir a lo largo del proceso son:

- Utilizando sus propiedades físicas, como la densidad, el comportamiento magnético y otros aspectos podemos separar la mena de la ganga.
- Para obtener el elemento que nos interesa (Fe) se realiza una reacción química conocida como reducción del hierro, que consiste en añadir monóxido de carbono

tantas veces como sea necesario para obtener hierro puro.

$$C + ½\ O2 \Rightarrow CO$$

$$3Fe2O3 + CO \Rightarrow 2Fe3O4 + CO2$$

$$Fe3O4 + CO \Rightarrow 3FeO + CO2$$

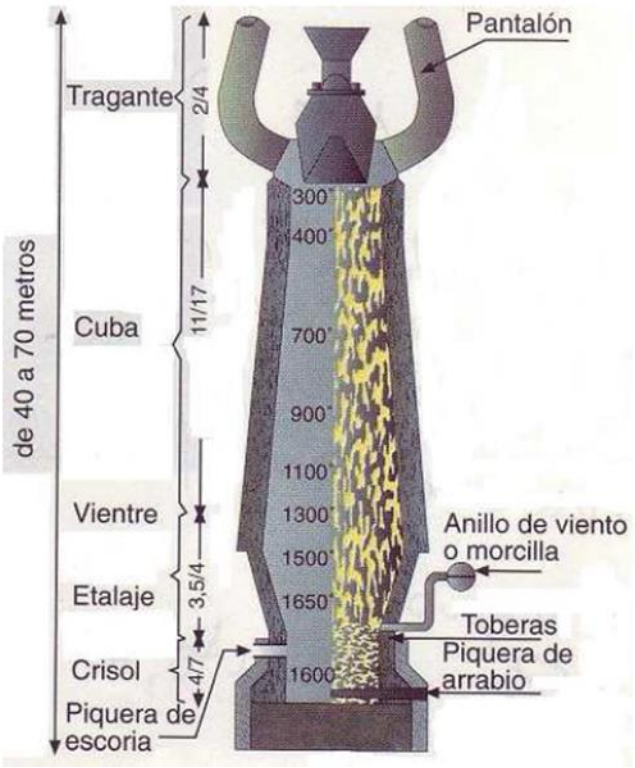
$$FeO + CO \Rightarrow Fe + CO2$$

Sumando todas las reacciones, se obtiene que

$$Fe2O3 + 3CO \Rightarrow 2Fe + 3CO2$$

Este proceso se lo realiza en un horno especial de alta temperatura en el que la fusión y conversión química del mineral de hierro, nos da metales ricos en hierro llamado arrabio. Un alto horno consta de dos cilindros cónicos, uno encima del otro, Únete en su sección más amplia. La altura varía entre 30 y 70 m aproximadamente, y su diámetro 4 y 12 metros, su capacidad de producción varía entre 500 y 1500 toneladas diarias.

Figura 4. Horno de fusión del hierro



Fuente: *Marín, G. H. (2014). Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del proceso siderurgico. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.*

En la parte superior, llamada tanque, se realiza el primer calentamiento, donde eliminación de humedad y calcinación de piedra caliza (CO2 + piedra caliza) con la ayuda de aire caliente inyectado desde la boquilla en la parte inferior. CO de la combustión de coque se reduce para obtener hierro metálico esponjoso.

En la parte más ancha de la pilona se funde el Fe y la escoria, a través de la boquilla, un conducto permite la entrada de aire a altas velocidades P y ambiente 200m/s, entra el aire necesario para la combustión (1350ºC). En algunos casos se puede alcanzar una temperatura en torno a los 1800ºC, lo que supone un ahorro de carbón de coque.

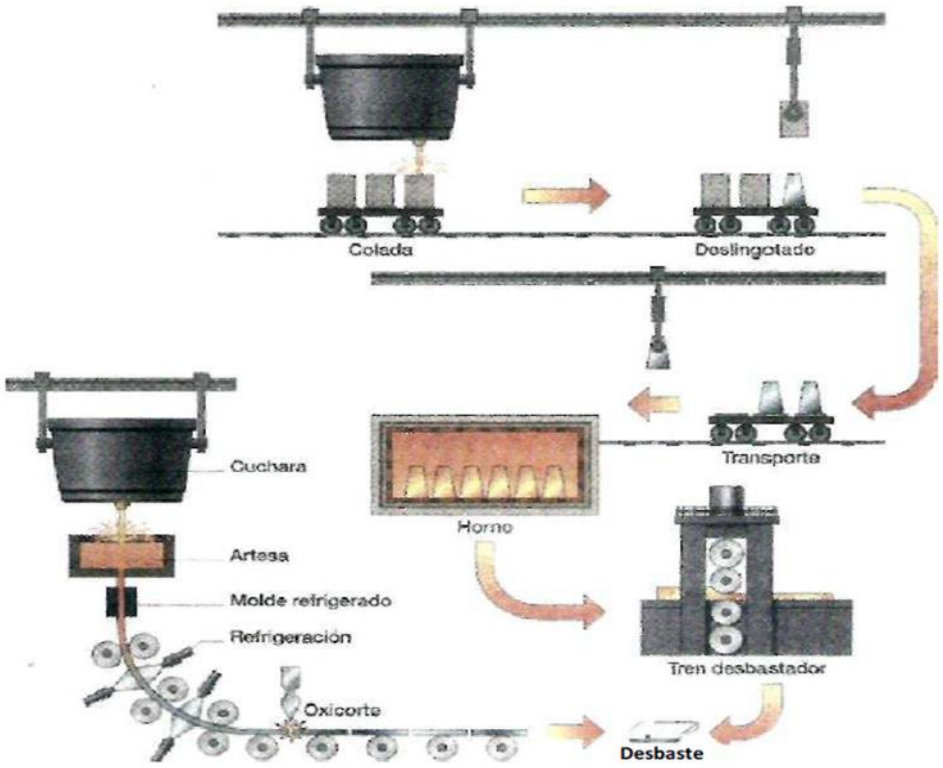
En la parte inferior denominada metalización, se depositan hierros fundidos y escorias, los cuales tienen una densidad mucho menor que el "Fe", por ende, tienden a flotar protegiéndolo así de la oxidación. La extracción de la escoria y el hierro se realizan a través de dos agujeros, los cuales se encuentran en la parte inferior del horno, comúnmente se los conoce como bigotera y piquera.

Por lo tanto, el producto obtenido del alto horno es:

- Escoria: Es un residuo metalúrgico y en ocasiones se clasifica como subproducto porque puede utilizarse como material de construcción, bloque o como un aislante de la humedad, en la fabricación de cemento y vidrio. Como se mencionó anteriormente, la escoria se recolecta en el fondo del alto horno a través de la entrada de escoria (Bigotera).
- Fundición o arrabio: Es el producto utilizable correcto para altos hornos y consiste en hierro con un contenido de carbono que varía entre 2% y 7%. Es líquido a 1800ºC. En algunas ocasiones se considera este metal como, hierro fundido primario (Marín, 2014)

A continuación, se muestra una colada convencional, que produce lingotes y una colada continua, que produce directamente los desbastes a partir de los que se fabrican los distintos perfiles.

Figura 5. Proceso de fundición del hierro



Fuente: *Marín, G. H. (2014). Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del proceso siderurgico. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.*

De acuerdo a lo mencionado hemos estudiado que, para mejorar las propiedades del acero este debe de alearse a otros materiales. En la siguiente tabla se muestran las propiedades resultantes del acero en función del material de aleación:

Material aleante	Propiedades
Carbono	Dureza Resistencia
Silicio	Elasticidad Aumenta la conductividad magnética
Manganeso	Dureza Resistencia al desgaste
Cromo	Dureza Resistencia al calor y al rozamiento. Imprescindible para hacerlo inoxidable.
Níquel	Aumenta la tenacidad Resistencia a la tracción y la corrosión
Molibdeno	Dureza Resistencia al desgaste mecánico en caliente
Vanadio	Dureza Resistencia al desgaste mecánico en caliente
Volframio	Tenacidad Resistencia al calor y a la corrosión

Tabla 3. Propiedades de los materiales aleantes

2.2.3. Aceros Comerciales

La variedad de productos denominados colectivamente acero hace necesario clasificarlos según su composición, propiedades técnicas y aplicación.

- **Acero al Carbono:** Más del 90% del acero es acero al carbono. Este acero contiene 1,65 % de manganeso, 0,60 % de silicio, 0,60 % de cobre y cantidades variables de carbono. Algunas maquinarias, carrocerías, cascos de embarcaciones, estructuras de cama y la mayoría de las estructuras de acero son fabricados con productos de acero al carbón.
- **Aceros aleados:** Estos aceros contienen ciertas proporciones de vanadio, molibdeno y otros elementos, así como cantidades superiores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono ordinarios. Estos aceros aleados se pueden dividir en: (Estructurales, para herramientas y especiales).
- **Acero de baja aleación:** Esta nueva variante es una de la más reciente en la industria sin contar las cuatro categorías ya existentes del acero. Los metales más

baratos son los aceros de baja aleación por lo que esos contienen aleaciones menos costosas que los aceros de aleación convencionales. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que los hace más resistentes que el acero al carbono. Por ejemplo, los vagones fabricados con acero de baja aleación pueden transportar cargas más pesadas debido a sus paredes más delgadas.

- **Acero inoxidable:** El acero inoxidable contiene cromo, níquel y otros elementos, estas aleaciones lo conservan brillantes, resistente a la corrosión y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de los ácidos y gases corrosivos. El acero inoxidable es muy duro, otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia prolongada a temperaturas extremas. Debido a su superficie brillante, a menudo se utilizan con fines decorativos en la construcción.

2.3. Metales no Ferrosos

Los metales no ferrosos son aquellos metales que contienen elementos metálicos y aleaciones a base de hierro. No se utilizan tanto como los productos de hierro, pero son muy importante en la fabricación de grandes cantidades de productos, debido a la baja gravedad específica, resiste la oxidación y la corrosión atmosférica en condiciones ambientales normales, fácil manejo y procesamiento, alta resistencia mecánica en relación a las variaciones de peso; excelente conductividad térmica y eléctrica; bonitos acabados desde un punto de vista puramente estético.

Los siete metales no ferrosos más significativos son cobre, zinc, plomo, estaño, aluminio, níquel y manganeso. Dado que los metales no ferrosos suelen ser más blandos y menos potentes, a menudo se alean con otros metales y se dividen en tres grupos según su densidad para mejorar sus propiedades:

- **Pesados:** se los considera a aquellos metales que tienen una densidad mayor o igual a 5 kg/dm³; tales como: estaño, cobre, zinc, plomo, cromo, níquel, wolframio y cobalto.
- **Ligeros:** estos metales tienen una densidad expuesta entre 2 y 5 kg/dm³, tales como el aluminio y el titanio.
- **Ultraligeros:** son metales cuya densidad es menor de 2 kg/dm³; como el magnesio y el berilio.

Estos metales no ferrosos son blandos y poseen poca resistencia cuando se encuentran en estado puro. Para mejorar estas propiedades, los metales puros suelen alearse con otros. (Luis Gabriel Betancourt, 2014)

2.3.1. Cobre

Sus principales propiedades son:

- Es uno de los metales no ferrosos de mayor utilización.
- Tiene un color rojizo brillante.
- Mantiene una buena conductividad térmica y eléctrica la cual solo es superada por la plata.
- Es económico y puede reciclarse de manera indefinida.
- Es un metal bastante pesado, su densidad es 9 5 gr/cm3.
- Resistente a la corrosión y la oxidación.
- Es muy dúctil y maleable.

2.3.1.1. Obtención del Cobre

El mineral más utilizado para obtener cobre es el sulfuro de cobre, especialmente la calcopirita. También hay minerales de óxido de cobre, malaquita prominente y cuprita. El mineral de cobre suele ir acompañado de hierro también.

Hay dos formas de conseguir cobre.

- Vía húmeda.
- Vía seca.

a) Vía húmeda: Se utiliza cuando el contenido de cobre del mineral es extremadamente bajo (-10%). Consiste en moler todos los minerales, agregar ácido sulfúrico y luego aplicar el proceso de electrólisis híbrida a la mezcla. (es decir, mediante la introducción de dos electrodos).

b) Vía seca: Se utiliza cuando el contenido de cobre sobrepasa el 10%. Consiste en las siguientes etapas:

    1) El mineral es triturado, tamizado y molido hasta convertirlo en polvo.
    2) Colóquelo en un recipiente con agua y sacúdalo para eliminar la ganga que flota.
    3) El mineral restante se lleva al horno de piso donde se oxida para eliminar el hierro expuesto. Esto separa el cobre del hierro.
    4) Luego, el mineral de cobre se introduce en el horno para su fusión. Luego añade la sílice y la cal reaccionan con azufre y trazas de hierro para formar una escoria que flota y se elimine. El cobre líquido a continuación se llama cobre ampolla y su pureza es 40%.
    5) Finalmente, para obtener cobre de alta pureza, el líquido se trata electrolíticamente. El cobre es 99,9% puro.

2.3.1.2. Aleaciones del Cobre

- **Bronces:** Son variaciones del cobre y del estaño, así como ocasionalmente de otros elementos. Es más duro y duradero que el cobre.
- **Latones:** Son la mezcla de cobre y cinc.

- **Cuproaluminio:** es la mezcla de cobre ya aluminio. Tienen una alta resistencia a la oxidación y la corrosión.

2.3.1.3. Aplicación

Su uso principal es como conductor eléctrico. Debido a maleabilidad, es capaz de transformarse en un cable de cualquier diámetro. Por su alta resistencia a la oxidación, se utiliza en parrillas, tuberías y calderas.

En la actualidad, el bronce se utiliza para fabricar resortes de alta resistencia mecánica, tapas y tapones, mangueras, manguitos, cojinetes, electrodos y otros. Hay muchas aplicaciones en la metalurgia.

La adición de fósforo al bronce con contenido de estaño entre 1,5% y 10% produce bronce fosforoso, que aumenta la fluidez del metal fundido y por lo tanto es beneficioso en su exposición. El fósforo también forma un compuesto que aumenta la resistencia al desgaste y la dureza, se utiliza en la fabricación de engranajes y cojinetes.

2.3.2. Aluminio

Propiedades:

- Es un metal con una de densidad: 2,75gr/cm3 por lo que lo vuelve en un material muy ligero y resistente a la oxidación.
- Tiene una buena conductividad térmica y eléctrica.
- Es muy dúctil y maleable.
- Color plateado.
- Muy blando.

2.3.2.1. Obtención del aluminio

El aluminio no se encuentra en estado metálico en la naturaleza, sino de Un mineral: la bauxita, compuesta principalmente de alúmina (Al 2O3) y Bajos niveles de óxido de hierro y sílice. Obtenido en dos etapas: la extracción de alúmina a partir de bauxita (proceso Bayer) y extracción de aluminio de este último por electrólisis (proceso HallHeroult).

