

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE MANIPULADOR PARA
FORROS DE ACERO APLICADOS EN MOLINOS
CONVENCIONALES

TESIS

PRESENTADO POR:

MOISES TURPO CARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE MANIPULADOR PARA FORROS DE ACERO
APLICADOS EN MOLINOS CONVENCIONALES

TESIS PRESENTADA POR:

MOISES TURPO CARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 02-05-2018



APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

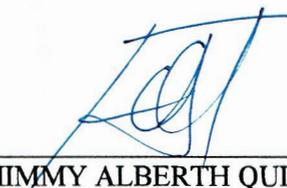
PRESIDENTE

: 
M.Sc. JUAN RENZO ILLACUTIPA MAMANI

PRIMER MIEMBRO

: 
Ing. FELIPE CONDORI CHAMBILLA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
M.Sc. JHIMMY ALBERTH QUISOCALA HERRERA

DIRECTOR / ASESOR

: 
M.Sc. LEONARDO PAYÉ COLQUEHUANCA

Área : Mecánica

Tema : Diseño y Construcción de Máquinas

DEDICATORIA

A mis queridos padres Héctor E. Turpo Quispe y Juana I. Cari M. por haberme brindado su apoyo durante mi formación apoyándome en todo momento, por su consejo impartido y la confianza depositada.

A mis hermano y hermana David y Cecilia por brindarme su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por llevarme a su lado a lo largo de esta vida siempre llenándome de gozo y alegría e iluminando mi camino.
- A la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, donde aprendí en sus aulas y me formé profesionalmente, especialmente a los docentes por impartir sus valores, experiencias que son el pilar del desarrollo personal

ÍNDICE

RESUMEN	12
ABSTRACT	13
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	15
1.2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	16
1.3. OBJETIVOS DE JUSTIFICACION.....	16
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
II. REVISIÓN DE LITERATURA	18
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	18
2.2. SUTENTO TEORICO.....	19
2.2.1. LA MOLIENDA.....	19
2.2.2. CARACTERISTICA DEL MOLINO.....	20
2.2.3. PARTES PRINCIPALES DEL MOLINO.....	21
2.2.4. FUNCIONAMIENTO DEL MOLINO.....	22
2.2.5. TIPOS DE FORROS O CHAQUETA DE LOS MOLINOS.....	26
2.2.6. ACCESORIOS PARA REVESTIMIENTO.....	27
2.3. FORRO PARA MOLINO DE BOLAS	29
2.3.1. SELECCIÓN DE LOS FORROS O CHAQUETAS.....	31
2.4. CRITERIOS PARA EL DISEÑO.....	31
2.4.1 TEORIA PARA EL DISEÑO MECANICO.....	31

2.4.2. TEORIA PARA EL DISEÑO HIDRAULICO	31
2.5. COMPONENTES DEL DISEÑO.....	32
2.5.1. ACTUADORES.....	32
2.5.2. VALVULAS	33
2.5.3. BOMBA.....	33
2.5.4. DUCTOS.....	34
2.5.5. TANQUE	35
2.6. GENERALIDADES SOBRE EL MANTENIMIENTO.....	36
2.6.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO	38
2.6.2. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	41
2.6.3. MANTENIMIENTO PARADA DE PLANTA	45
2.6.4. MANTENIMIENTO POST PARADA DE PLANTA.....	49
2.7. AUTODESK INVENTOR.....	52
2.7.1. INTRODUCCION	51
2.7.2. QUE ES EL DISEÑO	53
2.7.3. EL CAD	55
2.8. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION	59
2.8.1. HIPOTESIS GENERAL	59
2.8.2. HIPOTESIS ESPECIFICO	60
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	61
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.....	61
3.2. COMPONENTE DE LA INVESTIGACION.....	62
3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCION DEL COMPONENTE DE INVESTIGACION.	62

3.4.	TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACION.	63
3.5.	TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.....	63
3.6.	PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS.....	63
3.6.1.	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.	63
3.6.2.	CALCULO DE LA VELOCIDAD CRÍTICA.	66
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
4.1.	MODELAMIENTO CAD DEL MANIPULADOR DE FORROS.....	66
4.1.1.	DISEÑO DE LA PLATAFORMA.....	68
4.1.2.	DISEÑO DEL MANIPULADOR.	67
4.2.	TIEMPO DE MANTENIMIENTO.....	70
4.2.1.	DISTRIBUCION PARA PROCESOS EN EL TRABAJO.	71
4.3.	DESCRIPCION DEL TRABAJO.	72
V.	CONCLUSIONES	75
	SUGERENCIAS	76
VI.	RECOMENDACIONES	77
VII.	REFERENCIAS.....	78
	BIBLIOGRAFÍA.....	78
	ANEXOS.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de un Molino de bolas	22
Figura 2. Alimentación del Molino de bolas.....	23
Figura 3. Sistemas de Molino de bolas	24
Figura 4. Movimiento del Mineral al interior de los molinos de bolas	25
Figura 5. Descarga del molino de bolas	26
Figura 6. Tipos de forros de acero	27
Figura 7. Perno de Cabeza Oval.....	28
Figura 8. Tuerca Hexagonal	29
Figura 9. Forro de Doble Onda – 120 kg	30
Figura 10. Tipos actuadores	32
Figura 11. Simbología de válvulas distribuidoras.....	33
Figura 12. Forro de tapa, forro de cilindro.....	44
Figura 13. Entorno de trabajo Autodesk Inventor.....	55
Figura 14. Proceso del Diseño	56
Figura 15. Modelamiento del manipulador.....	68
Figura 16. Diseño del Manipulador de forros	69
Figura 17. Simulación de enchaquetado	70
Figura 18. Interior de molino	72

