

UNIVESIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECANICA
VALPARAÍSO – CHILE**



**DISEÑO DE PLANTA INDUSTRIAL PARA LA
REMANUFACTURA DE EQUIPOS DE
CHANCADO Y MOLIENDA DE MINERALES**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL MECÁNICO**

PIERPAOLO GRAFFIGNA PRUZZO

**Profesor Guía: Ing. Rafael Mena Yanssen
Profesor Correferente: Dr. Ing. Alejandro Saez Carreño**

Agosto 2017

Agradecimientos

Terminado este trabajo de título se cierra un largo ciclo Universitario, en el que he vivido distintas experiencias que me han hecho crecer como profesional y como persona. Quisiera agradecer a todos los participantes de esta etapa, que son bastantes, demasiados para que pueda mencionarlos a todos, sin embargo no quiero que olviden lo mucho que significaron para mí en este proceso.

Quisiera comenzar por agradecer a mis profesores por todo lo que me entregaron durante estos años, especialmente a mi profesor guía Rafael Mena, quien ha sido mi mentor durante los últimos años de mi carrera. Él me ha enseñado la importancia de aprender cosas más allá de la sala de clases, a nunca dar nada por sentado, el valor de ser un profesional íntegro y estar siempre preparado para los desafíos.

Quiero agradecer a mi padre y a mi madre, quienes han estado siempre para ayudarme, me han apoyado en mis decisiones y han dado todo por mí. Su fe en mí y su apoyo continuo me dieron las fuerzas para enfrentar los desafíos que se me presentaban. Mi padre siempre ha sido un orgullo para mí, un modelo a seguir y ha sido mi inspiración para convertirme en una gran persona. Mi madre, continuamente me ha mostrado el camino correcto y su fe imbatible en mí fue la que muchas veces me hizo recuperar la confianza.

A mis hermanas, mi familia, mis amigos, mis compañeros, gracias por su preocupación, su ayuda, su apoyo y sus enseñanzas, gracias a ustedes jamás me sentí solo y siempre pude contar con alguien que me escuchara, me aconsejara y supiera mostrarme cosas más allá de lo que estaba acostumbrado a ver.

Dedico este trabajo de título a mi Nonna Amada y a mi Nonno Cucho, quienes me entregaron los valores y me dieron la fortaleza que me han permitido convertirme en la persona que soy, ellos fueron la inspiración que me guió durante este proceso y que hizo que jamás me diera por vencido.

“La adversidad es una oportunidad para el cambio”

-Anónimo

Indice	1
Resumen.....	5
Abstract.....	6
1.- Introducción	7
2.- Objetivos	9
2.1.- Objetivo General	9
2.2.- Objetivos Específicos.....	9
3.- Antecedentes Generales.....	10
3.1.- Minería en Chile	10
3.1.1.- Desarrollo Minero	11
3.1.2.- Situación Actual	13
4.- Marco Teórico	17
4.1.- Fundamentos Básicos	17
4.1.1.- Proceso de Extracción de Mineral de Cobre	17
4.1.1.1.- Procesos de Extracción de Minerales Sulfurados	18
4.1.1.2.- Procesos de Extracción Hidrometalurgica	23
4.1.2.- Equipos, Componentes y Funcionamiento.....	25
4.1.2.1.- Conminución.....	25
4.1.2.2.- Filtración	28
4.1.2.3.- Flotación	30
4.1.2.4.- Segregación.....	31
4.1.2.5.- Transporte	32
4.2.- Estado del Arte	35
4.2.1.- Proceso de Remanufactura	35
4.2.2.- Procesos de Fabricación y Acondicionamiento.....	42
4.2.2.1.- Mecánica Banco, Mediciones y Ensamble Mecánico	42
4.2.2.2.- Soldadura.....	46
4.2.2.3.- Proceso de Fabricación con Desprendimiento de Viruta	49
4.2.2.4.- Lubricación	51

4.2.2.5.- Granallado y Pintura.....	52
5.- Metodología de Trabajo	55
5.1.- Investigación Preliminar de Equipos.....	59
5.1.1.- Listado de Componentes	60
5.2.- Levantamiento y Evaluación de Componentes	61
5.2.1.- Levantamiento de Componentes y Estado de desgaste	62
5.3.- Rediseño y Acondicionamiento del Equipo	67
5.3.1.- Pauta de Reparación.....	68
6.- Evaluación del Proyecto	69
6.1.- Estudio de Mercado.....	69
6.2.- Análisis Técnico	70
6.2.1.- Etapas del Proyecto	70
6.2.3.- Ubicación y Layout	73
6.2.4.- Mano de Obra.....	74
6.2.6.- Tecnologías Necesarias	75
6.2.7.- Insumos y Servicios	76
6.2.8.- Emisiones, Efluentes y Residuos	77
6.2.9.- Normas y Regulaciones.....	78
6.3.- Estructura de la Empresa	79
6.3.1.- Estudio Administrativo	79
6.3.2.- Estudio Legal	80
6.3.3.- Estudio Tributario	81
6.4.- Estudio Económico	81
6.4.1.- Inversión del proyecto.....	81
6.4.1.1.- Inversión en Activos	82
6.4.1.2.- Inversión en Capital de Trabajo.....	82
6.4.2.- Determinación de Ingresos.....	83
6.4.3.- Determinación de Egresos.....	84
6.4.4.- Estructura de Financiamiento y Tasa de Descuento.....	85

6.4.5.- Flujo de Caja	86
6.4.6- Determinación Criterios de Decisión	86
6.4.7.- Análisis de Sensibilidad	87
6.4.7.1.- Estudio Sobre la Cantidad de Unidades Remanufacturadas	88
6.4.7.2.- Estudio Sobre Porcentajes Asociados	89
7.- Conclusiones	90
8.- Bibliografía	93
ANEXOS	94

Índice de Figuras

<i>Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de extracción de mineral de cobre</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2: Etapas del Proceso de Remanufactura</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3: Tipos de ensamble</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4: Ajuste Automático y Anillo de Retención</i>	<i>45</i>
<i>Figura 5: Soldadura mediante sistema de arco eléctrico manual.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 6: Soldadura MIG Solida y MIG Tubular</i>	<i>48</i>
<i>Figura 7: Soldadura de arco sumergido y sistema TIG.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 8: Operaciones de mecanizado</i>	<i>50</i>
<i>Figura 9: Lubricación concordante y no concordante.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 10: Estructura Técnica de Objeto</i>	<i>56</i>
<i>Figura 11: Diagrama de Flujo del Proceso</i>	<i>58</i>
<i>Figura 12: Folio para fichas Listado de Componentes</i>	<i>60</i>
<i>Figura 13: Folio para fichas Pauta de Reparación.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 14: Plano de la planta</i>	<i>74</i>
<i>Figura 15: Organigrama de la empresa</i>	<i>79</i>

Indice de Tablas

<i>Tabla 1: Producción y Reservas de Cobre en Chile</i>	10
<i>Tabla 2: Norma SSCP</i>	53
<i>Tabla 3: Código de tres letras para tipo de maquina</i>	61
<i>Tabla 4: Evaluación de la limpieza de un componente.....</i>	63
<i>Tabla 5: Evaluación de la integridad estructural de un componente</i>	64
<i>Tabla 6: Evaluación de la calidad de un componente.</i>	64
<i>Tabla 7: Valoración de Severidad del Componente.....</i>	65
<i>Tabla 8: Valoración de Ocurrencia del Componente.</i>	66
<i>Tabla 9: Valoración de Detección del Componente.</i>	66
<i>Tabla 10: Sueldos por cargo.</i>	80
<i>Tabla 11: Precios de modelos base.....</i>	83
<i>Tabla 12: Flujos de caja.....</i>	86
<i>Tabla 13: Criterios de decisión.</i>	86

Indice de Graficos

<i>Grafico 1: Producción y Precio del Cobre</i>	13
<i>Grafico 2: Exportaciones de Cobre.....</i>	14
<i>Grafico 3: Consumo Mundial de Cobre y Oro.....</i>	16
<i>Grafico 4: Grafico comparativo entre costos de fabricación</i>	37
<i>Grafico 5: Reducción del Impacto Ambiental Debido a Reman</i>	39
<i>Grafico 6: Porcentaje de Desechos por Rubro</i>	40
<i>Grafico 7: Proyección de Emisiones de CO₂.....</i>	41
<i>Grafico 8: Extracción e ingreso diferencial.....</i>	69
<i>Grafico 9: Frecuencia de Remanufactura.....</i>	72
<i>Grafico 10: Ubicación del terreno.</i>	73
<i>Grafico 11: Inversión en activos</i>	82
<i>Grafico 12: Estimación de Costos de Remanufactura</i>	84
<i>Grafico 13: Costos operacionales.....</i>	85

Resumen

El siguiente documento describe los pasos para la implementación del proyecto de diseño e instalación de una planta de remanufactura de equipos de chancado y molienda de minerales que busca prestar servicios a las distintas empresas en Chile y países vecinos.

Este proyecto pretende instalar una planta que permita aplicar técnicas de remanufactura sobre equipamiento minero para recuperar las capacidades que tengan estos equipos de trabajar. El cuerpo principal de estas estructuras es de fundición de acero, por lo que su fabricación es la que genera el mayor gasto energético y por ende la mayor cantidad de emisiones. El principal objetivo de la planta es llevar a cabo procesos de reacondicionamiento que permitan recuperar estas partes y montar equipos funcionales.

La planta a instalar tendrá cinco áreas que trabajaran en procesos de diseño, estudio y reparación de los equipos para poder recuperar y mejorar las capacidades de estos sistemas. El área de ingeniería será la encargada de la organización de la planta y de llevar a cabo el estudio de los proyectos sobre cada equipo que se va a reparar, puesto que el proceso de reparación requiere estudiar las condiciones de operación del equipo, como este se llevará nuevamente a operación y que modificaciones o aditamentos nuevos se incorporarán para actualizar y dar valor al sistema. Las otras áreas serán las encargadas de desarrollar los procesos de reacondicionamiento requeridos donde se incluye mediciones para determinar las dimensiones requeridas de las piezas, mecanizado de partes que se necesiten restaurar o fabricar, granallado de superficies para limpieza, pintura de superficies para protección y armado de equipos.

La ejecución del proyecto requiere la adquisición de maquinaria para mecanizado, granallado, pintado, corte y soldadura además de las instalaciones para este propósito. Los costos mensuales tienen incluido la compra de los equipos en desuso, la reparación, la adquisición de insumos, mantención de máquinas y el pago del personal. La inversión inicial es de 800 millones de pesos y se tiene presupuestado que los costos de operación mensuales sean de 200 millones de pesos aproximadamente para reparar un promedio de cuarenta y cinco máquinas al año.

Abstract

The following document describes the steps for the implementation of the project “Design and Construction of a Remanufacturing Plant for Milling and Crushing Equipment, which expects to give service to the different companies on Chile and surroundings.

This projects aims to build a plant that apply different remanufacturing techniques on mining equipment to give their properties back and allow them to work again. The main structure of this systems are made of gray iron, this means that fabricating this parts requires a big consumption of energy which provokes a great amount of carbon dioxide. The main objective of the plant is to remanufacture equipment, recovering these components and assembling functional equipment that is friendly with the environment.

The plant will have five areas working on designing, analysis and remanufacturing processes, expecting to regain the equipment performance and improve their properties to generate value. The engineering area will be in charge of the organization of the plant and developing the studies of the individual projects for each system that is going to be repaired. The remanufacturing process requires studying the operational requirements of the gear, how it will be functional again and which modifications or adjuncts are going to be installed to upgrade the system to add value to it. The other areas of the plant will be in charge of the required remanufacturing processes, which includes metrology to determine the dimensions of the components, machining to make or restore the parts, abrasive blasting for surface cleansing, painting for coating and finally the equipment assemble.

The project application requires the acquisition of machining, abrasive blasting, painting, cutting and welding equipment including the infrastructure for this purpose. The monthly costs include the purchase of dismissed equipment, the reparation of the parts, the supply payment, machine maintenance and the personnel salary. The capital expenses for the project reaches the 800 million Chilean pesos and the operational expenses area expected to be 200 million Chilean pesos to repair an average of forty five machines per year.

1.- Introducción

La economía circular es una estrategia de manejo de recursos que tiene como fin reducir el ingreso de materias primas a la industria y la cantidad de desechos producidos, mediante la creación de un ciclo cerrado en el flujo de los recursos naturales. La economía circular posee tres herramientas principales que permiten sustentar el objetivo al cual apunta, ellas son reutilizar, reciclar y remanufacturar. La remanufactura es un proceso en donde productos que han perdido su capacidad de ser utilizados son reparados y reacondicionados para cumplir con las tareas para los cuales fueron fabricados, realizando mejoras que les devuelvan su valor o inclusive lo aumenten.

La principal actividad económica de nuestro país es la minería. Somos líderes mundiales en la producción de cobre y tenemos alta participación en la producción de molibdeno, oro y plata. Las actividades que se llevan a cabo en la industria minera requieren un innumerable número de equipos trabajando en proceso de extracción y tratamiento de minerales que están sometidos a condiciones de operación que producen desgaste en ellos lo que tiene como consecuencia que estos activos al largo plazo sean sacados de operación o dados de baja, una vez que estos equipos son retirados del proceso productivo son desechados como chatarra o vendidos al peso de acero por kilogramo. En virtud de ello, se presenta una gran oportunidad para recuperar estos equipos utilizando técnicas de remanufactura que permitan llevarlos nuevamente a operación, mejorando sus capacidades y funcionalidades.

La industria minera es un rubro donde se requieren gran cantidad de equipos para la extracción, tratamiento, transporte y traspaso de minerales. Estos equipos están en un ambiente que es bastante exigente lo que provoca desgaste en sus partes en cortos periodos de tiempo, llevando a que algunos sean desechados, desarmados y dados de baja. Actualmente muchas plantas mineras tienen en venta estos equipos para deshacerse de ellos apropiadamente, lo que crea una oportunidad para introducir la remanufactura a este rubro. Tomar los equipos mineros dedicados al chancado y molienda de minerales, que son aquellos sometidos a mayor desgaste, es una gran oportunidad para crear una empresa que beneficie a las plantas mineras entregando un producto económico y amigable con el medio ambiente.

En la fabricación de los equipos mineros, la estructura principal hecha de fundición de acero es la parte que requiere el mayor gasto energético y por ende produce mayor cantidad de emisiones al ambiente. El reutilizar las piezas de los equipos, produce un beneficio significativo en cuanto a la producción emisiones al medio ambiente ya que las estructuras principales ya están fabricadas y no es necesario realizar procesos de fundición lo que reduce millones de toneladas de emisiones al año. Mediante procesos de granallado y pintura es posible recuperar las superficies de las estructuras principales sin afectar mayormente en las propiedades que se les dio inicialmente, dando la oportunidad de mejorar estas características. El proyecto busca aprovechar esta oportunidad y formar una institución sustentable que no solo sea un proveedor confiable para las empresas mineras, sino también servir al medio ambiente.

El llevar a cabo procesos de remanufactura reduce el costo de fabricación de los equipos significativamente ya que la mayoría de las partes de los equipos ya se encuentran fabricadas. El costo de fabricación de los equipos producto de la manufactura se reduce entre un 40 y 65% según los estudios realizados por Carbon Trust, entidad dedicada al estudio de la transformación de la cadena de suministros. La reducción de los costos de fabricación permite flexibilizar el margen de utilidad y generar un negocio sostenible. Esta es una oportunidad para generar una instalación que no solo produzca utilidades sino también beneficios para la sociedad y el medio ambiente.

2.- Objetivos

2.1.- Objetivo General

El propósito de este trabajo es formular y evaluar un proyecto destinado a establecer un espacio dedicado al acondicionamiento y remanufactura de equipos de chancado y molienda de minerales dados de baja de manera que puedan ser llevados nuevamente a operación. Se espera estructurar un negocio que pueda mantenerse y que sea rentable, que promueva el ahorro energético y permita la reducción en las emisiones al medio ambiente mediante la recuperación de sistemas que se encuentran en desuso.

2.2.- Objetivos Específicos

- Plantear el procedimiento mediante el cual serán seleccionados los equipos a reparar y como estos serán reacondicionados, probados y posteriormente comercializados.
- Identificación de los recursos técnicos y económicos necesarios para poder llevar a cabo adecuadamente los procesos establecidos, especificando los terrenos, herramientas, equipos, mano de obra y personal administrativo requeridos.
- Diseñar procesos de recuperación y de ensamble que se aplicaran en la planta, identificando y cuantificando costos variables, costos fijos e inversiones en equipos necesarios para la implementación del proyecto.
- Evaluar la factibilidad técnica y económica de ejecutar este proyecto evaluando posibilidades de ampliación en las capacidades de la planta en el futuro.

3.- Antecedentes Generales

3.1.- Minería en Chile

La minería es una de las actividades productivas claves de Chile teniendo una importancia notable a lo largo de su historia, esta actividad productiva ha sido la protagonista en el crecimiento que ha tenido la economía chilena en los últimos años. El producto interno bruto de Chile se ve altamente influenciado por ella, dependiendo de factores como el precio y el volumen de exportaciones. La minería ha tenido una participación alrededor del 9% en el PIB con mínimos de 7% desde los años 90 y ha alcanzado una participación del 20% en algunos años de mediados de la década del 2000.

Producción y reservas en Chile 2015



	Producción en Chile	Participación en la producción mundial	Ranking en la producción mundial	Participación en reservas mundiales
Cobre	5,76 millones de TM	30%	1	29%
Oro	40,83 TM	1%	14	7%
Plata	1.505 TM	6%	5	13%
Molibdeno	52,60 mil TM	18%	2	16%

TM: Toneladas métricas.

Fuente: Consejo Minero a partir de información del Servicio Geológico de EE.UU. y de Cochilco.

Tabla 1: Producción y Reservas de Cobre en Chile

A nivel mundial Chile tiene una participación del 30% en la producción de cobre, lo que lo convierte en el líder en producción de este mineral, su participación en la producción de molibdeno es de 18% ubicándolo como el segundo mayor productor, es de 6% en la plata y de 1% con el oro, lo que permite concluir que su participación es considerable. La exportación minera de Chile abarca aproximadamente un 55% de las exportaciones totales y alcanzan un valor de los 35 mil millones de dólares al año 2015, donde un 92% de las exportaciones son de cobre.

En base a toda esta información, se puede comprender la importancia que tiene la minería y porque es necesario invertir en investigación y fomentar la realización de proyectos para el desarrollo de esta industria. La caída en la ley del mineral, la falta de disponibilidad, el alto costo energético y la baja disponibilidad de agua son limitaciones que atentan contra la competitividad de la minería chilena frente a otros países, por lo que la investigación y desarrollo tecnológico son fundamentales. Existen actualmente proyectos en ejecución por 15 mil millones de dólares y proyectos en evaluación por 35 mil millones que preparan una fase de expansión que permitirá superar las limitaciones a las que se ha visto enfrentada esta industria en los últimos años. Dentro de los proyectos a desarrollar es vital tener en consideración planes para reducir los residuos producto de la operación de estos equipos y saber cómo tratar estos sistemas una vez que han cumplido su vida útil.

3.1.1.- Desarrollo Minero

Desde los inicios de la minería la industria ha debido enfrentar diversos problemas que la han forzado a innovar con el propósito de mantener su competitividad en el mercado. La causa principal que ha impulsado esta necesidad tiene relación con la capacidad de adaptación a las características de los yacimientos mineros, pues a medida que son explotados se reduce gradualmente su ley de los metales, por lo que es necesario extraer volúmenes de rocas más altos para obtener una producción determinada, lo que se traduce en un aumento en los costos de operación. La principal forma para enfrentar esta situación es la inversión en investigación y desarrollo, lo que permite la implementación de sistemas innovadores que reducen los costos de operación.

Las nuevas tecnologías desarrolladas en la industria del cobre han sido producto de adaptaciones de las innovaciones tecnológicas desarrolladas en otras industrias mineras que poseen procesos similares de obtención. Gran parte de las tecnologías desarrolladas que se han implementado en la minería del cobre han sido producto de adaptaciones de la industria del hierro y del carbón. Durante el siglo XIX se crearon importantes métodos para el proceso de conminución como son la perforadora rotatoria manual, el chancador de rodillos, de mandíbulas y el de cono que permiten una disminución del tamaño de partícula de manera automatizada. En el siglo XX se produjo el

mayor declive en las leyes de los yacimientos, de modo que las leyes siendo del 4% cayeron al 2% e inclusive en algunos casos a valores menores al 1%.

Como consecuencia de lo anterior, nacieron métodos como la explotación por Block Caving, Explotación a Rajo Abierto, Flotación de Sulfuros, Electroobtención, extracción por solventes y aumento las capacidades de las maquinarias. Aumentar la capacidad de las maquinarias fue un proceso que llevo años de trabajo y el descubrimiento de distintos aditamentos que permitieron una mejora en la capacidad de los sistemas.

Para mejorar los sistemas de chancado de minerales, los equipos fueron diseñados con mejoras en las geometrías de las cámaras de chancado de manera que permitieran una aplicación de fuerzas mayores a las rocas y por ende mejor trituración, se utilizaron sistemas hidráulicos y de amortiguación para evitar que los equipos se dañaran reduciendo perdidas por bajas de capacidad o tiempos muertos y se promovió el uso de materiales de mayor dureza y resistencia a la corrosión. En los molinos se ha promovido el uso de recubrimientos interiores y nuevos materiales que mejoren la reducción de tamaño de partícula además de la invención de los sistemas autógenos y semi autógenos que reducen las etapas de chancado previas necesarias. Los equipos de transporte vibratorio y de separación han aumentado su tamaño y gracias a los avances en los excitadores y la amortiguación, los equipos pueden transportar mayor cantidad de minerales y realizar tamizado con mayor facilidad.

Gracias a estos avances ha sido posible que Chile se mantenga como uno de los principales productores de Cobre hasta la fecha y debe hoy en día seguir enfrentando estos problemas para mantenerse competitivo frente a los grandes líderes de la minería mundial.

3.1.2.- Situación Actual

La situación actual minera enfrenta grandes desafíos, pues el año 2015 el precio de los metales significativos para Chile tuvo una pronunciada caída. El precio del cobre cayó en un 20% desde un U\$3,11 por libra promedio el 2014 a U\$ 2,5 por libra en ese año alcanzando al fin del periodo un precio de U\$2 por libra. El molibdeno sufrió una caída del 42%, el oro de 8% y la plata de 18%, siguiendo una tendencia a la baja que empezó hace tres años. El caso del cobre particularmente se explica por la situación sufrida por el mercado asiático y la incertidumbre sobre sus cifras. Junto con ello la invariante demanda de los otros consumidores de cobre que aún no pueden recuperar sus economías han impedido un crecimiento en el precio del cobre. El ritmo de producción del cobre a nivel mundial ha seguido el nivel esperado. Este panorama se ha mantenido durante el trimestre del 2016 y la constante situación de la economía china mantiene perspectivas pesimistas hasta el año 2018.

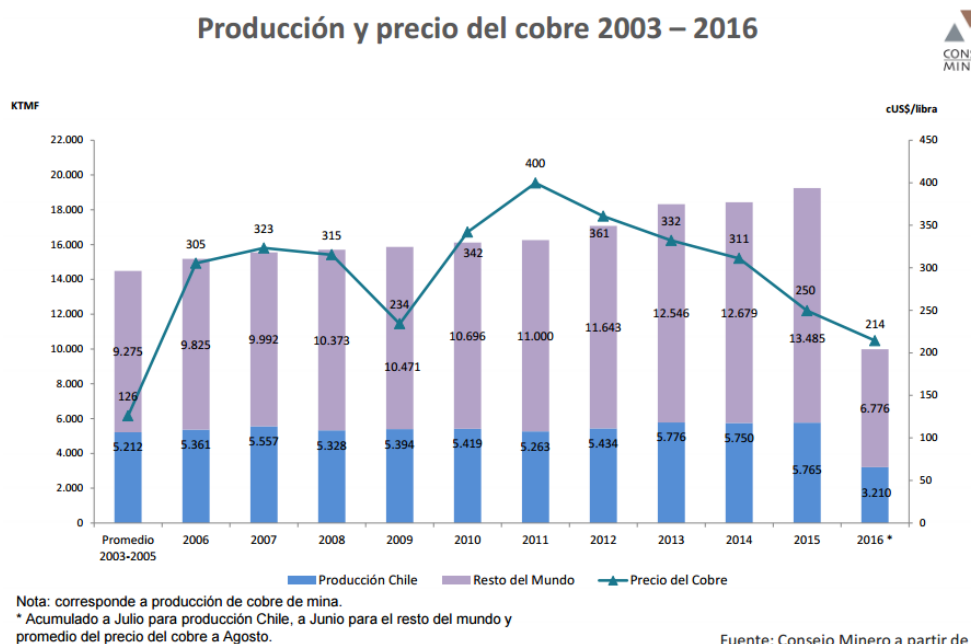


Grafico 1: Producción y Precio del Cobre

El año pasado la producción de cobre fue de 5,76 millones de toneladas, quedando bajo los 6 millones que se pronosticaban a comienzos del mismo año y aún más bajo a los 6,2 millones que se pronosticaban a inicios del 2014. Dentro de las principales faenas no se encontró un patrón común que explicara los motivos en las bajas productivas, sin embargo debido a la baja en la calidad de los recursos en las operaciones actuales ha llevado a realizar pronósticos de una producción plana para el año 2016 de donde el logro de las metas propuestas dependerá principalmente de los aportes en los nuevos proyectos. Esta situación se torna bastante preocupante al saber que el monto total invertido en proyectos en ejecución en 2015 de un total de 15 mil millones de dólares es menor al año anterior. Junto con ello el monto de proyectos en estado de evaluación, o que aún no cumplen la decisión de inversión, también tuvo un declive desde 48 mil millones a solo 36 mil millones de dólares, principalmente debido a que los proyectos que pasaron de evaluación a ejecución no fueron reemplazados por nuevas iniciativas.

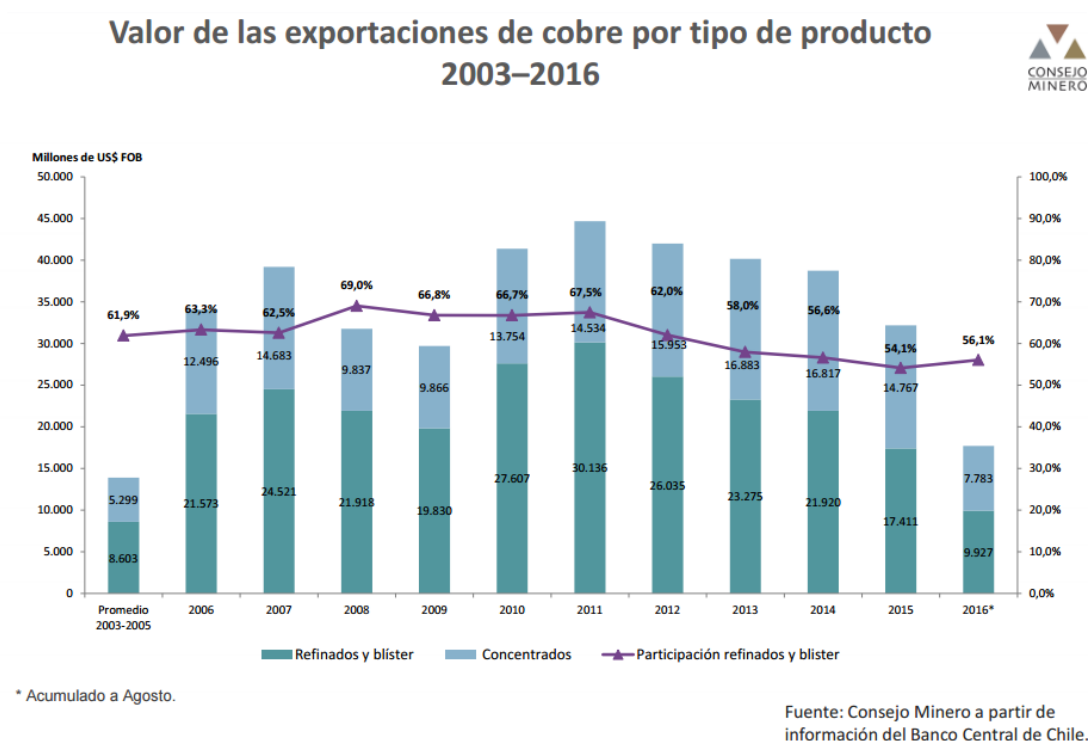
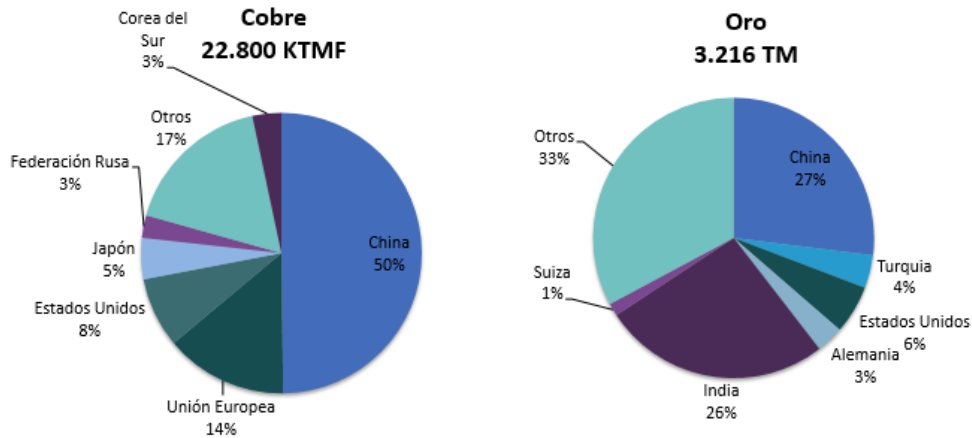


Grafico 2: Exportaciones de Cobre

La marcada caída en los precios de los metales provocó una repentina e intensa necesidad de optimización para la Gran Minería, donde inclusive grandes faenas se vieron obligadas a disminuir su nivel de producción con tal de disminuir el impacto producto de las bajas en los precios de los metales. El empleo dentro de la minería disminuyó desde 242 mil personas en 2014 a 219 mil personas en 2015, las exportaciones disminuyeron un 17% desde 42 mil millones de dólares a 35 mil millones de dólares. Las empresas han concentrado en controlar los costos, es por ello que existe una marcada baja en los niveles de producción.