2.3.2.2. Proceso Hall-Heroult

El proceso de Bayer comienza triturando la bauxita y lavándola con una solución de hidróxido de sodio y suficiente cal y carbonato de sodio a alta presión y alta temperatura. La soda disuelve los compuestos de aluminio, pero no los otros componentes de la bauxita que contienen hierro, silicio y titanio. Los sólidos no disueltos (lodo rojo) se separan de la solución de alúmina mediante filtración y lavado y se envían para su recuperación. Utilice decantadores y filtros.

La solución de sodio y aluminio filtrada se hidroliza en un enfriante de hidróxido de aluminato.

En un horno rotatorio, el hidróxido de aluminio se calienta a 980 °C para así poner calcinarlo. Luego de que la alúmina es enfriada pasa por un proceso de reducción. Después de la concentración, la sosa cáustica diluida y filtrada del hidróxido de aluminio se puede utilizar nuevamente. El lodo rojo se puede reutilizar para recuperar cantidades adicionales de alúmina.

2.3.2.3. Proceso Hall-Heroult

La alúmina se disuelve en un baño electrolítico de criolita fundida (fluoruro de sodio y aluminio) en un recipiente de hierro revestido de carbono o grafito llamado "crisol". La electricidad pasa a través del electrolito a un voltaje bajo, pero la corriente es muy alta, normalmente de 150 000 amperios. La

electricidad fluye entre un ánodo de carbón (electrodo positivo) hecho de coque de petróleo y brea y un cátodo (electrodo negativo) hecho de una gruesa capa de carbón o grafito.

La alúmina se descompone en aluminio y oxígeno molecular. Dado que el aluminio líquido es más denso que la criolita, se deposita en el fondo del aluminio.

Barriles grandes, para que esté protegido de la oxidación a altas temperaturas. El oxígeno se deposita en el electrodo de carbón, quema y produce dióxido de carbono.

2.3.2.4. Aleaciones del Aluminio

Las propiedades del aluminio dependen de una serie de factores, el más importante de los cuales es la presencia de agentes de aleación. Técnicamente solo se utilizan materiales fabricados con aluminio que contienen otros elementos, a excepción del aluminio ultrapuro (99,99% puro). Incluso en el aluminio más puro, las impurezas (Fe y Si) influyen mucho en sus propiedades mecánicas.

Los principales elementos auxiliares del aluminio son cobre (Cu), silicio (si), magnesio (Mg), zinc (Zn) y manganeso (Mn).

Frecuentemente existen impurezas o aditivos en menor cantidad en algunos materiales como: hierro (Fe), cromo (Cr) y titanio (Ti). Para obtener aleaciones especiales se adiciona: níquel (Ni), cobalto (Co), plata (Ag), litio (Li), vanadio (V), circonio (Zr), estaño (Sn), plomo (Pb), cadmio (Cd) y bismuto (Bi).

2.3.2.5. Aplicación

- El aluminio y sus aleaciones se utilizan en la industria química para crear tubos, recipientes y aparatos. Son muy útiles para construir automóviles, trenes, aviones y otras formas de transporte.

- Utilizado como sustituto por su baja densidad y alta conductividad eléctrica cobre en cables largos.
- Por su resistencia a la corrosión, se utiliza en utensilios de cocina, latas de bebidas, envolver comida, entre otros.

2.4. Clasificación de la Chatarra de Andec S.A

2.4.1. Chatarra Tipo A: Chatarra Pesada.

Se considera chatarra pesada al material que consta de una dimensión de 50x50x50cm con un espesor >=6mm.

Procesos los cuales no requieren preparación: Compactación (tratamiento de estrujamiento de chatarra el cual es realizado por un equipo hidráulico que por medio de pistones realiza este trabajo), oxicorte (proceso de seccionamiento o corte mediante el uso de equipos que funcionan según el principio de oxidación intensa mediante la mezcla de oxígeno y propano), cizallado (proceso de corte por medio de una máquina que a través de un sistema hidráulico acciona sus cuchillas).

Ejemplos:

- Material de taller Automotriz (blocks, terminales, rótulas, aros).
- Piezas de equipo caminero (rodillos, cadenas, etc.)
- Piezas de maquinarias.
- Material troquelado.
- Piezas de hierro fundido rompible (motores y piezas de fundición).
- Rieles y partes de ferrocarril.
- Aros de vehículos.
- Chatarra compactada: Paquetes de medidas tridimensionales de 50x50x50cm.

Observaciones: Debe de venir libre de materiales no metálicos tales como: vidrios, piedra, cemento, ladrillos, etc.

La chatarra deberá venir libre de combustibles y materiales peligrosos o contaminantes.

2.4.2. Chatarra Tipo B: Chatarra Pesada y Semipesada

Dimensiones: largo, ancho y espesor a 50x50x50cm. Requiere de procesos de preparación: corte o cizallado.

Ejemplos:

- Estructuras (galpones, chasis, baldes de volqueta).
- Tubos, vigas, ángulos.
- Rollos de alambres amarrados.
- Material de cerrajería.

Observaciones: Debe de venir libre de materiales no metálicos tales como: vidrios, piedra, cemento, ladrillos, etc.

La chatarra deberá venir libre de combustibles y materiales peligrosos o contaminantes.

2.4.3. Chatarra Tipo C: Chatarra Liviana o de Poca Densidad.

Dimensiones: N/A.

Requiere de procesos de preparación: compactación, cizallado.

Ejemplos:

- Carrocerías completas de vehículos y buses.
- Carcasas de electrodomésticos.
- Lata suelta.

- Chatarra doméstica tales como: Escritorios, camas, coches, etc.
- Virutas (de tornería o mecanizado).
- Envolturas de bobinas.
- Zunchos metálicos.

Observaciones: Debe de venir libre de materiales no metálicos tales como: vidrios, piedra, cemento, ladrillos, etc.

La chatarra deberá venir libre de combustibles y materiales peligrosos o contaminantes.

2.4.4. Chatarra Tipo Naval: Chatarra Procedente de Embarcaciones o Naves.

Requiere de procesos de preparación: desgasificación (proceso de limpieza de los residuos inflamables que se encuentran en los compartimientos internos de las naves o embarcaciones), desguace (proceso de oxicorte en pedazos grandes, que pueden ser maniobrados por las grúas) y corte (proceso de preparación mediante el cual se corta o secciona un barco en pedazos de 50x50x50cm a través del uso de sopletes o antorchas que utilizan una mezcla de oxígeno y gas propano).

Ejemplos:

- Buques cisternas para transporte de derivados de petróleo.
- Barcos pesqueros.
- Gabarras.
- Barcos de guerra.
- Motonaves o barcos turísticos.
- Buques graneleros.

Observaciones: Se podrá comprar en sitio donde está acoderada o en el canal de desguace de ANDEC, previa presentación de documentación habilitante por parte del

propietario. La nave debe venir libre de materiales inflamables, peligrosos y/o contaminantes. (ECUADOR, 2022)

2.5. Maquinarias para la clasificación de la chatarra

2.5.1. Máquina Fragmentadora de Metales

Las trituradoras son una maquinaria muy importante en el reciclaje de residuos de metales ferrosos y no ferrosos. Con él se descompone una bolsa de residuos en pequeños trozos y se selecciona su composición, y se separan los diferentes materiales para facilitar su reutilización.

La trituradora dispone de una tolva de alimentación por donde entra el material triturado. En el rotor hay martillos que van haciendo rodar y triturando el material hasta dejarlo en pequeños descartes. Hay una succión dentro del rotor que separa los residuos de polvo o suciedad de la molienda y los transporta al silo de recolección.

Una vez triturado el material, se vierte sobre una cinta transportadora, que lo lleva a la estación de separación. Hay materiales ferrosos y no ferrosos, así como chatarra. La estación de separación consta de tres partes:

- Un zigzag,
- Un tambor magnético
- Un vibrador.

2.5.1.1. Un Zigzag

Es un descenso en cascada, por lo que el material golpea ambos lados. Genera nueva succión para recoger residuos de materiales no reciclables como tela o espuma. Todo ello va desde el principio a la papelera de recogida, formando la parte no reciclable que acaba en el vertedero.

Los materiales aptos para el reciclaje, después de pasar por los giros y vueltas, caen en una bandeja llamada vibrador, que los transporta a un tambor magnético.

El tambor es un sistema magnético que permite la separación entre materiales ferrosos y no ferrosos. El metal ferroso (hierro) es llevado a otra cinta transportadora, mientras que la parte no magnética (metal no ferroso) continúa y se transforma en la parte conocida como "caucho y metal". Aquí localizamos metales como el aluminio, el cobre, la calamina... Esta parte es tratada por otra para separar diversos tipos de metales.

2.5.2.1. Que es una Fragmentadora de Metales

Las fragmentadoras de metales son equipos especializados para la reutilización y el reciclaje de chatarra de metales ferrosos y no ferrosos. El objetivo de esta máquina industrial es reducir el tamaño de la chatarra con el fin de facilitar su reciclaje. Este proceso de reciclaje mecánico comienza con la trituración, donde una trituradora descompone el material de desecho y separa sus componentes utilizando una variedad de métodos. El proceso comienza en el rotor, donde el martillo rueda y rasga el material hasta cortarlo en pequeños trozos. Se crea succión dentro del mecanismo para separar el polvo o la suciedad, que luego se transporta al tanque de recolección y se almacena allí. Esta técnica de succión separa los residuos ligeros, mientras que otras técnicas como las técnicas magnéticas, vibratorias o en zigzag se encargan de una mayor cantidad de residuos. (Daniel Orlando Flores, 2016)

2.5.2. Zarandas

Se describen como dispositivos vibratorios con la capacidad de eliminar partículas, pero no sedimentos ni coloides. Las pantallas se diferencian según la vibración,

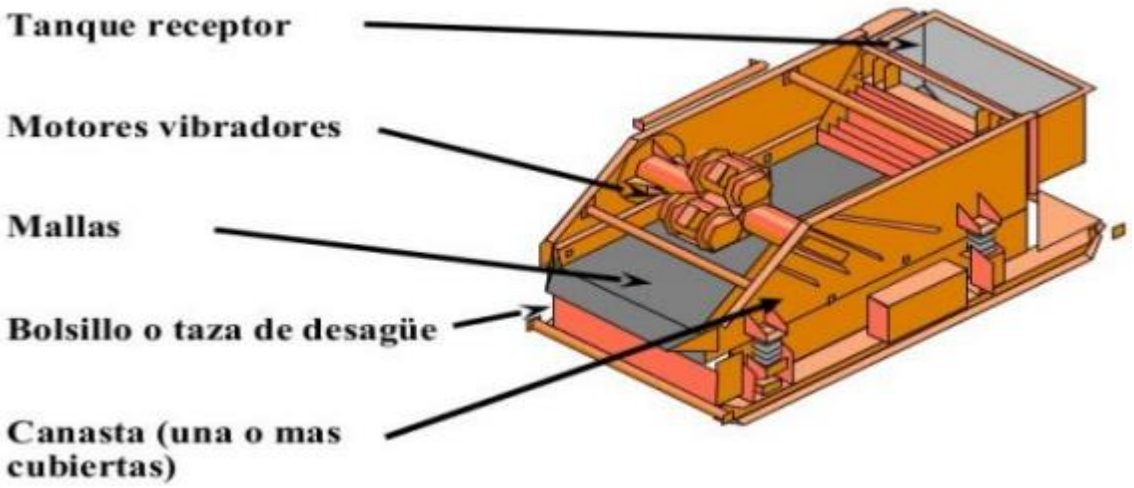
el tamaño y la configuración de la pantalla, las características de la pantalla, la reología del fluido y la carga de sólidos presentes.

La criba vibratoria es el equipo principal que constituye el sistema de control de sólidos, y el desempeño de otros equipos depende principalmente de su eficiencia operativa. Es el único dispositivo que puede manejar todo tipo de fluidos, con o sin peso, a diferencia de los hidrociclones y los decantadores, separa las partículas según su tamaño.

El equipo debe operar con toda circulación de fluido y en ningún momento debe operar con malla rota o en mal estado o fugas en el paso del fluido por el agitador. Los tamices deben ser buenos para no causar una pérdida excesiva de fluido o sobrecargar el hidrociclón componentes básicos.

Entre las partes más importantes se encuentran la base del equipo de resistencia, el tanque receptor que recibe, almacena y distribuye el fluido de perforación a tratar, la canaleta de alimentación y la porción de fluido del vertedero que actúa como vertedero para reducir el impacto de los sólidos. . Fluido de perforación, una canasta vibratoria que recibe fluido de un tanque receptor, permite cambiar su ángulo de inclinación, y está soportada por accesorios de aislamiento y amortiguación, un contenedor de drenaje (bolsa) que recoge el fluido de perforación limpio y un motor vibratorio de funcionamiento continuo proporcionan gravedad en las mallas. (Arango, 2017)

Figura 6. Maquina vibratoria Zaranda (Arango, 2017)



Fuente: en laszarandaspara el control de solidos. Bogota D.C: Fundacion Universidad de America Facultad de Ingenierias

2.5.2.1. Ventajas y desventajas

Ventajas	Desventajas
Simples de operar	Costo de compra alto
Simples de inspeccionar	Costo de operación alto
Están en la capacidad de procesar todo el fluido circulado	Producción de sólidos húmedos en la descarga
Los Sólidos se pueden remover antes de una degradación mecánica	Difícil inspección de mallas en las zarandas de cubiertas dobles

Tabla 4. Ventajas y desventajas de la maquina zaranda

2.5.3. Cuchara (Manipuladora Solida)

Las máquinas de manipulación de chatarra muestran un alto grado de robustez por lo que son las más adecuadas para trabajar con metales. Estas máquinas son muy eficientes y fiables por lo que brindan un gran rendimiento al momento de obrar. Si hablamos de manipulación de chatarra su rentabilidad es de suma importancia, por lo que estos equipos cuentan con largos tiempos de operación y unas paradas mínimas de mantenimiento. Las manipuladoras de materiales, tanto de ruedas, como de cadenas, son

las adecuadas para la clasificación y manipulación de chatarra, su sistema cinemático en paralelo es ideal para cargar camiones y alimentar trituradoras.

Figura 7. Manipuladora de cuchara

***Fuente**: Cuello, B. M. (2016). Procesos de chatarrizacion de materiales metalicos producto del mantenimiento automotriz en la ciudad de cuenca. Cuenca: Universidad del Azuay.*

2.5.3.1. Pinza de Clasificación

La pinza o cucharas de clasificación, son una herramienta clásica para trabajos de reciclaje y clasificación. Las garras están diseñadas para una carga, alimentación y separación precisas de materiales reciclables en plantas de clasificación, trituración y procesamiento de metales. Hay cuatro tamaños diferentes disponibles, cada uno con tres versiones de pinza, según el tipo de máquina, la aplicación y el material.