Figura 19. Corte de forro con chanfercord.....	73
Figura 20. Forro de acero desgastado	73
Figura 21. Forros de acero nuevos para revestimiento.....	73
Figura 22. Revestimiento de forros.....	74
Figura 23. Cierre de molino 9.5 x 15	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables y procedimientos del problema de investigación	62
Tabla 2. Técnicas e instrumentos para recolección de información	63
Tabla 3. Estimación de tiempo para revestimiento	70
Tabla 4. Horario de mantenimiento para revestimiento	71
Tabla 5. Distribución del personal	71

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

Enlainado = Remoción u montaje de revestimiento mediante maquina

Lainera = Maquina manipuladora de revestimientos

Liners = Revestimientos

Lining = Revestimientos

Lifter = Levantador (parte alta de los revestimientos)

Manipulador = Maquina para revestimiento

Molienda = Procesos de reducción de tamaño

Mena = Mineral

Wear = Desgaste

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo mejorar la calidad para el mantenimiento de los molinos convencionales, contiene el diseño de manipulador para forros de acero, con el diseño mediante software CAD, con un sistema más rápido, preciso y seguro según normas y técnicas de producción industrial y minero, sin realizar manualmente. La implementación permite al usuario mantener la producción constante, el sistema se basa principalmente en elementos electro neumáticos accesibles en el mercado acoplados a elementos mecánicos de fabricación mediante máquinas y herramientas.

La finalidad es optimizar el costo, tiempo y riesgo operacional en el revestimiento de forros de aceros, en donde contiene el proceso de diseño del manipulador de forros de acero para el revestimiento en los molinos convencionales, que combina el cálculo de dimensiones (diámetro y longitud), con el diseño mediante software CAD, de tal manera que ambos se complementan para dar como resultado un diseño virtual en 3D., se hace una recopilación de información en cuanto a la teoría sobre molienda y revestimiento el molino de bolas que nos servirá para entender el porqué del diseño. En su diseño se consideraron los principios del dimensionamiento de molinos (método de Bond) y resistencia de materiales, dicho proyecto se realizó mediante el uso del software Autodesk inventor en su versión 2013, por encontrarse esta en su versión más completa para los requerimientos del modelamiento del diseño. Se realizó la descripción conceptual de los mecanismos y partes que componen el molino, el cálculo de la velocidad crítica, así como la simulación de la dinámica del conjunto es decir el ensamblaje de las partes del molino y el análisis estructural de los componentes esenciales. Durante el proceso de diseño se soportó el trabajo con software CAD Autodesk Inventor. La utilización de estas herramientas computacionales se aplicó con criterios de diseño de Ingeniería del diseño.

Keywords: Optimización, Molino, Procesos.

ABSTRACT

The present work aims to improve the quality for maintenance of conventional mills, contains the design of manipulator for steel linings, with the design by CAD software, with a faster, more accurate and secure system according to standards and techniques of industrial production and mining, without performing manually. The implementation allows the user to maintain constant production, the system is based mainly on electro-pneumatic elements accessible in the market coupled to mechanical elements of manufacture by machines and tools.

The purpose is to optimize the cost, time and operational risk in the coating of steel linings, where it contains the design process of the manipulator of steel linings for the coating in conventional mills, which combines the calculation of dimensions (diameter and length), with the design by means of software CAD, in such a way that both complement each other to give as a result a virtual 3D design,, a compilation of information is made as for the theory on grinding and coating the ball mill that will serve us to understand why design. In its design were considered the principles of sizing of mills (Bond method) and strength of materials, this project was made using the software Autodesk inventor in its 2013 version, as it is in its most complete version for the requirements of modeling design. The conceptual description of the mechanisms and parts that make up the mill, the calculation of the critical speed, as well as the simulation of the dynamics of the assembly, that is, the assembly of the parts of the mill and the structural analysis of the essential components, was carried out. During the design process, work with CAD software Autodesk Inventor was supported. The use of these computational tools was applied with Design Engineering design criteria.