En el ámbito regulatorio, salvo por la reforma tributaria que modificó la estabilidad del impuesto específico a la minería no hubo cambios significativos, sin embargo hubo alteraciones no inmediatas en factores importantes que afectan a la minería. La energía, el agua, el capital humano y el medio ambiente plantean nuevos desafíos para la minería que deben ser considerados en las estrategias que las empresas mineras tomarán para los próximos años.

Consumo mundial de cobre y oro por país 2014



Fuente: Consejo Minero a partir de información de Cochilco y World Gold Council.

Grafico 3: Consumo Mundial de Cobre y Oro

La situación actual de la minería plantea una gama variada de dificultades, sin embargo el potencial minero de Chile es altísimo. Actualmente debido a factores como la incertidumbre en los mercados asiáticos y la inestabilidad de la economía europea, la minería nacional se encuentra en un periodo de recesión que puede enfrentarse oportunamente con una gestión apropiada de los proyectos en carpeta y tener una visión a futuro de la industria.

4.- Marco Teórico

4.1.- Fundamentos Básicos

4.1.1.- Proceso de Extracción de Mineral de Cobre

El cobre es más común en la corteza terrestre en forma de minerales sulfurados, la concentración de estos minerales en una masa de concentrado es baja, siendo de alrededor de una ley de 0,5% para minas de rajo abierto y entre 1 o 2% para minas subterráneas. El mineral puro de cobre se produce mayormente de estos minerales mediante concentración, fundición y refinamiento.

El cobre también suele encontrarse en menor concentración en forma de minerales oxidados. El cobre es usualmente producido a partir de estos minerales mediante lixiviación, extracción por solventes y electroextracción. Estos procedimientos también se utilizan para tratar algunos tipos de sulfuros.

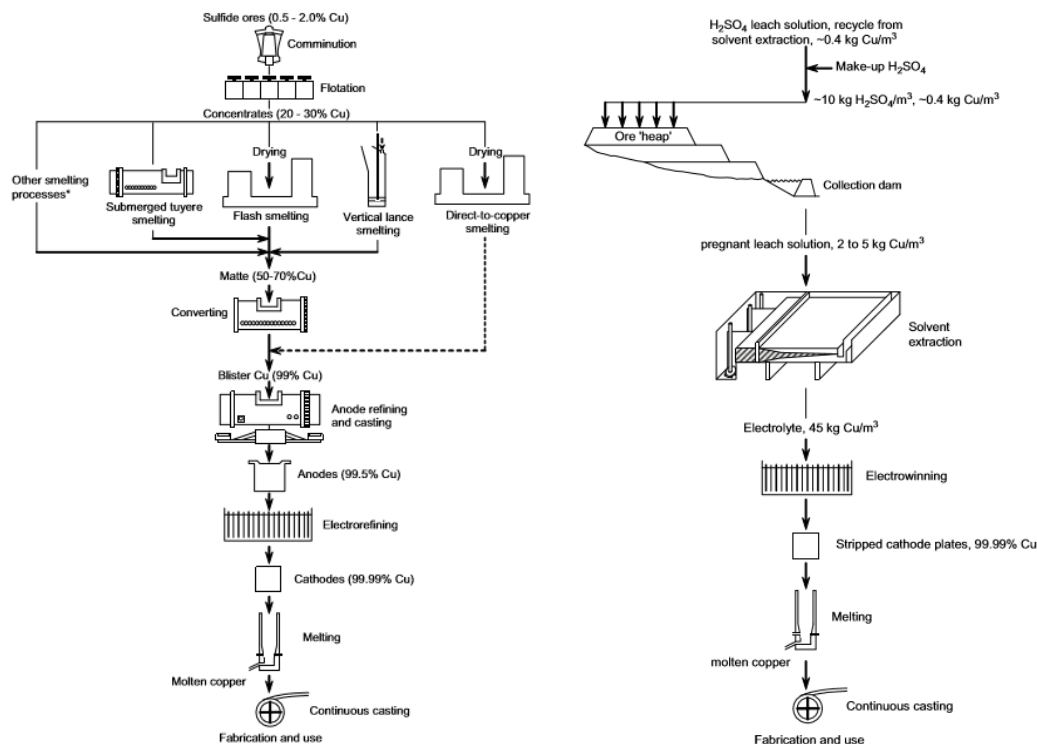


Figura 1: Diagrama de flujo del proceso de extracción de mineral de cobre

4.1.1.1.- Procesos de Extracción de Minerales Sulfurados

Un 80% del cobre el mundo se obtiene de minerales sulfurados, su proceso de extracción de se realiza a través de concentración donde se busca aislar los sulfuros de cobre lo más posible del resto de los minerales para posteriormente fundirlos. Esto debido a que realizar una fundición inmediata implicaría un altísimo costo energético.

Conminución

El proceso de extracción comienza con la conminución, proceso donde las rocas de mineral de tamaño de partícula variado se llevan de gruesos a finos con el propósito de poder ser ingresados al proceso de flotación y facilitar la separación de los sulfuros de cobre del resto de los minerales mediante los métodos físico-químicos.

Este proceso se divide en tres etapas:

Extracción: El primer paso es donde el mineral se extrae de la mina contenido en grandes rocas de distintos tamaños de partícula que se obtienen a través de la excavación con maquinaria pesada o voladura dentro de la faena y se transportan a etapas posteriores. El tamaño de partícula de las rocas obtenidas de este proceso va desde 1 milímetro hasta más de un metro de diámetro.

Chancado: En esta etapa se utilizan equipos para reducir el tamaño de las rocas para facilitar su transporte fuera de la mina, su almacenamiento y para ser traspasado al proceso siguiente. En esta etapa se busca lograr un tamaño de partícula de $\frac{1}{2}$ pulgada, que se alcanza en tres etapas de chancado, el chancado primario que reduce las rocas a un máximo de 8 pulgadas, el chancado secundario donde se logra un máximo de 3 pulgadas y finalmente el chancado terciario donde se logran la $\frac{1}{2}$ pulgada esperada. Los equipos utilizados en esta etapa logran la reducción a través de elementos mecánicos que reducen el espacio entre ellos hasta el tamaño de partícula esperado aplicando una fuerza de compresión que produce la ruptura de las rocas y solo permite el paso de partículas de tamaño inferior al esperado.

Molienda: En esta etapa es donde se obtiene la pulpa que se utiliza en los procesos de flotación. Para que ellos puedan ser realizados es necesario que los granos de mineral puedan llevarse al tamaño de partícula máximo de 180 micrones. En la molienda, se utilizan grandes equipos rotatorios de forma cilíndrica para reducir el tamaño a través de bolas o barras que pulverizan las rocas obtenidas del proceso de chancado. En esta etapa al material se le agrega cierta cantidad de agua y reactivos para formar una pulpa que se utiliza en el siguiente proceso de flotación. Existen no obstante dos formas diferentes de molienda la molienda convencional y la molienda SAG.

Molienda Convencional

La molienda convencional se realiza en dos etapas, pudiendo utilizar un molino de bolas y uno de barras o solo molinos de bolas como son las plantas más modernas. En este sistema de molienda los equipos rotatorios lanzan las bolas o barras que caen sobre el mineral de cobre de forma reiterativa pulverizándolo y llevándolo al tamaño esperado. El mineral puede mezclarse con agua en ambos procesos de manera de lograr una molienda uniforme.

Molienda SAG

En este tipo de molienda se utilizan los Molinos SAG (o SemiAutóGenos) que pulverizan el material gracias al actuar del mismo material junto a cierto número de bolas de acero. Funcionan bajo el mismo principio que los molinos convencionales lanzando las partículas y bolas de acero en caída libre producto del giro del molino, logrando un efecto de chancado y molienda conjunto. Gracias a ello mineral es recibido directamente del chancado primario, produciendo el mismo resultado en un proceso de menor complejidad. Posterior al proceso de molienda el mineral es llevado a un harnero que lleva las partículas pequeñas de tamaño adecuado a un molino de bolas y los más gruesos son introducidos en un Chancador de cono y reprocesados en el molino SAG.

Posterior a la molienda es importante asegurarse que las partículas son lo suficientemente finas para llevarlas al proceso de flotación. Es por ello que suelen utilizarse métodos de segregación que separan las partículas finas de las pequeñas y hacen recircular las partículas pequeñas en el molino para tener el tamaño de partícula adecuado. Una vez hecho esto lleva el concentrado al siguiente paso.

Flotación

La flotación es uno de los procesos más efectivos para aislar el mineral del cobre del resto de los minerales. En este proceso produce que el mineral de cobre se adhiera selectivamente a burbujas de aire que se alzan sobre la pulpa de minerales finos disueltos en agua. Para que la flotación selectiva sea llevada a cabo se utilizan reactivos que producen que los minerales de cobre sean hidrófobos, de esta manera los minerales de cobre son levantados a través de las burbujas y el resto se mantienen disueltos en agua. Gracias a este proceso se logran concentraciones de aproximadamente 30% de cobre.

El proceso se lleva a cabo en equipos llamados celdas de flotación donde se hace burbujear aire constantemente para que el proceso sea intensivo. De forma opcional suelen utilizarse agitadores, previo al proceso de flotación para acondicionar la pulpa.

Este proceso se lleva a cabo en cuatro distintos tipos de celdas:

- Celdas Desbastadoras (Rougher): Estas son las celdas que reciben la pulpa directamente del proceso de molienda y se obtiene el concentrado primario que debe ser tratado nuevamente debido a que contiene impurezas.
- Celdas Recuperadoras (Scavenger): Estas celdas reciben los desechos de las celdas desbastadoras y hacen flotar el resto de los sulfuros que no fueron extraídos en el concentrado primario. Este producto se lleva de vuelta a las celdas devastadoras debido al alto nivel de impurezas.
- Celdas de Limpieza (Cleaner): Estas celdas se utilizan para quitar la mayor cantidad de las impurezas de las espumas provenientes de las celdas desbastadoras.
- Celdas de Re-Limpieza (Re-Cleaner): Estas celdas se utilizan para limpiar la espuma proveniente de las celdas de limpieza.

Posterior al proceso de flotación un 75% del concentrado es agua, esta debe ser removida y para hacerlo se lleva a Espesadores que retiran por sedimentación la mayor cantidad de mineral posible del concentrado. Esa agua es llevada a filtros para ser recuperada y reutilizada.

Fundición

El concentrado de cobre con ley de 30% es sometido a procesos Pirometalurgicos en hornos grandes a altas temperaturas con el objetivo de transformarlo en cobre metálico y separarlo de otros minerales como fierro, azufre, sílice, entre otros. Existen distintos tipos de hornos para realizar este proceso, el horno reverbero o tradicional y el convertidor modificado que permite realizar fundición y conversión en una sola operación.

El primer paso es realizar un muestreo de los concentrados, clasificarlos según humedad y concentración de cada mineral. Una vez ya clasificados se almacenan en silos según sus características y desde cada uno se despachan a los hornos de fundición requeridos.

En la fundición se lleva el concentrado a estado líquido, donde los elementos que lo componen se separan según su peso quedando los más livianos e la parte superior del fundido y el cobre que es más pesado queda en la parte más baja. De esta manera la fundición se vacía por vías distintas haciendo posible la separación del cobre del resto de los minerales.

Conversión

La conversión es un proceso de fundición con aire enriquecido en oxígeno lo que produce una remoción de hierro y azufre por la oxidación de estos componentes. El resultado de este proceso es cobre blíster cuya concentración es esta entre 96 y 99%. Para llevar a cabo este proceso el cobre fundido es transferido desde los hornos en grandes bandejas y vertido en el convertidor en una gran abertura que el equipo posee en el centro, el convertidor rota y junto con ello comienza la oxidación a través de inyección de aire al equipo por medio de toberas que se encuentran a lo largo del recipiente, finalmente el cobre y la escoria son retiradas del equipo. De la escoria puede obtenerse un 4 a 8% de cobre por flotación.

Refinación

El cobre obtenido de procesos anteriores puede ya tener usos eléctricos y otros en general, sin embargo contiene cierta cantidad de impurezas que son indeseadas. Existen procesos de pirorrefinación y electrorrefinación para aumentar el porcentaje de pureza del cobre blíster obtenido.

Pirorrefinación

La pirorrefinación se realiza mediante un horno basculante donde se extrae el oxígeno a través de la ignición de algún hidrocarburo que capta el oxígeno del cobre blíster para llevar a cabo combustión y lo transforma en dióxido de carbono que es liberado a la atmósfera. De esta forma se obtienen cátodos de cobre cuya pureza es de 99,5% y es directamente vendida o llevada al proceso de electrorrefinación.

Electrorrefinación

Este proceso aprovecha el proceso de la electrolisis que es aplicado a los ánodos de cobre y permite obtener cobre catódico de 99,99% de pureza. La electrorrefinación se realiza en celdas electrolíticas que son ánodos y cátodos situados de forma alternada hasta tener 30 ánodos y 31 cátodos.

El proceso consiste en hacer pasar una corriente eléctrica por una solución de ácido sulfúrico y agua. El ion sulfato de la solución comienza extrayendo el cobre del ánodo formando una solución de sulfato de cobre denominada electrolito, al aplicar la corriente los componentes se cargan eléctricamente y el anión sulfato es atraído por el ánodo y el catión de cobre es atraído por el cátodo. El anión vuelve a formar sulfato de cobre que se disuelve y repite el proceso anterior. Este proceso es continuo durante 20 días, reemplazando cátodos a los 10 días y los ánodos a los 20 días junto con nuevos cátodos. Los componentes del ánodo que no se disuelven se depositan al fondo de las celdas formando barro anódico que es bombeado y almacenado para aprovechar sus componentes.

4.1.1.2.- Procesos de Extracción Hidrometalurgica

Si bien el 80% del cobre es obtenido por los proceso de concentración de minerales sulfurados, el 20% restante es obtenido en base a procesos hidrometalúrgicos. Estos procesos incluyen los distintos tipos de lixiviación, extracción por solvente y la electroobtención.

Lixiviación

La lixiviación se basa en que los minerales oxidados son sensibles al ataque con soluciones acidas, por lo que se aplica una solución de ácido sulfúrico y agua a estos minerales con el fin de obtener soluciones de sulfato de cobre.

El proceso de lixiviación comienza por el chancado de los minerales oxidados de cobre no deben superar un tamaño de partícula máximo de $\frac{3}{4}$ a $1 \frac{1}{2}$ pulgadas. Con este tamaño es apropiado realizar el proceso de infiltración de la solución acida. Los minerales oxidados de cobres pasan por chancado primario y secundario, eventualmente pasan por un terciario.

El material posterior al chanchado es transportado por correas hacia el lugar donde se formara la pila y durante este traslado el material es sometido a la primera irrigación con la solución de ácido sulfúrico y agua que se conoce como el proceso de curado. En el sector destinado para la pila, el material es depositado ordenadamente formando un terraplén continuo de 6 a 8 metros de altura, esta es la llamada pila de lixiviación. Bajo las pilas se instala previamente una membrana impermeable sobre la cual se dispone un sistema de tuberías que permiten recoger las soluciones que se infiltran a través del material. Con las pilas ya construidas se comienza el riego con la solución de ácido sulfúrico y agua, se mantiene la lixiviación durante un periodo de 45 a 60 días y posteriormente el material restante es retirado y sometido a otro proceso de lixiviación. Las soluciones de sulfato de cobre de 9 gramos por litro son limpiadas en tanques para eliminar partículas sólidas y son llevadas al siguiente proceso de extracción por solvente.

Extracción por Solvente

En esta etapa la solución de sulfato de cobre no posee una concentración adecuada para realizar la electroobtención de metal puro de cobre, por lo que la solución se mezcla con una resina orgánica dentro de un mezclador, que captura los iones de cobre en forma selectiva. De ello se obtiene una mezcla resina cobre y una solución empobrecida en cobre, estas son separadas por gravedad y la mezcla resina cobre es tratada de forma independiente con una solución electrolito que provoca la descarga del cobre desde la resina hacia la solución mejorando la concentración de cobre hasta llegar a 45 gramos por litro, esta es la que se lleva a la planta de electroobtención.

Electroobtención

La electroobtención es un proceso mediante el cual se recupera el cobre desde una solución concentrada de cobre para producir cátodos de 99,99% de pureza. Este procedimiento se realiza en celdas de electroobtención que son estanques rectangulares que tienen dispuestas en su interior placas metálicas de 1 metro cuadrado aproximadamente disueltas en solución. Estas placas corresponden a un ánodo hecho de plomo que es donde ingresa la corriente eléctrica y un cátodo hecho de acero inoxidable que es donde la corriente sale. El cobre en solución es atraído por los polos negativos, que son los cátodos, por lo que se adhiere a la superficie en forma metálica con carga neutra. Este proceso tiene una duración de 6 a 7 días, luego de los cuales se obtienen capas de cobre de 99,99% de pureza en ambas caras del cátodo con un espesor de 3 a 4 centímetros con un peso de 70 a 80 kilogramos por cátodo. Posterior al proceso los cátodos son lavados con agua caliente para remover impurezas y luego son llevados a una máquina despegadora en donde se retiran ambas placas de cobre de manera de reutilizar el cátodo en un proceso posterior.

4.1.2.- Equipos, Componentes y Funcionamiento

4.1.2.1.- Conminución

Chancador

Los chancadores son equipos de grandes dimensiones utilizados para disminuir el tamaño de las rocas de mineral. Funciona mediante una cámara de trituración que aumenta y disminuye su tamaño de forma cíclica produciendo fuerzas de compresión que trituran la roca, permitiendo el paso de material con tamaño igual o inferior al deseado.

Chancador de Cono

Este tipo de chancador posee una cámara de trituración compuesta por un manto y un cóncavo que llevan a cabo la trituración de las rocas mediante el movimiento excéntrico del cono que se acerca al cóncavo reduciendo el espacio de la cámara lo que produce fuerzas de compresión. El movimiento es generado por el eje de potencia que está conectado a un piñón, que en la medida que gira produce un movimiento rotacional en la corona unida al buje excéntrico interior que hace rotar al buje excéntrico exterior. La abertura inferior que posee el sistema es por donde el material es liberado y posee una longitud igual al máximo tamaño de partícula esperado.

Existen cuatro tipos de chancadores de cono:

- Chancador de Cono Compound (o Tipo VSC)
- Chancador de Cono Symons
- Chancador de Cono Hidráulico

Chancador de Mandíbulas

Este equipo utiliza dos mandíbulas, una fija y una móvil para producir la fuerza de compresión. El movimiento de la mandíbula es generado por un motor que conduce el movimiento a una polea que produce la rotación en el eje excéntrico permitiendo que la mandíbula se acerque y se aleje de la mandíbula fija. El sistema está dotado de un sistema de acumulación de energía que permite controlar el movimiento de la parte inferior de la mandíbula y algunas veces regular el tamaño de la abertura inferior del sistema determinando el tamaño de partícula máximo que puede pasar. Los Chancadores de Mandíbulas producen extrusión, frotación y trituración para que las rocas disminuyan gradualmente su tamaño.

Existen tres tipos de Chancador de Mandíbula según la posición del pivote de la mandíbula móvil:

- Chancador de Mandíbula Superior (o Blake)
- Chancador de Mandíbula Inferior (o Dodge)
- Chancador de Mandíbula Intermedio (o Universal)

Chancador de Rodillo

El Chancador de Rodillos (o High Pressure Grinding Rolls) es un sistema que reduce el tamaño de rocas mediante dos rodillos que giran en sentidos opuestos, donde uno de ellos está en una base fija y el otro se mantiene flotante para absorber cargas irregulares, lo que permite evitar pérdidas de tiempo por torceduras en el sistema. Este equipo posee cilindros hidráulicos que aplican una altísima presión al sistema causando que exista trituración entre las partículas a medida que las rocas atraviesan los rodillos.

Chancador de Impacto

A diferencia de los sistemas anteriores estos equipos utilizan el impacto en vez de la presión para triturar el material. Los Chancadores de Impacto utilizan martillos dispuestos en un rotor giratorio que golpean las rocas a altas velocidades y las impulsan hasta que colisionan con las placas de impacto que posee el sistema, hasta que se alcanza el tamaño deseado.

Dependiendo de la forma en que esté dispuesta el rotor existen dos tipos de Chancador de Impacto:

- Chancador de Impacto de Eje Vertical (Vertical Shaft Impactor)
- Chancador de Impacto de Eje Horizontal (Horizontal Shaft Impactor)

Molino

El molino es un equipo utilizado para llevar materiales desde un tamaño de partícula medio a finos para facilitar procesos de tratamiento posteriores. Estos sistemas son estructuras cilíndricas grandes dotadas de movimiento rotativo que utilizan algún elemento triturador, normalmente de acero, que produce la reducción del tamaño del mineral.

Molino de Bolas

El Molino de Bolas es un cilindro de fundición con bolas de acero en su interior, que pulveriza minerales producto del movimiento rotacional que agita estas bolas de acero, produciendo que estas impacten y desgasten el material hasta llevarlo al tamaño deseado. Los Molinos de Bolas giran a velocidades bastante bajas para poseer un torque elevado, es por ello que son impulsados por un motor eléctrico conectado a un reductor de velocidad que gracias a un sistema de engranajes producen un movimiento rotacional sobre una corona que rodea al manto logrando que la estructura gire a bajas revoluciones. Los molinos de bolas poseen en sus tapas los sistemas de alimentación y descarga del material.

Molino de Barras

El Molino de Barras es un cilindro de fundición muy similar al Molino de Bolas, que en su interior posee barras que se agitan mediante la rotación del sistema produciendo el desgaste y pulverización del mineral. Son sistemas muy similares a los Molinos de Bolas por lo general y poseen el mismo sistema de potencia, sus diferencias radican principalmente en la forma de las tapas y dimensiones.

Molino SAG

Un Molino SAG es un cilindro de mayor diámetro y menor largo que los de molienda convencional, que aprovecha la dureza del mismo material que se está procesando para realizar la reducción de tamaño. Este molino levanta las rocas de mineral a través del movimiento rotacional para arrojarlas en caída libre sobre el mismo triturando las rocas hasta llevarlas al tamaño adecuado. Utiliza también bolas de acero, en menor cantidad para obtener el tamaño de partícula deseado.

Existen dos accionamientos para estos sistemas el piñón-corona y el motor anillo-cicloconvertidor. El piñón-corona es el mismo sistema que utilizan los molinos de bolas, pudiendo en este caso utilizar uno o dos motores para impulsar el sistema. El sistema anillo-cicloconvertidor o GMD (Gearless Mill Drive) utiliza un motor anillo, que es un motor síncrono de gran tamaño, cuyos polos se ubican en la unión de las tapas del molino con el cilindro convirtiendo el cilindro en el rotor del sistema y el estator se instala alrededor del cuerpo del molino. El motor en este sistema se alimenta con una serie de transformadores y un cicloconvertidor estático de frecuencia. En este sistema el torque en el molino es producido por el campo magnético creado por el motor anillo lo que produce menores pérdidas por fricción.

4.1.2.2.- Filtración

Los filtros se utilizan para separar los sólidos en suspensión del agua utilizada en los procesos de obtención de cobre. Esto se realiza con el propósito de recuperar y reutilizar esta agua. Comúnmente estos sistemas funcionan forzando al fluido a pasar por una tela filtrante que separa el material particulado del fluido.

Filtros de Placa

Los Filtros de Placa o de Prensa, son un sistema de filtración por presión que consiste en una serie de placas y marcos alternados por tela filtrante a cada lado de las placas que junto a un sistema hidráulico separa el agua de los sólidos.

El funcionamiento del sistema comienza con dos pistones hidráulicos que presionan las placas fuertemente, mediante bombeo se introduce la pulpa al sistema donde las telas retienen los sólidos suspendidos en el agua. Posterior a ello se presurizan las placas para liberar los sólidos restantes dentro de la cámara de filtrado, se introduce aire para secar los sólidos dentro de las placas y con un sistema de aire comprimido se eliminan restos de la pulpa que existan en las tuberías. Los cilindros se despresurizan y se liberan los sólidos secos obteniendo mediante canales ubicados en cada placa el agua libre de residuos.

Filtros de Banda

El filtro de banda es un equipo donde la filtración se produce aplicando presión entre la pulpa y una tela filtrante con forma de banda con cierto largo. Existen filtros de bandas con rodillos en donde la filtración se logra pasando la pulpa entre telas filtrantes en forma de banda por un sistema de rodillos para extraer el agua. En estos sistemas la pulpa se distribuye sobre una tela filtrante tensada para luego ser cubierta por otra tela filtrante que ingresa dentro de un sistema de rodillos que produce la extracción del agua que es acumulada en distintos puntos de captación dentro del equipo.

Filtros de Disco

Los filtros de discos son sistemas que poseen elementos filtrantes apilados uno al lado del otro donde el cuerpo de filtrado tiene una forma cilíndrica anular con un canal de flujo cilíndrico central que se extiende axialmente a lo largo del cuerpo del filtro. La pulpa es introducida por el canal central y pasa a los elementos filtrantes a través de ranuras. Algunos de estos sistemas pueden rotar y están dotados de distintos mecanismos que mejoran la calidad de la filtración.

4.1.2.3.- Flotación

Agitadores

El agitador o acondicionador es un equipo que tiene un tanque, generalmente metálico de fondo plano y superficie abierta que cuenta con un sistema de agitación con un hélice, que se utiliza para mantener sólidos en suspensión y de esa manera preparar la pulpa de mineral para que esté lista para entrar en procesos de flotación y reducir el tiempo que la mezcla pase en ese proceso. Estos sistemas funcionan a bajas velocidades de rotación, entre 40 y 60 revoluciones por minuto por lo que ocupan un sistema de reducción de velocidad para lograr las condiciones de operación.

Un agitador está compuesto por un eje con uno o dos hélices, una caja reductora, un motor eléctrico como unidad de potencia, ductos de alimentación y descarga. En la estructura cuentan con un puente metálico donde se ubican el motor y su reductor, en el tanque de acero que puede tener algún tipo de revestimiento tiene baffles, que son una especie de escamas utilizadas para mejorar el comportamiento fluodinámico de la pulpa, mejorar el mezclado y también el tiempo de residencia.

La cantidad de hélices que tenga el sistema va a depender de la pulpa y el uso que tenga el equipo, por lo que esos detalles deben ser considerados al momento de diseñar uno de estos sistemas. En el caso que el equipo tenga dos hélices los elementos logran dinamizarse más ya que uno de ellos impulsa la mezcla hacia arriba y el otro hacia abajo.

Celdas de Flotación

Una celda de flotación se define como el equipo utilizado para efectuar el proceso físico-químico que permite la separación de los minerales sulfurados de cobre de otros elementos como el molibdeno o el resto de minerales que componen la roca. Consiste en tanques de sección rectangular o cilíndrica dispuestas en bancos de un cierto número de celdas dotadas de un mecanismo de agitación.

Existen tres tipos de celdas de flotación

- Mecánicas
- Neumáticas
- Columnas

En las celdas de flotación se trata la pulpa proveniente de la molienda que ya posee los reactivos necesarios para el proceso. Desde el fondo de las celdas se introduce aire produciendo burbujas que arrastran consigo los minerales sulfurados hacia la superficie donde rebasan el borde y se conducen a través de canaletas al siguiente proceso.

4.1.2.4.- Segregación

Harneros

Los harneros son equipos que transportan materiales separando el material por tamaño de partícula y distribuyéndolo a distintos procesos según sea requerido. Estos equipos desplazan el material mediante vibraciones y gravedad principalmente, deslizándolo hacia su objetivo de manera muy similar a los alimentadores. La separación por tamaño de partícula se realiza mediante mallas con aberturas de distintas dimensiones según sea el tamaño de partícula admitido y puede realizarse en más de un nivel según sea la necesidad.