- Pulpo
- Pinzas para madera
- Cucharas bivalvas
- Sistema de cambio rápido
- Pinzas pulpo

Las pinzas o cucharas modelo pulpo están diseñadas y construidas para la manipulación de chatarra, una tarea que destaca por su dureza. Hay cuatro formas de garras diferentes, especialmente diseñadas para las propiedades de la chatarra, aseguran una penetración óptima y un agarre firme de la chatarra. Según el tamaño de la máquina, la forma y las propiedades del material, también se puede utilizar una garra de cuatro o cinco mordazas. El diseño robusto y liviano también garantiza una larga vida útil, a pesar de los rigores del trabajo. (Cuello, 2016)

Figura 8. Pinza recolectora de chatarra (Cuello, 2016)

Fuente: *Cuello, B. M. (2016). Procesos de chatarrizacion de materiales metalicos producto del mantenimiento automotriz en la ciudad de cuenca. Cuenca: Universidad del Azuay.*

2.5.4. Oxicorte

El oxicorte es una técnica de soldadura asistida que se desarrolla desde 1903 y se ha utilizado en innumerables aplicaciones industriales para preparar los bordes de las piezas a soldar cuando son de espesores considerables y para cortar chapas, barra de acero al carbono, carbono de baja aleación u otros elementos de hierro.

El proceso de corte con oxígeno consta de dos etapas: la primera consiste en calentar la plancha a una temperatura alta (900 °C) mediante una llama de oxígeno y gas combustible; la segunda etapa consiste en cortar el metal y eliminar el óxido de hierro que se ha creado. En este proceso se puede utilizar cualquier gas inflamable (como acetileno, hidrógeno, propano, hulla, tetreno o crileno) , con el objetivo de crear una llamada para calentar el material, siendo siempre necesario utilizar oxígeno como gas comburente para causar oxidación necesaria para el proceso de corte.

Cada soplete requiere dos conductos, ya sean de un solo extremo o separados: uno para un gas (acetileno u otro) para hacer circular la llama de calentamiento y otro para el corte (oxígeno). El soplete enriquecido con oxígeno calienta el acero con su llama de combustible, cuando se abre la válvula de oxígeno estimula el acero con su flama, transformándolo en óxido de hierro (Fe2O3), el cual se funde en forma de chispa por ser su temperatura por encima del acero, utilizado como flujo tractor, los cortes se producen por una presión de oxígeno de unos 6 bar.

2.5.4.1. Partes Componentes del Equipo Oxicorte.

- Tanques o cilindros con combustible y comburente (son altamente inflamables y de alta presión el uso de estos dos gases requiere normas de seguridad específicas de mantenimiento, transporte y almacenaje).
- Manorreductores (reducen la presión en los tanques de 200 atmósferas a presiones entre 0.1 a 10 atmósferas),
- Soplete cortador (donde ocurre la mezcla de los gases)
- Válvulas antirretroceso (que permiten el paso del gas en un solo sentido)
- Mangueras (que conducen a los gases desde los tanques hasta el soplete, y pueden ser rígidas o flexibles).

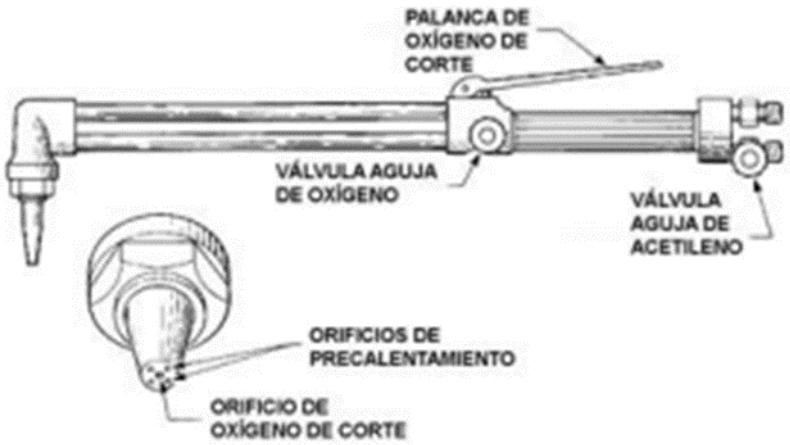


Figura 9. Partes de un oxicorte

2.5.4.2. Caracterización del Oxicorte

A continuación, se mencionan las condiciones necesarias que se deben tener presente al momento de realizar el proceso de oxicorte:

- Debe de a ver una inflamación del metal al instante que el oxígeno tiene un contacto con la misma.
- El metal debe de tener una temperatura menor que la de fusión, para qe esta sea considerada inflamación.
- El óxido (productos de la combustión) producido debe tener un punto de fusión inferior al del metal.
- El óxido normalmente es quitado por el chorro de oxígeno.
- De lo anterior se puede inferir que el proceso de oxicorte es una combustión, más que una fusión. Como resultado, la presencia de aditivos y otros elementos en el hierro es crucial para el proceso de oxicorte, porque alteran significativamente la calidad del hierro.

2.6. Equipo de protección personal.

Los equipos de protección personal o EPP son equipos o dispositivo que protege a las personas del contacto directo con peligros que podrían provocar lesiones y enfermedades en un entorno peligroso.

Cuando se trata de riesgos de accidentes y daños a la salud, es necesario emplear medidas técnicas y organizativas dirigidas a eliminar el riesgo en la fuente o proteger a los trabajadores a través de cláusulas de protección colectiva.

Cuando las medidas son ineficaces, es obligatorio el uso de equipos de protección personal para prevenir riesgos residuales. Desde un punto de vista técnico, la forma en que funciona el PPE son algunos elementos de reducción de riesgos. Para hacer frente a los riesgos de accidentes y daños a la salud, se priorizan las medidas técnicas y organizativas destinadas a eliminar los riesgos en su origen o proteger a los trabajadores mediante cláusulas de protección colectiva. (Jorge Muract, 2018)

2.6.1. Casco

El propósito principal de un casco es proteger la cabeza del usuario de peligros y golpes mecánicos. También protege contra otros riesgos de naturaleza mecánica, térmica o eléctrica.

A continuación, mostramos los elementos principales del casco:

Armazón: El cual está dividido en:

- **Casquete:** El exterior general del caso consta con una superficie lisa y esta hecha de un material rígido.
- **Visera:** Extensión del casco en forma de sombrero la cual está sobre los ojos.
- **Ala:** Está alrededor del borde del sombrero.

Arnés: Es todo el grupo de componentes que constituyen los medios para mantener la tapa de la cabeza en su lugar y absorber energía cinética al contacto. Podemos mencionar los siguientes:

- **Banda de contorno de cabeza:** Es la porción de la oreja que , vista horizontalmente, rodea total o parcialmente la cabeza por encima de los ojos, correspondiendo aproximadamente a la circunferencia más grande de la cabeza.
- **Correa para el cuello:** Es una correa ajustable que se ajusta atrás de la cabeza por debajo del plano de la correa.
- **Barboquejo:** Es la banda que se une por debajo de la barbilla para ayudar a sujetar el casco sobre la cabeza.

2.6.2. Orejera

Los auriculares están hechos de bandas para la cabeza de metal o plástico que sostienen dos tapas, que en su mayoría están hechas de plástico. El dispositivo sella completamente el oído externo y se sella contra la cabeza al llenarse con almohadillas de espuma plástica o líquida. Casi todos los auriculares tienen un relleno en su interior que absorbe el sonido transmitido a través del marco y está diseñado para mejorar la atenuación por encima de los 2000 Hz. En algunos de estos dispositivos, las cintas para la cabeza se pueden usar en la cabeza, detrás del cuello y debajo de la barbilla, aunque la protección que brindan varía en cada ubicación. Otros se montan en cascos, pero por lo general ofrecen una protección más pobre, ya que este tipo de montura hace que los auriculares sean más difíciles de colocar y no se adaptan a diademas de varios tamaños de cabeza.

2.6.3. Gafas de Seguridad

Las gafas de seguridad, también conocidas como goggles o anteojos de seguridad, son un tipo especial de gafas que se utilizan para aislar los párpados y los ojos de los efectos corrosivos de ciertas sustancias o para evitar que entren en ellos virutas o similares debido a ciertos mecanizados.

Es vital que lleves las gafas correctamente en todo momento durante las horas de trabajo, ya que esto te permite cumplir con la mayoría de los protocolos de seguridad industrial a la vez que ayudas a reducir el número de accidentes.

2.6.3.1.Características importantes de los lentes de seguridad

Las gafas de seguridad vienen en todas las formas y tamaños. Sin embargo, comparten características comunes bien definidas:

- Están construidos con materiales livianos para no sobrecargar la cara con peso innecesario e impedir la visión o la maniobrabilidad del operador. Estos materiales ligeros suelen ser fibra de vidrio, mica o vidrio.
- Este tipo de ropa debe ser capaz de soportar altas temperaturas y ambientes industriales severos.

2.6.4. Botas Punta de Acero

El calzado de seguridad es un tipo de calzado que se utiliza como equipo de protección personal en diferentes actividades laborales donde las personas pueden estar expuestas a riesgos importantes, ya sea manipulación de peso, uso de productos químicos, etc.

Este tipo de puntera tiene una puntera fuerte, hecha de algunos materiales resistentes al desgaste como acero, aluminio, composite, fibra de vidrio o fibra de carbono

y, a diferencia de los zapatos de protección sin puntera, también se utiliza para proteger los dedos, pero al mismo tiempo es pie.

2.6.5. Guantes Napa

Fabricado en piel de palma de 1,1 a 1,3 mm de espesor, cosido con hilo 100% espalda elástica de algodón #40 para un mejor ajuste y canalé en los extremos de los puños.

Características:

• Cuero curtido al cromo de 1,1 a 1,3 mm de espesor.

• Hilo de algodón #40

• Elástico en la espalda

• Canalé en los extremos de los puños

2.6.6. Mascarilla con Filtro

Semimáscara de doble cañón, que ofrece la posibilidad de utilizar filtros y cartuchos reemplazables para proteger contra ciertos gases, vapores y partículas tales como polvo, niebla y humo.

2.6.7. Uniforme con Reflectivo

Los operarios son quienes deben contar con este tipo de uniforme, ya que se encuentran expuestos a accidentes laborales, como ser atropellados.

Es un mecanismo de defensa para que los conductores puedan distinguir a los operarios y tomar precauciones para evitar accidentes.

Los operarios son los que tienen que llevar este uniforme porque sufren accidentes de trabajo como ser atropellados.

Es un mecanismo de defensa que permite al conductor distinguir al operador y tomar precauciones para evitar un accidente.

2.7. **Organigrama jerárquico de la empresa Andec S.A.**

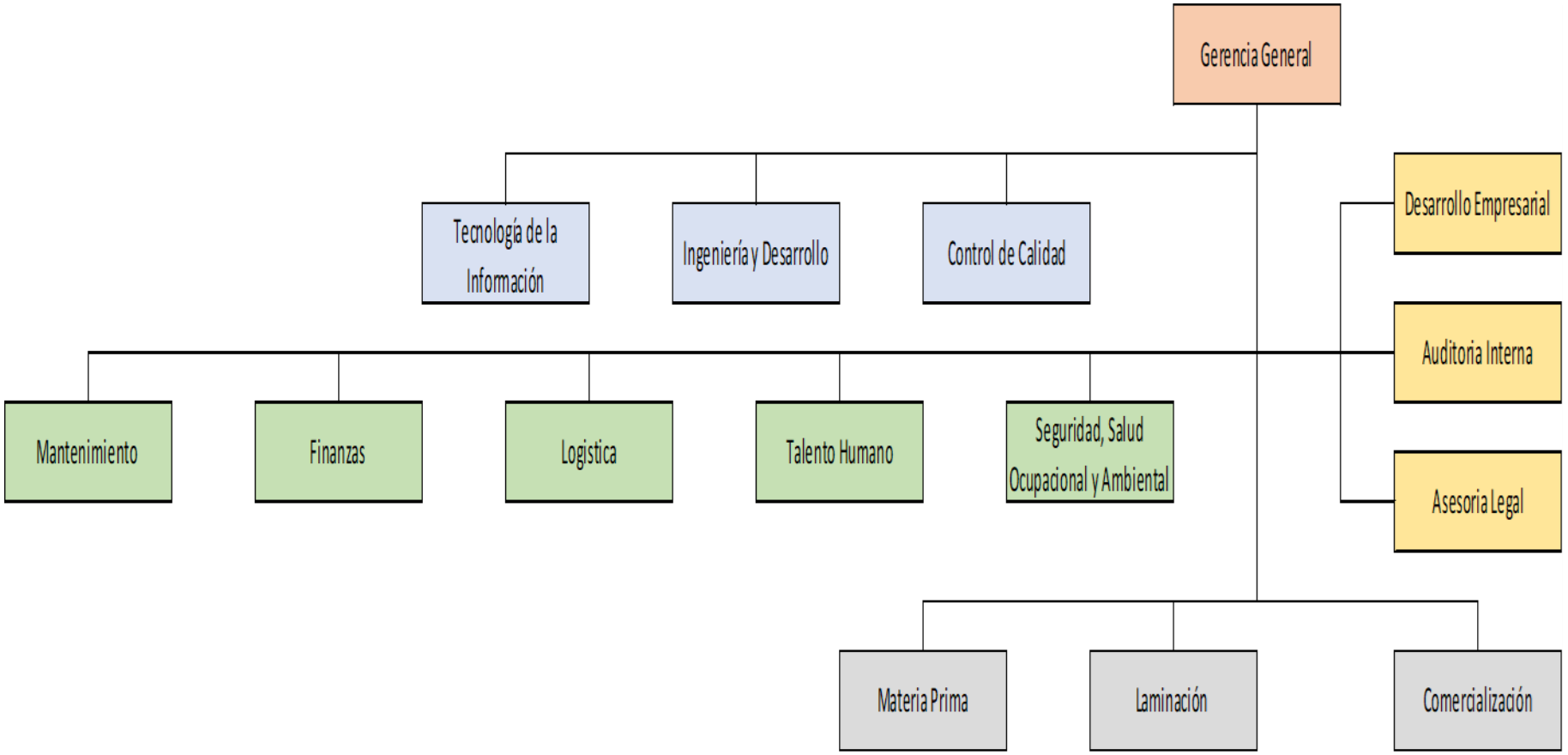


Figura 10. Esquema organizacional de la empresa ANDEC S.A.

Capitulo III: Marco metodológico

De acuerdo a (Chinachi Chinachi, 2017) nos indica que su estudio de la reingeniería de costos de producción de metales no ferrosos, se centraliza exclusivamente en el departamento de producción ya que esta área cumple las actividades de recepción y clasificación de los varios metales no ferrosos, además de la carga y/o descarga directa entre el muelle contenedor o viceversa, considerando que se busca realizar un estudio del efecto que causa los costos de producción en la empresa, mediante el análisis del proceso de producción actual y efectuar una reingeniería a los mismos. Esta investigación tubo un enfoque cuali-cuantitativo, además para recopilar información que respalde la misma se realizó una investigación de campo y bibliográfica. Se aplicó técnicas de observación, entrevista y encuesta, a través de estas técnicas se pudo conocer, describir, analizar e interpretar como se cumplen los procesos de producción en la empresa para elaborar la reingeniería en los mismos.