Key Words: Mill, processes, design and optimization, liners

CAPITULO I

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el Perú es un país minero por excelencia y así lo demuestran las inversiones hechas en este rubro; dentro de los equipos más utilizados en esta industria están los molinos de bolas, barras a los cuales se les exige una disponibilidad mayor al 90 % es decir que su operación es constante, al mismo tiempo requieren de un mantenimiento en el revestimiento del molino las cuales tienes una durabilidad de 3 a 6 meses para su mejor durabilidad y protección del cuerpo del molino.

Debido a que el cambio de revestimiento de chaqueta o blindaje del molino es de muy alto riesgo tanto para la salud como para la vida, que los mantenimientos de los liners se hacen empíricamente a las que están asociadas el riesgo a la salud, ergonomía.

En el presente proyecto de investigación se han definido en tres capítulos, en los cuales se estructuran de la siguiente manera.

CAPITULO I: Este proyecto se presenta como un paso importante en el desarrollo de diseño y modelamiento mediante software, a la solución de problemas en minería, se

propone realizar el diseño y simulación de manipulador de forros de acero para molinos convencionales, para así realizar el cambio de forros de acero en los molinos

CAPITULO II: El sustento teórico se basa en la operación de la molienda, esta produce normalmente en los revestimientos de chaqueta o blindaje, los medios de molienda o elementos triturantes deben golpearse entre sí, el molino está formado por un cuerpo cilíndrico de eje horizontal que en su interior tiene y está compuesta por forros de acero, polimet, caucho y a su vez por bolas de acero o barras de acero. El cuerpo gira al accionamiento de un motor, el cual mueve el piñón que engrana con una corona que tiene el cuerpo cilíndrico.

CAPITULO III: Se desarrolla el análisis e interpretación del diseño mediante Autodesk inventor se realiza siguiendo los pasos básicos de CAD, por otro lado, en cuanto al diseño por software necesita incentivar más el uso de programas computacionales especializados debido a que estos van de la mano con los trabajos de ingeniería y a la vez facilitan su labor de diseño del ingeniero.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad el manipulador de forros de acero tiene como objetivo sustituir el sistema de revestimiento para cambio de lanners o blindaje en los molinos, donde es diseñado para la colocación y extracción de forros de acero en el interior de los molinos de bolas y barras reduciendo el tiempo, costo y riesgo operacional durante el mantenimiento e intervención de los molinos convencionales.

No solo se optimiza la mantención de los molinos al reducir el tiempo, de cambio de una coraza gastada por una nueva, sino que además disminuyen considerablemente los costos

operacionales y se benefician los costos de explotación. También ayudan en forma importante a disminuir los riesgos de accidente en la operación de cambio de revestimiento ya que nadie debe estar en la zona de peligro de los revestimientos durante la instalación o el reemplazo.

El reemplazo estima que se reduce el tiempo de cambio de los revestimientos de coraza en un 30 a 40 % en comparación con los revestimientos convencionales. En nuestra Región Puno no existe una línea de producción de equipos de minería fabricados, tales como el manipulador de forros de acero. Se compone una estructura móvil autopropulsada, que consta de una viga estructurada sobre la que se han dispuesto plumas con un brazo telescópico y una muñeca con garra para tomar las corazas.

El software libre y los métodos de desarrollo asociados con frecuencia a proyectos de software libre brindan una gran oportunidad para que la ingeniería del software se encamine hacia lo que realmente pretende ser: una actividad ingenieril aplicada a las técnicas de desarrollo. Partiendo de esta idea, este proyecto pretende presentar un enfoque basado en el proceso de modelamiento y análisis del mismo proveniente del software utilizado (Autodesk Inventor 2013).

1.2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Este proyecto es implantar los procedimientos de trabajo que presenta como un paso importante en el desarrollo de modelamiento mediante software, donde nos enfocamos en el diseño de manipulador de forros de acero con el fin de obtener un equipo con un diseño adecuado.

Al mencionar el mantenimiento en el revestimiento de los forros de acero que se debe realizar para preservar en óptimas condiciones evitando las pérdidas de costo, tiempo en la producción y reducir los índices de accidentes, por lo tanto se plantea diseñar y hacer

la simulación utilizando el software de diseño Autodesk Inventor 2013 y hacer los cálculos necesarios para tener un diseño confiable, de tal manera que se impulse la fabricación correcta de estos equipos en la región.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.3.1. Objetivos Generales

Desarrollar un diseño y simulación de un manipulador de forros de acero que será aplicados en el revestimiento de molinos convencionales de bolas y barras, haciendo uso de software CAD especializado, y realizar una adecuada simulación del mismo estableciendo una relación entre los forros de acero y los molinos convencionales.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a) Realizar un óptimo revestimiento de los molinos convencionales, reduciendo los costos de mantenimiento, los índices de riesgo.
- b) Realizar la simulación del manipulador de forros de acero usando el software de diseño Autodesk Inventor 2013.