Los componentes principales de estos sistemas son similares a los de los alimentadores, poseen un motor, un sistema de amortiguación y una bandeja que posee un sistema de separación de finos que puede poseer uno o más niveles. El sistema de separación puede ser mallas, rejillas, barras, entre otros.

Existen distintos tipos de harneros según el movimiento que poseen:

- Harneros Estáticos
- Harneros Vibratorios
- Harneros Giratorios

Hidrociclones

Los Hidrociclones son equipos utilizados para separar distintos elementos que se encuentren en distinta concentración y posean distintas propiedades. Estas separaciones pueden ser sólidos de líquidos, sólidos de sólidos, líquidos de líquidos y líquidos de gas. El hidrociclón es un manto cónico adherido a uno cilíndrico con una entrada tangencial para la alimentación, una abertura en la parte superior para el elemento diluido y una abertura en la parte inferior para el elemento concentrado.

En los Hidrociclones, el material es bombeado bajo presión hacia él a través de un tubo de alimentación, el material fluye en un patrón helicoidal desde la parte amplia superior hasta la parte inferior más estrecha finalizando en un flujo ascendente que sale por la abertura superior. Las partículas más densas tienen demasiada inercia para seguir la curva ascendente, por lo que caen hacia la parte baja del equipo y son retiradas. Las partículas menos densas son liberadas por la abertura superior del equipo.

4.1.2.5.- Transporte

Alimentadores

Un alimentador es un dispositivo que usa para transportar materiales a cierta distancia, generalmente no muy extensas, e introducirlos a un proceso o a una máquina. Estos sistemas suelen utilizar vibraciones y gravedad para llevar materiales sólidos a granel desde un proceso a otro.

Los alimentadores se clasifican básicamente según la posición donde se encuentra la unidad de potencia y el tipo de motor que utilizan. Los sistemas de impulso más comunes empleados para producir el movimiento son el electromecánico y el electromagnético. En el sistema electromecánico se utiliza un motor vibratorio, que es un motor eléctrico con pesos excéntricos que producen desbalanceo y por ende la vibración en la bandeja. El otro sistema utilizado es el electromagnético, donde se atrae la bandeja de forma alterna por un electroimán y llevada a la posición opuesta por un resorte de ballesta instalado entre el electroimán y la armadura de la estructura, este movimiento se repite de forma cíclica y produce la vibración del material.

Comúnmente los alimentadores tienen la bandeja que recibe el material sólido, un sistema de amortiguación en el que están montadas y poseen el mecanismo vibratorio que genera el movimiento de vaivén, que junto a la gravedad impulsa el material hasta el lugar deseado.

Bombas

Una bomba es un dispositivo utilizado para impulsar fluidos mediante la adición de energía a este, aumentando su presión y permitiendo el movimiento del fluido de una zona de menor presión a una de mayor o de una zona de menor altitud a una mayor. En la minería las bombas son utilizadas para transportar el concentrado con alto contenido de agua en procesos de espesamiento, flotación, filtrado entre otros.

Las bombas se clasifican según su principio de funcionamiento en bombas volumétricas y bombas rotodinámicas. Las bombas volumétricas realizan el aumento de presión producto del empuje llevado a cabo por el cambio de volumen que sufren las paredes de las cámaras de la bomba. En este tipo de maquina el mecanismo propulsor genera un volumen dado o cilindrada. Por otro lado, las bombas rotodinámicas funcionan bajo el principio de intercambio de cantidad de movimiento entre la máquina y el fluido por las propiedades hidrodinámicas.

- Bombas Centrifugas

La bomba centrifuga es una maquina rotativa donde el flujo y la presión son generados de forma dinámica. Estos sistemas transforman la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o en presión para un fluido. En una bomba centrifuga el fluido entra por el centro del rodete que posee unos alabes para conducir el fluido, que por efecto de la fuerza centrífuga es expulsado hacia el exterior donde es guiado por la carcasa hacia la dirección deseada. Las partes principales de una bomba centrifuga son el motor, el impulsor, la carcasa, los rodamientos, la boquilla de descarga, la boquilla de succión y los sellos que impiden que existan fugas.

4.1.2.5.- Tratamiento

Aglomeradores

Los Aglomeradores son equipos destinados a la aglomeración de minerales de granulometría media y fina en seco a través de la aportación de reactivos líquidos que producen aglomerados uniformes que permiten elevar el rendimiento extractivo de la lixiviación. Esto debido a que mejoran la percolabilidad del mineral y aumentan la superficie de contacto con la solución lixivante. Estos sistemas son especialmente utilizados en tratamientos de cobre y oro.

Un aglomerador posee un sistema de accionamiento que consiste en ruedas de transmisión directa provista de neumáticos comerciales de alta capacidad de carga y duración. El conjunto de ruedas guía evita el desplazamiento axial del cilindro y va montado sobre una robusta bancada construida en perfiles laminados provista de un dispositivo de inclinación que varía entre 0 y 10 grados. Posee un cilindro de acero robusto que se reviste interiormente con elastómero vulcanizado.

El cilindro aglomerador posee barras elevadoras de sección rectangular espaciadas adecuadamente para que con el giro del cilindro se genere un movimiento rotativo del material, que junto con la humectación de los reactivos aportados en la zona de alimentación se produce el aglomerado uniforme y consistente. Las características del aglomerador son estudiadas para cada caso.

Espesadores

Un espesador sirve para espesar el material retirando el agua de la pulpa y trabajando bajo el principio de sedimentación, logrando que los sólidos se vayan al fondo del tanque. Se utilizan en los procesos finales de plantas concentradoras para espesar los concentrados y llevarlos a la etapa de secado con el objetivo de tener un menor contenido de humedad en la etapa final reduciendo el gasto energético.

En este equipo la pulpa ingresa al tanque, el sistema separa los líquidos de los sólidos para descargarlos por la parte inferior. El mecanismo de giro es muy lento de manera que una vuelta se realice cada 12 o 13 minutos, de esta manera los sólidos comienzan a sedimentarse. Estos equipos utilizan un floculante para optimizar el desarrollo y resultado del proceso.

Este sistema está conformado por un tanque de acero con fondo de embudo cuyo largo depende de la cantidad de fluidos que se quieran recuperar, un reductor de velocidad que no solo disminuye la velocidad de giro sino que también aumenta el torque al fondo del tanque, posee un motor hidráulico que impulsa el sistema de rotación, un eje con rastras de acero que tienen una especie de aletas que tienen el objetivo de llevar los sólidos hacia el centro del espesador, tienen instrumentos que indican el torque y un puente destinado a poder realizar el mantenimiento del sistema.

Existen tres tipos de Espesadores:

- Espesadores High Rate Thickeners o HRT.
- Espesadores High Compression Thickeners o HCT.
- Espesadores Paste Thickeners o PT.

Los tres funcionan con el mismo principio, sin embargo varían en la profundidad de la concavidad y por ende producen sólidos de mayor densidad que recuperan mayor cantidad de agua.

4.2.- Estado del Arte

4.2.1.- Proceso de Remanufactura

La economía circular es un concepto que tiene como objetivo lograr que el valor de materiales, recursos y productos se mantenga durante el mayor tiempo posible en la economía, reduciendo costos y generación de residuos. Se basa primordialmente en cerrar el ciclo de vida de los bienes reingresándolos a los procesos productivos una vez que su periodo funcional llega a su fin para aprovechar los elementos que aun poseen valor. Esta economía en particular reduce el ritmo de agotamiento de los recursos naturales debido a la reutilización de materiales y energías, lo que produce un aumento en la eficiencia del uso de los recursos. Este modelo aplicado a la remanufactura se basa en la reutilización de partes y componentes de equipos que han llegado al fin de su vida útil, siendo utilizados como materiales para fabricar productos con condiciones similares a las iniciales o mejorados.

El proceso industrial de remanufactura consiste en las múltiples etapas que permiten la restauración de un producto desgastado, averiado, obsoleto, al final de su vida útil o en estado de desecho hasta llevarlo a un nivel de operación con calidad igual o superior a los de un producto nuevo ofreciendo al usuario garantía de su funcionamiento. Gran parte de los recursos que se necesitan para la fabricación no forman parte propiamente del producto, como son los consumibles (insumos, energía, agua) e infraestructura (bodegas, maquinarias, programas informáticos), la remanufactura permite recuperar gran parte del valor de un producto en forma de insumos, materias primas, energías y conocimiento aplicados en el producto durante su proceso de diseño y fabricación.

Proceso de Remanufactura

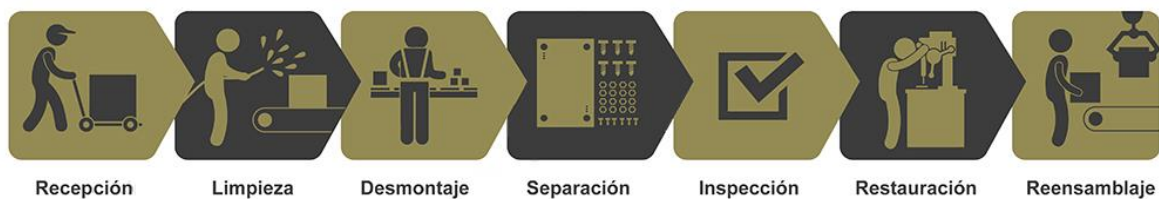


Figura 2: Etapas del Proceso de Remanufactura

El proceso comienza con la recepción del producto, donde él y todos sus componentes son llevados a la planta de acondicionamiento donde se realizarán los procesos posteriores.

En la etapa de limpieza, los componentes se remueven la mayor cantidad de suciedad e impurezas de las superficies para poder mejorar su condición y eliminar cualquier factor que afecte su funcionamiento.

Luego viene la etapa de desmontaje donde el equipo es desarmado en sus componentes para llevar a cabo las inspecciones y restauraciones sobre ellos con mayor facilidad. En esta etapa se realiza además la limpieza en detalle de los componentes.

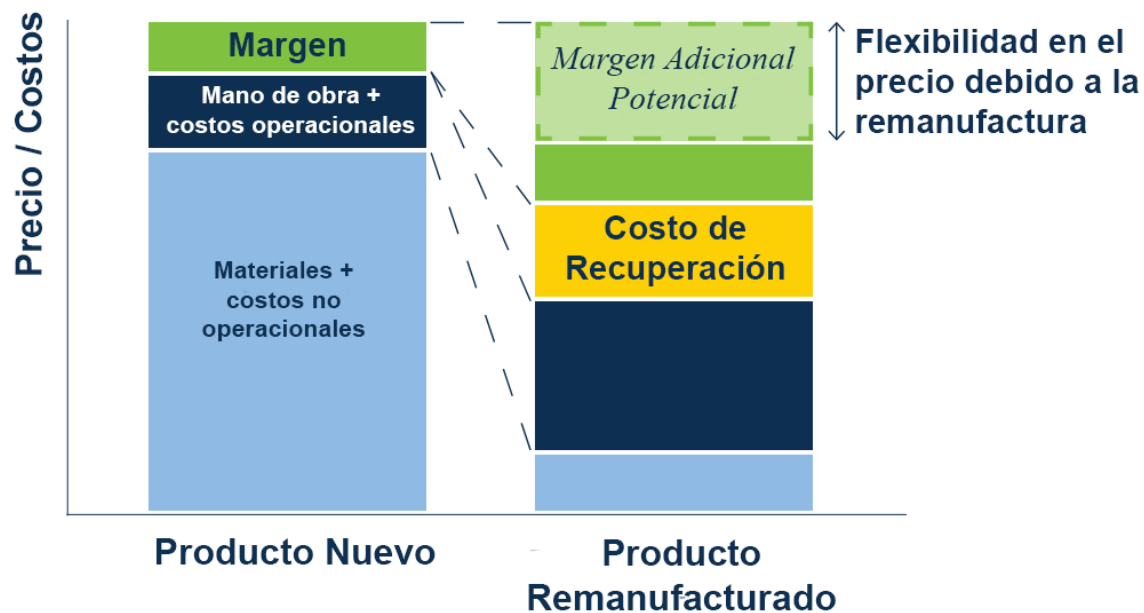
En la etapa de separación, los componentes del producto son clasificados según la parte a la cual pertenecen, para estudiar las condiciones en las que se encuentran y analizar en las siguientes etapas si pueden ser reutilizadas.

En la inspección los componentes son estudiados para evaluar el estado en el cual se encuentran; se decide que partes se pueden ser reutilizadas, se determina las propiedades que deben tener los componentes para que pueda recuperarse la funcionalidad, se desarrolla el proceso de rediseño del equipo para volver a darle su valor, se decide los procesos de reacondicionamiento que se llevarán a cabo y que partes volverán a fabricarse.

En la etapa de restauración todos los componentes que serán reutilizados son reacondicionados mediante los procesos ideados previamente y las partes que se necesitan reemplazar son fabricadas o compradas.

Finalmente en la etapa de re ensamblaje el equipo vuelve a armarse según las especificaciones determinadas, se realiza una revisión del equipo ya constituido para llevarlo a un proceso de pruebas que compruebe su correcto funcionamiento.

Costos de Remanufactura



Fuente: Carbon Trust

Grafico 4: Grafico comparativo entre costos de fabricación

Un producto remanufacturado reduce enormemente el costo asociado a materias primas, energía, insumos y conocimiento requeridos para su diseño, ya que todo ese valor fue entregado al producto durante su primer proceso de fabricación y al ser reutilizado ya posee gran parte de las características esperadas, el beneficio energético es considerable ya que un producto remanufacturado típicamente utiliza 85% menos de energía que un producto nuevo lo que también significa un gran ahorro en emisiones de dióxido de carbono. Los costos de manufactura y gastos generales suelen ser mayores en procesos de remanufactura ya que desarmar el producto, estudiarlo, reacondicionarlo y re-ensamblarlo implica una cantidad de recursos adicionales a los procesos de fabricación estándar, además debe tomarse en cuenta que el conjunto de partes que no pueden reutilizarse deberán ser fabricadas nuevamente.

En el proceso de remanufactura existe un costo adicional asociado a la recuperación del producto (return deposit) desde donde ha sido desechado, normalmente consiste en el pago que se hace para su obtención y para tenerlo disponible para el reacondicionamiento.

Teniendo en cuenta lo anterior el costo de remanufactura de un producto suele ser desde un 40 a 65% inferior al de realizar un producto nuevo lo que permite establecer un precio entre 30 y 40% más bajo al de un producto nuevo. Esta flexibilidad del margen de utilidad permite ser más competitivo en el mercado y alcanzar una preferencia de productos remanufacturados sobre productos nuevos.

Beneficio Ambiental

La remanufactura de productos posee beneficios ambientales significativos reduciendo el uso de materias primas y las emisiones de gases al ambiente. Un producto remanufacturado conserva aproximadamente un 80% del material necesario para ser fabricado, lo que se traduce en un ahorro de materias primas y reducción de residuos. El bajo gasto energético asociado a estos procesos en comparación a un producto nuevo produce una significativa reducción en las emisiones de gases de invernadero.

La siguiente tabla muestra las estimaciones realizadas del ahorro en materias primas y emisiones de carbono en Europa producto de la remanufactura en el año 2009 en miles de toneladas métricas emitida por la Europe Remanufacturing Network.

Sector	Materiales [MT]	CO2 [MT]
Aeroespacial	136	356
Automotriz	902	3298
Equipamiento Eléctrico y Electrónico	150	177
Mueblería	76	131
Maquinaria pesada	855	3458
Maquinaria	35	393
Naviero	15	40
Equipamiento Medico	22	58
Ferrovionario	69	344
Total	2260	8255

Grafico 5: Reducción del Impacto Ambiental Debido a Reman

Estas estimaciones nos permiten observar que la remanufactura permite un ahorro en materiales de fabricación de alrededor de 2.3 millones de toneladas al año junto con evitar que 8.3 millones de toneladas de dióxido de carbono sean liberados al medio ambiente.

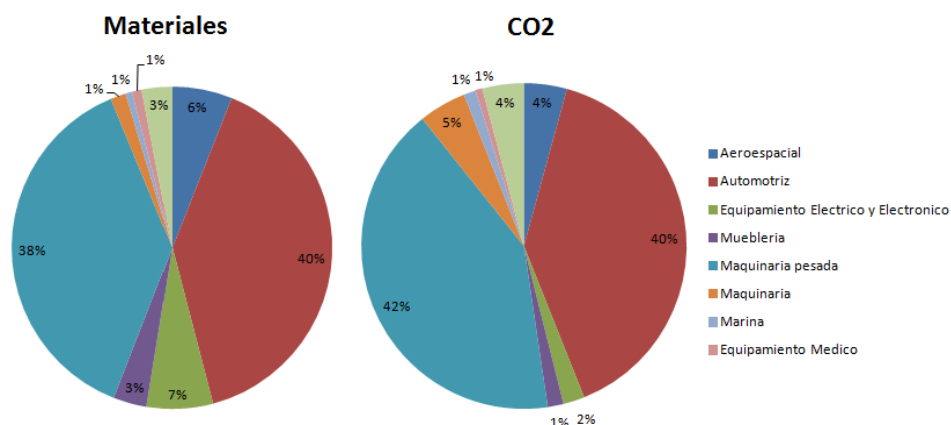
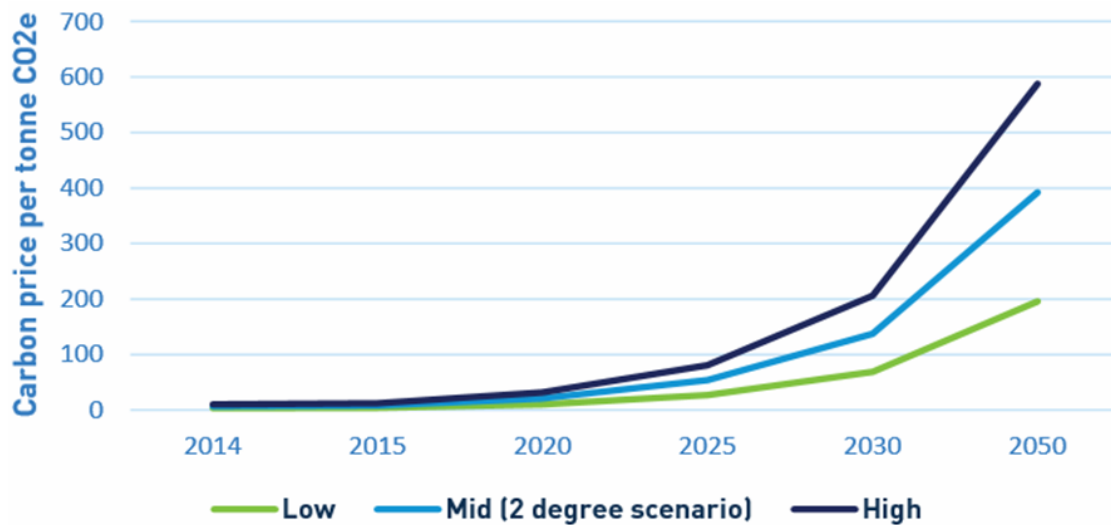


Grafico 6: Porcentaje de Desechos por Rubro

El costo por la emisión de dióxido de carbono está ganando importancia mundial, incluyendo países como China, Brasil, Turquía, entre otros, además de varios estados y provincias de Norte América que están ideando planes de acción frente a esta situación de manera de mantener acuerdo con el ParisCOP21 (Paris Climate Change Conference) de no aumentar la temperatura del planeta más de 2°C. El precio por emisión de carbono llegara a 200 euros por tonelada al año 2030, lo que es muy superior a los 10 euros por tonelada que pagan actualmente. Es cosa de tiempo para que estas políticas comiencen a ser implementadas en nuestro país y se debe tener en consideración que dado el deterioro actual de nuestro planeta es muy probable que los estándares que se implementen sean muy similares a los establecidos en Europa.



Source: UK Department of Energy and Climate Change; Carbon Trust analysis

Grafico 7: Proyección de Emisiones de CO₂

Teniendo en consideración que las futuras legislaciones serán mucho más rigurosas en el tema de las variables medioambientales y que surgirán multas por producción de dióxido de carbono con valores mucho más elevados a las que existen actualmente, la remanufactura puede ser una buena alternativa a tomar en cuenta para anticiparse a estas legislaciones y ganar en competitividad frente a otras empresas.

La remanufactura es una técnica muy favorable en el ámbito de la sustentabilidad, ya que además de favorecer al ritmo de consumo de recursos naturales, reduce el impacto producido por la conversión de estos recursos debido a la disminución de la energía requerida para la transformación de estos elementos.

4.2.2.- Procesos de Fabricación y Acondicionamiento

4.2.2.1.- Mecánica Banco, Mediciones y Ensamble Mecánico

La mecánica de bancos es la encargada de analizar, estudiar y realizar trabajos hechos manualmente como realizar una pieza compleja, lograr un acabado superficial, encajar piezas, realizar ajustes y lograr tolerancias esperadas.

Un procedimiento de medición consiste en el modo de operar un arreglo de medición, como los pasos para medir una cantidad de física determinada. Este procedimiento es necesario para establecer las dimensiones físicas de los componentes y partes que se desconozcan, de manera de poder darle dichas propiedades a las piezas que se utilizaran en los equipos re manufacturados.

Los instrumentos y aditamentos de medición más utilizados son los siguientes,

- Pie de Metro
- Micrómetro
- Compases
- Escuadra
- Goniómetro
- Metros
- Reloj Comparador
- Rugosímetro
- Lainas
- Galgas
- Calibradores
- Bloques Patrón
- Contador de hilos

El ensamble mecánico utiliza diferentes métodos de sujeción para de forma mecánica sostener juntas dos o más piezas. En algunos casos se utilizan componentes adicionales que se agregan durante el proceso de ensamblado para lograr la unión de las piezas. Los métodos de sujeción se dividen en dos categorías principales que consisten en las uniones que permiten el desensamble y las uniones permanentes.

El ensamble mecánico es preferido la mayoría de las veces a otros métodos debido a la facilidad de ensamble, ya que cualquier trabajador con las herramientas adecuadas puede llevarlo a cabo y la facilidad del desensamble que se aplica solo a los casos en que es permitido.

El ensamble entre dos piezas puede ser con holgura o con apriete que en mecánica se les conoce como juego o interferencia respectivamente. Para determinar cómo se quiere realizar esta unión se debe conocer las tolerancias que poseen las piezas, teniendo en cuenta los diámetros máximos y mínimos aceptables de los agujeros y ejes. Para ello existen las siguientes relaciones que permiten determinar el tipo de ensamble,

Juego: En este caso la medida del agujero es mayor a la del eje

- Juego máximo: Diferencia entre medida máxima del agujero y mínima del eje.

$$J_{max} = D_{max} - d_{min} > 0$$

- Juego mínimo: Diferencia entre medida mínima del agujero y máxima del eje.

$$J_{min} = D_{min} - d_{max} > 0$$

Interferencia: En este caso la medida del agujero es menor a la del eje.

- Interferencia máxima: Diferencia entre la medida mínima del agujero y la medida máxima del eje.

$$I_{max} = D_{min} - d_{max} < 0$$

- Interferencia mínima: Diferencia entre la medida máxima del agujero y la medida mínima del eje.

$$I_{min} = D_{max} - d_{min} < 0$$

Donde D es el diámetro del agujero y d es el diámetro del eje

En base a estas relaciones existen tres tipos de ensamble,

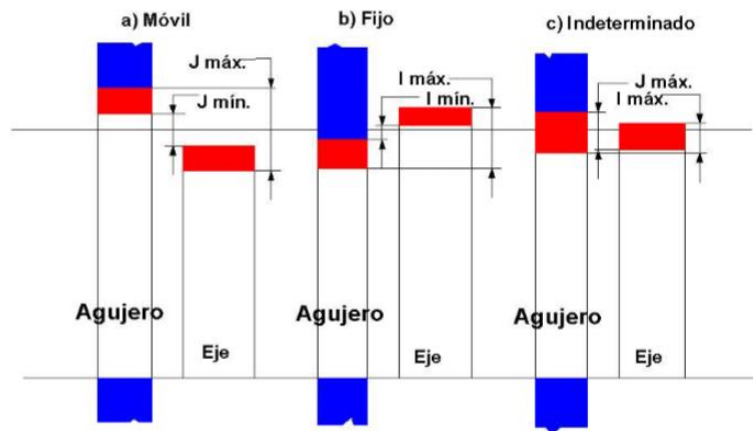


Figura 3: Tipos de ensamble

Existen normas que permiten establecer las dimensiones que deben tener las piezas para lograr el ensamble y estándares para ciertos usos que estos ensambles pueden tener.

Métodos de ajuste basados en interferencia,

Varios métodos se basan en la interferencia mecánica que existe entre las piezas que se van a unir. Esta interferencia ya sea durante el ensamble o después de que se unen las piezas las mantiene juntas.

Ajuste con Prensa

Un ajuste con prensa es aquel donde los dos componentes tienen un dispositivo de ajuste por interferencia entre ellos. El caso típico es cuando un pasador de cierto diámetro se introduce dentro de otro con un diámetro ligeramente menor. Estos elementos son comúnmente usados para localizar y asegurar componentes usados para mejorar la sujeción de sujetadores roscados, servir de punto de pivote para permitir rotación entre componentes y como pasador de corte. Las presiones y esfuerzos de ajuste de interferencia pueden estimarse mediante varias fórmulas aplicables.

Ajuste por contracción y expansión

Estos términos hacen referencia al ensamble de dos piezas que tienen un ajuste por interferencia a temperatura ambiente. Para ensamblar por ajuste por contracción la pieza externa se calienta para agrandarla mediante expansión térmica y la parte interna mantienen su temperatura o se enfría para contraer su tamaño, luego las piezas se ensamblan y se llevan a temperatura ambiente para que las piezas recuperen sus tamaños formando una interferencia fuerte. El ajuste por expansión ocurre solo cuando la pieza interna se enfría y se contrae para un ensamble, una vez que se inserta el componente correspondiente se calienta a temperatura ambiente para crear la interferencia. Los métodos para lograr este ajuste incluyen sopletes, hornos, calentadores por resistencia eléctrica, refrigeración convencional, empackado en hielo seco e inmersión en líquidos fríos.

Ajustes automáticos y anillos de retención

Un ajuste automático implica la unión de dos piezas en las cuales existe interferencia temporal mientras estas son presionados juntos, pero una vez que se ensamblan se entrelazan para conservar el ensamble. Estas piezas por lo general se diseñan para que exista una ligera interferencia después del ensamble. Las ventajas de este sistema incluyen que las piezas pueden diseñarse con características de auto alineación, no requieren herramientas especiales y son de ensamble rápido. El ajuste automático es un método utilizado en procesos de fabricación donde se puede aprovechar la forma que poseen las partes para formar la unión.

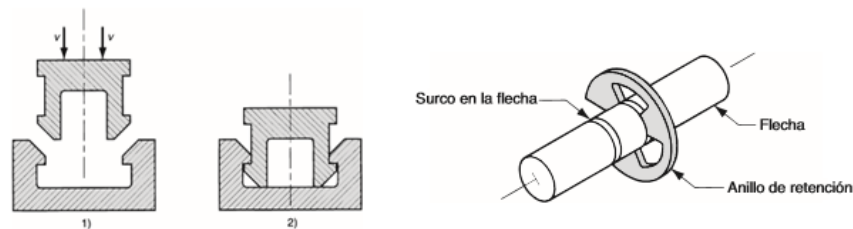


Figura 4: Ajuste Automático y Anillo de Retención

Un anillo de retención es un sujetador que se agarra a presión dentro de un surco que traza una circunferencia sobre una flecha o tubo para formar un hombro. El ensamble puede usarse para ubicar o limitar el movimiento de las piezas montadas sobre la flecha. El anillo de retención se utiliza en casos donde se desea fijar un cilindro sin modificar demasiado la forma de la pieza.

4.2.2.2.- Soldadura

La soldadura es un proceso de unión de materiales en el cual se funden las superficies de contactos entre dos o más piezas mediante la aplicación de calor y/o presión, donde en algunos procesos existe un material de relleno que facilita la fusión. La soldadura proporciona una unión permanente convirtiendo ambas partes en una sola entidad con posibilidades de que la unión soldada sea más fuerte que los materiales originales. La mayoría de las operaciones de soldadura poseen un alto costo de mano de obra, puesto que hay muchos procesos que requieren un alto nivel de experiencia para llevarse a cabo lo que hace que la mano de obra sea escasa. Existen variados tipos de soldadura, sin embargo particularmente para estos procesos se utiliza la soldadura con arco eléctrico.

La soldadura con arco es un proceso de soldadura por fusión en el cual la coalescencia de los metales se obtiene mediante un arco eléctrico formado por un electrodo y el trabajo. El proceso de soldadura por arco comienza acercando el electrodo a la pieza de trabajo, luego el contacto del electrodo se acaba manteniendo una distancia reducida con respecto a la pieza. De esta forma la energía eléctrica produce temperaturas aproximadamente de 5.500°C que pueden fundir cualquier metal y en la mayoría de los casos aportar un material de relleno para formar la unión y fortalecerla.