Este trabajo se orienta en base a una investigación de datos cuantitativos históricos; teniendo en consideración el aprovechamiento y recuperación de desperdicios. Reduciendo el espacio ocupado para el almacenamiento de la chatarra y beneficiando a la empresa con una mejor gestión de su materia prima.

Complementamos este proyecto haciendo un enfoque en la economía circular, aprovechando los residuos, reciclándolos, generando un nuevo ingreso o recuperando el capital invertido. Este método trata de imitar a la naturaleza, donde todo tiene valor y se aprovecha, logrando que haya un equilibrio entre el progreso y la sostenibilidad.

Para mejorar el proceso de clasificación de chatarra en el área de PMP, se decidió optar por un método de innovación tecnológico, mediante la implementación de maquinarias que se dediquen y contribuyan a la clasificación de material no ferrosos, permitiendo que haya una rotación de activos, por lo que esos residuos que se

almacenaban y no se procesaban permitan que vuelven a generar nuevos ingresos, evitando que haya más acumulación de desperdicios sin procesar. (Madias, 2011)

3.1. El Método DMAIC

El enfoque DMAIC (Definir-Medir-Analizar-Mejorar-Controlar) en Six Sigma a menudo se describe como un enfoque de resolución de problemas. Este documento compara críticamente el enfoque DMAIC con los conocimientos de la teoría científica en el campo de la resolución de problemas. Dado que no existe una única descripción autorizada del método DMAIC, este estudio utilizó varias fuentes, incluidas descripciones prescriptivas del método en la literatura profesional. Se seleccionaron cinco temas de la literatura sobre resolución de problemas para el análisis DMAIC: generalidad del método frente a especificidad del dominio, estructura del problema, tareas generales de resolución de problemas, resolución de problemas de diagnóstico y resolución correctiva de problemas.

Entre las fortalezas de este método se encuentran las poderosas técnicas estadísticas para la búsqueda de hechos y la validación empírica, y el modelo de etapas DMAIC como herramienta de estructuración de problemas. La limitación más destacada identificada en este estudio es el enfoque inferior de Six Sigma para el diagnóstico eficaz de problemas. (Jeroen de Mast, October 2012)

Six Sigma es un método para optimizar el rendimiento comercial al reducir la variabilidad en la salida del proceso. La implementación de Six Sigma incluye el desarrollo de una fase DMAIC para mejorar los procesos existentes. Cada etapa del método emplea herramientas estadísticas y cualitativas para corregir las fuentes de variabilidad y evaluar el proceso a un nivel de calidad de 6 Sigma. Sin embargo, falta un modelo de implementación sobre cómo guiar de manera efectiva la implementación del

enfoque DMAIC. El marco tiene como objetivo proponer una solución para validar el paso entre las etapas DMAIC definiendo los requisitos que debe cumplir cada etapa. (Salah Deeb, 2018)

Las demandas orientadas a la sustentabilidad, la competencia global y las políticas gubernamentales para abordar el cambio climático están obligando a la industria a adoptar prácticas sustentables. Green Lean Six Sigma (GLS) es un enfoque ecológico para reducir su huella de carbono y producir productos de alta especificación. Pero para implementar este programa, las metodologías separadas del Green Lean y Six Sigma deben integrarse en una sola metodología GLS. Además, no existe un marco que se pueda aplicar independientemente del tamaño, el tipo y la cultura de la organización. Por lo tanto, el trabajo actual implica la integración y el desarrollo de este marco. Se propone esta integración en base a elementos teóricos y el framework se desarrolla en base al método DMAIC. (Mahender Singh Kaswan, July 2020)

3.2. Metodología de recuperación de materiales que fue implementado en el área de procesamiento durante un tiempo de prueba.

En el área de procesamiento se llevó a cabo la recuperación de materiales durante un tiempo de prueba de 6 meses comprendido entre noviembre del 2020 hasta abril 2021 tiempo en el cual se trabajó en la recuperación de materiales que estaban acumulados que se detallan en el siguiente cuadro.

TOTAL, DE MATERIAL REVISADO DE LA TIERRA EVACUADA POR EL SISTEMA DE LIMPIEZA EN VEZZANI
1.258.930

Tabla 5. Tierra revisada de la maquina Vezzani

Producto del trabajo realizado en el periodo de prueba se pudo recuperar de los desperdicios material ferroso mismo que fueron aprovechado en el proceso de producción de la acería, el total recuperado en el método de prueba lo vemos detallado en el siguiente cuadro.

TOTAL, DE MATERIAL FERROSO RECUPERADO ENTRE RECICLAJE Y ZARANDA Y ENVIADO AL HORNO	
MATERIAL FERROSO (Kg)	178.410,00

Tabla 6. Chatarra ferrosa recuperada

De igual forma se obtuvo material no ferroso detallado en el siguiente cuadro en donde ahí varios tipos de acuerdo a las clasificaciones de los metales mismos que se han podido determinar de manera porcentual las estimaciones que se podrían obtener de la muestra trabajada en el periodo de prueba, este material es almacenado para futuras ventas y recuperación económica que contribuye al fuljo ingreso de Andec.

CUADRO RESUMEN DEL TOTAL DE PESOS POR LABORES DE RECICLAJE DE TIERRA PROCEDENTE DE LA PROCESADORA VEZZANI		DATOS EN TONELADAS	% Material recuperado en el reciclaje	% Total revisado en tierra evacuada
MATERIAL FERROSO ZARANDA (Kg)	152.500,00	152,50	66,45	12,11
MATERIAL FERROSO RECICLAJE MANUAL (Kg)	25.910,00	25,91	11,29	2,06
MATERIAL CONTAMINADO (acero blanco) (Kg)	13.950,00	13,95	6,08	1,11
MATERIAL NO FERROSO (acero /cobre) (KG)	13.330,00	13,33	5,81	1,06
MATERIAL NO FERROSO (aluminio) (KG)	21.270,00	21,27	9,27	1,69
MATERIAL NO FERROSO (cobre y bronce) (KG)	2.520,00	2,52	1,10	0,20
TOTAL OBTENIDO (Kg)	229.480,00	229,48	100,00	18,23

Tabla 7. Cuadro de resumen de material recuperado de la maquina Vezzani

Luego del proceso de recuperación de materiales ferroso y no ferrosos se obtienen todos los desechos y tierra que se generan producto del proceso de reciclaje y clasificación, dichos materiales por ser desechos comunes y tierra es evacuado de la empresa a través

de un gestor ambiental y los totales son pesados para realizar los ajustes por mermas técnica que se tiene previsto en los inventarios de chatarra, el total que se obtuvo en el periodo de prueba lo vemos reflejado en el siguiente cuadro.

TOTAL DE TIERRA RETIRADA DE ZARANDA Y RECICLAJE EN EL MES DE NOVIEMBRE Y DICIEMBRE 2020 y LO REALIZADO EN EL 2021 DURANTE EL PROYECTO
1.029.450

Tabla 8. Total, de tierra retirada de la maquina zaranda.

3.3. Método Estadístico

Para el análisis actual se hizo la recopilación de datos estadísticos de os últimos 5 años en que fue almacenado los residuos que salen de la maquina procesadora Vezzani, dicha información fue proporcionada por el área de materia prima que realiza el pesaje y almacenamiento de los desperdicios registrándolos en cuadros mensuales y anuales, a continuación, en el siguiente cuadro se detalla los valores que se han obtenido durante el periodo de análisis.

MESES	AÑOS ACUMULADOS DE IMPUREZAS DE VEZZANI					
	2017	2018	2019	2020	2021	
ENERO	275,46	299,36	369,38	256,04	177,06	
FEBRERO	247,38	176,68	372,3	262,65	177,89	
MARZO	165,135	218,42	263,9	83,02	95,2	
ABRIL	125,265	122,04	280,23	0	98,79	
MAYO	182,33	167,15	326,29	79,33	156,55	
JUNIO	181,5225	109,49	279,73	184,03	152,84	
JULIO	212,1425	171,57	317,4	143,93	215,67	
AGOSTO	220,16	213,61	289,19	157,95	219,89	
SEPTIEMBRE	224,835	170,69	316,52	255,22	156,91	
OCTUBRE	202,36	266,69	111,17	264,8	166,78	
NOVIEMBRE	275,3125	263,84	360,41	279,31	197,69	
DICIEMBRE	222,6625	375,6	197,54	157,6	159,91	
TOTAL	2534,565	2555,14	3484,06	2123,88	1975,18	12.672,83

Tabla 9. Tabla de desechos acumulados en la empresa ANDEC S.A.

En este cuadro estadístico podemos observar que se cuenta con un promedio de 2500 Tonelada de desperdicios anuales que se obtiene de la preparación de la chatarra adquirida por Andec y que es procesada en la maquina Vezzani conociendo que la empresa no cuenta con una línea de producción que contribuya en la clasificación y recuperación de los materiales existente de estos desperdicios se hace necesario implementar un proyecto de mejora que garantice el procesamiento de todos los residuos acumulados a través de los años y que el mismo cuente con una factibilidad económica para su implementación.

Analizando el cuadro se a podido determinar que en Andec existe un total de 12.672,83 de desperdicios acumulados a través de los años y almacenados en un sector del área de materia prima, mismo que requiere ser procesado de manera inmediata mediante la implementación de un proyecto de mejora que garantice la clasificación de los materiales existente en los desperdicios para contar con el espacio físico suficiente para los proyectos de pavimentación y evacuación de loS desperdicios luego de la recuperación de la chatarra que generara ingresos económicos para Andec.

Capitulo IV: Resultados

4.1 Muestreo de mejora de clasificación de materiales no ferrosos con maquinaria de otra empresa siderúrgica.

Andec mediante sus contactos de los gerentes se planteó a realizar un muestreo en una maquinaria de reciclaje de otra empresa siderúrgica que posee maquinaria específica para material no ferroso, los resultados obtenidos de este muestreo se ven reflejada en el siguiente cuadro. Donde podemos identificar que con 118 toneladas de muestreo por tipo de chatarra acumulada en el patio de PMP se obtuvieron materiales ferrosos y no ferrosos.

RECUPERACIÓN DE RESIDUO DE PROCESO VEZZANI		
Peso del material procesado	118	Toneladas
Recuperación de chatarra ferrosa	4.550	Kg.
	3,86%	
Recuperación de chatarra no ferrosa	5.243	Kg.
	4,44%	

Tabla 10. Cuadro de recuperación de chatarra ferrosa y no ferrosa maquina Vezzani.

RECUPERACIÓN DE TIERRA CON CHATARRA		
Peso del material procesado	118	Toneladas
Recuperación de chatarra ferrosa	11.410	Kg.
	9,67%	
Recuperación de chatarra no ferrosa	2.032	Kg.
	1,72%	

Tabla 11. Cuadro de recuperación de chatarra ferrosa y no ferrosa del material acumulado

El proceso de muestreo efectuado con maquinaria que posee la competencia es muy costoso para la cantidad de materiales que genera las procesadoras actualmente, razón por la cual para el presente proyecto de mejora se realiza un estudio de mercado para determinar el equipo idóneo que requiere Andec para procesar los materiales acumulados y los que se generaran en el futuro.

4.2 Línea de clasificación MMS 1000E separador de metal y separador de tambor MWA 1000 E de la línea HAMMEL.

La primera alternativa de análisis es una maquina Hammel la misma, esta provista de bandas separadoras, una tolva de abastecimiento similar a una de las máquinas utilizadas durante la prueba, dicha maquina solo saca el material ferroso, el no ferroso debe ser procesado en otro equipo que posee un sistema de separación por campos ionizantes los cuales separan la chatarra no ferrosa desacuerdo a su composición química y peso específico, dicho equipo de acuerdo a las consultas realizadas a la competencia tiene un valor superior a un millón de dólares, mientras que la maquinaria en análisis

supera los 600 mil dólares como se podrá verificar en la cotización solicitada al proveedor.

4.2.1. Clasificador móvil MMS 1000E

Figura 11. Maquina clasificadora de metales no ferrosos (Recyclingtechnik, 2022)

Fuente: *Recyclingtechnik, H. (2022). HAMMEL Recyclingtechnik GmbH 2016 - 2022. Obtenido de https://www.hammel.de/index.php/en/*

Características:

- **Tipo:** Móvil
- **Especificaciones:** automático
- **Usos:** Para madera, para residuos, para metal
- **Aplicaciones:** Para reciclaje

Descripción:

El MMS 1000 E separa el acero inoxidable del material ligero transportado por el aire (fluff). Esto se hace mediante un sistema de clasificación por inducción que contiene un sensor de metal.

Motorización: 15 kw (alimentación externa)

Peso: 9 t

Principales Características: separación de acero inoxidable y fracción, por sensores de metales a través de un sistema de separación por inducción el acero inoxidable.

Aplicaciones del Producto

- Aluminio
- Bloques de Motor
- Carrocerías
- Chatarra Mezclada
- Metales Ligeros
- Productos de Línea Blanca

4.2.2. Separador de tambor MWA 1000 E

Figura 12. Maquina clasificadora MWA 1000 E (Recyclingtechnik, 2022)

Fuente: *Recyclingtechnik, H. (2022). HAMMEL Recyclingtechnik GmbH 2016 - 2022. Obtenido de https://www.hammel.de/index.php/en/*

Características:

- **Tecnología:** De tambor
- **Elementos tratados:** De metales, de desechos

Descripción

El MWA 1000 E utiliza un tambor para separar el metal magnético (FE) y los materiales no magnéticos (FE) entre sí. Es adecuado para madera de desecho, traviesas de ferrocarril y otras maderas, desechos, chatarra y neumáticos, así como para carrocerías de coches, aluminio y electrodomésticos.

Figura 13. Proforma de máquinas clasificadoras de metales ferrosos y no ferrosos (Recyclingtechnik, 2022)

HAMMEL®
RECYCLINGTECHNIK

HAMMEL
Recyclingtechnik GmbH
Leimbacher Str. 130
36433 Bad Salzungen

Cliente: VALERIANO CHAVARRIA JACKSON
ID: 0931461180
Direccion: ECUADOR/GUAYAQUIL/GUASMO
Telefonos: 0968807845
Fecha: 17/06/2022

PROFORMA

P0001521287

CANTIDAD	DESCRIPCION	MED	PRECIO	IVA	DESC.	TOTAL
1,00	LINEA DE CLASIFICACION MMS1000E SEPARACION DE METAL	UND	$ 320.125,60	12,00	0,00	$ 358.540,67
1,00	SEPARADOR DE TAMBOR MWA 1000 E	UND	$ 280.675,60	12,00	0,00	$ 314.356,67

SU DE DESCUENTO ES DE:	0,00	SUBTOTAL	$ 600.801,20
		SUBTOTAL 0%	$ 00,00
		SUBTOTAL 12 %	$ 72.096,14
Observaciones:		IVA 12 %	$ 72.096,14
		TOTAL	$ 672.897,34

Fuente: *Recyclingtechnik, H. (2022). HAMMEL Recyclingtechnik GmbH 2016 - 2022. Obtenido de https://www.hammel.de/index.php/en/*

Por lo tanto, la inversión total para el proyecto de recuperación y clasificación de los metales no ferrosos supera las expectativas frente a la propuesta número 2 que más adelante se detallara.