En la soldadura por arco eléctrico existen cinco tipos importantes a considerar,

Sistema de arco manual

En este proceso se unen dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y un metal base que es el que se desea unir. El electrodo consiste en una varilla metálica núcleo que sirve de metal de aporte, está recubierta por un revestimiento que se gasifica durante la soldadura y protege la soldadura del nitrógeno y el oxígeno.

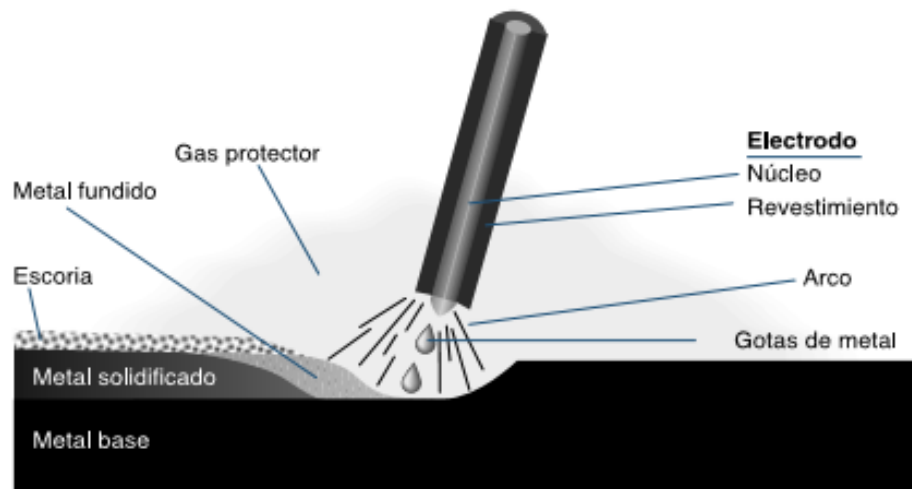


Figura 5: Soldadura mediante sistema de arco eléctrico manual.

Sistema MIG Solido

Es un proceso de soldadura al arco donde la fusión se produce por calentamiento con un arco entre un electrodo de metal de aporte continuo y una pieza, donde la protección sobre la soldadura se logra con la inyección de un gas de forma externa. Este sistema posee alimentación de forma automática y predeterminada del alambre-electrodo hacia el área de trabajo.

Sistema MIG Tubular

Este proceso emplea un fundente que va al interior del alambre conocido como tubular, sin embargo de igual forma operar con o sin ayuda de un gas. La particularidad de este sistema es que el fundente esta al interior del arco que es alimentado de forma continua al proceso de soldadura.

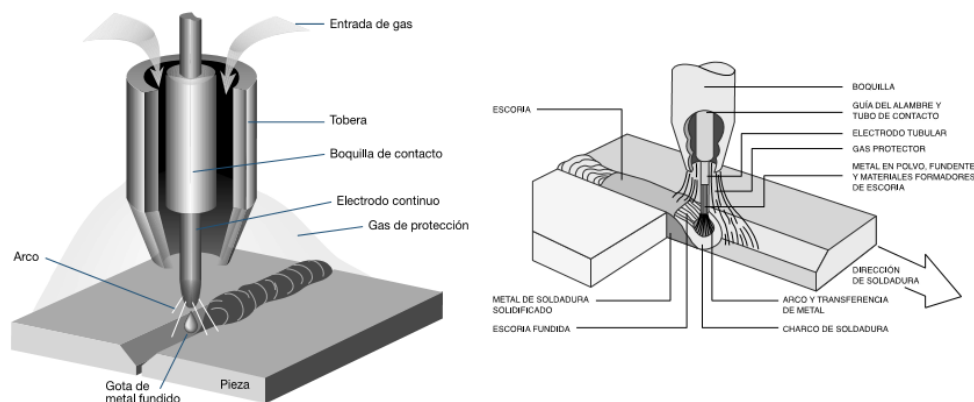


Figura 6: Soldadura MIG Solida y MIG Tubular

Sistema Arco Sumergido

Este es un proceso automático en el cual como indica la figura un alambre desnudo es alimentado hacia la pieza formando un arco que se mantiene sumergido en una masa de fundente, provisto de una tolva que se desplaza delante del electrodo. En este tipo de soldadura el arco es invisible lo que implica que no se necesita el uso de elementos de protección contra la radiación. Este proceso se utiliza cuando se trata de soldar grandes espesores de acero al carbono o de baja aleación.

Sistema TIG

Este sistema posee protección gaseosa y utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado por un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde el metal de aporte es opcional. El gas de protección desplaza el aire para eliminar las posibilidades de contaminación con hidrogeno y nitrógeno. La mejor característica de la soldadura TIG es que entrega alta calidad de soldadura junto con la posibilidad de soldar espesores delgados y metales difíciles de soldar. Las soldaduras TIG son más fuertes, resistentes a la corrosión y más dúctiles que las realizadas con electrodos convencionales.

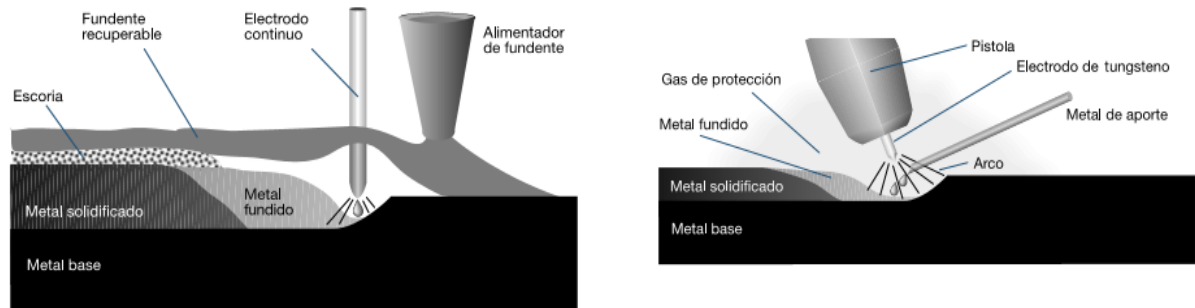


Figura 7: Soldadura de arco sumergido y sistema TIG.

4.2.2.3.- Proceso de Fabricación con Desprendimiento de Viruta

Los procesos de fabricación con desprendimiento de viruta son una familia de operaciones de formados donde el material sobrante es desprendido de un material de trabajo de tal manera que lo que queda es la pieza que se desea conseguir. El maquinado convencional es aquel donde se utiliza una herramienta de corte para arrancar el material mecánicamente hasta alcanzar la forma deseada. Los tres procesos principales son el torneado, el taladrado y el fresado aunque hay operaciones afines como el perfilado, el cepillado, el escariado y el aserrado. Es importante a su vez mencionar que las operaciones de esmerilado y abrasivas caben dentro de esta categoría.

En el torneado se usa una herramienta de corte con un borde cortante destinado a remover material de una pieza de trabajo giratoria para dar forma a una pieza cilíndrica. El movimiento de velocidad del torneado lo proporciona la pieza de trabajo y el avance viene entregado por la herramienta de corte moviéndose lentamente en una dirección paralela a la herramienta de corte.

El taladrado se usa para crear un agujero redondo utilizando una herramienta de corte con dos filos cortantes llamada broca. La herramienta avanza en dirección paralela al eje de rotación dentro de la pieza de trabajo para formar el agujero redondo.

En el Fresado una herramienta giratoria con múltiples filos cortantes se mueve sobre el material para generar un plano o superficie recta. La dirección del movimiento de avance es perpendicular al eje de rotación. Este sistema es inverso al del torno donde el movimiento de velocidad viene dado por la herramienta y el avance viene dado por la mesa donde se ubica la pieza. Hay varias formas de fresado, sin embargo las principales son el fresado periférico y el frontal.

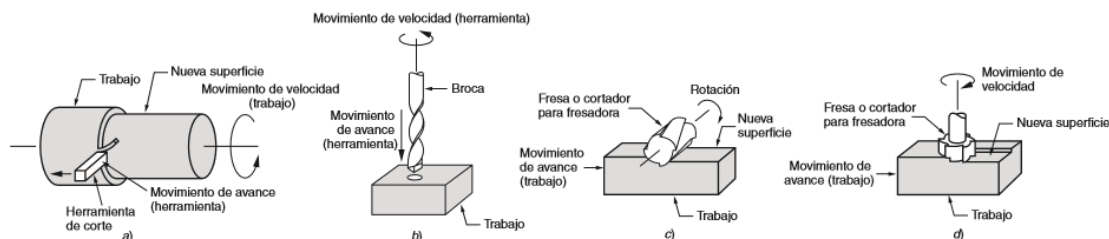


Figura 8: Operaciones de mecanizado

Las operaciones de maquinado se dividen principalmente en dos. La primera de desbaste primario donde se remueven grandes cantidades de material de la pieza tan rápido como será posible con el fin de lograr una forma cercana a la deseada realizándose a altas velocidades de avance con valores típicos de 0,4-1.25 [mm/rev] y profundidades altas con valores típicos de 2.5-20[mm]. La segunda es la operación de acabado que se utiliza para completar la pieza y alcanzar las dimensiones finales cumpliendo las tolerancias y el acabado esperado realizándose a bajas velocidades de avance con valores típicos de 0.125-4[mm/rev] y a bajas profundidades con valores típicos de 0.75-2 [mm].

Para reducir el impacto producido por las altas temperaturas que produce el roce de las piezas en estos procesos se utilizan frecuentemente fluidos de corte para disminuir las temperaturas. La decisión de utilizar o no un fluido de corte, o de cual fluido utilizar va a depender de las condiciones de corte del proceso a llevar a cabo.

4.2.2.4.- Lubricación

El propósito de la lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera de evitar que se produzca daños entre ellas. Se intenta para ello reducir el roce de las superficies al máximo posible por lo que se aplica una película de lubricante con un espesor suficiente para que se evite el desgaste.

La lubricación se suele apreciar en dos casos distintos, las superficies concordantes y las no concordantes. Las superficies concordantes se ajustan muy bien con un alto grado de conformidad geométrica de manera que el desgaste se produce en un área relativamente grande, teniendo que soportar continuamente una carga que va en incremento.

Aplicamos al ejemplo visto en la imagen donde una película de lubricante evita un contacto muy directo reduciendo el desgaste por roce. Las superficies no concordantes consisten en uniones donde las superficies sometidas a desgaste poseen un sistema intermedio que reduce el área de desgaste y por ende la carga sobre las partes.

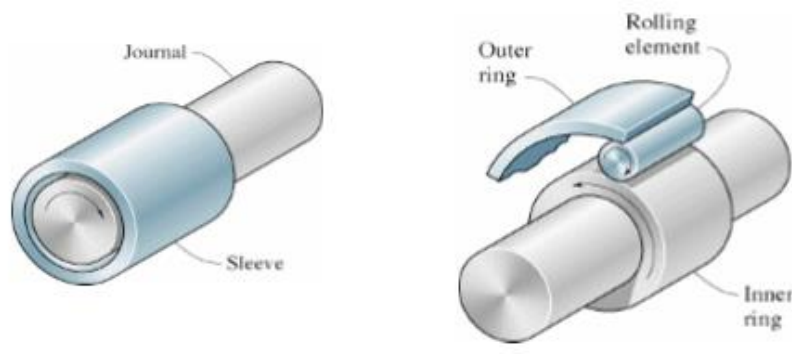


Figura 9: Lubricación concordante y no concordante.

Un sistema de lubricación adecuado y la selección de un buen fluido de lubricación son importantes al momento de diseñar un sistema, por lo que para los procesos de acondicionamiento será importante tomar en cuenta la lubricación.

4.2.2.5.- Granallado y Pintura

El proceso de granallado consiste en la limpieza de una superficie mediante una operación de bombardeo, donde un chorro de partículas abrasivas son lanzadas a alta velocidad contra la superficie. Las partículas antes de chocar con el objetivo poseen una gran cantidad de energía cinética que posterior al impacto sufren una violenta desaceleración transformando parte de esa energía en calor, parte en deformación y finalmente una parte en limpieza. La eficiencia con la que la energía cinética se convierta en un trabajo efectivo de limpieza va a depender de los factores relacionados al ángulo de incidencia del chorro, las características de la granalla y el tipo de impureza a retirar.

Mientras más perpendicular sea el chorro en relación a la superficie de trabajo, mayor será la parte de la energía que se utilizará en el rompimiento de impurezas sueltas, sin embargo esto producirá también una superficie más áspera ya que las granallas también dispondrán de elevada energía para deformar la superficie. Es por ello que deben elegirse inclinaciones adecuadas para cada caso.

Existen diversos métodos para impulsar al flujo de partículas sobre la superficie, donde los más comunes son el impulsado por turbina y el impulsado por aire. En el sistema impulsado por turbina un motor eléctrico impulsa una turbina que produce el flujo de material. En el impulsado por aire se utiliza un sistema neumático que acelera las partículas mediante aire comprimido y se proyecta con boquillas sobre el componente.

Norma	Método de Limpieza	Usos
SSPC-SP 1	Limpieza con Solventes	Se usa para remover grasa, aceite, polvo y sales solubles.
SSPC-SP 2	Limpieza con herramientas manuales	Se usa para eliminar impurezas como residuos de soldadura, oxidación, restos de pinturas, entre otros. Este método no remueve totalmente las incrustaciones.
SSPC-SP 3	Limpieza con herramientas eléctricas	Se usa para eliminar impurezas como residuos de soldaduras, oxidación, restos de pintura entre otros de manera minuciosa.
SSPC-SP 5	Granallado Metal Blanco	Se usa en superficies con condiciones extremadamente severas.
SSPC-SP 6	Granallado Comercial	Se usa en superficies de baja laminación por pulgada cuadrada, inferior al 33%.
SSPC-SP 7	Granallado ligero	Se usa solo en casos de condiciones poco severas donde los requerimientos no sean demasiado exigentes.
SSPC-SP 8	Decapado	Se usa para liberar a la superficie de laminación, oxido, pintura y materiales extraños. Es de alto riesgo.
SSPC-SP 10	Granallado Metal Semi-Blanco	Se usa para condiciones entre regulares y severas de superficie.
SSPC-SP 11	Limpieza con herramientas eléctricas hasta llevarlo a metal desnudo	Se usa cuando se requiere una superficie limpia y rugosa, pero el granallado no es factible o permitido. Se lleva a una rugosidad de 25 micrones.
SSPC-SP 13	Limpieza de Concreto	Se usa para limpiar superficies de concreto utilizando métodos mecánicos químicos y térmicos.
SSPC-SP 14	Granallado Industrial	Se usa en aceros pintados o sin pintar para eliminar restos de cascara, laminación, oxido y de revestimientos de fuerte adherencia.
SSPC-SP 15	Limpieza con herramientas eléctricas comercial	Se usa para limpiar impurezas como residuos de soldaduras, óxidos, pinturas entre otros buscando un perfil de rugosidad mínimo de 25 micrones.
SSPC-SP 16	Granallado Ligero de Metal Galvanizado, Acero Inoxidable, y Metales No Ferrosos	Se usa para limpiar superficies metálicas no ferrosas, de acero galvanizado o inoxidable. La superficie debe quedar libre de contaminantes. Busca alcanzar un perfil de rugosidad mínimo de 19 micrones.

Tabla 2: Norma SSPC

Los trabajos de preparación de superficies están normalizados por varias asociaciones internacionales. La más común y utilizada es la norma norteamericana SSPC que define para distintas categorías los procedimientos necesarios para realizar una correcta limpieza de superficie previa a un revestimiento.

El pintado es una técnica aplicada para proteger las superficies, evitar corrosión y desgaste, elegir una pintura con buenas propiedades es importante para lograr el objetivo esperado, sin embargo eso no es lo único que debe tenerse en cuenta pues el buen desempeño dependerá principalmente de la preparación de la superficie, la cual consiste en remover la mayor cantidad de impurezas y materiales extraños depositados sobre la superficie metálica, acondicionándola para que la pintura utilizada como primera capa puede humectarla completamente y lograr una adhesión adecuada del sistema de pintura.

Existen diversos métodos para el recubrimiento de las superficies y especificaciones que vienen dadas por normas o por el fabricante de las pinturas. Estas guías indican el proceso de preparación que debe seguirse para el mejor desempeño de la pintura y las condiciones óptimas para la operación de ellas.

5.- Metodología de Trabajo

La metodología de trabajo para la planta establece procedimientos que permiten estudiar los equipos a reparar en profundidad para poder llevarlos a un funcionamiento adecuado mediante un proceso de rediseño que busca recuperar las condiciones de operación de sus componentes con intenciones de agregar mejoras que puedan otorgarle un valor superior al que el equipo poseía en su periodo previo de funcionamiento. La metodología de trabajo comprende etapas de estudio, investigación, análisis, evaluación y diseño que pretenden no solo recuperar las capacidades de operación de un equipo sino también de obtener un producto con nuevas características que sea atractivo para futuros usuarios.

El procedimiento de trabajo para un equipo comienza cuando este se encuentra y se posee su cotización. Con ello se comienza con el estudio de los equipos observando las condiciones generales en las que se encuentra, reuniendo información sobre su funcionamiento, características, condiciones de operación, componentes, propiedades, entre otros.

Una vez que se posee información del equipo se realiza un análisis de sus partes comenzando con la formulación de un listado de componentes mínimos para que el equipo opere y la construcción de la Estructura Técnica de Objeto TOS (Technical Object Structure). La estructura técnica de objeto es un esquema que contiene los componentes principales de una maquina o equipo, describe como se relacionan, además de las variables de ingreso y salida. Este esquema facilita la comprensión de los sistemas lo que permite conocer bien las funciones de sus componentes y llevar a cabo modificaciones sobre el sistema.

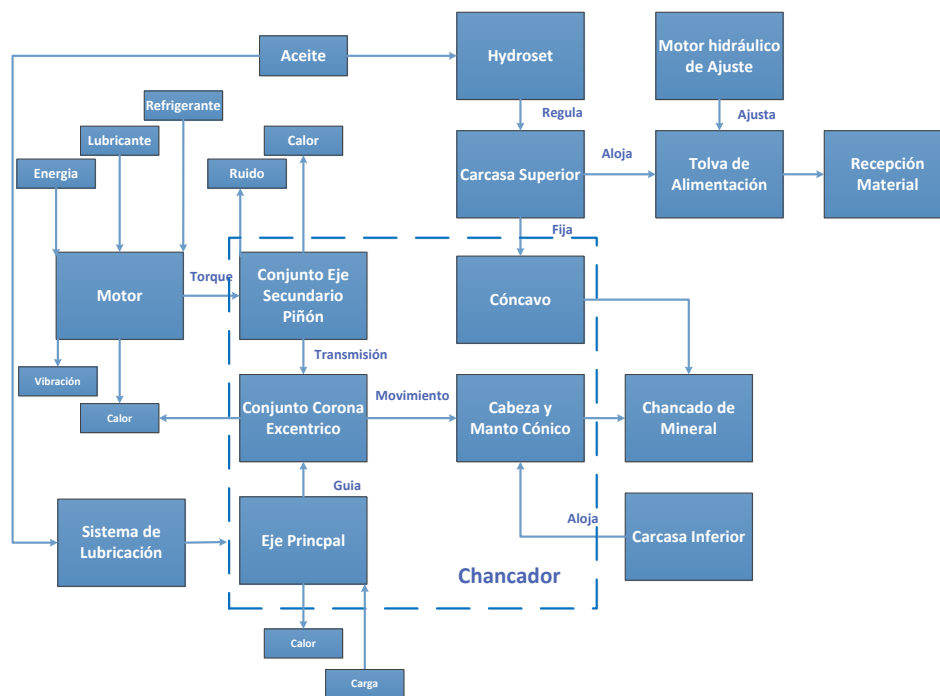


Figura 10: Estructura Técnica de Objeto

Con el listado de componentes mínimos necesarios y el diagrama funcional del equipo se procede a realizar un levantamiento de los componentes que tiene el equipo que se espera remanufacturar para evaluar el estado de desgaste que poseen los componentes y decidir si es posible recuperar el sistema o si el proyecto debe descartarse. Cuando ya se ha decidido que el sistema puede restaurarse se entra en una etapa de rediseño, donde se decide cómo se desarrollará el funcionamiento del equipo y las características de operación que tendrá. Mediante un la realización de un plan detallado se estructura la nueva forma que poseerá el equipo evaluando nuevas características que puedan agregarle un valor adicional al sistema. Dentro del proceso de rediseño y teniendo en consideración el estado de desgaste que lleva a una selección de que componentes se conservarán, se determina los procesos de acondicionamiento que se realizarán para limpiar los componentes envejecidos, recuperar las partes desgastadas, rehacer las partes que no pueden utilizarse y ensamblar los componentes. Con todo eso decidido se construye una pauta de reparación con la información importante que debe tenerse en consideración para el desarrollo de los procesos de reacondicionamiento.

Una vez que la pauta está construida se estiman los costos necesarios para llevar la remanufactura del equipo, se evalúa si es posible cubrir los costos para el proyecto, de no ser posible se reevalúa o se descarta y si lo es pasa a un estudio de rentabilidad donde se determina si se genera un margen con el proyecto o si es una pérdida.

Con todas las áreas de análisis cubiertas se adquiere el equipo, pasa a la etapa de reacondicionamiento donde todos los componentes con un estado aceptable de desgaste se llevan a condiciones adecuadas mediante distintos procesos de trabajo y los que no han pasado estas condiciones son reciclados y fabricados nuevamente.

Posterior al proceso de ensamblaje se realizan pruebas para verificar que el equipo opera con las condiciones estipuladas, si no las cumple vuelve al proceso de ajuste. Una vez que cumple con las especificaciones el equipo es vendido y el proyecto llega a un proceso de cierre. Para cualquier problema posterior existirá un equipo de servicio post venta que se encargará de estudiar casos donde haya malfuncionamiento y asesorar en el mantenimiento de los equipos.

El procedimiento descrito se utilizará como esquema inicial para la operación de la planta, se espera que con el tiempo existan modificaciones que optimicen el sistema permitiendo reducción en los costos, aumentar la capacidad de respuesta y mejorar los resultados.

Las tres etapas principales del procedimiento que se identifican son la investigación preliminar, el análisis de componentes y el rediseño, para su desarrollo se utilizarán distintos documentos con formatos definidos y diferenciados por color que contengan la información necesaria para cada etapa de trabajo.

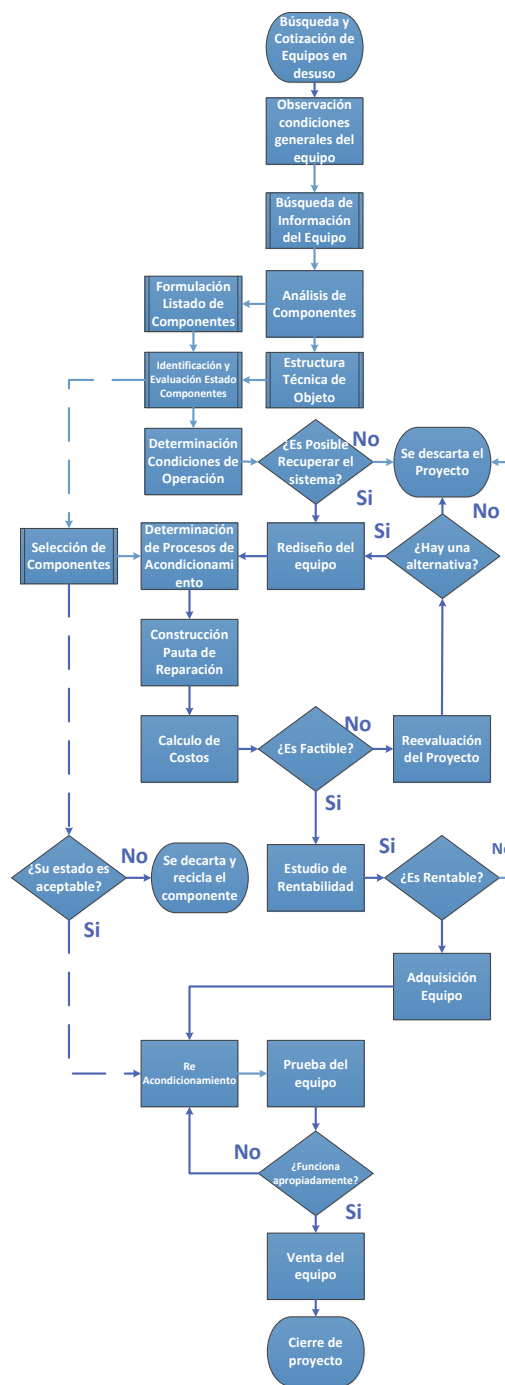


Figura 11: Diagrama de Flujo del Proceso

5.1.- Investigación Preliminar de Equipos

La investigación preliminar consiste en recopilar toda la información que contenga las características principales, componentes y principio de operación del equipo. En esta etapa se busca obtener documentos como catálogos, manuales, planes de mantenimiento y planos de componentes del equipo cotizado para tenerlos como apoyo en el proceso de remanufactura. Dentro de este trabajo no es fundamental encontrar todos los documentos importantes que caracterizan al equipo, pero si es necesario con base a la información o el conocimiento disponible, determinar los componentes principales que permiten el funcionamiento del equipo, las propiedades que deben tener estos componentes y determinar la manera en la que opera el sistema. El propósito principal de esta etapa es establecer las bases de trabajo y generar una comprensión general del equipo a remanufacturar para llevar a cabo la reparación. Uno de los objetivos secundarios que tiene esta etapa es ir construyendo y mejorando una base de información de interés sobre las maquinarias que permita tener un vasto conocimiento sobre ellas para que se puedan mejorar ir mejorando cada vez más los procesos de acondicionamiento.

El primer paso es obtener toda la información disponible de parte del vendedor, consultando la procedencia del equipo, su uso y pidiendo todos los posibles documentos afines que pueda poseer del equipo. Luego se debe realizar una investigación por parte de los encargados con ayuda de fuentes de información públicas y especialistas.

Con toda esta información y la investigación realizada debe realizarse un listado de componentes mínimos que deben tenerse a disposición para que el equipo pueda operar. Para ello se ha diseñado un documento con un formato dado donde todos estos datos sean ingresados.

5.1.1.- Listado de Componentes

Listado de componentes es un documento diseñado para construir un conjunto mínimo de componentes necesarios para lograr que el equipo pueda operar con condiciones similares a las que poseía previo a ser desechado. El objetivo de este documento es tener en consideración cuales son las partes fundamentales del equipo, estudiar preliminarmente qué debe hacerse para recuperar los componentes y ver la factibilidad de ejecutar el proyecto.

La ficha listado de componentes es de color verde, contiene en un principio la información general del equipo además de donde fue adquirido, su fecha de compra y un folio para que pueda hacerse un seguimiento. En este documento se asigna un numero al componente, se indica el subsistema al que pertenece, la función que cumple, las especificaciones que debe tener y observaciones que deban tomarse en cuenta. Este documento se utiliza como checklist en procesos posteriores para ver los recursos disponibles. El formato de este documento se encuentra en el Anexo N°1.

El folio de este documento tiene tres letras que indican el tipo de máquina, un número que identifica la máquina, otro que identifica el componente y la versión del documento.

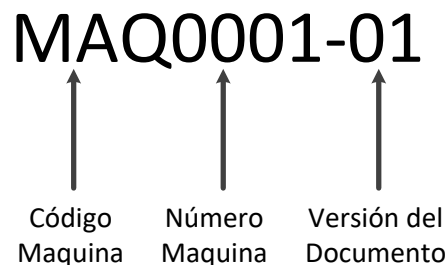


Figura 12: Folio para fichas Listado de Componentes

La siguiente lista despliega las posibles maquinas a reparar dentro de la planta. Es posible que se incorporen nuevos sistemas o se eliminen algunos por desuso.

Código	Maquina	Código	Maquina
CHR	Chancador	HID	Hidrociclón
MOL	Molino	ALM	Alimentador
FIL	Filtro	BOM	Bomba
AGR	Agitador	AGL	Aglomerador
CFL	Celda de Flotación	ESP	Espesador
HRO	Harnero		

Tabla 3: Código de tres letras para tipo de maquina

5.2.- Levantamiento y Evaluación de Componentes

En esta etapa se crea un levantamiento de los componentes que posee el equipo que se ha cotizado para formar un listado de partes disponibles y tener claro los recursos que se tienen a disposición para realizar el proceso de acondicionamiento. A ese listado debe realizarse una evaluación del estado en el que se encuentran para analizar que componentes pueden utilizarse y cuales superan el nivel de desgaste aceptable. Con ese propósito también es importante en esta etapa estudiar la criticidad de los componentes que se tienen disponibles, ya que este factor determinará si debe haber un alto nivel de rigurosidad en las inspecciones que se hagan sobre el.

Este estudio comienza con una revisión del equipo en terreno por las personas encargadas del proyecto que realizan un levantamiento de las piezas del equipo y estudian el equipo en su actual estado. Pasada esta etapa revisan parte por parte los componentes y cuantifican el desgaste que poseen para tener un registro de su condición, de manera de poder posteriormente decidir si es posible lograr la recuperación del equipo. Finalmente se realiza el estudio de la criticidad de los componentes para considerar este factor al momento de realizar inspecciones y ser más riguroso en ellas para casos donde el componente es crítico.

Habiendo hecho este estudio se registra la información en un documento diseñado para cuantificar estos valores y para ser posteriormente utilizado en el estudio de los procesos de acondicionamiento que se llevarán a cabo.

5.2.1.- Levantamiento de Componentes y Estado de desgaste

Esta ficha contiene el listado de componentes que se registran durante el levantamiento que se realiza en terreno además de una cuantificación del desgaste y la criticidad de ellos, que permiten decidir si serán remanufacturados o reciclados. Toda esta información además es de suma importancia en etapas posteriores de rediseño y estudio de procesos de acondicionamiento.

Este documento es de color azul, posee la misma información general del equipo del documento anterior, el origen, la fecha de compra y un folio. Se registra también el subsistema y la función que cumple el componente. La cuantificación de desgaste y criticidad se hace bajo un sistema de puntuación que otorga un valor al componente en distintos aspectos que finalmente se ponderan e interpretan. El formato de este documento se encuentra en el Anexo N°1.

El folio de este documento posee el mismo formato que el folio del documento Levantamiento de Componentes mostrado en la figura 11.

Cuantificación del desgaste

El desgaste de los componentes se mide bajo un criterio de evaluación diseñado con un sistema de puntos que analiza la limpieza, la integridad estructural y calidad superficial. El sistema funciona asignando puntos de 1 a 100, se calcula el promedio de los tres factores para cuantificar el desgaste general. El mínimo aceptable dependerá del equipo y sus condiciones de operación.

Limpieza

La limpieza se refiere a la cantidad de imperfecciones y suciedad que posee el componente. La limpieza se ve deteriorada por elementos como aceite, grasa, corrosión, restos de pintura, soldadura, laminado, descascarado, entre otros.

Limpieza		Valor
Insuficiente	La suciedad sobre la superficie puede ser irreversible y afecta el desempeño del componente.	1-20
Deficiente	La suciedad puede eliminarse bajo complejos procesos de limpieza.	21-40
Moderada	Las muestras de suciedad son notorias, sin embargo no es demasiado complicado eliminarlas.	41-60
Buena	El componente posee rastros ligeros de suciedad que pueden removerse.	61-80
Muy Buena	La superficie está completamente libre de manchas por lo que no requiere procesos de limpieza.	81-100

Tabla 4: Evaluación de la limpieza de un componente.

Estructural

La integridad estructural se refiere al estado en el que se encuentra la geometría del componente, el material y la capacidad que el componente tiene de resistir los esfuerzos a los que está sometido. Este factor se ve deteriorada por elementos como grietas, deformaciones, rupturas, entre otros.

Estructural		Valor
Insuficiente	Existe alguna deformación o ruptura permanente que impide que opere apropiadamente.	1-20
Deficiente	Para este caso existe un desperfecto que puede ser corregido mediante algún tratamiento o aditamento.	21-40
Moderada	El componente posee síntomas de desgaste estructural que pueden ser corregidos mediante algún acondicionamiento.	41-60
Buena	En este caso el componente posee un desgaste mínimo visible.	61-80
Muy Buena	No existe ninguna muestra visible de imperfección.	81-100

Tabla 5: Evaluación de la integridad estructural de un componente

Superficial

La calidad superficial se refiere al estado en el que se encuentra la superficie el componente y la calidad que posee esta zona, se debe principalmente a los efectos de la fricción sobre las piezas. Factores que deterioran la calidad superficial son rayas, abrasiones, erosiones, gripado, entre otros.

Superficial		Valor
Insuficiente	La superficie del componente se encuentra altamente desgastada, probablemente es incorregible y puede producir daño en el resto de las partes.	1-20
Deficiente	La calidad superficial es bastante baja y dado las condiciones del equipo es difícil aplicar un método que permita corregirlo.	21-40
Moderada	La calidad superficial del componente se ha visto comprometida por el uso, pero puede corregirse mediante algún proceso.	41-60
Buena	Existen rastros de desgaste en la superficie que no afectan mayormente en el desempeño y son de fácil eliminación.	61-80
Muy Buena	No existen, o son muy bajos los rastros de desgaste superficial en el componente.	81-100

Tabla 6: Evaluación de la calidad de un componente.

Cuantificación de Criticidad

La criticidad se cuantifica con un sistema de puntos que mide severidad, ocurrencia y detección. El sistema asigna un valor entre 1 y 10, los valores de los tres factores se multiplican y se consideran críticos cuando superen el valor de 70.

Severidad

La severidad se refiere al impacto que implica la falla del componente sobre el funcionamiento del equipo, mientras más afecte el normal funcionamiento del equipo mayor es la severidad de una falla del componente.

Severidad		Valor
Muy Baja	Disminuye en un 5% el rendimiento del equipo	1
Baja	Disminuye entre 5 y 15% el rendimiento del equipo	2-3
Moderada	Disminuye entre 15 y 25% el rendimiento del equipo	4-5-6
Alta	Disminuye entre 25 y 35% el rendimiento del equipo	7-8
Muy Alta	Disminuye sobre 35% el rendimiento del equipo	9-10

Tabla 7: Valoración de Severidad del Componente.

Ocurrencia

La ocurrencia es una medición de la frecuencia con la que las fallas ocurren en ese componente. Este factor es importante a considerar en la criticidad pues un componente que falla frecuentemente afecta fuertemente el desempeño de un equipo.

Ocurrencia		Valor
Muy Baja	1 vez cada 18 meses	1
Baja	2 o 3 veces cada 18 meses	2-3
Moderada	4,5 o 6 veces cada 18 meses	4-5-6
Alta	7 u 8 veces cada 18 meses	7-8
Muy Alta	9 o 10 veces cada 18 meses	9-10

Tabla 8: Valoración de Ocurrencia del Componente.

Detección

La detección se refiere a la dificultad con la que la falla del componente es descubierta. Un componente que falla y difícilmente es descubierto puede afectar enormemente la integridad del equipo al largo plazo ya que si una falla no se detecta durante un largo periodo de tiempo puede provocar más daños sobre el sistema. Por lo descrito anteriormente un componente de difícil detección puede ser crítico.

Detección		Valor
Muy Baja	La detección de la falla se logra fácilmente	1
Baja	Para detectar la falla se requiere simple observación	2-3
Moderada	Para detectar la falla se debe utilizar algún equipo de medición	4-5-6
Alta	La detección de la falla se manifiesta a través de algún síntoma que puede ser perjudicial	7-8
Muy Alta	La detección de la falla ocurre a través de un mal funcionamiento considerable del equipo	9-10

Tabla 9: Valoración de Detección del Componente.

5.3.- Rediseño y Acondicionamiento del Equipo

Con la investigación previa sobre el equipo y el estudio en terreno realizado se puede proceder a la etapa donde el equipo es rediseñado. En el rediseño se vuelve a pensar la estructura del equipo y el funcionamiento que va a tener, se piensan todos los procesos a los que los componentes serán sometidos para recuperar la operación del equipo y se incorporan las modificaciones que agregaran valor al equipo.

En el rediseño se comienza por el proceso de reingeniería, donde el equipo vuelve a ser planteado con los recursos que se tienen a disposición y se piensan posibles modificaciones que mejoren el producto. Se propone una nueva estructura para el equipo comenzando por el principio de funcionamiento que debe ser muy similar al que tenía el equipo en su operación previa con ligeros cambios convenientes.

Con el funcionamiento ideado se plantean mejoras que puedan otorgarse al equipo para reducir sus fallas y mejorar su desempeño, es por ello que tener a disposición los planes de mantención permite repensar los componentes que son propensos a un malfuncionamiento por propiedades que no sean tan adecuadas para la operación. Posterior a eso se idean y agregan sistemas que faciliten la operación del equipo, que simplifiquen su manejo o que hagan que las tareas de mantenimiento sean más simples.

En esta etapa se busca plantear innovaciones para el equipo que agreguen valor al sistema, un equipo que se pueda desarmar con mayor facilidad para procesos de mantención o que tenga un aditamento que limpie partes importantes del equipo durante de la operación pueden incrementar el interés que tengan futuros clientes sobre el equipo.

Con todos los procesos de rediseño completados, se comienza a construir el listado de procesos a los que será sometido el equipo para poder llevarlo a operación. Es necesario construir una pauta que muestre los procedimientos que se aplicaran a los componentes y al equipo en general, el orden que tengan y la prioridad que tienen entre ellos de manera de que el proceso sea lo más expedito. Se ha creado un documento con un formato definido para ingresar estos datos por componente y trabajar con un orden establecido durante la operación.

5.3.1.- Pauta de Reparación

El documento pauta de reparación incluye todos los procesos y datos necesarios para reacondicionar un componente para que recupere su capacidad de operación. Este documento tiene todos los datos importantes para llevar cada componente de vuelta a operación con estimaciones de tiempos y costos que posterior al proceso deberán compararse con los valores reales.

Esta ficha es de color naranja, contiene los datos principales del componente como subsistema, función y los datos del equipo. En el documento se debe detallar el proceso con todas las propiedades importantes que lo caractericen, las especificaciones con las que tenga que cumplir el componente para volver a ser utilizable, las maquinas o equipos que sean necesarios para realizar los procesos, la estimación del tiempo que debe tomar cada uno de ellos y el costo aproximado que significa realizarlo. El formato de este documento se encuentra en el Anexo N°1.

El folio de este documento igual que documentos anteriores tiene tres letras que indican el tipo de máquina, un número que identifica la máquina, otro que identifica el componente y la versión del documento.

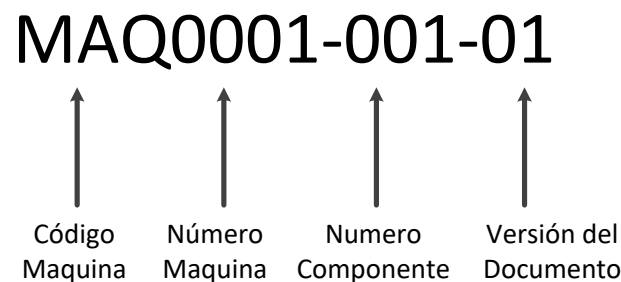


Figura 13: Folio para fichas Pauta de Reparación.

6.- Evaluación del Proyecto

6.1.- Estudio de Mercado

La empresa espera abastecer a todas las instalaciones mineras del país, principalmente a la pequeña y mediana minería. El volumen de equipos remanufacturados será principalmente determinado por la disposición a adquirir equipos para el tratamiento de minerales en Chile y países vecinos. La demanda de equipo por parte de las empresas mineras está definida principalmente por el precio del cobre, el volumen de producción y la ley de cada mina. El precio del cobre y el volumen determinarán el potencial de ingresos que tenga la planta y la ley de la mina indicará la cantidad de mineral que debe ser procesado para obtener el volumen esperado de producto terminado. A partir de estos datos es posible determinar la cantidad de equipos que pueden repararse por año estableciendo un mínimo aceptable para que el proyecto sea sostenible.

Para determinar en qué periodos las plantas mineras tendrán mayor disposición a obtener equipos de tratamiento se calcula el diferencial de mineral de cobre producido y se relaciona con el diferencial de ingresos productos de aquella extracción. En periodos donde el excedente de extracción se justifique con un ingreso superior habrá disposición para invertir en equipos.

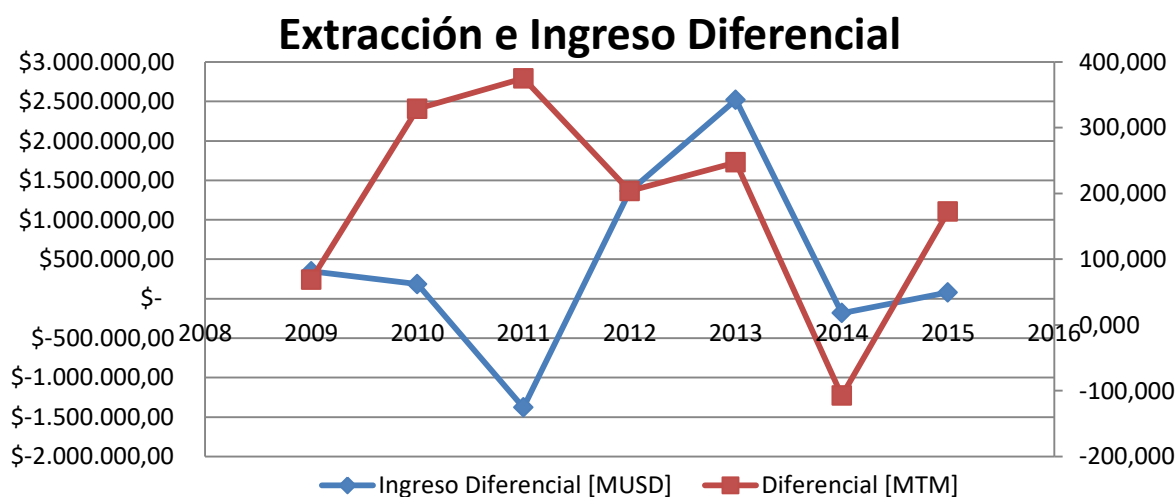


Grafico 8: Extracción e ingreso diferencial.

El siguiente grafico muestra el crecimiento o decaimiento en la cantidad de mineral de cobre extraído por año y los ingresos que significó ese cambio respecto al año anterior. Para que se justifique la inversión, el ingreso diferencial respecto al año anterior debe ser mayor a cero y tener una incidencia significativa sobre los ingresos del año. Para este caso el año 2009, 2012, 2013 serán los mejores años para invertir en equipos para mejorar la producción.

6.2.- Análisis Técnico

6.2.1.- Etapas del Proyecto

El proyecto se desarrollará en tres etapas que permitirán dar marcha a la planta, llevar a cabo la remanufactura de los equipos y decidir si la planta tiene la actividad suficiente para ampliarla, mantenerla o cerrarla. Las etapas mediante las cuales se llevará a cabo el proyecto principalmente serán la de instalación y puesta en marcha, operación de la planta y evaluación final.

En la instalación y puesta en marcha, se comenzarán a llevar a cabo todos los preparativos necesarios para la construcción de la planta e iniciación de las actividades. Esto incluye el inicio con las obras de construcción, la adquisición de los equipos, contactar a los proveedores y servicios necesarios para la creación del contrato. Paralelo a lo anterior deben iniciarse los estudios sobre la adquisición de las primeras maquinarias, para poder comenzar con las labores de remanufactura una vez que la planta esté terminada. El proceso de puesta en marcha implica comenzar los procesos de reparación de las primeras máquinas con los proyectos estudiados, aprobados y con posibles compradores.

La operación de la planta comienza cuando ya esté totalmente en funcionamiento, desarrollando los proyectos de reparación sin problema y con los contactos de proveedores y clientes formados. Esta etapa no implica únicamente desarrollar las labores de la planta, se requiere junto con lo anterior controlar y regular los procesos observando posibles focos de mejora que permitan que la instalación tenga mayor capacidad y sea más rentable.

La evaluación final consiste en estudiar el desarrollo de la planta con futuras proyecciones y decidir qué es lo más apropiado para la planta en los siguientes años. Lo anterior debe realizarse evaluando una extensión del proyecto en los próximos diez años con posibles mejoras que puedan aplicarse para elegir entre ampliar la planta a mas rubros de trabajo, mantener el funcionamiento que posee dentro de los límites definidos inicialmente o dar término a la operación.

6.2.2.- Esquema de Trabajo

El esquema de la planta será basado en proyectos evaluados para la remanufactura de cada máquina o grupo de máquinas, donde se decidirá si es sostenible la realización o si no es una alternativa viable. Los proyectos se llevarán a cabo de dos formas distintas, una de ellas es adquirir los equipos y luego ponerlos en venta, la otra es generar contratos de reparación para empresas que deseen recuperar sus máquinas.

El esquema principal de funcionamiento será adquirir los equipos para ponerlos en venta, siguiendo un protocolo que describa el estudio de factibilidad de la reparación del equipo, la adquisición del equipo, la reparación y la posterior venta. Existen varias empresas dedicadas a la compra-venta de maquinaria minera de segunda mano que tienen acuerdos con las instalaciones mineras para la venta de sus equipos. La idea es generar un vínculo similar con empresas de nuestro país para la recepción de los equipos y luego la posterior venta.

El esquema secundario sería la generación de contratos de reparación que se acordarían con las empresas, donde se estudiaría cada caso y se presentaría el proyecto al cliente en cuestión. Para este caso la distinción principal sería que no existirían costos por la adquisición del equipo, sino que se prestaría el servicio de remanufactura para cada una de las máquinas que lo requieran. Otra de las ventajas de este método, es que al trabajar directamente con el interesado existe una operación en conjunto para el estudio del equipo que puede ser provechoso, ya que el cliente entregará información de interés que puede facilitar el trabajo indicando posibles focos de mejora que desee que sean trabajados.

La cantidad de equipos que se remanufacturarán mensualmente está formulada según un estudio de sensibilidad que ha podido determinar una tasa adecuada de equipos que haga el proyecto sostenible, viable en cuanto al tiempo de fabricación y de acuerdo a la disponibilidad de equipos en desuso que haya en el mercado. Estos equipos serán los mínimos exigidos para la operación de la empresa, debido principalmente a que con estos valores el proyecto puede financiarse generando un volumen de ingresos adecuado.

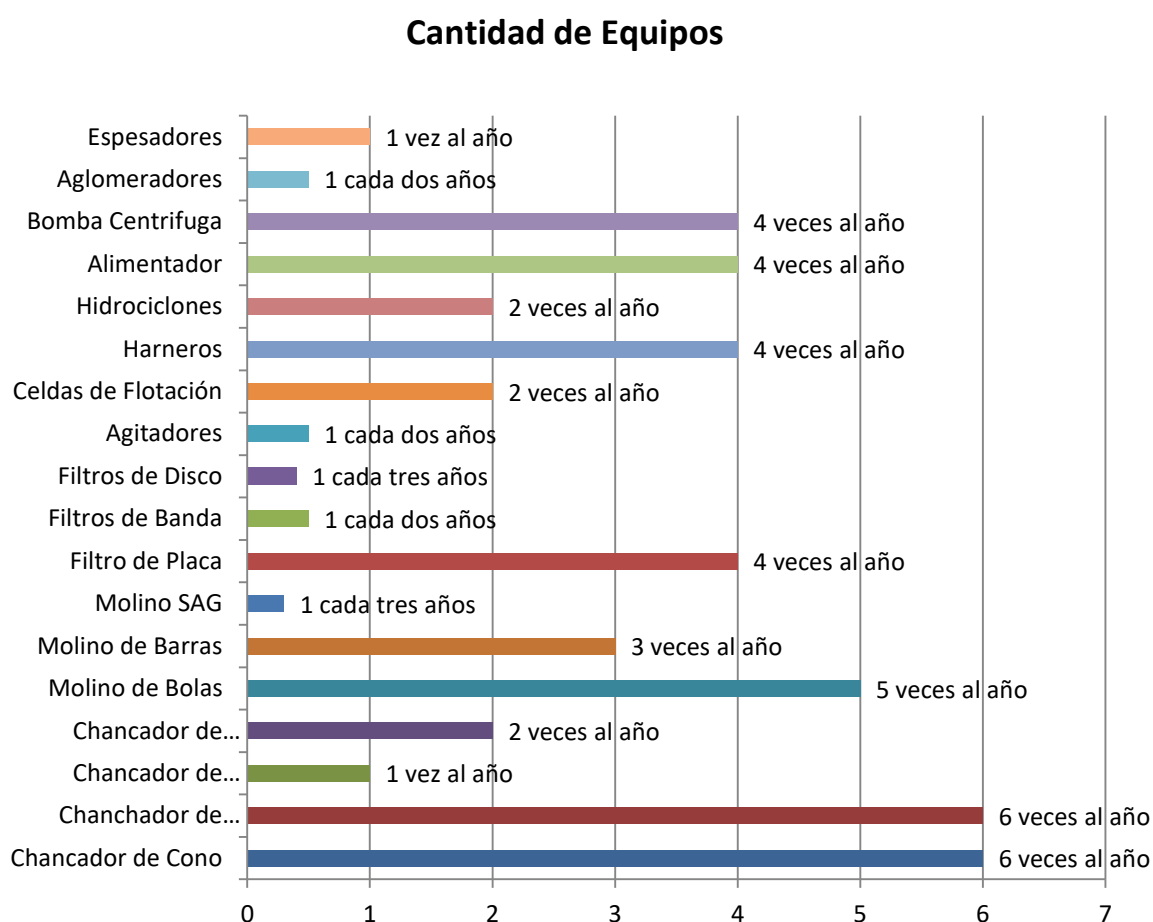


Grafico 9: Frecuencia de Remanufactura

6.2.3.- Ubicación y Layout

Una ubicación apropiada para la planta es un terreno cercano a la ruta 5 norte en la comuna de Llay-Llay tomando una superficie de 12.000 metros cuadrados. Este terreno es ideal para la instalación de la planta ya que posee el uso industrial de suelo y tiene una buena accesibilidad para el traslado de los equipos.

El terreno es vendido por Alaluf y puede ser visto en el portal inmobiliario con el código 3138203. El terreno adquirido será mayor al tamaño de la planta para posibles ampliaciones que se deseen realizar sobre la planta y para tener espacio para el almacenamiento de equipos terminados, ya que algunas de estas estructuras poseen gran tamaño. Los detalles pueden ser observados en el Anexo N°2.



Grafico 10: Ubicación del terreno.

La planta poseerá un acceso directo a través de la ruta 5 norte, con estacionamiento e instalaciones de servicio para cada uno de sus trabajadores incluyendo baños, camarines y comedor. Además de lo anterior la planta poseerá un área de ingeniería con recepción, dos oficinas para ingenieros, una para el administrador y una sala de reuniones. El área de fábrica poseerá una oficina para jefes de turno, un área de mecanizado, granallado, pintado, ensamblado y terminaciones. La parte posterior de la planta será para el despacho de los equipos. Las especificaciones del Layout se encuentran en el Anexo N°2.

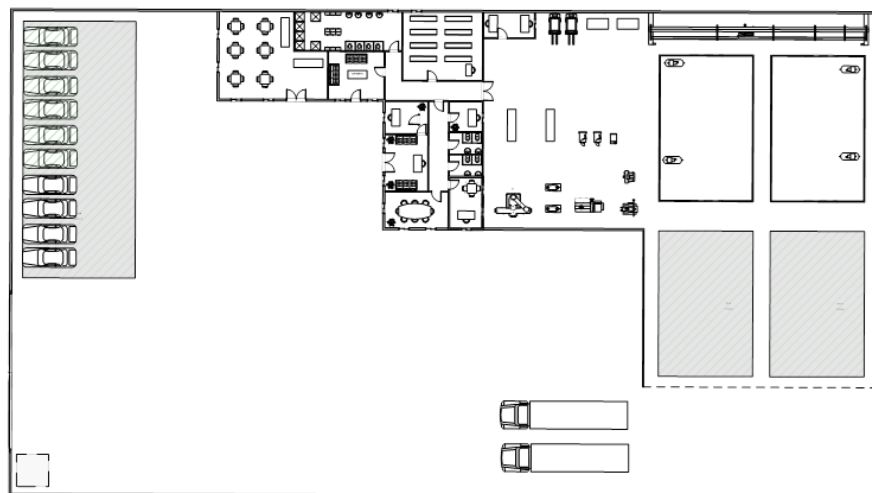


Figura 14: Plano de la planta

6.2.4.- Mano de Obra

La mano de obra de la empresa consistirá en veintisiete trabajadores que desempeñarán labores en las áreas de reparación, supervisión, limpieza y cuidado de la planta. Los trabajos se realizarán en dos turnos, de mañana y tarde de manera de aprovechar al máximo la disponibilidad de las maquinas. En cada turno de trabajo habrá un encargado o jefe que será uno de los operarios quien liderará las labores del periodo.

Habrán doce operarios de los cuales dos mínimo deben estar capacitados para la operación del puente grúa y mínimo cuatro deben estar capacitados para el uso de grúa horquilla de manera de poder realizar transporte de cargas sin ningún problema en cada turno. Todos ellos serán los encargados de realizar los trabajos en las distintas áreas de la empresa para reparar los equipos y llevarlos a las condiciones de operación esperadas. En cada turno habrá tres ayudantes que serán los encargados de apoyar los trabajos realizados por los operarios junto con manejar apropiadamente los residuos y mantener limpia las zonas de trabajo.

Cada turno tendrá un soldador calificado apoyado por uno de los ayudantes para que puedan realizar las uniones correspondientes requeridas con cada proceso de reparación. Finalmente se contratarán tres cuidadores para que en tres turnos de ocho horas sean los encargados de velar por la seguridad de la planta y que ninguna persona ajena al recinto pueda ingresar sin autorización.

6.2.5.- Personal Administrativo

El personal administrativo consistirá en cuatro personas que serán los encargados de la organización y planificación de la empresa, ellos serán un administrador, una secretaria y dos ingenieros.

Los dos ingenieros que serán los encargados de estudiar los proyectos de remanufactura de las máquinas para luego guiar su ejecución. Ellos estudiarán la factibilidad de llevar a cabo cada uno de los proyectos de reparación, junto con la investigación que busca reunir toda la información para hacerlo posible. Con la ayuda del administrador ellos diseñarán los equipos y decidirán las partes que se fabricarán para llevarlo a la forma en la que serán vendidos. Los ingenieros además estarán encargados del desarrollo de los proyectos, estando en contacto con los proveedores y los clientes.

El administrador será el encargado de guiar todos los procesos operativos de la planta y controlar que los trabajos se estén realizando en los plazos estipulados. El administrador actuará como el líder de la instalación y será el que tomará las decisiones de rigor en los momentos que sea necesario. Este puesto cumple además con el rol de administrar el personal y lograr que el ambiente de trabajo sea el óptimo para realizar las labores.

La secretaria será la encargada de gestionar la información que entra y sale de la empresa y de recibir las solicitudes de externos que quieran emplear los servicios ofrecidos por la empresa. Junto con lo anterior ella será la encargada de escuchar los requerimientos de los trabajadores y de hacerlos llegar al administrador de la planta.

6.2.6.- Tecnologías Necesarias

Las tecnologías necesarias en la planta van directamente relacionadas con mejorar las propiedades de los componentes de los equipos a reparar, para lo que es necesario obtener un listado de maquinarias que permitan medir las características requeridas de los equipos, tratar las superficies, modificar las formas de las piezas, fabricar aditamentos nuevos que sean requeridos y transportar las estructuras tanto para su ensamble como almacenamiento.

En base a los requerimientos mencionados se indica que se adquieren maquinarias para el mecanizado de piezas con el propósito de modificarlas o fabricarlas. Se incluye en el listado de equipos para mecanizado torno, fresa, taladradora, cepillo, escoplo y cabezal divisor. Para tratamientos superficiales se adquieren tres equipos distintos, una rectificadora para superficies que requieran alcanzar un acabado fino, un sala de granallado para limpieza de las superficies de las piezas y una máquina de pintado para el revestimiento de los equipos. Habrá procesos de corte y soldadura dentro de la planta para la reparación, modificación y mejora de las partes, para lo que será necesaria la adquisición de equipos de soldadura MIG, TIG y un equipo de oxicorte. Los equipos de medición utilizados comenzarán por los más simples, utilizando pie de metro, micrómetro, huincha métrica, rugosímetro y medidor de espesor.

En el área de ingeniería se utilizarán computadores e impresoras para el manejo de la información de interés que se requiera como son los registros que fueron mostrados en el capítulo número cinco. Además de ello habrá un plotter para la impresión de planos que se requiera en cada proceso, ya que como fue mencionado en la metodología de trabajo cada ficha registro debe tener el plano de la pieza y el proceso realizado sobre ella.

6.2.7.- Insumos y Servicios

Los insumos requeridos para la operación de la empresa son principalmente los utilizados en procesos de soldadura, mecanizado, granallado, ensamble y mecánica de bancos. Los procesos de soldadura requerirán la adquisición de los electrodos y gases requeridos para la operación de los equipos. En procesos de mecanizado será necesaria la obtención de los fluidos de corte, lubricantes y materiales brutos a mecanizar. Para el granallado es necesario obtener la granalla utilizada para realizar la limpieza de las superficies, donde parte de ella puede ser reutilizada. Para los procesos de ensamble y mecánica de bancos será necesario ir adquiriendo partes y herramientas que faciliten las labores de armado, aunque ellos serán demandados a medida que los procesos sean ejecutados.