4.3 Propuesta de mejora con cucharon cribador.

Como segunda alternativa tenemos un cucharon cribador que sería la propuesta de mejora que más se ajusta a los intereses de Andec, debido a que es un aditamento que puede ser montado en una máquina excavadora.

Figura 14. Cucharon cribador (S.L., 2022)

Fuente: *S.L., D. I. (2022). DYM IMPLEPARTS S.L. Obtenido de https://dymimpleparts.com/producto/cazo-cribador-cuchara-cribadora/*

La potencia hidráulica se transmite a la cesta a través de una correa de distribución que no requiere tensión. Esta fiable solución de transmisión proporciona un par óptimo y reduce el tiempo de mantenimiento.

El gran diámetro del rodamiento de los rodillos principales nos permite instalar una cesta mucho mayor, en comparación con otras cucharas cribadoras del mercado. El hecho de que el área de cribado sea mayor implica un aumento significativo del rendimiento y garantiza un resultado de alta calidad.

Para la creación de la cesta se ha optado por diseñarlo con una forma poligonal la esta conformada por 12 lados, en lugar de una superficie redonda y lisa. Este diseño permite realizar el proceso de cribado (agitación del material) de una manera mucho más eficaz. Después, el material pasa a través de las aberturas hexagonales de la malla y se

convierte en conglomerados de alta calidad producidos a partir de rocas, hormigón triturado y material reciclado. Directamente en el lugar de trabajo. Dependiendo de las necesidades y los requisitos, los clientes pueden elegir entre cestas con mallas de seis tamaños diferentes de aberturas: 20, 30, 40, 50, 60 y 80 mm.

Figura 15. Cribador separando la tierra de la chatarra (S.L., 2022)

Fuente: *S.L., D. I. (2022). DYM IMPLEPARTS S.L. Obtenido de https://dymimpleparts.com/producto/cazo-cribador-cuchara-cribadora/*

4.4 Metodología de trabajo del cucharon cribador.

Dentro del estudio del mercado efectuado se analizó las descripciones técnicas de un aditamento que se utiliza en otros países para reciclaje de material Pétreo y chatarra siendo una alternativa viable para el proceso de clasificación de la chatarra acumulada que existe en el patio de PMP, para esto se deberá contar con un equipo permanente al que se adapte dicho aditamento, debió a que la empresa no posee una maquina disponible exclusivamente para la clasificación de materiales, dentro del proyecto se está considerando realizar el alquiler de un equipo con su respectivo operador para que se le pueda colocar el aditamento (Cucharon cribador), también se está considerando el contar

con un personal para el reciclaje manual quienes realizaran la recuperación del material no ferroso y realizar un trabajo permanente que nos ayude a obtener los resultados que se están proyectando en los siguientes cuadros.

Toneladas estimadas de residuo de Vezzani en ANDEC				
%	t	$/t	**12.673**	Toneladas
3,86%	488,66	250,00	122.164	t Recuperación Ferrosos
4,44%	563,08	541,20	304.740	t Recuperación no ferrosos (básicamente Al)
	1.051,74		**$ 426.904**	RECUPERACIÓN
			33,69	$/t de residuo
Toneladas estimadas de tierra con chatarra en ANDEC				
%	t	$/t	**10.000**	Toneladas estimadas por el Área de PMP
9,67%	966,95	250,00	241.737	t Recuperación Ferrosos
1,72%	172,20	541,20	93.196	t Recuperación no ferrosos (básicamente Al)
	1.139,15		**334.934**	RECUPERACIÓN
			33,49	$/t de residuo
RECUPERACIÓN EN CHATARRA			$ 363.901	Toneladas: 1.455,60
RECUPERACIÓN EN NO FERROSOS			$ 397.936	Toneladas: 735,28
TOTAL, RECUPERACIÓN			**$ 761.837**	Tierra para desalojo: 20.481,94

Tabla 12. Cuadro de análisis de recuperación de chatarra en $/T

Analizando el cuadro que antecede podemos ver que para poder procesar con el cucharon cribador el material almacenado procedente de la maquina Vezzani y el material acumulado por varios años producto de las mermas de la chatarra ascienden a 22.673 Toneladas de las cuales se podrá recuperar porcentajes de material ferroso y no ferroso estimados por el muestreo realizado con las máquinas de la competencia.

Dicho análisis servirá en el presente proyecto para determinar el tiempo que tomara realizar la clasificación de la chatarra utilizando el cucharon cribador y el personal que se plantea se necesitara para recuperar los materiales, todo esto lo podemos ver detallado en los sientes cuadros.

COSTOS. -				
1.- MÁQUINA RECUPERADORA CON CUCHARON CRIBADOR				
Total, de materiales acumulados.		**22.673**	Toneladas	
Tasa de procesamiento		19,67	t/h	5.114
Tiempo de procesamiento		1.153	Horas	t/mes
		10	horas/día	
		115,27	días (3.6 meses / 6 días por semana)	
Costo de máquina	Alquiler	80	$/hora	
		1.152,66	Horas	
		$ 92.213	Alquiler máquina y operador	
	Combustible	4	gal/h	
		4.611	Galones	
		2,51	$/gal Diesel	
		$ 11.573		
Traslado de máquina			A cuenta de ANDEC	
COSTO TOTAL MÁQUINA		**$ 103.786**		

Tabla 13. Costo de instalación de la maquina cribadora.

2.- PERSONAL PARA RECUPERACIÓN DE NO FERROSOS LUEGO DEL USO DE CUCHARÓN CRIBADOR				
Tiempo de trabajo Material a procesar		**4.559**	Toneladas, después de Cucharón Cribador	
Tasa de procesamiento		44,00	t/mes por reciclador (mejorada por pre procesamiento)	
		264	t/meses totales	264
		17,27	meses	t/mes
Costo de personal Recicladores		6		
	Costo mensual	$ 736	reciclador	
	Tiempo	12	meses	
COSTO TOTAL PERSONAL.		**$ 53.014**		
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		**$ 156.800**		

Tabla 14. *Costo de procesamiento de los desechos acumulados de ANDEC S.*

ALTERNATIVA: Adquisición de cucharón cribador		**Tiempo de recuperación**	
Costo alquiler + combustible	$ 103,786	Ferrosos	3,6 meses

Costo personal	$ 53,014	No ferrosos	1 año
COSTO TOTAL	**$ 156,800**		
RECUPERACIÓN	**$ 761,837**		
FLUJO NETO DEL PROYECTO	**$ 605,038**		

Tabla 15. Tiempo de procesamiento del material ferroso y no ferroso.

COMPRA DE CUCHARÓN CRIBA PARA PROCESAR TIERRA CON CHATARRA			
AÑO	**0**	**1**	**2**
		2022	**2023**
INGRESOS		**761.837**	**-**
Recuperación de metales de la tierra ETAPA I		761.837	
COSTOS OPERATIVOS		**158.300**	**-**
Alquiler de excavadoras con operador.	1	103.786	
Mantenimiento, repuestos e insumos CRIBA		1.500	
PERSONAL PARA RECUPERACIÓN DE NO FERROSOS		53.014	
FLUJO LIBRE DE FONDOS DEL PROYECTO	**(60.000)**	**603.538**	**-**
TIR	**906%**		
VAN	**427.565**	**12,0%**	Tasa de dto.

Tabla 16. Cuadro de compra de cucharon cribador

4.5 Método de préstamo para inversión

Tabla de amortización del crédito - francés								
-								
Capital:	$ 160.000		Meses:	60	5	años		
Interes:	8,95%	8.95% CFN	Pagos:	60	Cuotas mensuales			
Cuota de Entrada:			Fecha:	02-dic.-23			TOTALES POR AÑO	
Documento	**Fecha**	**Capital**	**Interes**	**Total**	**Saldo**		**CAPITAL**	**INTERÉS**
Inicial	**dic-23**	**$ -**	**$ -**	**$ -**	**$ 160.000**			
1	**ene-24**	**$ 2.124**	**$ 1.193**	**$ 3.317**	**$ 157.876**		26.562	13.248
2	**feb-24**	**$ 2.140**	**$ 1.177**	**$ 3.317**	**$ 155.736**			
3	**mar-24**	**$ 2.156**	**$ 1.162**	**$ 3.317**	**$ 153.580**			
4	**abr-24**	**$ 2.172**	**$ 1.145**	**$ 3.317**	**$ 151.408**			

5	may-24	$ 2.188	$ 1.129	$ 3.317	$ 149.220			
6	jun-24	$ 2.205	$ 1.113	$ 3.317	$ 147.015			
7	jul-24	$ 2.221	$ 1.096	$ 3.317	$ 144.794			
8	ago-24	$ 2.238	$ 1.080	$ 3.317	$ 142.557			
9	sep-24	$ 2.254	$ 1.063	$ 3.317	$ 140.303			
10	oct-24	$ 2.271	$ 1.046	$ 3.317	$ 138.032			
11	nov-24	$ 2.288	$ 1.029	$ 3.317	$ 135.744			
12	dic-24	$ 2.305	$ 1.012	$ 3.317	$ 133.438			
13	ene-25	$ 2.322	$ 995	$ 3.317	$ 131.116		29.039	10.771
14	feb-25	$ 2.340	$ 978	$ 3.317	$ 128.777			
15	mar-25	$ 2.357	$ 960	$ 3.317	$ 126.420			
16	abr-25	$ 2.375	$ 943	$ 3.317	$ 124.045			
17	may-25	$ 2.392	$ 925	$ 3.317	$ 121.653			
18	jun-25	$ 2.410	$ 907	$ 3.317	$ 119.243			
19	jul-25	$ 2.428	$ 889	$ 3.317	$ 116.815			
20	ago-25	$ 2.446	$ 871	$ 3.317	$ 114.368			
21	sep-25	$ 2.464	$ 853	$ 3.317	$ 111.904			
22	oct-25	$ 2.483	$ 835	$ 3.317	$ 109.421			
23	nov-25	$ 2.501	$ 816	$ 3.317	$ 106.920			
24	dic-25	$ 2.520	$ 797	$ 3.317	$ 104.400			
25	ene-26	$ 2.539	$ 779	$ 3.317	$ 101.861		31.747	8.062
26	feb-26	$ 2.558	$ 760	$ 3.317	$ 99.303			
27	mar-26	$ 2.577	$ 741	$ 3.317	$ 96.726			
28	abr-26	$ 2.596	$ 721	$ 3.317	$ 94.130			
29	may-26	$ 2.615	$ 702	$ 3.317	$ 91.515			
30	jun-26	$ 2.635	$ 683	$ 3.317	$ 88.880			
31	jul-26	$ 2.655	$ 663	$ 3.317	$ 86.225			
32	ago-26	$ 2.674	$ 643	$ 3.317	$ 83.551			
33	sep-26	$ 2.694	$ 623	$ 3.317	$ 80.857			
34	oct-26	$ 2.714	$ 603	$ 3.317	$ 78.142			
35	nov-26	$ 2.735	$ 583	$ 3.317	$ 75.408			
36	dic-26	$ 2.755	$ 562	$ 3.317	$ 72.653			
37	ene-27	$ 2.776	$ 542	$ 3.317	$ 69.877		34.708	5.102
38	feb-27	$ 2.796	$ 521	$ 3.317	$ 67.081			
39	mar-27	$ 2.817	$ 500	$ 3.317	$ 64.264			
40	abr-27	$ 2.838	$ 479	$ 3.317	$ 61.426			
41	may-27	$ 2.859	$ 458	$ 3.317	$ 58.566			

42	**jun-27**	**$ 2.881**	**$ 437**	**$ 3.317**	**$ 55.686**			
43	**jul-27**	**$ 2.902**	**$ 415**	**$ 3.317**	**$ 52.783**			
44	**ago-27**	**$ 2.924**	**$ 394**	**$ 3.317**	**$ 49.860**			
45	**sep-27**	**$ 2.946**	**$ 372**	**$ 3.317**	**$ 46.914**			
46	**oct-27**	**$ 2.968**	**$ 350**	**$ 3.317**	**$ 43.947**			
47	**nov-27**	**$ 2.990**	**$ 328**	**$ 3.317**	**$ 40.957**			
48	**dic-27**	**$ 3.012**	**$ 305**	**$ 3.317**	**$ 37.945**			
49	**ene-28**	**$ 3.034**	**$ 283**	**$ 3.317**	**$ 34.910**		37.945	1.865
50	**feb-28**	**$ 3.057**	**$ 260**	**$ 3.317**	**$ 31.853**			
51	**mar-28**	**$ 3.080**	**$ 238**	**$ 3.317**	**$ 28.773**			
52	**abr-28**	**$ 3.103**	**$ 215**	**$ 3.317**	**$ 25.671**			
53	**may-28**	**$ 3.126**	**$ 191**	**$ 3.317**	**$ 22.545**			
54	**jun-28**	**$ 3.149**	**$ 168**	**$ 3.317**	**$ 19.395**			
55	**jul-28**	**$ 3.173**	**$ 145**	**$ 3.317**	**$ 16.223**			
56	**ago-28**	**$ 3.196**	**$ 121**	**$ 3.317**	**$ 13.026**			
57	**sep-28**	**$ 3.220**	**$ 97**	**$ 3.317**	**$ 9.806**			
58	**oct-28**	**$ 3.244**	**$ 73**	**$ 3.317**	**$ 6.561**			
59	**nov-28**	**$ 3.269**	**$ 49**	**$ 3.317**	**$ 3.293**			
60	**dic-28**	**$ 3.293**	**$ 25**	**$ 3.317**	**$ 0**			
Total		**$ 160.000**	**$ 39.047**	**$ 199.047**				

Tabla 17. Cuadro de amortización para la compra del cucharon cribador

Para realizar el siguiente proyecto se necesitará realizar un préstamo basado en el método francés o método progresivo (de cuotas), el cual es muy viable para la empresa porque a medida que se va cancelando la deuda, los intereses y los costos también disminuyen.

Conclusiones

Una vez analizada la propuesta de mejora planteada, se puede concluir que:

Mediante a la adquisición y utilización de una maquina con cucharon cribador se podrá realizar la clasificación de todos los materiales acumulados que se han obtenido en los procesos de Vezzani, a un bajo costo de inversión $160.000 lo cual es accesible y rentable para la empresa.

Mediante la metodología planteada que asegura una producción continua de la nueva línea de producción mediante la utilización de las tecnologías de punta remplazando la anterior forma de trabajo en la empresa.

La propuesta de mejora planteada nos indica que se va a procesar el material acumulado en un periodo de tiempo en aproximadamente 4 meses y la recuperación manual se tomará un tiempo estimado de un año, aquello va a tener un costo de inversión de 156. 800 dólares a través de un préstamo bancario.

Recomendaciones

Es recomendable que la empresa invierta en la adquisición de un cucharón cribador conociéndose que el retorno de la inversión es beneficioso para la empresa a corto plazo.

Se sugiere realizar esta metodología de trabajo, en dos fases para el procesamiento de los materiales en el tiempo estimado con cucharon cribador y luego con el reciclaje manual de los no ferrosos en el proyecto debe ser culminada acorde al tiempo estimado para obtener los beneficios que se han proyectado.