Los servicios externos principales que serán utilizados por la empresa serán para la adquisición de piezas o repuestos para emplear sobre los equipos para casos que alguno de ellos que no pueda ser fabricado en la planta. Las empresas que venden equipos mineros fabrican repuestos para sus equipos además de componentes de remplazo a pedido según especificaciones, cuando existan geometrías más complicadas o materiales que no puedan ser trabajados estos serán solicitados a empresas externas que puedan entregar estos componentes terminados para ser utilizadas en el armado del equipo.

La empresa utilizará un servicio de alimentación y transporte para todos los trabajadores que lo requieran, entregando facilidades a sus operarios que creen un ambiente más agradable de trabajo. Para cumplir con todas las normas de manejo de residuos, la planta contará con una empresa que mensualmente retirará los residuos producidos. Para la administración de sus recursos humanos y su contabilidad, la empresa utilizará un servicio externo que lleve a cabo un control de la información.

6.2.8.- Emisiones, Efluentes y Residuos

La empresa por sus operaciones producirá distintos desechos que deberán ser manejados apropiadamente por el bien de sus trabajadores y de la comunidad donde desarrolla sus labores. La empresa produce tanto residuos sólidos como líquidos, por lo que existirán recipientes apropiadamente rotulados para el manejo de estas sustancias y cada operario será capacitado sobre los riesgos que el manejo de ellos implica.

Los principales líquidos residuos producidos en la planta son aceites, lubricantes y fluidos provenientes de procesos de mecanizado y ensamblado de partes, que serán limpiados y puestos en recipientes especiales para su tratamiento indicando claramente el contenido y los riesgos asociados a ellos.

Uno de los residuos sólidos producidos dentro de la planta son las virutas y el polvo metálico proveniente de procesos de mecanizado. Estos materiales son riesgosos para los trabajadores de la planta ya que pueden producir lesiones en la piel de las personas, por lo que estos residuos serán barridos, juntados y almacenados en recipientes para ser reciclados. El otro residuo sólido producido dentro de la planta es el polvo producto de procesos de granallado, que muchas veces puede ser respirable, por lo que se utiliza una sala de granallado que resguarda a las personas próximas a ella, extrae todo el polvo filtrándolo del aire y llevándolo a un recipiente que debe ser manejado debidamente.

Los residuos producidos serán almacenados hasta ser retirados por una empresa dedicada al tratamiento de residuos industriales para tener un apropiado manejo y ser una entidad socialmente responsable.

6.2.9.- Normas y Regulaciones

La responsabilidad social de una empresa es un aspecto fundamental a tener en cuenta durante el desarrollo de una institución. Para las industrias dedicadas al rubro metalmecánico existe una lista de normas que deben tenerse en consideración para la operación de la planta, ya que regulan su localización, las emisiones a la atmósfera, las descargas líquidas, los residuos sólidos producidos, el ruido, la seguridad y la salud ocupacional de sus trabajadores.

Aquellas normas deben tenerse en consideración durante la instalación de la planta y su operación para respetar las limitaciones impuestas por las entidades correspondientes, generando un ambiente de trabajo óptimo y respetando las necesidades de la comunidad cercana a la instalación. Las normas y regulaciones vienen especificadas en el Anexo N°3.

6.3.- Estructura de la Empresa

6.3.1.- Estudio Administrativo

La organización de la planta será guiada por el administrador, quien se apoyará en la secretaria para el manejo de la información. Los ingenieros son los que controlaran los avances de los trabajos junto con los jefes de turno, que organizarán todas las labores realizadas en los turnos de trabajo. Uno de los ayudantes trabajará para el soldador y el otro será un apoyo para los operarios.

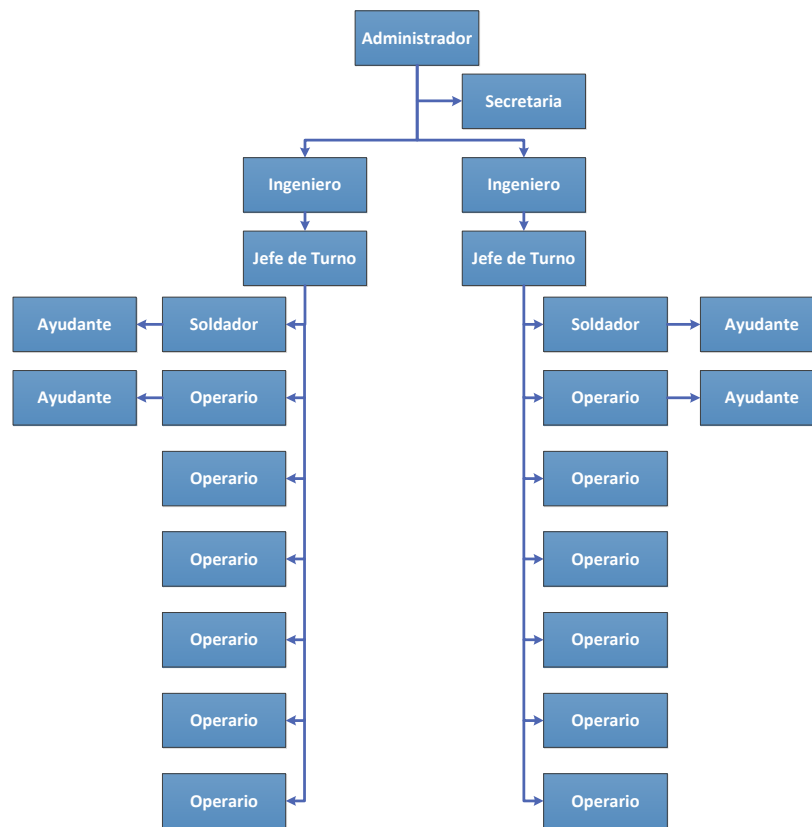


Figura 15: Organigrama de la empresa

La contabilidad de la empresa y el manejo de los recursos humanos serán realizados por una empresa externa, quienes se encargarán de la captación de los trabajadores, generar el ambiente de trabajo apropiado, mantener vigente documentación, resolver distintos problemas relacionados al trabajo, administrar nóminas y pagos. Esta empresa además será la encargada de llevar a cabo los registros contables necesarios para mantener la operación de la empresa, realizando los procesos necesarios asociados al pago de impuestos, manejo de facturas y realización de balances financieros.

Cargo	Sueldo
Operario	\$ 800.000
Ayudante	\$ 600.000
Jefe de Turno	\$ 1.000.000
Soldador	\$ 600.000
Administrador	\$ 2.000.000
Ingeniero	\$ 1.200.000
Secretaria	\$ 500.000
Cuidador	\$ 300.000

Tabla 10: Sueldos por cargo.

6.3.2.- Estudio Legal

La empresa se conformará como una sociedad por acciones, que consiste en una sociedad comercial donde los participantes aportan el capital inicial de la empresa recibiendo un equivalente en acciones a su aporte. Se espera formar una sociedad con un grupo de inversionistas que distribuyan el aporte requerido en partes iguales, el ideal sería de diez inversionistas que aporten el 10% del proyecto cada uno. Para la formación de la sociedad será necesario realizar la escritura pública que debe ser inscrita en el registro de comercio y publicarse en el diario oficial. Se prefiere este modelo ya que tiene las facilidades de una sociedad de personas y con flexibilidad para admitir nuevos inversionistas durante la duración de la operación de la empresa.

6.3.3.- Estudio Tributario

La empresa al ser conformada como Sociedad por Acciones puede acogerse al sistema de Renta Atribuida o al semi-integrado. El primero consiste en un régimen general de tributación donde los dueños de las empresas deben tributar la totalidad de las rentas generadas en el ejercicio independiente de las utilidades retiradas. El segundo es similar con la excepción que los impuestos por retiros son aplicados cuando el retiro es efectuado, lo que permite a las empresas retener utilidades.

La ventaja principal del sistema semi-integrado es que el pago de impuestos por retiros solo deben efectuarse cuando se realicen los retiros, por lo que se está exento de este pago en casos donde las utilidades queden retenidas por la empresa, en cambio para el sistema de renta atribuida el impuesto por retiros debe ser pagado independiente de que los socios los lleven a cabo o no. El sistema de renta atribuida posee menores tasas impositivas para primera categoría y retiros realizados por los socios, ya que las facilidades que posee el sistema semi-integrado se castigan con mayores tasas. Con lo anterior es posible concluir que para la empresa es mucho más efectivo el sistema de renta atribuida, ya que permite reducir la carga impositiva y el beneficio para la retención de utilidades no es requerido para los planes que tiene la empresa.

Al aplicar el sistema de renta atribuida se debe determinar la renta líquida imponible de acuerdo a lo establecido en los artículos 29 al 33 de la ley sobre el impuesto de la renta. Los impuestos de primera categoría pagados alcanzan el 25% y los pagados por retiros pueden alcanzar un máximo efectivo de un 35%.

6.4.- Estudio Económico

6.4.1.- Inversión del proyecto

La inversión del proyecto es principalmente en infraestructura y maquinaria, que son los activos necesarios para llevar las maquinas a operación nuevamente. Estos valores han sido determinados en base al mínimo de equipos que debe trabajarse anualmente.

6.4.1.1.- Inversión en Activos

La inversión en activos alcanza los 700 millones de pesos chilenos, que incluyen la adquisición de la maquinaria requerida para los procesos, las herramientas, instrumentos, la infraestructura, los insumos, equipos de corte y de soldadura. La mayor inversión del proyecto es la infraestructura, la cual consiste en un 44% de la inversión, le sigue el terreno con el 28% y la maquinaria con el 25%. El resto de la inversión en activos es en total de una magnitud muy inferior a los tres puntos nombrados previamente.

CAPEX

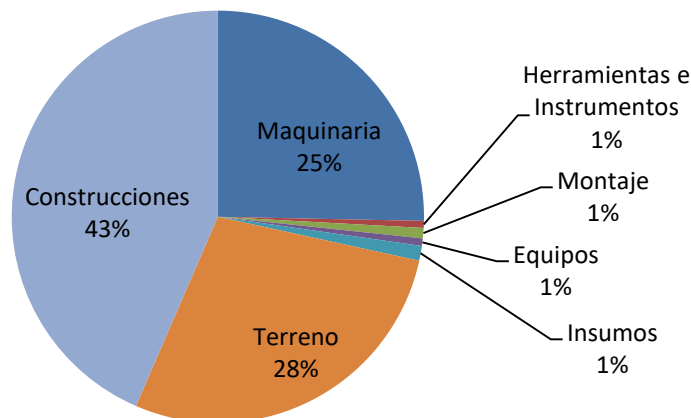


Grafico 11: Inversión en activos

6.4.1.2.- Inversión en Capital de Trabajo

El capital de trabajo está calculado según el método del déficit acumulado máximo (DAM), el cual consiste en determinar como capital de trabajo el total de egresos de la empresa durante un año. Sin embargo debido al alto nivel de costos producto de la adquisición y remanufactura de los equipos se ha decidido determinar como capital de trabajo el total de egresos de un trimestre. Es entonces que el capital de trabajo con el cual se implementará el proyecto será de 662 millones de pesos.

6.4.2.- Determinación de Ingresos

Los ingresos del proyecto se deben a la venta del servicio o de los equipos remanufacturados, estos fueron determinados con la cantidad mínima de equipos que se ha estipulado deben ser fabricados y vendidos anualmente. El valor de venta de los equipos se determinó estableciendo un modelo base, el cual fue cotizado en una empresa que comercializa equipos de segunda mano. Con estos valores se construyó una tabla que muestra la cantidad de equipos que serán fabricados en cada año junto con el ingreso que significa para ese periodo. El precio de venta ha sido estimado como un 40% menor al precio de un producto nuevo según lo determinado por Carbon Trust.

Categoría	Equipo	Modelo Base	Precio
Chancado	Chancador de Cono	Metso HP 100	\$ 55.800.000
	Chancador de Mandíbulas	Skoda 47x35"	\$ 46.800.000
	Chancador de Rodillos	Gundlach 4024	\$18.000.000
	Chancador de Impacto	Hazmag AP4	\$ 37.800.000
Molienda	Molino de Bolas	Allis Chambers 9x12'	\$168.000.000
	Molino de Barras	Dominion 9.5x14'	\$150.000.000
	Molino SAG	Fuller SAG Mill 18x10.5	\$780.000.000
Filtración	Filtro de Placa	Siemens J-Press 48"	\$78.000.000
	Filtros de Banda	Magnum Parkson 3000.1	\$ 24.000.000
	Filtros de Disco	Eimco 6x6	\$ 6.600.000
Flotación	Agitadores	Mixing Tank 8x12	\$ 5.400.000
	Celdas de Flotación	Wemco 66	\$ 15.000.000
Segregación	Harneros	Svedala RIPL-FLO 8x16'	\$ 18.000.000
	Hidrociclones	Krebs D15B	\$2.400.000
Transporte	Alimentador	Carrier 5x7	\$7.800.000
	Bomba Centrifuga	Denver 8x6	\$ 7.200.000
Tratamiento	Aglomeradores	Allis Chambers 10 x 27'	\$ 37.200.000
	Espesadores	Eimco 8'	\$51.000.000

Tabla 11: Precios de modelos base.

Con los precios de los modelos base se ha determinado que los ingresos anualmente para el proyecto son entre 2500 y 3500 millones de pesos. El detalle de los ingresos, la cantidad de equipos y la incidencia de ellos sobre los ingresos puede ser observado en el Anexo N°4.

6.4.3.- Determinación de Egresos

Los egresos del proyecto son los costos y gastos asociados a los procesos de remanufactura y al financiamiento del personal. Estos valores se han determinado realizando una estimación de los recursos que se necesitan en un año para llevar a cabo la reparación de la cantidad de equipos y llevándolos a un valor mensual. Los egresos están compuestos por costos de remanufactura, mano de obra directa, mano de obra indirecta, mantenimiento, consumo de energía, insumos y servicios.

Para estimar los costos de remanufactura se consideró la recomendación realizada por carbón trust, por lo que se estima que los costos de remanufactura para los equipos serán un 62% menores a los de un producto nuevo. Junto con lo anterior se considera el costo de recuperación, que para este caso es el costo asociado a la adquisición del equipo y su traslado que recomendaremos no sea superior al 10% del precio de venta nuevo.

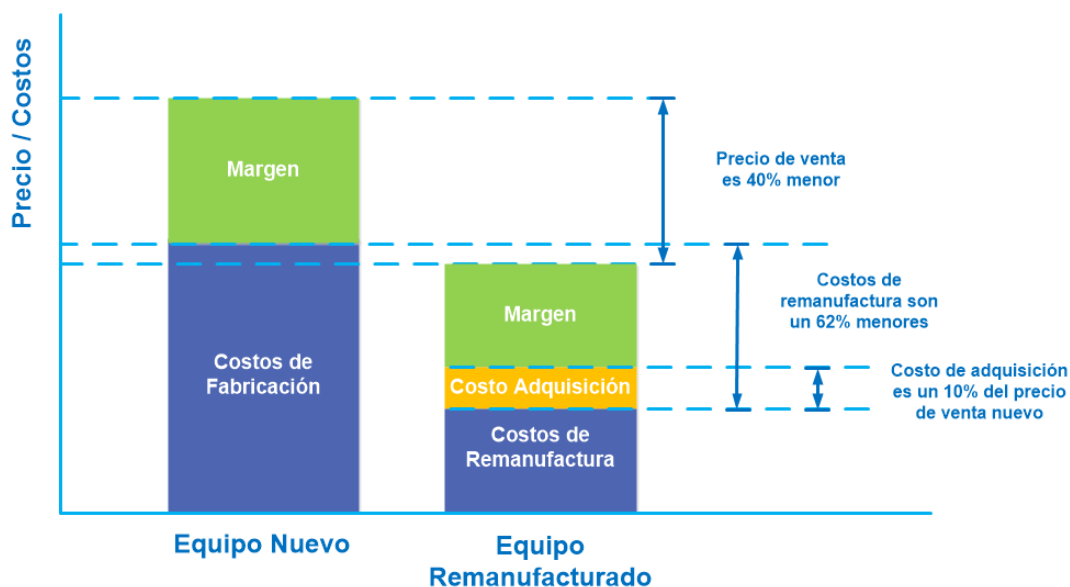


Grafico 12: Estimación de Costos de Remanufactura

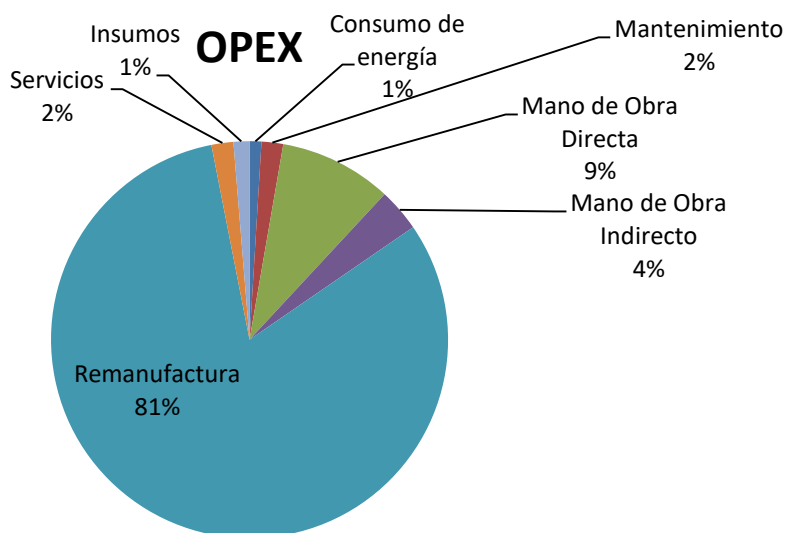


Grafico 13: Costos operacionales.

Los costos operacionales consisten principalmente en los asociados a la remanufactura de los equipos, estos consisten en un 82% de los costos operacionales seguidos por la mano de obra directa e indirecta con un 9% y 4% respectivamente. Los egresos operacionales del proyecto son de 170 millones mensuales aproximadamente.

6.4.4.- Estructura de Financiamiento y Tasa de Descuento

Como fue mencionado con anterioridad, la empresa será una sociedad de responsabilidad limitada, en donde el total del capital aportado provendrá de los socios. La tasa de descuento decidida para el proyecto es la rentabilidad exigida por los socios de la empresa, se decide imponer una tasa del 13%, más por los riesgos asociados a este proyecto se exigirá una rentabilidad del 15%, es decir se aplicará una prima por riesgo adicional equivalente a un 2% anual. En base a lo anterior fueron llevadas a cabo todas las simulaciones del proyecto.

6.4.5.- Flujo de Caja

A continuación se presentan los flujos finales por año del proyecto obtenidos con toda la información presentada previamente. Con estos valores fueron calculados los criterios de decisión que permitirán tomar las conclusiones correspondientes sobre el proyecto. La duración del proyecto es de diez años y como lo descrito en el apartado anterior se ha exigido una rentabilidad del 15%. Los impuestos pagados anualmente consisten en el 25% debido a lo indicado por el sistema de renta atribuida.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
[MM\$]	-1.367,27	-612,07	103,82	814,17	562,45	564,98	804,50	564,52	555,27	806,54	1.487,31

Tabla 12: Flujos de caja.

6.4.6- Determinación Criterios de Decisión

Con los flujos de cajas obtenidos previamente se han calculado los indicadores económicos que nos permitan tomar conclusiones respecto a la rentabilidad, el rendimiento y la sostenibilidad del proyecto. Para este proyecto en particular se ha generado un índice en partículas llamado Unidad Equivalente, que indica el ingreso bruto de la empresa por equipo fabricado. El cálculo de este índice se realiza restándole los egresos a los ingresos anuales y dividiéndolos por la cantidad de equipos fabricados en este año. Este índice permite percibir el impacto de cada equipo sobre los ingresos.

VAN	MM\$ 655,26
TIR	21%
Payback	8
UE	MM\$17,58

Tabla 13: Criterios de decisión.

El Valor Actual Neto del proyecto es de \$655,26 millones de pesos, lo que implica que genera excedentes en su operación, además de lograr la recuperación del capital invertido por los propietarios. En otras palabras, el proyecto genera una rentabilidad superior a la exigida por los inversionistas y que se puede cuantificar por la diferencia entre la TIR (21% anual) y la tasa de descuento (15% anual)

El payback del proyecto es de 8 años, es decir que la empresa tarda siete años en cubrir las inversiones realizadas para su ejecución. El tiempo requerido para la recuperación de la inversión es prolongado, por lo que se convierte en una inversión donde los propietarios deben tener una orientación al largo plazo.

La unidad equivalente, es de \$17,58 millones de pesos, lo que indica que por cada equipo remanufacturado la empresa recibe este monto neto. Este valor también se ha utilizado principalmente para la determinación del volumen de producción más adecuado, observando la influencia la cantidad de cada tipo de equipo sobre este factor. En otras palabras este valor representa el margen de contribución unitario.

6.4.7.- Análisis de Sensibilidad

En este capítulo se estudian las variables principales del proyecto con el fin de obtener los valores más convenientes y probables para el desarrollo del proyecto. Para la determinación de estos valores se realizó la simulación con el software Crystal Ball, realizando treinta mil iteraciones de los valores y entregando como resultados predicciones para los cuatro criterios de decisión. El estudio de sensibilidad se realizó en dos ámbitos, el primero sobre la cantidad de unidades a fabricar por año, el segundo sobre los porcentajes mínimos y máximos admisibles asociados a los costos y al precio de venta.

6.4.7.1.- Estudio Sobre la Cantidad de Unidades Remanufacturadas

Para el proyecto se conformó una matriz que define la cantidad de equipos que deben ser reacondicionados en cada año para el proyecto. Cada equipo posee un rango que define un mínimo admisible para lograr los objetivos del proyecto y un máximo que podría lograrse en condiciones óptimas. Con lo anterior se logró definir la cantidad más probables de equipos que cumple con los requerimientos del proyecto. Para realizar lo anterior se llevó a cabo un estudio sobre la cantidad de equipos requerida aplicando una distribución normal de probabilidades desde cero equipos hasta el máximo admitido. El detalle de la cantidad de equipos y del rango asignado puede observarse en el Anexo N°5.

El valor actual neto mantiene el promedio muy cercano al valor obtenido en el caso base, además de ello la probabilidad de obtener un valor positivo de este factor es de un 82,24% para una tasa de descuento de 15%, lo que entrega certeza sobre los resultados del proyecto. Los gráficos de sensibilidad indican que la mayor incidencia sobre este factor viene dada por los molinos, chancadores y filtros de placas, el resto de los equipos tiene una participación muy inferior.

En cuanto a la Tasa Interna de Retorno ocurre algo muy similar, donde el promedio es cercano al 21% y la probabilidad de que sea mayor a este valor es de 53,43%. Los gráficos de sensibilidad indican que la mayor incidencia sobre este factor viene dada por los molinos, chancadores y filtros de placas, el resto de los equipos tiene una participación muy inferior. Cabe destacar dentro de lo anterior que las bombas centrífugas afectan negativamente sobre este factor.

El Payback tiene un promedio de 8 años, entregando una probabilidad de 54,26% de que el capital invertido se recuperará antes de los 8 años. Al igual que en los parámetros anteriores, los molinos chancadores y filtros de placas son aquellos que afectan positivamente con mayor proporción el tiempo de recuperación.

El promedio de la Unidad Equivalente es inferior al valor obtenido por el caso base y la probabilidad que este se mantenga sobre ese valor es de 58,48%. Los molinos son los equipos que producen un mayor impacto positivo sobre este valor, en especial los molinos SAG.

6.4.7.2.- Estudio Sobre Porcentajes Asociados

El siguiente estudio realiza un análisis sobre tres porcentajes asociados a los procesos de remanufactura, estos son el porcentaje del precio de venta de un equipo remanufacturado en relación a uno nuevo, el porcentaje de costos de remanufactura en relación al costo de fabricación de un equipo nuevo y el porcentaje de adquisición del equipo en desuso en relación al precio del equipo nuevo. Todos estos valores poseen un valor asignado en el caso base y el estudio nos permitirá comprender los riesgos asociados, la incidencia que poseen los factores y observar si los valores determinados son los recomendables. El rango en el que se hizo variar el porcentaje del precio de venta del equipo remanufacturado en relación al nuevo se varía entre 35 y 42%, el rango en el que se varía el porcentaje de costo de manufactura en relación a la fabricación de un equipo nuevo varía entre 57 y 70% y el costo del equipo en desuso en relación al equipo nuevo varía entre 8 y 13%, todos utilizando una distribución normal de probabilidades. El detalle de los porcentajes asociados puede observarse en el Anexo N°5.

El Valor Actual Neto se ve altamente afectado por los porcentajes, obteniéndose un promedio muy similar al valor del caso base. La probabilidad de mantener el VAN calculado con una tasa del 15% sobre cero es de 82,24%, valor que sigue siendo elevado. Los tres porcentajes tienen mucha incidencia sobre los valores, indicando que el proyecto no es muy flexible.

La Tasa Interna de Retorno se comporta de manera muy similar, sigue siendo sostenible el proyecto y la probabilidad de obtener una TIR mayor a la del caso base es de 52,43%. La influencia de los porcentajes es muy similar a la obtenida para el VAN.

El Payback mantiene una tendencia similar, el promedio es de 8 años, con una probabilidad que el de 52,23% de que sea menor o igual a 8 años. Los porcentajes se relacionan de la misma forma que en los parámetros anteriores.

El comportamiento para la Unidad Equivalente es similar, se mantiene el caso base sobre el promedio y la probabilidad de superar el valor del caso base es 54,26%. La influencia de los porcentajes es la misma, es importante recordar que en base a ello el proyecto pierde flexibilidad.

7.- Conclusiones

En base a los resultados obtenidos es posible decir que el proyecto es rentable y sostenible, ya que para una vida útil de diez años se generan ingresos que no solo permiten recuperar el capital invertido sino generar excedentes para los propietarios. El volumen de producción determinado para el caso base y los costos estimados con sus respectivos porcentajes permiten ejecutar el proyecto para el plazo dado con los requerimientos en tecnología y bajo la metodología de trabajo diseñada.

A pesar de haber demostrado la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto, este posee limitaciones que deben ser tomadas en consideración durante la instalación y operación de la planta, ya que el rango de tolerancia para la cantidad de equipos a remanufacturar por año es bastante acotado, de manera que remanufacturar una menor cantidad de equipos a los estipulados en el caso base puede traducirse en pérdidas para ese año. El análisis de riesgo nos indica que la probabilidad de obtener buenos resultados es alta, siempre y cuando se cumpla con un volumen de equipos reacondicionados mínimo que es muy similar a los estipulados en el caso base. Con lo anterior es apropiado decir que para cada año se debe tener como límite mínimo la cantidad de equipos indicada para el caso base, para cumplir con las expectativas fijadas para el proyecto.

Los porcentajes asignados para el cálculo de los costos son rígidos de la misma forma en que lo son la cantidad de equipos. El precio de venta, el costo de los equipos dados de baja y los costos de remanufactura tienen una influencia importante sobre los resultados obtenidos. En base a lo observado en el estudio de sensibilidad es posible indicar que el precio de venta es la variable más influyente sobre los resultados, por lo que se recomienda que este valor no sea menor a un 40% del precio de venta de un equipo nuevo. Respecto a los costos de manufactura, es recomendado que sean un 62% menos a los de fabricación de un equipo nuevo, si este valor sube más de un 5% los excedentes del proyecto decaen considerablemente. Los costos del equipo en desuso son determinantes también, ya que al alcanzar un 14% del precio del equipo nuevo el proyecto deja de ser sostenible. Producto de lo anterior, no se contemplan ampliaciones a la capacidad de la planta pues el proyecto es sensible a la demanda y la variación del precio de los equipos en el tiempo puede aumentar el riesgo en la operación.

El análisis de sensibilidad nos ha permitido identificar un grupo de equipos que son claves para mantener la operación de la planta producto de su alta influencia sobre los factores. Los molinos, chancadores y filtros de placas son los equipos base con los que se debe trabajar para que el proyecto sea sostenible. La cantidad mínima de molinos de bolas, de barras, chancadores y filtros de placas que deben ser fabricados anualmente cumple con la disponibilidad de equipos que se pueden adquirir en el mercado y la capacidad que tiene la planta de terminarlos.

Junto con lo anterior es importante tener en cuenta que la inversión que se lleva a cabo en este proyecto contempla un largo periodo de recuperación, por lo que los propietarios de la planta deben saber que la generación de ingresos requerirá tiempo. El alto valor de este factor se debe principalmente a los elevados costos operacionales mensuales producto de la remanufactura, por lo que de ser posible, deberían aplicarse métodos para reducir los costos asociados al reacondicionamiento sin afectar la calidad de los equipos obtenidos.

Se ha estructurado un procedimiento que permite seleccionar los equipos y repararlos basados en la evaluación del estado de los componentes. Estudiar las condiciones en las cuales se encuentra el equipo hace posible identificar que equipos pueden ser reacondicionados entregando valor al proyecto y aquellos que no lo son para que sean descartados. Posteriormente este procedimiento estudia las modificaciones que deben aplicarse sobre los sistemas realizando un registro de las distintas tareas y recursos que serán requeridos. Este estudio permite estimar el tiempo y cotizar los materiales que serán necesarios, de manera de aproximar los costos asociados a los procesos de remanufactura del equipo controlando que se encuentren dentro de los valores estipulados en el proyecto.