Una vez en puesto en marcha el proyecto se le recomienda que aprovechen la capacitación otorgada por el proveedor del equipo capacitando a los operadores con mayor destreza para la ejecución de la actividad de procesamiento de los materiales del cucharon cribador quienes deberán transmitir los conocimientos a los demás compañeros para utilizar eficientemente el equipo en los diferentes turnos de trabajo establecidos de la empresa.

Es importante que se ejecute el proyecto de recuperación de materiales no ferrosos, por lo que no solo se estaría mejorando el área de PMP, sino que también es una aportación para disminuir la huella ambiental que dejan las empresas al desechar este tipo de residuos en su empresa de recolección local.

Referencias Bibliográficas

Arango, C. J. (2017). *Evaluacion tecnico-financiero para la viabilidad de las mallas piramidales en laszarandaspara el control de solidos.* Bogota D.C: Fundacion Universidad de America Facultad de Ingenierias.

Chao Wang, Z. H. (December 2019). Research on the classification algorithm and operation parameters optimization of the system for separating non-ferrous metals from end-of-life vehicles based on machine vision. *Waste Management*, Volume 100, pges 10-17.

Chinachi Chinachi, M. E. (2017). Reingeniería de costos de producción de metales no ferrosos en Recyter S.A. *Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas*.

Cocunubo Medina, C. M. (2018). *Estandarización composicional de chatarra para mejorar el rendimiento metálico en convertidor LWS de Acerías Paz del Río.* Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

ContentEngine LLC, a Florida limited liability company. (22 de Marzo de 2021). Aceros AZA impulsa plan de inversión para potenciar reciclaje en su planta de Colina. *Diario Financiero, Santiago*.

Cuello, B. M. (2016). *Procesos de chatarrizacion de materiales metalicos producto del mantenimiento automotriz en la ciudad de cuenca.* Cuenca: Universidad del Azuay.

Daniel Orlando Flores, C. R. (2016). Ecuador, Diseño de un centro de recilcaje y fragmentacion de vehiulos siniestrados y declarados perdida total por las aseguradoras en el. 181-191.

ECUADOR, A. N. (2022). *ANDEC Fuerza Interior*. Obtenido de https://www.andec.com.ec/

H. Rodrigues, F. S. (2020). A novel computer application for scrap reporting and data management in the manufacturing of components for the automotive industry. *rocedia Manufacturing*, Volume 51, Pages 1319-1326.

Henao, D., & Ibarra, S. (2020). Materiales de desecho y resignificación: notas de una experiencia desde la gestión del diseño. *IEEE Xplore*.

Jeroen de Mast, J. L. (October 2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, Pages 604-61.

Jorge Muract, R. O. (2018). *APRENDIZAJE DE SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA DEL ACERO MEDIANTE JUEGOS SERIOS.* Tucuman: VICAIM.

José, J. (Martes 24 de Marzo de 2015). *José Jareño S.A. CHATARRERO POR EXCELENCIA*. Obtenido de http://www.josejareno.es/blog/index.html@p=242.html

Luis Gabriel Betancourt, J. P. (2014). *"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO PARA EL PROCESO DE TREFILADO EN FRÍO DE METALES NO FERROSOS A SER IMPLEMENTADO EN LABORATORIO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DEL DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA".* Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Madias, J. (2011). *Procesamiento de chatarra para acerias.* Argentina: Academia Accelerating the world's research.

Mahender Singh Kaswan, R. R. (July 2020). Green Lean Six Sigma for sustainable development: Integration and framework. *Environmental Impact Assessment Review*, Volume 83.

Marín, G. H. (2014). *Análisis de Ciclo de Vida (ACV) del proceso siderurgico.* Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Recyclingtechnik, H. (2022). *HAMMEL Recyclingtechnik GmbH 2016 - 2022*. Obtenido de https://www.hammel.de/index.php/en/

Regina Anctil, S. D. (June 2020). Atlas managerial accounting case: Examining joint products in the international scrap metal recycling industry. *Journal of Accounting Education*, Volumen 51.

S.L., D. I. (2022). *DYM IMPLEPARTS S.L.* Obtenido de https://dymimpleparts.com/producto/cazo-cribador-cuchara-cribadora/

Salah Deeb, H. B.-E. (2018). A generic framework to support the implementation of six sigma approach in SMEs. *IFAC-PapersOnLine*, Pages 921-926.

Song Chen, Z. H. (1 May 2021). Research on the process of small sample non-ferrous metal recognition and separation based on deep learning. *Waste Management*, 2021Volume 126, Pages 266-273.

Torres, J., & Lesmes, J. (2018). PLAN DE NEGOCIO PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA DEDICADA AL. *Repositorio Institucional de la Universidad Santo Tomás*.

Veles, À. E. (2022). *Aldamo Residus i Medi Ambient*. Obtenido de https://www.adalmo.es/inicio/

Zhichao Jiang, Z. G. (1 August 2021). Heavy metals in soils around non-ferrous smelteries in China: Status, health risks and control measures. *Environmental Pollution* , Volume 282.

Anexos

Anexo 1. Banda transportadora de chatarra

Anexo 2. Banda transportadora de chatarra

Anexo 3. Balanza para pesar vehículos con chatarra

Anexo 4. Proceso para desembarcar la chatarra

Anexo 5. Maquina apilar chatarra

Anexo 6. Tambor magnético

Anexo 7. Compactadora de chatarra

Anexo 8. Residuos sólidos sin clasificar (chatarra ferrosa, no ferrosa y tierra)

Proceso para la elaboración de los productos en el área de laminación en frio

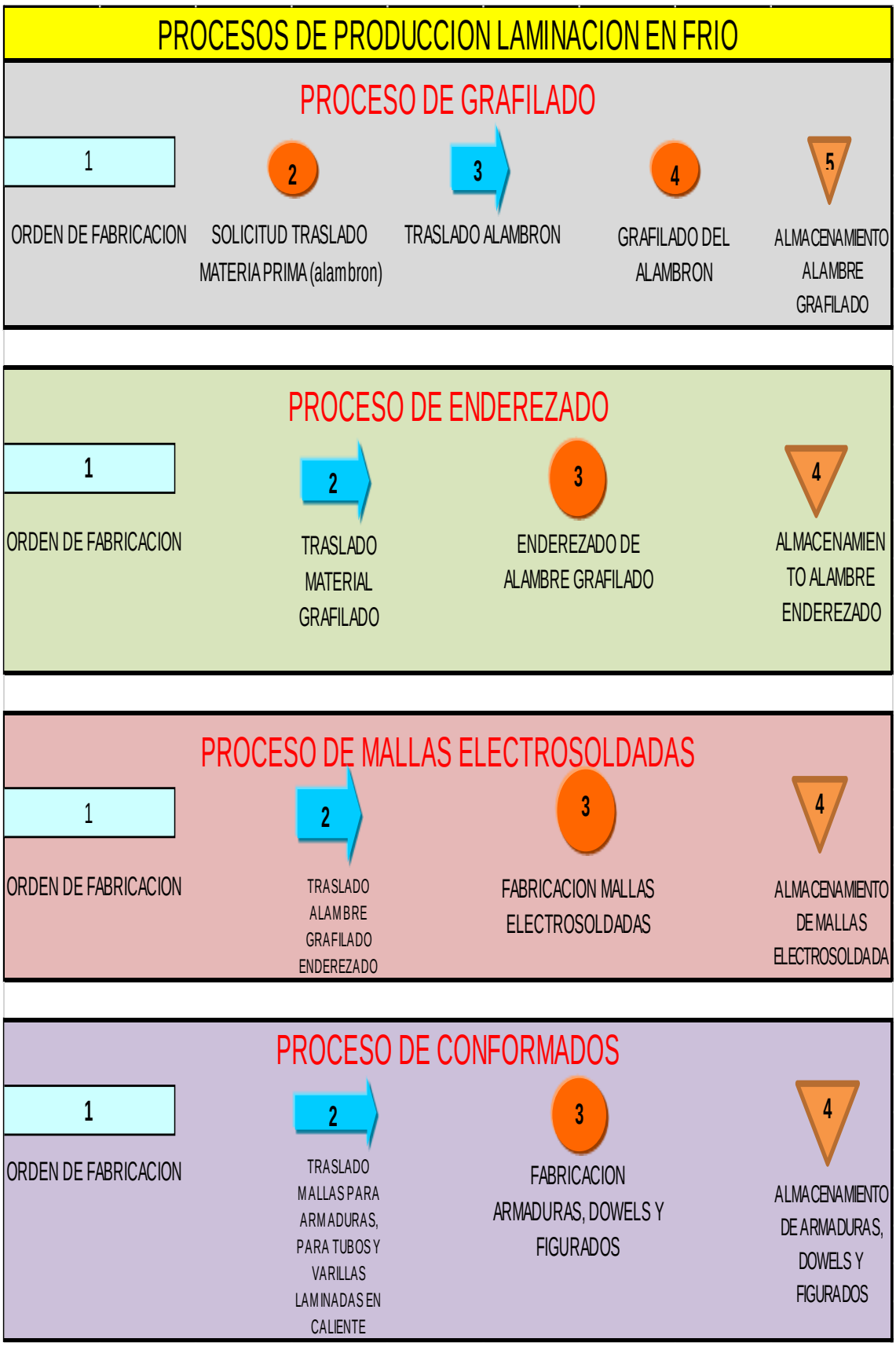


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ELABORACION DEL ALAMBRE DE ACERO TREFILADO Y GRAFILADO

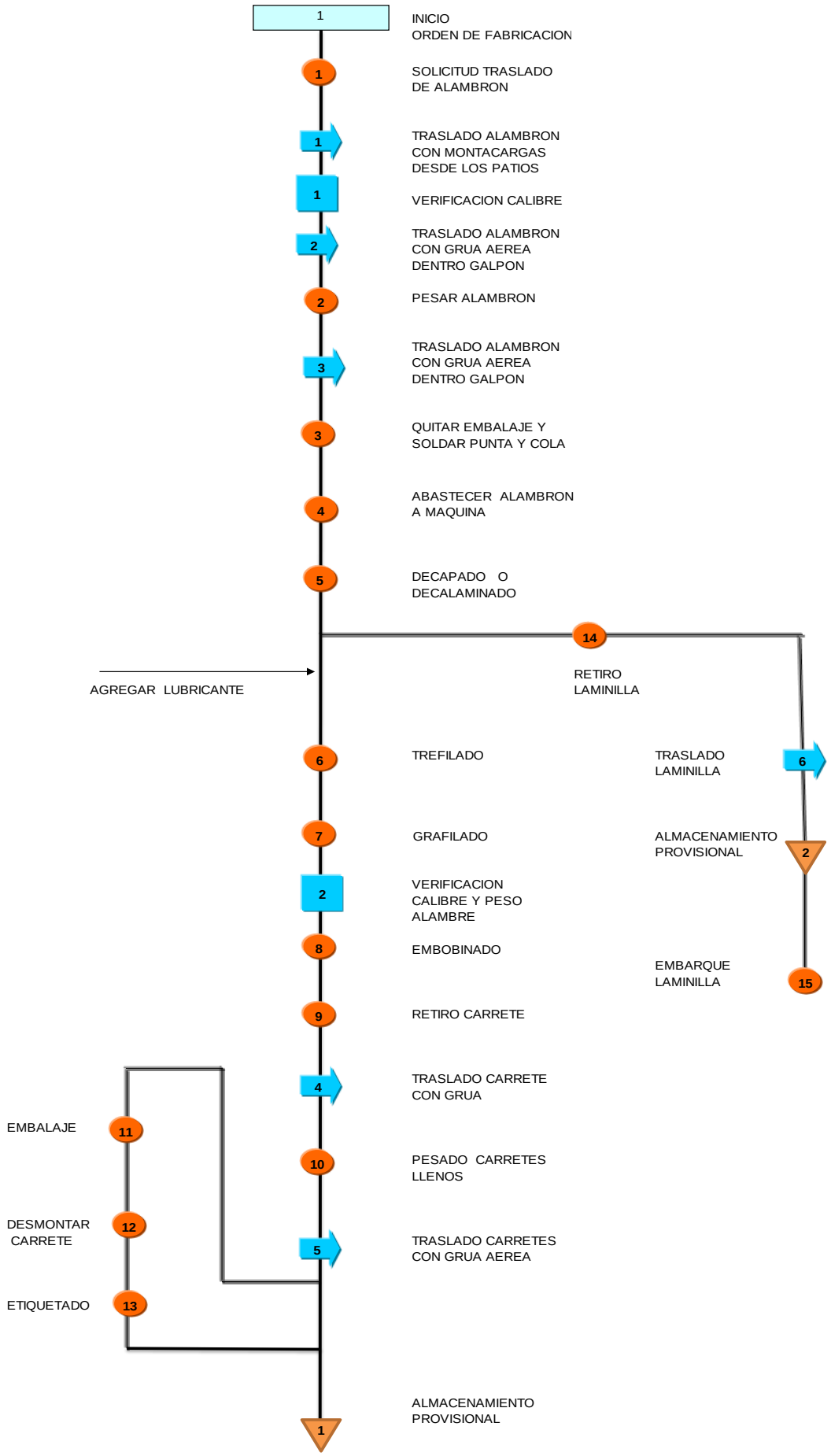


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ELABORACION DE ALAMBRE DE ACERO ENDEREZADO

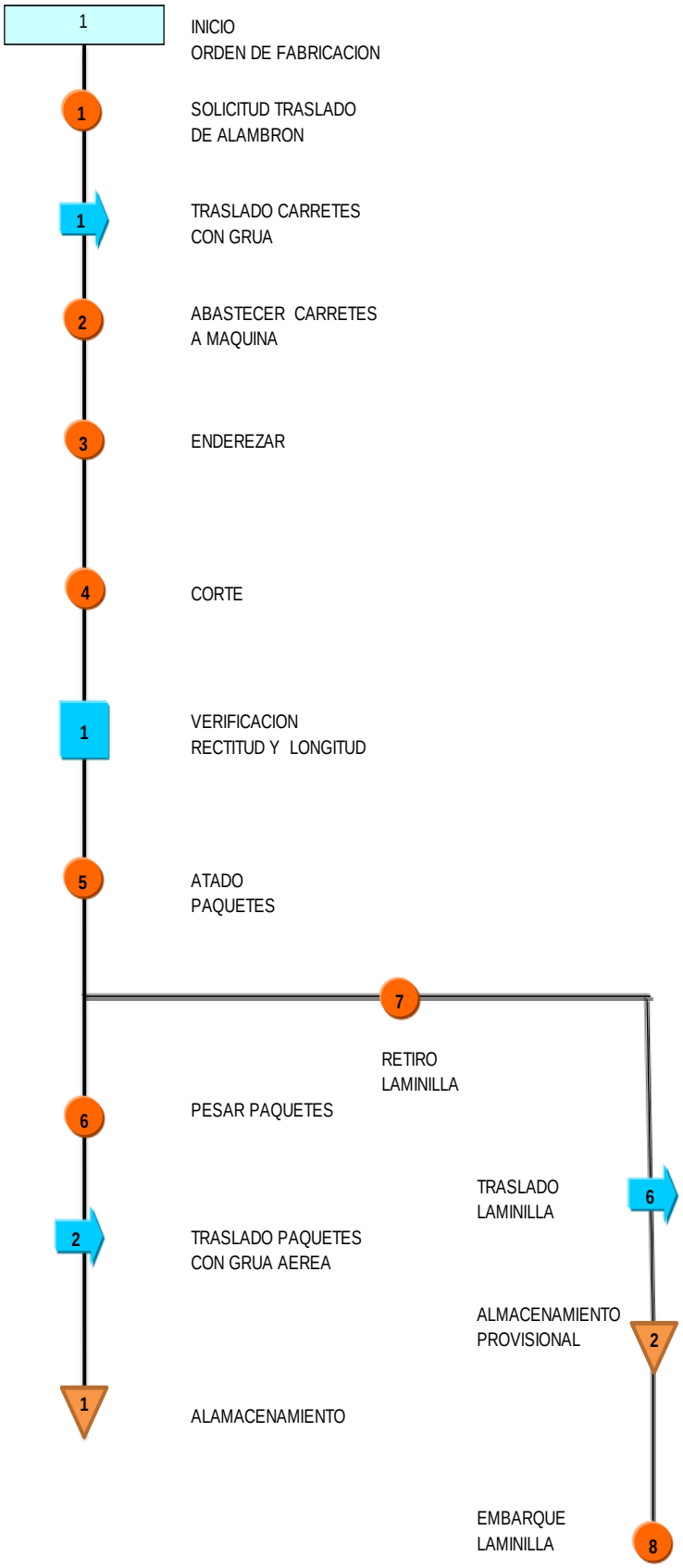


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO FABRICACION DE ELECTROMALLAS

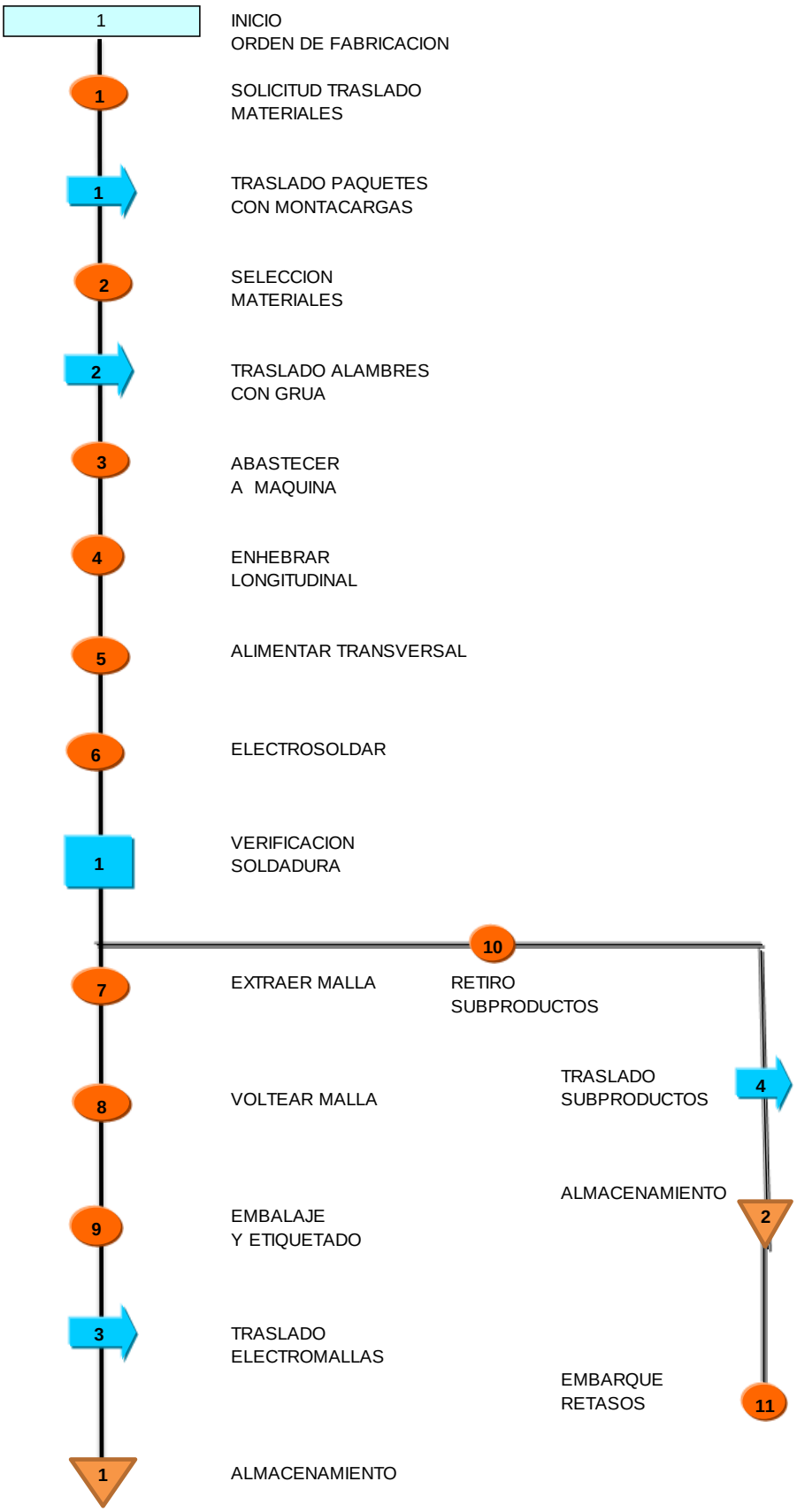


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ELABORACION DE CONFORMADOS (ARMADURAS)

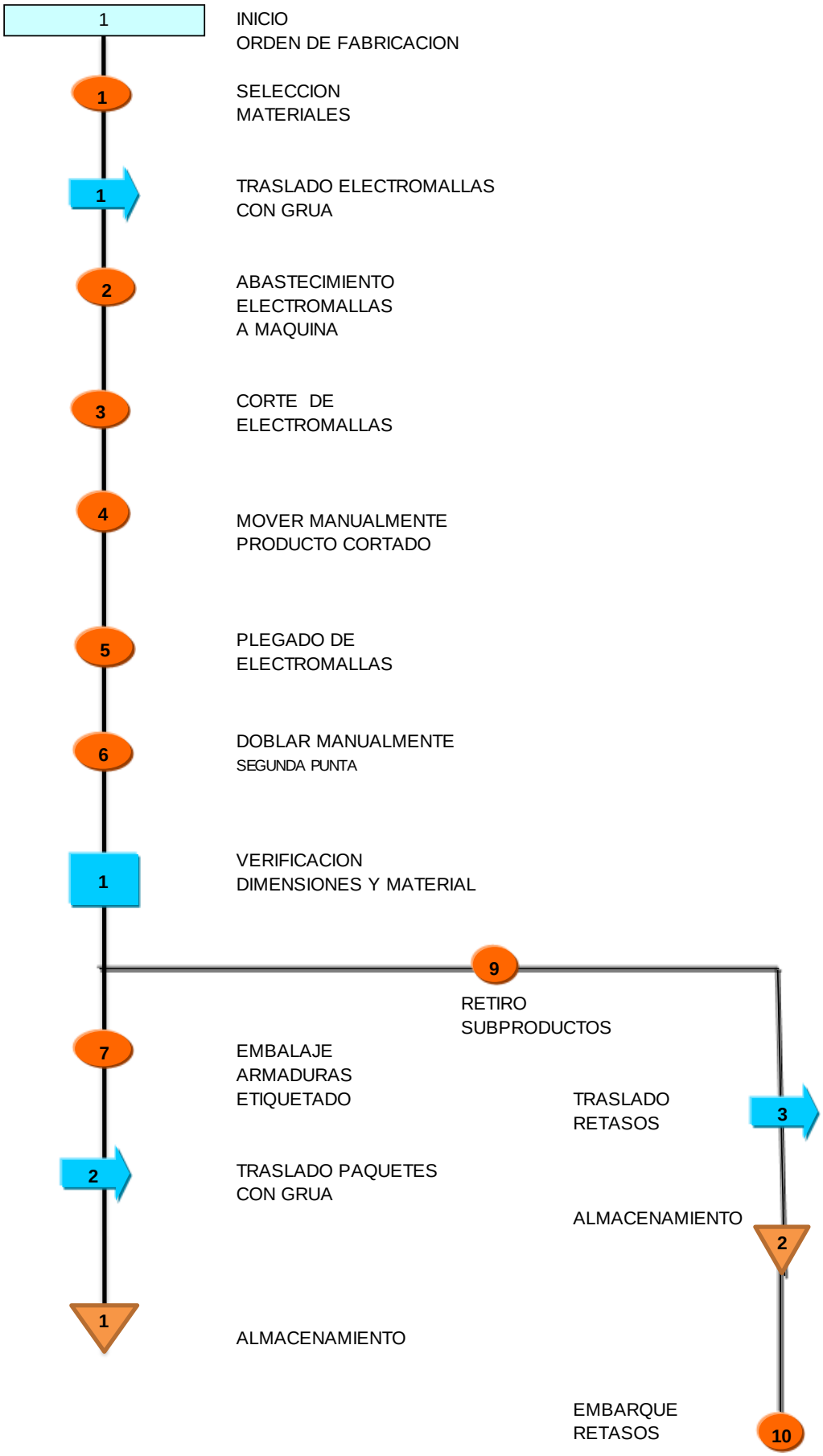


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ELABORACION DE CONFORMADOS (FIGURAR)

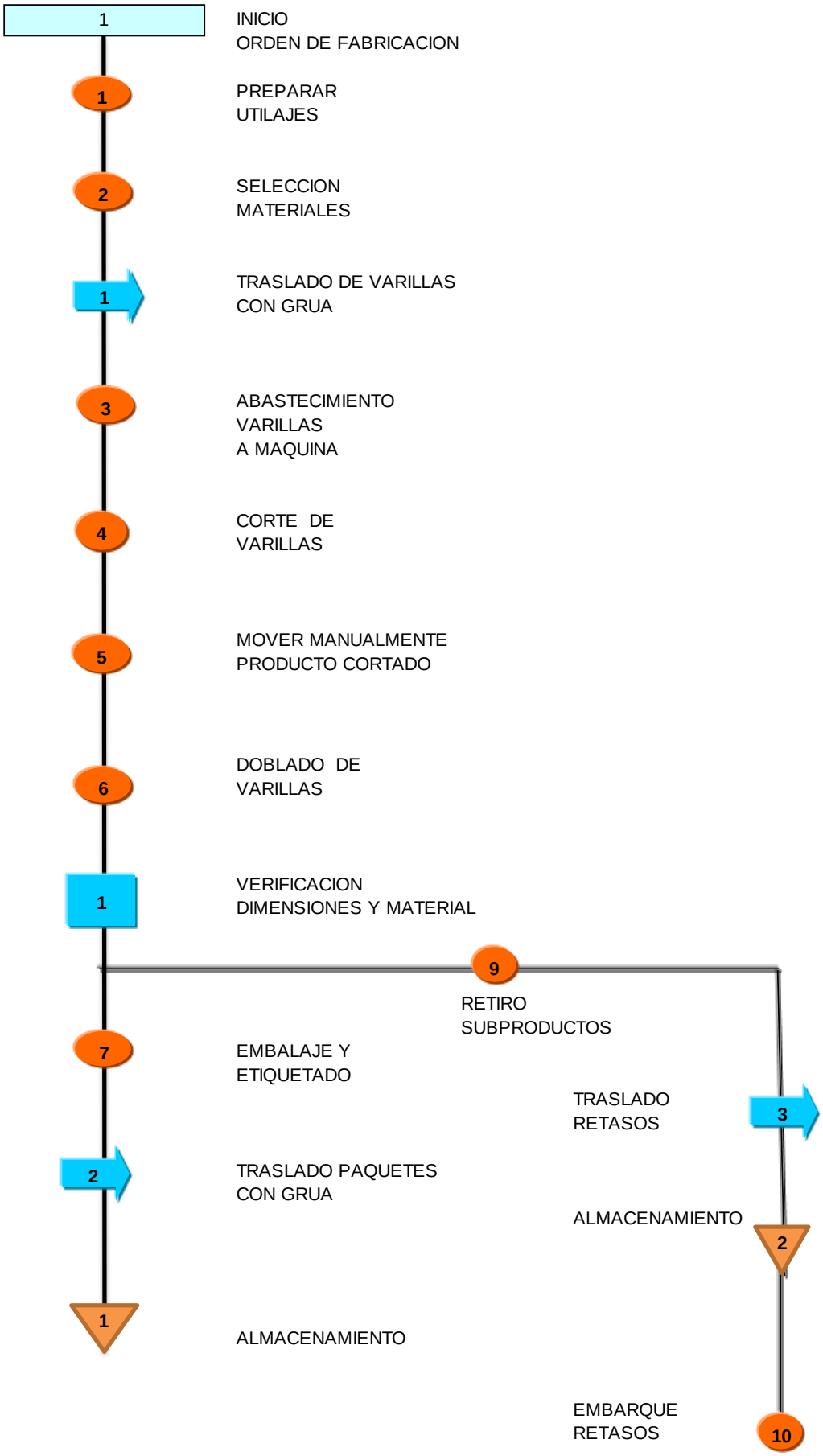


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ELABORACION DE CONFORMADOS (ESTRIBOS)