La metodología de trabajo establecida permite reducir los riesgos asociados a los proyectos individuales de remanufactura, ya que plantea un tiempo de estudio técnico y económico que hace posible determinar si un proyecto de reacondicionamiento es conveniente para la operación de la planta o si es mejor descartarlo. La metodología de trabajo no solo permite poseer recursos para tomar las decisiones más apropiadas para el proyecto, sino que además permiten generar una base de datos información que facilite la manufactura de equipos similares y comenzar a generar documentos como procedimientos de operación que hagan más eficiente el reacondicionamiento de equipos del mismo tipo con el tiempo.

Los procesos de remanufactura estructurados plantean utilizar el cuerpo principal de los equipos junto con la mayor cantidad de componentes disponibles, por lo que habría un ahorro considerable de materiales. El proyecto propone aplicar procesos de reparación de componentes de baja complejidad, por lo tanto los gastos energéticos asociados a tratamiento de partes y piezas se verían reducidos. En los próximos 10 años se plantea ingresar alrededor de 500 equipos, por lo que se lograría un ahorro significativo de materiales, ahorro energético y por ende disminución en las emisiones ambientales. Por preferir equipos remanufacturados en la planta se generaría un diferencial de 2.000 millones de pesos por año en la inversión mínima requerida en maquinarias para nuestros clientes, con un total que puede alcanzar los 20.000 millones de pesos al final del periodo del proyecto.

Sintetizando lo anterior, la instalación de la planta muestra ser un proyecto sostenible y rentable al largo plazo, que sin embargo posee un alto nivel de riesgo que debe ser controlado durante su operación. Consideraciones que permiten mejorar este proyecto es tener acceso a tecnologías que permitan reducir los costos de remanufactura asociados que disminuyan costos operacionales y por ende tiempo de recuperación de la inversión. La principal manera en que este proyecto puede mejorar, es hallar una forma de reducir los costos asociados a la remanufactura de los equipos, ya que es lo que se traduce en mayores costos operacionales.

8.- Bibliografía

- [1] “Extrective Metallurgy of Copper” por Mark E. Schlesinger [et al]. 5ª ed. Reino Unido, Elsevier, 2011. 455p.
- [2] Groover, Mikell P. “Fundamentos de Manufactura Moderna” 3ª ed. Mexico, Prentice Hall 2007. 1022p.
- [3] Kulwiec, Raymond A. “Materials Handling Handbook 2ª ed. Estados Unidos, John Wilet & Sons, 1985. 1458p.
- [4] Consejo Minero de Chile, Minería en Cifras Septiembre 2016 [PDF] Santiago, Chile <<http://www.consejominero.cl/chile-pais-minero/mineria-en-cifras/>> [consulta: 27 septiembre 2016]
- [5] Smith-Gillespie, Aleyn “Carbon Trust: Supply Chain Transformation and Resource Efficiency” [PDF] <<https://www.carbontrust.com/media/672813/supply-chain-report.pdf>> [consulta: 15 septiembre 2016]
- [6] Europe Remanufacturing Network, Remanufacturing Market Study [PDF] <<https://www.remanufacturing.eu/wp-content/uploads/2016/01/study.pdf>> [consulta: 26 septiembre 2016]
- [7] Moubray, John M. “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” 2ª ed. Reino Unido, Aladon 1997. 173p.
- [8] Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura Indura [PDF] <<http://www.indura.cl/Descargar/Manual%20de%20Soldadura%20INDURA?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2F00da6ac5e6754e428ecd94f1c78711cb.pdf>> [consulta: 15 mayo 2016]
- [9] Anuario de Estadísticas del Cobre y Otro Minerales 1996-2015 [PDF] Santiago, Chile <https://www.cochilco.cl/Lists/Anuario/Attachments/15/cochilco_anuario_2015.pdf> [consulta: 20 de febrero 2017]
- [10] Guía Para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial, Taller Metal Mecáico [PDF] Santiago, Chile <http://www.sinia.cl/1292/articles-37620_pdf_metalmecanico.pdf> [consulta: 20 marzo 2017]

ANEXOS

ANEXO N°1:

1.- Registros de Procesos de Remanufactura

Hojas de registros de la información de procesos y trazabilidad para la remanufactura.

1.1.- Registro Listado de Componentes

Registro realizado por equipo para apuntar los componentes necesarios para la operación del equipo.

[illegible]

1.2.- Registro Listado de Componentes y Estado de Desgaste

Registro realizado por equipo para apuntar los componentes disponibles para la remanufactura y el estado en el que se encuentran.

[illegible]

1.3.- Pauta de Reparación

Registro realizado por pieza que permite indicar los procesos de reparación necesarios para llevar las partes a una condición operacional dada.

Pauta de Remanufactura						
Realizado por				Fecha		
Aprobado por				Folio		
Componente		Subsistema		Función		
Maquina- Equipo		Origen		Modelo		
Fabricante		Tipo		Fecha de Compra		
Nº	Proceso	Especificaciones	Maquinarias o Equipos	Insumos	Tiempo	Costo

Nº	Componente	Especificaciones	Maquinarias o Equipos	Insumos	Tiempo	Costo

ANEXO N°2

1.- Ubicación

Ficha que muestra el terreno utilizado como base, que se adquiere de forma parcelada para la instalación de la planta y sus detalles.

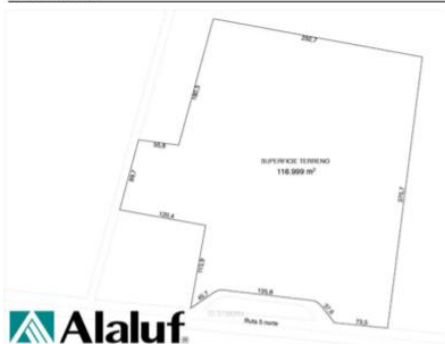
Venta > Industrial > Valparaíso > Llaillay

CARRETERA PANAMERICANA NORTE LADO CRISTA

Código: 3138203



02-04-2017



Precio
\$ 15.885/m² (UF 0,60/m²)

Dirección
CARRETERA PANAMERICANA NORTE LADO CRISTA,
Llaillay

Superficie
120.000 m² total

Código QR





Descripción

Terreno sobre Panamericana Norte (Llay Llay), lado Cristalerías son 12 hectáreas.

Usos de suelo

Industria, Bodega, Industrias, Almacenamiento, Areas Verdes, Vialidad. Venta de maquinarias, materiales de construcción o de combustibles, venta de vehículos, terminales de transportes y de Distribución de todo tipo.

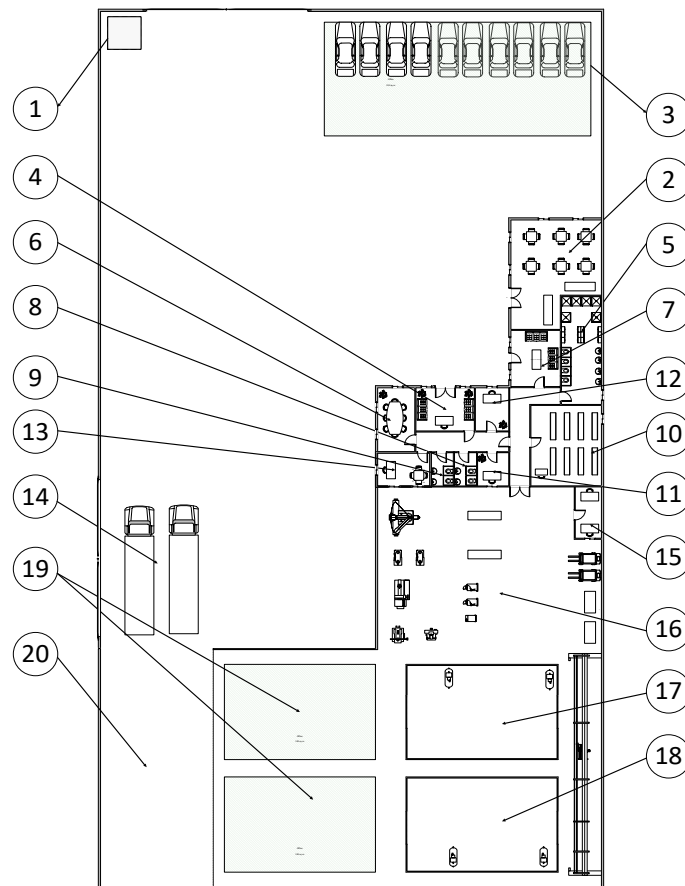
Normativa

Superficie predial mínima 1.000 m².
Frente predial mínimo 20 mts.
Coeficiente constructibilidad: 1,0
Ocupación de suelo: 0,60
Sistema de agrupamiento: aislado
Antejardín: 10 mts.



2.- Layout

Plano de la planta con la especificación de sus partes y áreas.



- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| 1.- Porteria | 11.- Oficina 1 |
| 2.- Comedor | 12.- Oficina 2 |
| 3.- Estacionamiento | 13.- Oficina administración |
| 4.- Recepción | 14.- Estacionamiento Camiones |
| 5.- Camarines | 15.- Oficina Supervisión |
| 6.- Sala de Reuniones | 16.- Área de Mecanizado |
| 7.- Sala de Estar | 17.- Área de Pintado |
| 8.- Baño Hombres | 18.- Área de Granallado |
| 9.- Baño Mujeres | 19.- Área de Ensamble |
| 10.- Bodega | 20.- Zona de Despacho |

ANEXO N°3

1.- Listado de Normativas y Regulaciones

Se presenta a continuación el listado de normativas y regulaciones que deben tenerse en consideración para la instalación y operación de la planta.

Normativas Generales	
Ley N° 19.300/94	Ley de Bases Generales del Medio Ambiente.
D.S N° 30/97	Reglamento del Sistema De Evaluación de Impacto Ambiental.
Normativas de Regulación de Localización de Industrias	
D.S N° 458/76	Aprueba Nueva Ley General de Urbanismo y Construcciones.
D.S N° 718/77	Crea Comisión Mixta de Agricultura, Urbanismo, Turismo y Bienes Nacionales.
D.S N° 47/92	Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.
Resolución N° 120/84	Aprobación Plan Regulador de Hijuelas.
Normativas que Regulan las Emisiones Atmosféricas	
D.F.L N°725/67 Art.89	Código Sanitario (Art. 89).
D.S N° 144/61	Establece Normas para Evitar Emanaciones o Contaminantes.
D.S N° 32/90	Reglamento de Funcionamiento de Fuentes Emisoras de Contaminantes Atmosféricos que Indica en Situaciones de Emergencia de Contaminación Atmosférica.
D.S N° 322/91	Establece Excesos de Aire Máximos Permitidos para Diferentes Combustibles.
D.S N° 185/91	Regula el Funcionamiento de Establecimientos Emisores de Anhídrido Sulfuroso, Material Particulado y Arsénico en Todo el Territorio Nacional.
D.S N° 2.467/93	Aprueba Reglamento de Laboratorios de Medición y Análisis de Emisiones Atmosféricas Provenientes de Fuentes Estacionarias.
D.S N° 812/95	Complementa procedimientos de compensación de emisiones para Fuentes estacionarias puntuales que indica.
Resolución N° 1.215/78: Art 3,4 y5	Normas sanitarias mínimas destinadas a prevenir y controlar la contaminación atmosférica.
Resolución N° 15.027/94	Establece procedimiento de declaración de emisiones para fuentes estacionarias que indica.
Normativas que Regulan las Descargas Líquidas	
Ley N° 3.133/16	Neutralización de Residuos Provenientes de Establecimientos Industriales.
D.F.L N° 725/67	Código Sanitario.
D.F.L N° 1/90	Determina Materias que Requieren Autorización Sanitaria Expresa.

D.S N° 351/93	Reglamento para la Neutralización de Residuos Industriales Líquidos.
D.S N° 745/92	Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas.
D.S N° 609/98	Establece Norma de Emisión para la regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado.
Normativas Aplicables a Residuos Sólidos	
D.F.L N° 725/67	Código Sanitario (Art. 78-81).
D.F.L N° 1.122/81	Código de Aguas (Art. 92).
D.F.L N° 1/89	Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa (art. N° 1).
D.L N° 3.557/80	Establece disposiciones sobre protección agrícola (art. 11).
D.S N° 745/92	Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
Resolución N° 5.081/93	Establece sistema de declaración y seguimiento de desechos sólidos industriales.
D.S N° 685/92	Establece condiciones relativas al control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación (convenio de Basilea).
Normativas Aplicables a los Ruidos	
D.F.L N° 725/67	Código Sanitario (art. 89 letra b).
D.S N° 146/98	Establece norma de emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas, elaborada a partir de la revisión de la norma de emisión contenida en el decreto N° 286, de 1984 del Ministerio de Salud.
D.S N° 745/92	Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en lugares de trabajo.
Normativas de Seguridad y Salud Ocupacional	
D.F.L N° 725/67	Código Sanitario (art 90-93).
D.F.L N° 1/89	Determina materias que requieren autorización sanitaria expresa.
Ley N° 16.744/68	Accidentes y enfermedades profesionales.
D.F.L N° 1/94	Código del Trabajo (art. 153-157).
D.S N° 40/69	Aprueba reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.
D.S N° 54/69	Aprueba el reglamento para la constitución y funcionamiento de los comités paritarios de higiene y seguridad.
D.S N° 20/80	Modifica D.S. N° 40/69.
Ley N° 18.164/82	Internación de ciertos productos químicos.
D.S N° 48/84	Aprueba reglamento de calderas y generadores de vapor.

D.S N° 379/85	Aprueba reglamento sobre requisitos mínimos de seguridad para el almacenamiento y manipulación de combustibles líquidos derivados del petróleo destinados a consumos propios.
D.S N° 29/86	Almacenamiento de gas licuado.
D.S N° 50/88	Modifica D.S. N° 40/69 que aprobó el reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.
D.S N° 745/92	Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo.
D.S N° 95/95	Modifica D.S. N° 40/69 que aprobó el reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.
D.S N° 369/96	Extintores portátiles.
D.S N° 90/96	Reglamento de seguridad para almacenamiento, refinación, transporte y expendio al público de combustibles líquidos derivados del petróleo.
D.S N° 298/94	Reglamento sobre el transporte de cargas peligrosas por calles y caminos.
Normas de Manejo de Sustancias Peligrosas	
Norma NCh 382/89	Sustancias peligrosas terminología y clasificación general.
Norma NCh 2.120/89	Sustancias peligrosas.
Norma NCh 2.190/93	Sustancias peligrosas. Marcas, etiquetas y rótulos para información del riesgo asociado a la sustancia.
Norma NCh 2.245/93	Hoja de datos de seguridad.
Normas Relativas al Uso de Aguas	
Norma NCh 1.333/Of.87	Requisitos de calidad de agua para diferentes usos.
Normativas de Salud y Seguridad Ocupacional	
Norma NCh 388/Of. 55/ D.S 1.314	Prevención y extinción de incendios en almacenamiento de inflamables y explosivos.
Norma NCh 385/Of. 55/D.S. 954	Seguridad en el transporte de materiales inflamables y explosivos.
Norma NCh 387/Of.55/D.S 1.314	Medidas de seguridad en el empleo y manejo de materias primas inflamables.
Norma NCh 758/Of.71/Res.110	Sustancias peligrosas, almacenamiento de líquidos inflamables. Medidas particulares de seguridad.
Norma NCh389/Of.72 D.S. 1.164	Sustancias peligrosas. Almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables. Medidas generales de seguridad.
Norma NCh 1.411/4 Of.78/D.S. 294	Prevención de Riesgos. Parte 4: Identificación de riesgos de materiales.
Norma NCh 2.164/Of.90/D.S.16	Gases comprimidos, gases para uso en la industria, uso médico y uso especial. Sistema SI unidades de uso normal.
Norma NCh 1.377/Of.90/D.S 383	Gases comprimidos cilindros de gases para uso industrial. Marcas para la identificación del contenido y de los riesgos inherentes.

ANEXO N°4

1.- Detalle de Equipos

1.1.- Equipos Vendidos por Año

En la siguiente tabla se despliega la cantidad de cada tipo de equipo que será remanufacturada cada año, mediante la cual se calcularon los costos e ingresos.

Categoría	Equipo	Rango	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Chancado	Chancador de Cono	4-8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Chancador de Mandibulas	4-8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Chancador de Rodillos	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Chancador de Impacto	2-4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Molienda	Molino de Bolas	4-6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Molino de Barras	2-4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Molino SAG	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Filtración	Filtro de Placa	4-6	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Filtros de Banda	0-2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	Filtros de Disco	0-2	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Flotación	Agitadores	0-2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Celdas de Flotación	2-4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Segregación	Harneros	4-8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Hidrociclones	4-8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Transporte	Alimentador	4-8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Bomba Centrífuga	6-12	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Tratamiento	Aglomeradores	0-2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	Espesadores	1-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total			46	44	45	45	45	44	46	44	45	45

1.2.- Precios y Costos por equipo

Se muestran los costos de fabricación y adquisición de equipos nuevos y remanufacturados según fueron cotizados. Estos datos fueron utilizados en los cálculos de costos e ingresos.

1.2.1.- Equipo Nuevo

			Equipo Nuevo	
Categoría	Equipo	Modelo Base	Precio	Costo de Fabricación
Chancado	Chancador de Cono	Metso HP 100	\$ 93.000.000	\$ 60.450.000
	Chanchador de Mandibulas	Skoda 47x35"	\$ 78.000.000	\$ 50.700.000
	Chancador de Rodillos	Gundlach 4024	\$ 30.000.000	\$ 19.500.000
	Chancador de Impacto	Hazmag AP4	\$ 63.000.000	\$ 40.950.000
Molienda	Molino de Bolas	Allis Chambers 9x12'	\$ 280.000.000	\$ 182.000.000
	Molino de Barras	Dominion 9.5x14'	\$ 250.000.000	\$ 162.500.000
	Molino SAG	Fuller SAG Mill 18x10.5	\$ 1.300.000.000	\$ 845.000.000
Filtración	Filtro de Placa	Siemens J-Press 48"	\$ 130.000.000	\$ 84.500.000
	Filtros de Banda	Magnum Parkson 3000.1	\$ 40.000.000	\$ 26.000.000
	Filtros de Disco	Eimco 6x6	\$ 11.000.000	\$ 7.150.000
Flotación	Agitadores	Mixing Tank 8x12	\$ 9.000.000	\$ 5.850.000
	Celdas de Flotación	Wemco 66	\$ 25.000.000	\$ 16.250.000
Segregación	Harneros	Svedala RIPL-FLO 8x16'	\$ 30.000.000	\$ 19.500.000
	Hidrociclones	Krebs D15B	\$ 4.000.000	\$ 2.600.000
Transporte	Alimentador	Carrier 5x7	\$ 13.000.000	\$ 8.450.000
	Bomba Centrifuga	Denver 8x6	\$ 12.000.000	\$ 7.800.000
Tratamiento	Aglomeradores	Allis Chambers 10 x 27'	\$ 62.000.000	\$ 40.300.000
	Espesadores	Eimco 8'	\$ 85.000.000	\$ 55.250.000

1.2.2.- Equipo Remanufacturado

			Equipo Remanufacturado		
Categoría	Equipo	Modelo Base	Precio	Costo Equipo en Desuso	Costo de Acondicionamiento
Chancado	Chancador de Cono	Metso HP 100	\$ 55.800.000	\$ 9.300.000	\$ 22.971.000
	Chancador de Mandíbulas	Skoda 47x35"	\$ 46.800.000	\$ 7.800.000	\$ 19.266.000
	Chancador de Rodillos	Gundlach 4024	\$ 18.000.000	\$ 3.000.000	\$ 7.410.000
	Chancador de Impacto	Hazmag AP4	\$ 37.800.000	\$ 6.300.000	\$ 15.561.000
Molienda	Molino de Bolas	Allis Chambers 9x12'	\$ 168.000.000	\$ 28.000.000	\$ 69.160.000
	Molino de Barras	Dominion 9.5x14'	\$ 150.000.000	\$ 25.000.000	\$ 61.750.000
	Molino SAG	Fuller SAG Mill 18x10.5	\$ 780.000.000	\$ 130.000.000	\$ 321.100.000
Filtración	Filtro de Placa	Siemens J-Press 48"	\$ 78.000.000	\$ 13.000.000	\$ 32.110.000
	Filtros de Banda	Magnum Parkson 3000.1	\$ 24.000.000	\$ 4.000.000	\$ 9.880.000
	Filtros de Disco	Eimco 6x6	\$ 6.600.000	\$ 1.100.000	\$ 2.717.000
Flotación	Agitadores	Mixing Tank 8x12	\$ 5.400.000	\$ 900.000	\$ 2.223.000
	Celdas de Flotación	Wemco 66	\$ 15.000.000	\$ 2.500.000	\$ 6.175.000
Segregación	Harneros	Svedala RIPL-FLO 8x16'	\$ 18.000.000	\$ 3.000.000	\$ 7.410.000
	Hidrociclones	Krebs D15B	\$ 2.400.000	\$ 400.000	\$ 988.000
Transporte	Alimentador	Carrier 5x7	\$ 7.800.000	\$ 1.300.000	\$ 3.211.000
	Bomba Centrifuga	Denver 8x6	\$ 7.200.000	\$ 1.200.000	\$ 2.964.000
Tratamiento	Aglomeradores	Allis Chambers 10 x 27'	\$ 37.200.000	\$ 6.200.000	\$ 15.314.000
	Espesadores	Eimco 8'	\$ 51.000.000	\$ 8.500.000	\$ 20.995.000

1.3.- Influencia de Equipos en los Ingresos

Equipo	Incidencia
Chancador de Cono	7,75%
Chancador de Mandíbulas	6,50%
Chancador de Rodillos	0,63%
Chancador de Impacto	2,63%
Molino de Bolas	23,35%
Molino de Barras	10,42%
Molino SAG	27,10%
Filtro de Placa	10,84%
Filtros de Banda	0,83%
Filtros de Disco	0,23%
Agitadores	0,19%
Celdas de Flotación	1,04%
Harneros	2,50%
Hidrociclones	0,33%
Alimentador	1,08%
Bomba Centrífuga	1,50%
Aglomeradores	1,29%
Espesadores	1,77%

2.- Detalle Construcciones

Se muestran los datos utilizados para calcular los costos de construcción de la planta.

Costos	UF/m ²	Rango
Pavimento	0,2	0,2-0,5
Cercado	0,02	0,02-0,06
Edificación	15	15-20
Galpón	7	4-10
Baño	20	20-25

Terreno	m ²	UF	Costo
Superficie	12000	7200	\$ 189.368.856
Cercado	12000	240	\$ 6.312.295
Vías	300	60	\$ 1.578.074
Estacionamiento	150	30	\$ 789.037
Total			\$ 198.048.262

Galpón	m ²	UF	Costo
Base	1028	205,6	\$ 5.407.533
Estructura	1028	7196	\$ 189.263.651
Total			\$ 189.263.651

Oficinas	m ²	UF	Costo
Recepción	20	300	\$ 7.890.369
Oficinas Ing.	33,75	506,25	\$ 13.314.998
Sala de Reuniones	21	315	\$ 8.284.887
Baño	12	240	\$ 6.312.295
Total			\$ 35.802.549

Instalaciones de Personal	m ²	UF	Costo
Estancia	25	375	\$ 9.862.961
Comedor	76	1140	\$ 29.983.402
Bodega	53	795	\$ 20.909.478
Baño	36	720	\$ 18.936.886
Total			\$ 79.692.727

3.- Detalle Costos Operacionales

Categoría	Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Consumo de Energía	Procedimientos [KWh]	6501	\$ 170	\$ 1.105.204
	Consumo de Agua [m³]	353	\$ 1.180	\$ 417.478
	Oficinas [KWh]	403	\$ 170	\$ 68.536
Mantenimiento	Maquinarias	11	\$ 200.000	\$ 2.200.000
	Equipos	8	\$ 60.000	\$ 480.000
	Vehículos	3	\$ 80.000	\$ 240.000
Mano de Obra Directa	Mecánico	12	\$ 800.000	\$ 9.600.000
	Ayudante	4	\$ 600.000	\$ 2.400.000
	Jefe de Turno	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000
	Soldador	2	\$ 600.000	\$ 1.200.000
Mano de Obra Indirecta	Administrador	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
	Ingeniero	2	\$ 1.200.000	\$ 2.400.000
	Secretaria	1	\$ 500.000	\$ 500.000
	Cuidador	3	\$ 300.000	\$ 900.000
Remanufactura	Adquisición de Equipos	1	\$ 38.874.167	\$ 38.874.167
	Costo de Remanufactura	1	\$ 96.019.192	\$ 96.019.192
Servicios	Internet y Telefonía	1	\$ 150.000	\$ 150.000
	Contabilidad y RRHH	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
	Alimentación	1	\$ 800.000	\$ 800.000
	Manejo de residuos	1	\$ 400.000	\$ 400.000
	Transporte	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Insumos	Materiales	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
	Soldadura y Oxícorte	1	\$ 400.000	\$ 400.000
	Combustibles	1	\$ 500.000	\$ 500.000
	Lubricantes	1	\$ 250.000	\$ 250.000
			Total	\$ 165.504.576

4.- Detalle Inversión de Capital

Categoría	Detalle	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Maquinaria	Torno	1	\$ 25.000.000	\$ 25.000.000
	Fresa	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
	Taladradora	2	\$ 500.000	\$ 1.000.000
	Cepillo	1	\$ 6.000.000	\$ 6.000.000
	Escoplo	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
	Cabezal Divisor	1	\$ 800.000	\$ 800.000
	Rectificadora	1	\$ 6.000.000	\$ 6.000.000
	Sala de Granallado	1	\$ 40.000.000	\$ 40.000.000
	Granalladora	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
	Compresor	1	\$ 750.000	\$ 750.000
	Puente Grúa	1	\$ 60.000.000	\$ 60.000.000
	Grúa Horquilla	2	\$ 6.500.000	\$ 13.000.000
	Camioneta	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
Herramientas e Instrumentos	Instrumentos de medición	1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
	Herramientas Básicas	6	\$ 200.000	\$ 1.200.000
	Set de Limas	1	\$ 150.000	\$ 150.000
Montaje	Mano de Obra	1	\$ 4.800.000	\$ 4.800.000
	Insumos	1	\$ 950.500	\$ 950.500
Equipos	Soldadura MIG	2	\$ 850.000	\$ 1.700.000
	Soldadura TIG	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
	Hidrolavadoras	2	\$ 60.000	\$ 120.000
	Equipo Pintado	1	\$ 500.000	\$ 500.000
	Equipo Oxicorte	1	\$ 600.000	\$ 600.000
Insumos	Computadores	6	\$ 450.000	\$ 2.700.000
	Impresoras	2	\$ 210.000	\$ 420.000
	Teléfono	8	\$ 7.000	\$ 56.000
	Plotter	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
	Muebles	1	\$ 3.000.000	\$ 3.000.000
Terreno	Terreno	1	\$ 198.048.262	\$ 198.048.262
Construcciones	Galpón	1	\$ 189.263.651	\$ 189.263.651
	Oficinas Administrativas	1	\$ 35.802.549	\$ 35.802.549
	Instalaciones Personal	1	\$ 79.692.727	\$ 79.692.727
	Servicios Sanitarios	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
Total				\$ 705.253.689

5.- Flujo de caja

Flujo de caja del proyecto en millones de pesos.