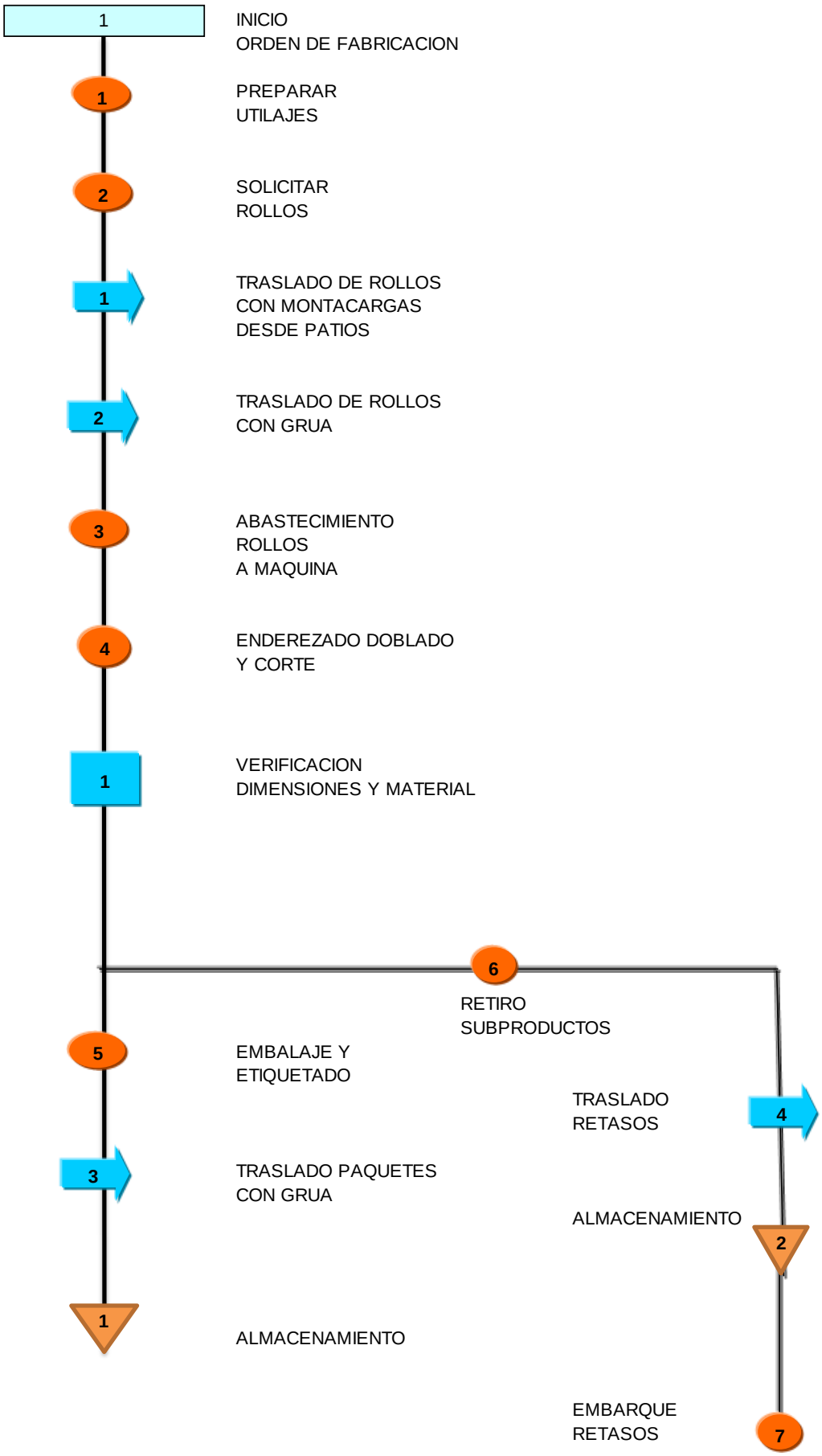
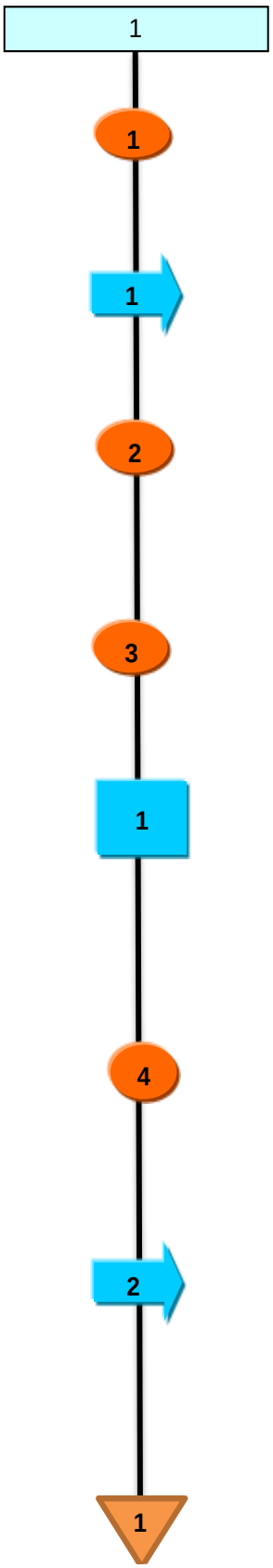


DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ELABORACION DE CONFORMADOS (DOWELS)



1 INICIO
ORDEN DE FABRICACION

1 PREPARAR
UTILAJES

1 TRASLADO MATERIA PRIMA (PINES, BASTONES Y VARILLAS)
CON GRUA

2 ABASTECIMIENTO
DE MATERIA PRIMA

3 ELABORACION DE DOWELS

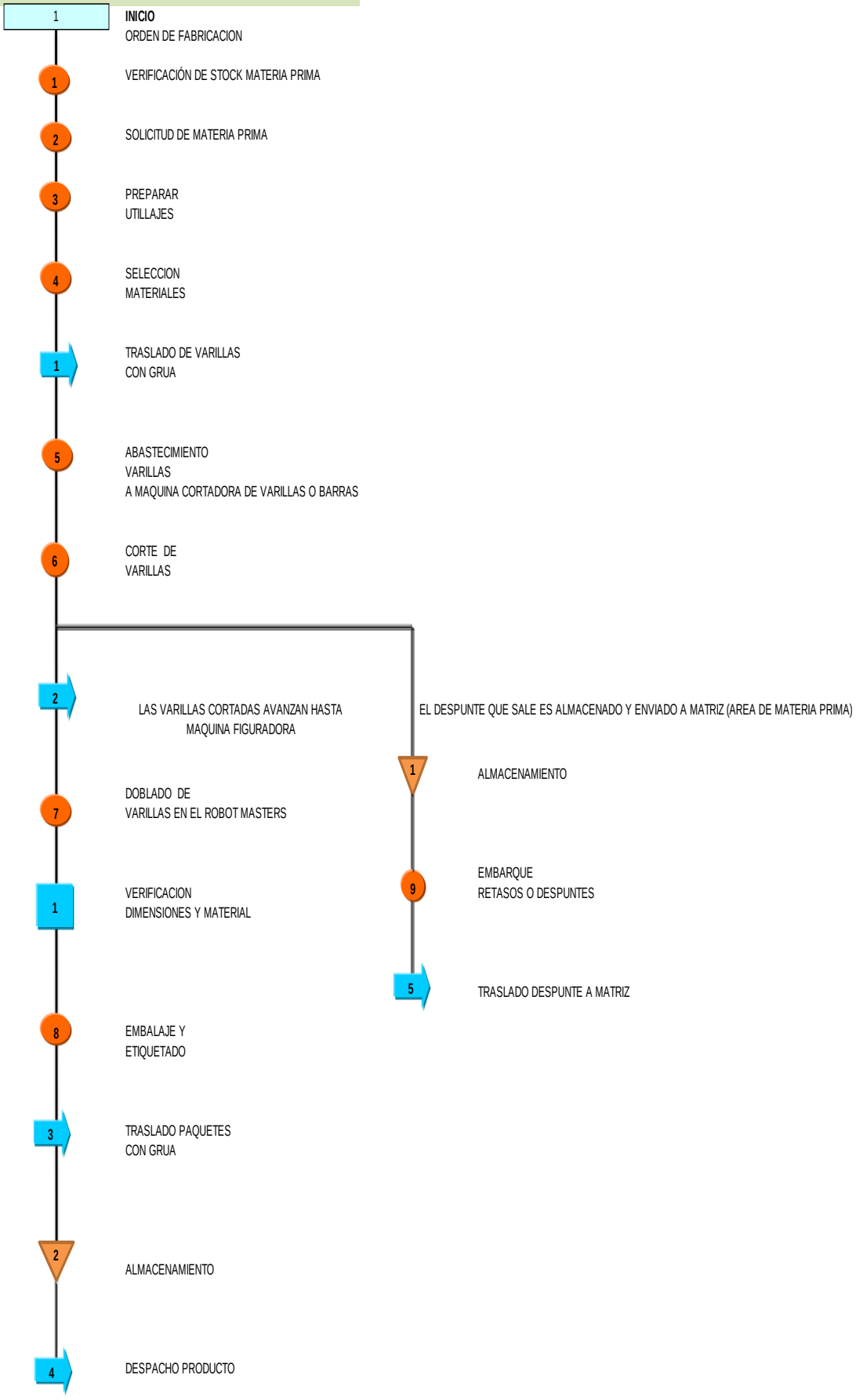
1 VERIFICACION
DIMENSIONES

4 EMBALAJE Y
ETIQUETADO

2 TRASLADO PAQUETES
CON GRUA

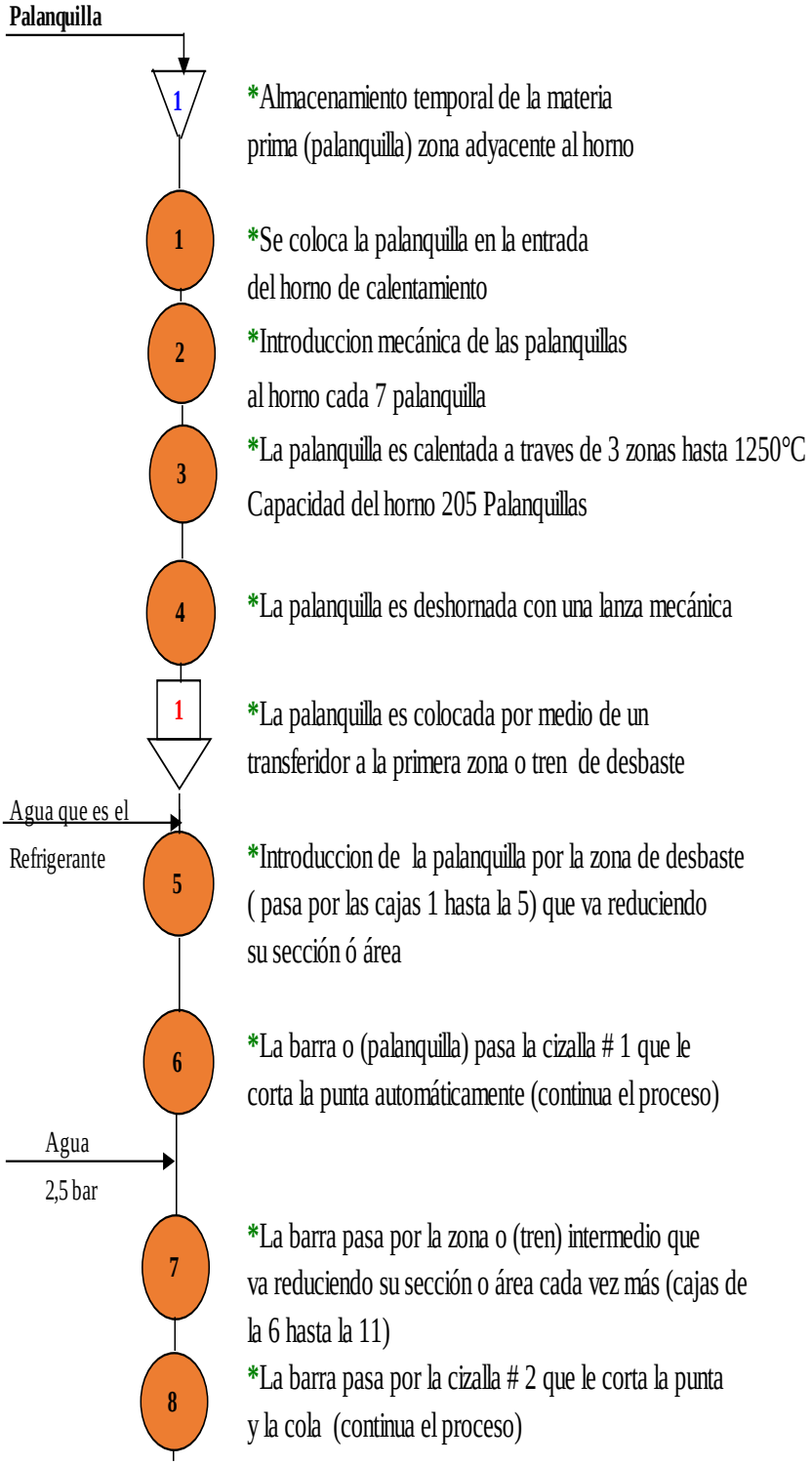
1 ALMACENAMIENTO

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO ELABORACION DE FIGURADOS CDG



Proceso para la elaboración de los productos en el área de laminación en caliente

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE LAMINACIÓN ANDEC



*Almacenamiento temporal de la materia prima (palanquilla) zona adyacente al horno

*Se coloca la palanquilla en la entrada del horno de calentamiento

*Introduccion mecánica de las palanquillas al horno cada 7 palanquilla

*La palanquilla es calentada a traves de 3 zonas hasta 1250°C Capacidad del horno 205 Palanquillas

*La palanquilla es deshornada con una lanza mecánica

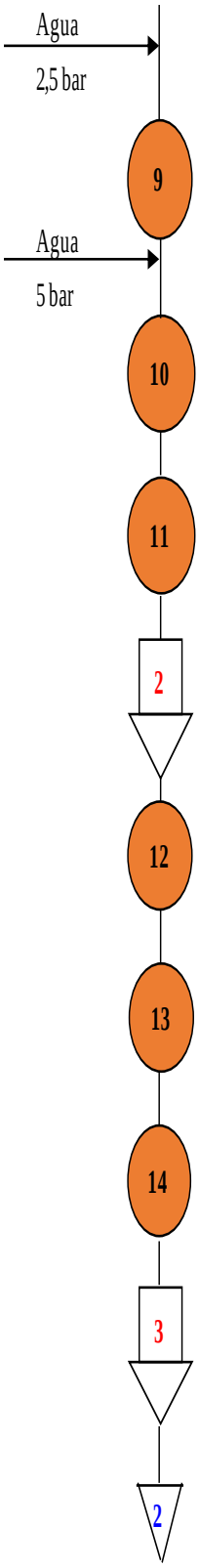
*La palanquilla es colocada por medio de un transferidor a la primera zona o tren de desbaste

*Introduccion de la palanquilla por la zona de desbaste (pasa por las cajas 1 hasta la 5) que va reduciendo su sección ó área

*La barra o (palanquilla) pasa la cizalla # 1 que le corta la punta automáticamente (continua el proceso)

*La barra pasa por la zona o (tren) intermedio que va reduciendo su sección o área cada vez más (cajas de la 6 hasta la 11)

*La barra pasa por la cizalla # 2 que le corta la punta y la cola (continua el proceso)



*La barra pasa de la caja (12 a 17-monoblock) y de (14 a 21-10 VC) y de (16 a 21- 12 VC-2H)

*Las varillas pasan por un Sistema de Enfriamiento (**TEMPCORE**)

* La barra laminada es cortada a longitud de 48 m en la cizalla volante realizando los cortes de acuerdo a la longitud de barra y producto.

*Las varillas pasan a la mesa de enfriamiento y por medio de rodillos es transprotada a una cizalla que corta a medidas pedidas por el

*Las varillas son cortadas en cizalla 330 de placa a las longitudes comerciales de 6 - 9 y 12 m, ó longitudes especiales requeridas por el cliente cliente.

*Conteo de las varillas que conforman cada paquete.

*Embalaje de paquetes de varillas, sean de 6 - 9 - 12 m, y control del peso e identificación del producto.

*Transporte de paquetes por medio de los equipos de grúa aérea a camión

* **Transporte de producto (**paquetes) al area de Desapacho.