Detalle	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos Operacionales	-	2578	2553	3352	2560	2572	3333	2578	2553	3352	2560
Adquisición Equipos en Desuso	-	-430	-426	-559	-427	-429	-556	-430	-426	-559	-427
Remanufactura Equipos	-	-1061	-1051	-1380	-1054	-1059	-1372	-1061	-1051	-1380	-1054
Consumo de Energía	-	-19	-19	-19	-19	-19	-20	-20	-20	-20	-20
Mantenimiento	-	-35	-35	-35	-36	-36	-36	-36	-36	-36	-37
Insumos	-	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-27	-27	-27	-27
Mano de Obra Directa	-	-182	-183	-184	-185	-186	-187	-188	-189	-190	-191
Utilidad Operacional	-	825	813	1148	813	817	1136	817	805	1140	805
Mano de Obra Indirecta	-	-70	-70	-70	-71	-71	-71	-72	-72	-72	-73
Depreciación Construcción	-	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4	-4
Depreciación Maquinaria	-	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19	-19
Utilidad Antes de Impuestos	-	732	720	1055	720	723	1042	722	710	1045	709
Perdida del Ejercicio Anterior	-	-1367	-612	-	-	-	-	-	-	-	-
Base Imponible	-	-635	108	1055	720	723	1042	722	710	1045	709
Impuestos	-	-	-27	-264	-180	-181	-261	-181	-178	-261	-177
Utilidad Después de Impuestos	-	-635	81	791	540	542	782	542	533	784	532
Depreciación Construcciones	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Depreciación Maquinarias	-	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
Terreno	-198										
Construcciones	-307										
Maquinaria	-183										
Herramientas e Instrumentos	-4										
Insumos	-8										
Montaje	-6										
Capital de Trabajo	-662										
Recuperación Capital de Trabajo											662
Valor Residual											271
Flujo de Caja Neto	-1367	-612	104	814	562	565	805	565	555	807	1487

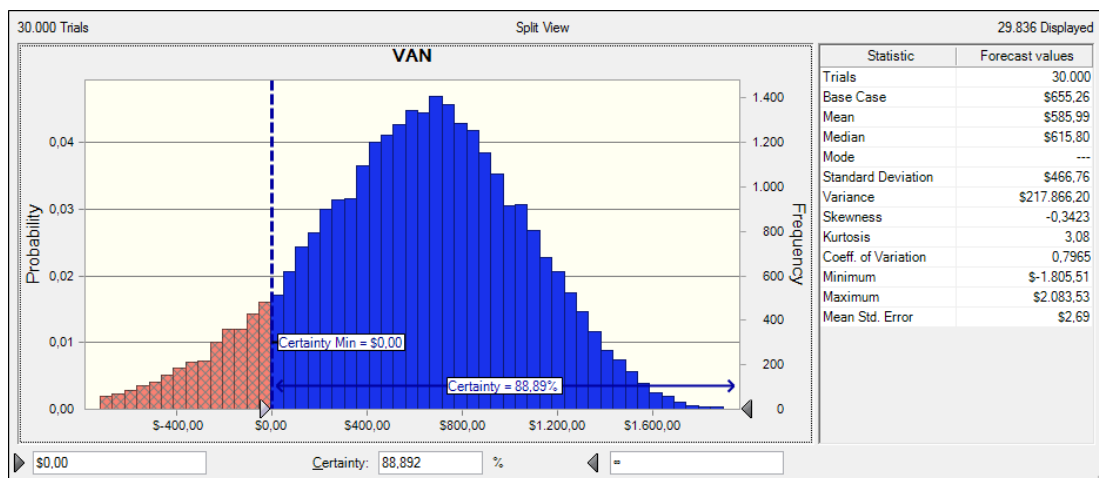
ANEXO N°5

1.- Estudio de Sensibilidad Sobre la Cantidad de Unidades Fabricadas

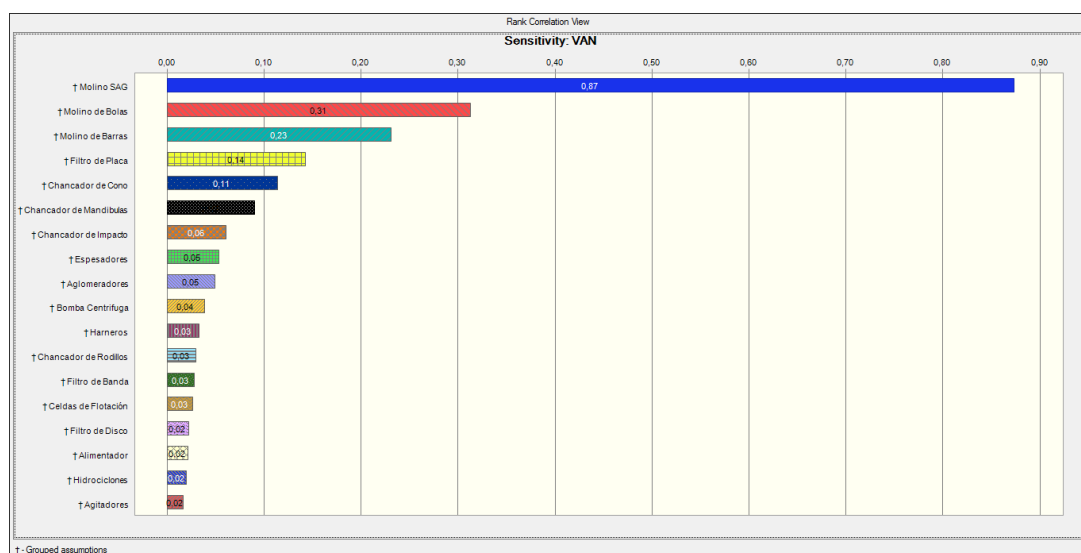
A continuación se muestran los gráficos del comportamiento de los indicadores económicos cuando se varía la cantidad de unidades fabricadas por año con la cuantificación de la influencia que tiene cada tipo de equipo sobre el valor.

1.1.- VALOR ACTUAL NETO

Predicción

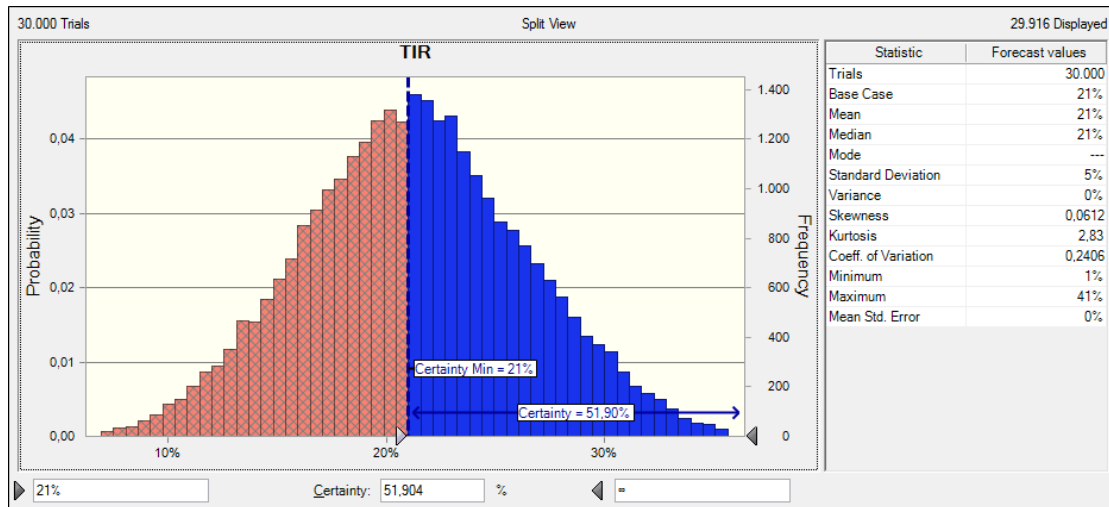


Sensibilidad

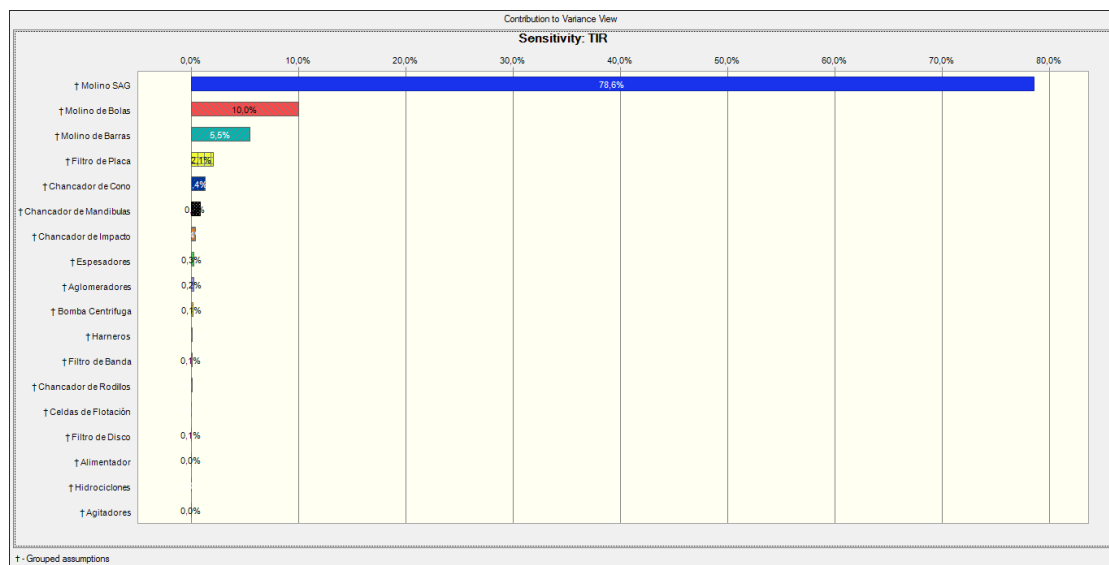


1.2.- TASA INTERNA DE RETORNO

Predicción

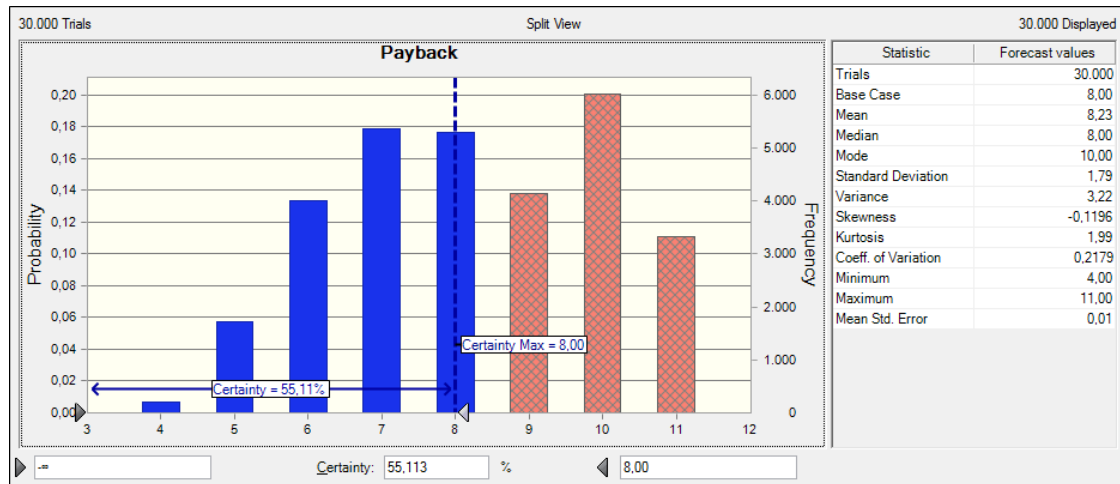


Sensibilidad

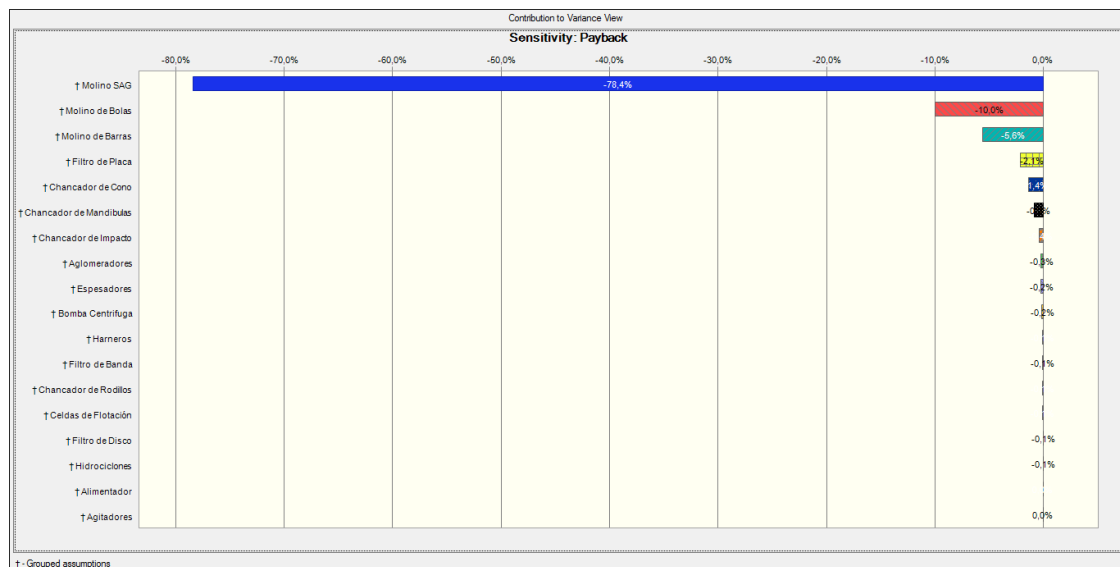


1.3.- PAYBACK

Predicción

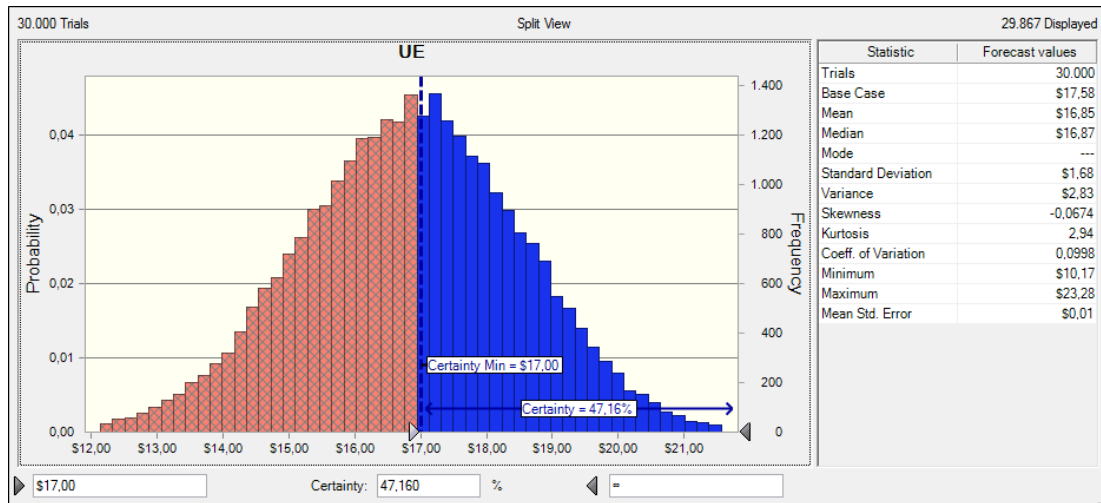


Sensibilidad

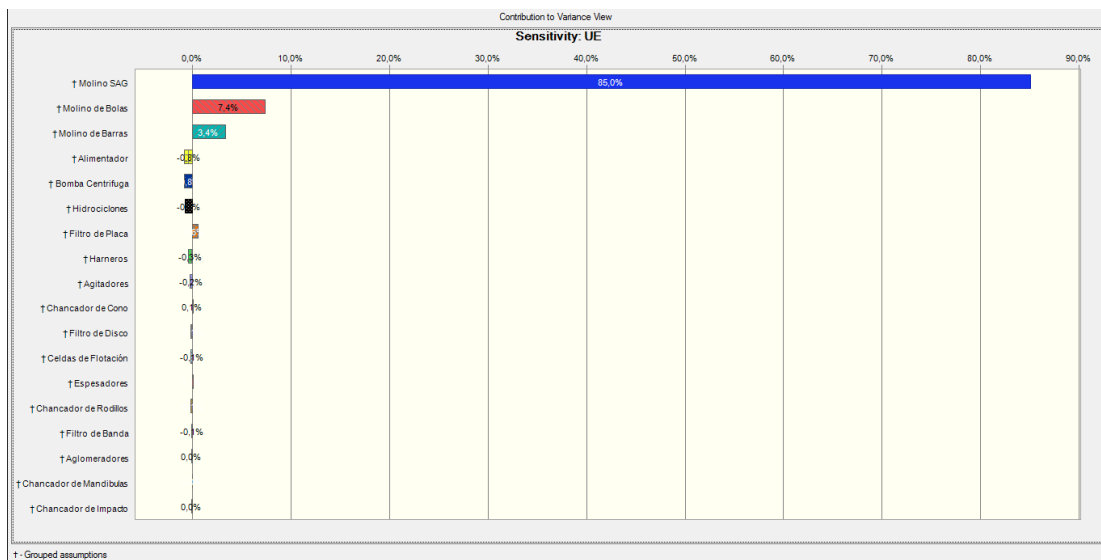


1.4.- UNIDAD EQUIVALENTE

Predicción



Sensibilidad

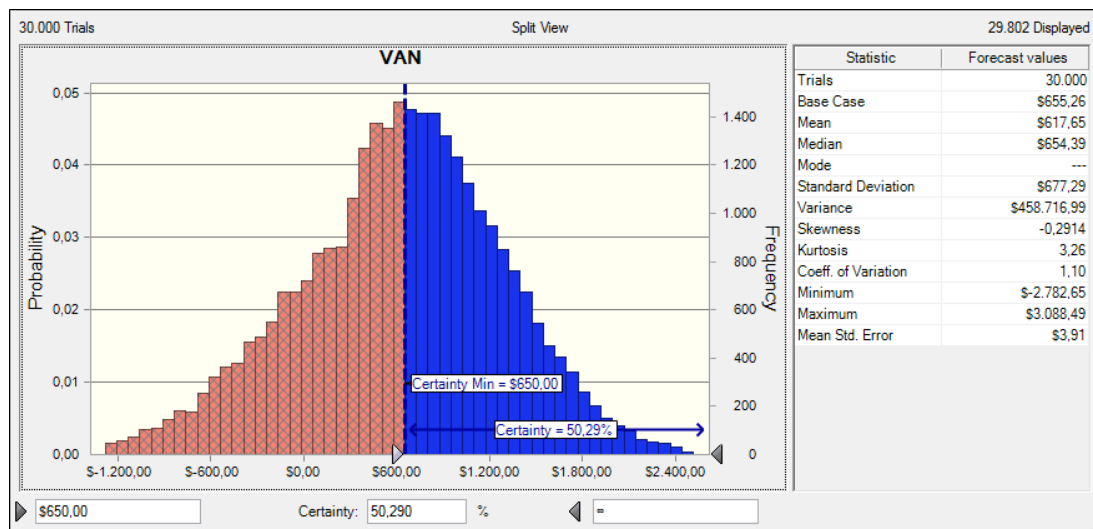


2.- Estudio Sobre Porcentajes Asociados

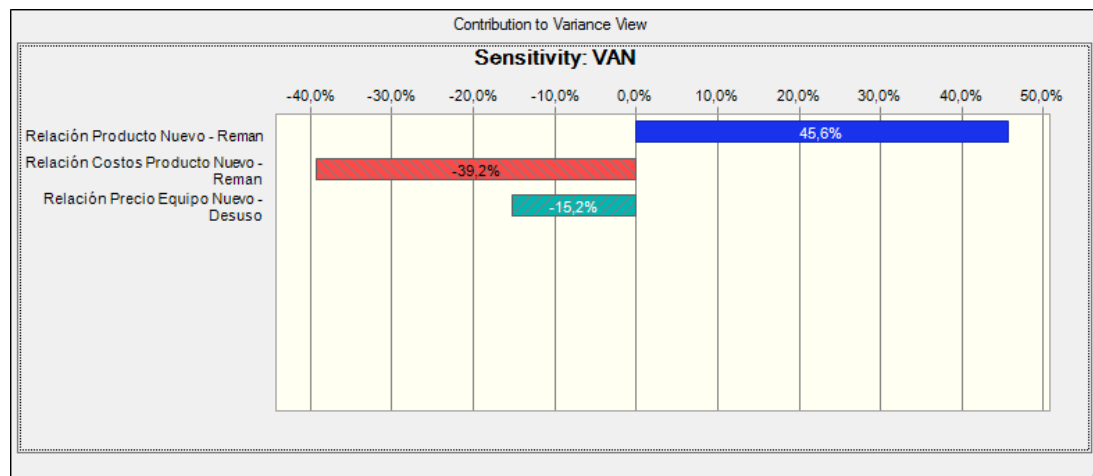
A continuación se muestran los gráficos del comportamiento de los indicadores económicos cuando se varían los porcentajes de las relaciones entre el producto nuevo y remanufacturado la cuantificación de la influencia que tiene cada la variación de cada uno de estos porcentajes sobre el indicador.

2.1.- VALOR ACTUAL NETO

Predicción

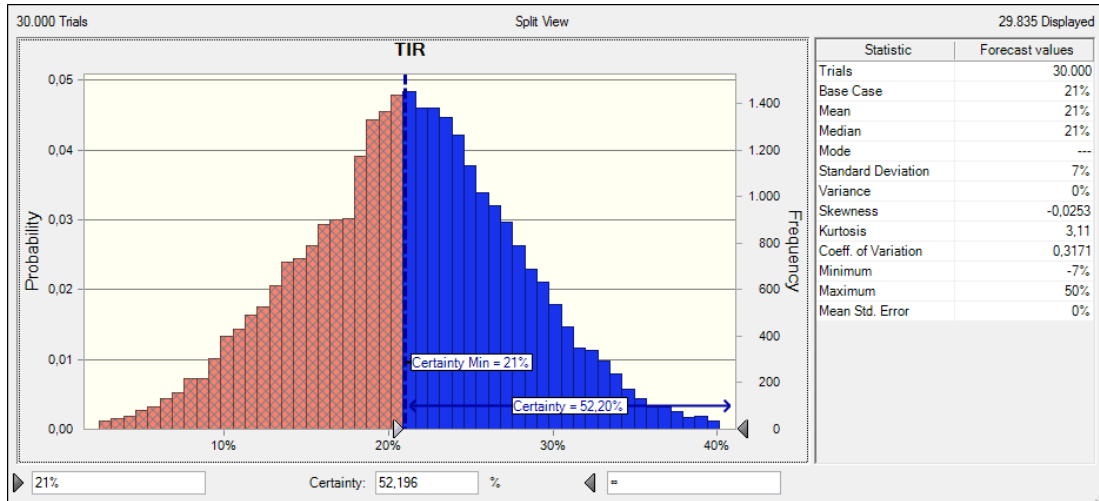


Sensibilidad

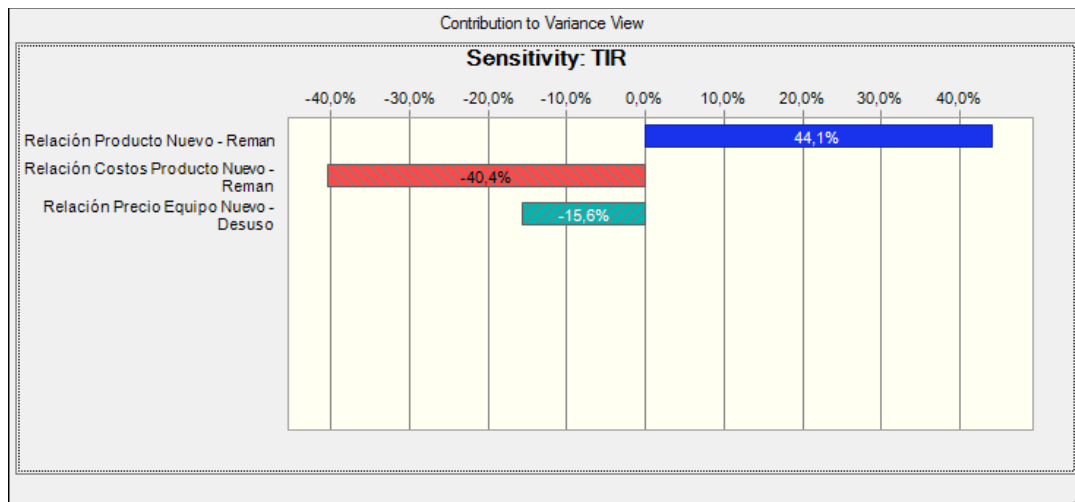


2.2.- TASA INTERNA DE RETORNO

Predicción

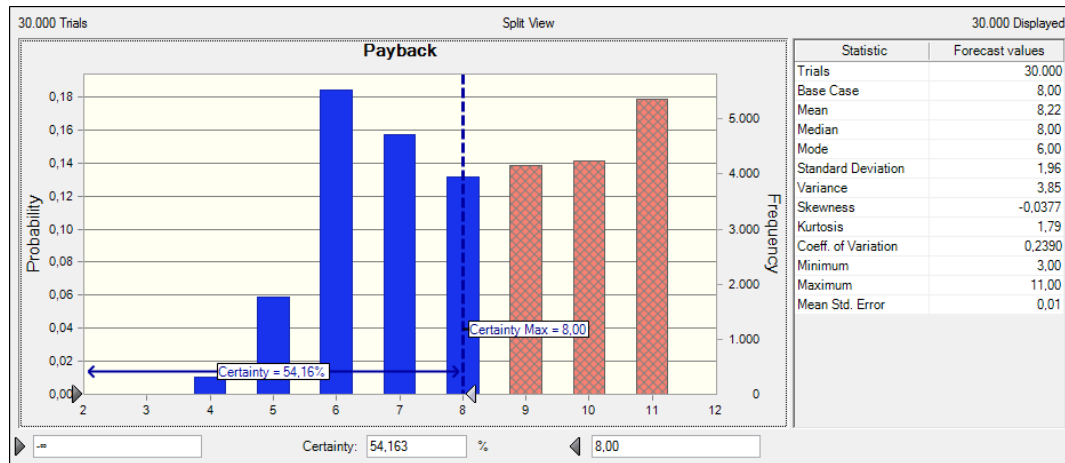


Sensibilidad

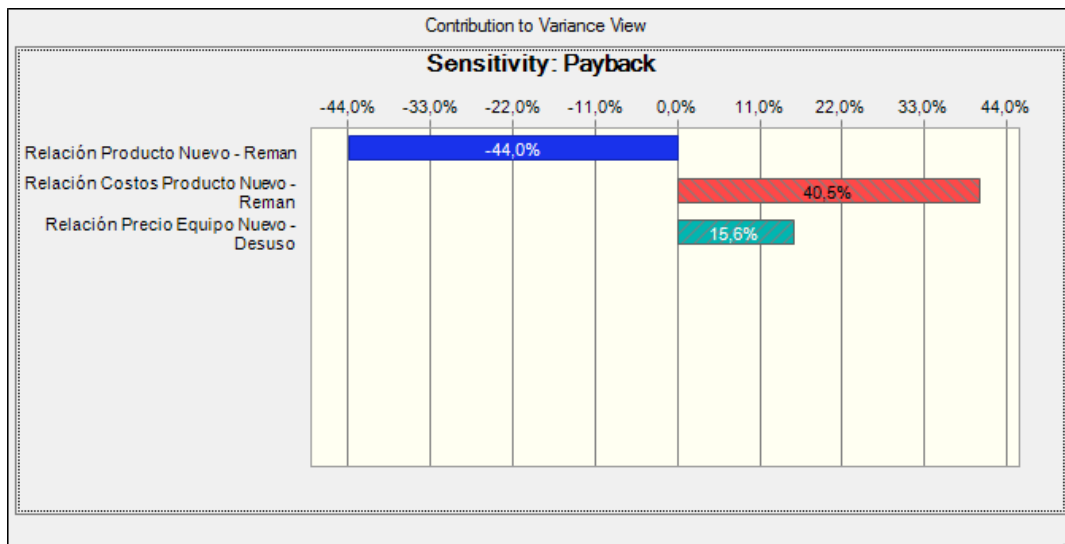


2.3.- PAYBACK

Predicción

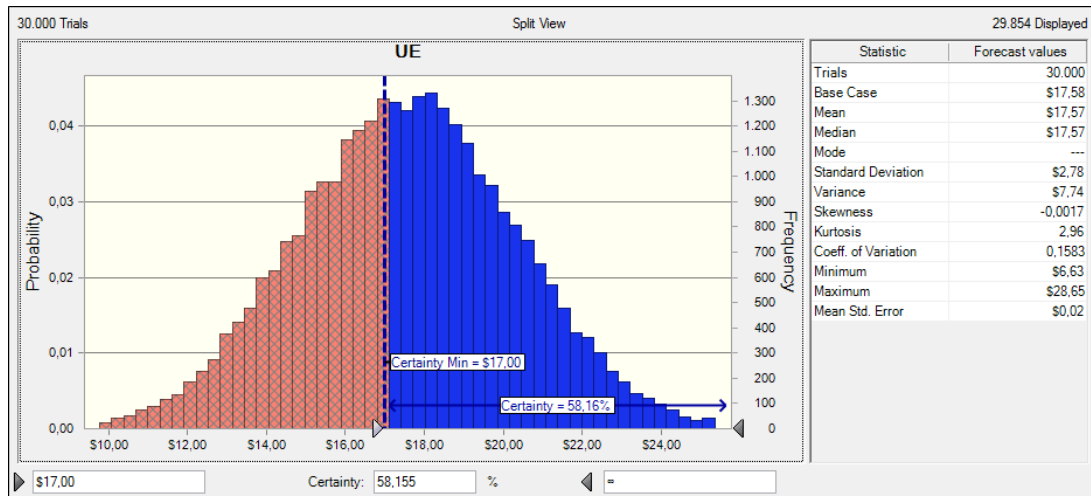


Sensibilidad



2.4.- UNIDAD EQUIVALENTE

Predicción



Sensibilidad