CAPITULO II

II. REVISIÓN DE LITERATURA

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.

2.1.1. Antecedentes sobre cambio de liners en los molinos convencionales

Los antecedentes se relaciona con el cambio y revestimiento de los forros de acero en los molinos convencionales se efectúan de manera empírica, interviniendo los recursos humanos en donde el D.S. 024-2016-EM, es considerado trabajo de alto riesgo, así mismo hace mención que una persona pueda manipular hasta 25 kg por persona, y los forros de acero llegan a los 125 kg cada uno.

El reemplazo de los forros de acero se realiza con el apoyo de un puente grúa, eslinga, estobos las cuales tienen un factor 5 a 1, las cuales no superan los requerimientos del D.S. 024-2016-EM, los costos y tiempo reducen en un 30 a 40 %.

Ofrecer productos y servicios de buena calidad es una de las metas planeadas por las empresas grandes en minería hoy en día, pues están en la búsqueda constante de la excelencia que realiza sus actividades sus actividades diarias de manera eficiente, focalizados en la satisfacción del cliente y la mejora continua de sus procesos lo que

implica la elaboración de un producto mejor, ajustando a los requisitos y necesidades solicitadas.

(Belestreni, 2002)

2.2. SUSTENTO TEORICO

2.2.1. La Molienda

El molino son equipos que están diseñadas para disminuir el tamaño de los minerales que hoy en día son utilizadas en la industria minera, en la cual se tritura la ganga y posteriormente se ataca mediante reactivos para separar los minerales.

La molienda es el último escalón de la fragmentación, consiste de un cilindro de acero rotatorio, las bolas de acero de molienda llenan el molino en un promedio de 35 a 40 % de su volumen total y la pulpa llenan el vacío, no obstante, para ello requieren de un mantenimiento y cambio de liners (forros de acero) que están cubiertas alrededor del casco, las cuales son trabajos de alto riesgo, demanda de tiempo.

Cuerpo o casco del molino: el casco del molino está diseñado para impactos de carga pesada, es la parte más grande de un molino y está construido de placas de acero forjado. El casco del molino está instalado sobre dos chumaceras o dos cojinetes macizos esféricos.

Chumacera: se comporta como soporte del molino y a la vez la base sobre la que gira el molino.

Tapas: Soportan los cascos y están unidos al trunion.

Forros o Chaquetas: Sirven de protección del casco de molino, resiste al impacto de las bolas, así como de la misma carga, los pernos que los sostiene son de acero de alta resistencia a la tracción.

Trunion de Descarga: Es el conducto de descarga del mineral en pulpa, por esta parte se alimenta las bolas, sobre la marcha.

Trommel: Desempeña un trabajo de retención de las bolas especialmente de aquellos por excesivo trabajo han sufrido demasiado desgaste. De igual modo sucede con el mineral o rocas muy duras que no pueden ser molidos completamente, por tener una granulometría considerable quedan retenidas en el trommel.

Ventana de Inspección: Esta instalada en cuerpo del molino, tiene una dimensión suficiente como para permitir el ingreso de una persona por ella ingresa el personal a efectuar cualquier reparación en el interior del molino. Sirve para cargar bolas nuevas (carga completa), así como para descargarlas para inspeccionar las condiciones en la que se encuentra las bolas y blindaje.

(AUSTIN L. & CONCHA F., 1994)

2.2.2. Características del molino

1. El molino de bolas tritura y muele muchos tipos de minerales y rocas durante la explotación minera. También es utilizado para la selección de minas.
2. Los molinos de bolas son ampliamente utilizados en la industria minera, industria de construcción e industria química.
3. Dos técnicas de pulverización pueden ser utilizadas son el pulverizado tipo seco y el pulverizado tipo húmedo.
4. El molino de bola puede ser de tipo tubular o fluente dependiendo de la forma en que el material es descargado.

5. Contiene un barril neopreno que tiene medios de pulverización. Aquí es donde el material para a pulverizar es cargado.
6. El barril de molino de bolas rota a una velocidad específica causando el choque del material formándolo en polvo por las piezas individuales de los medios de pulverización. Esto puede tomar varias horas para completarse. Sin embargo, mientras más largo sea el funcionamiento del molino de bolas, más fino será el polvo.
7. El tamaño de la particular final depende en gran medida en la dureza del material a pulverizar y la cantidad de tiempo utilizado en el proceso de pulverización.

2.2.3. Partes principales del molino

01. Chute de Alimentación
02. Chumacera
03. Cabezal de Alimentación. (Compuesto por el cabezal y el trunnion)
04. Corona
05. Cuerpo del Molino

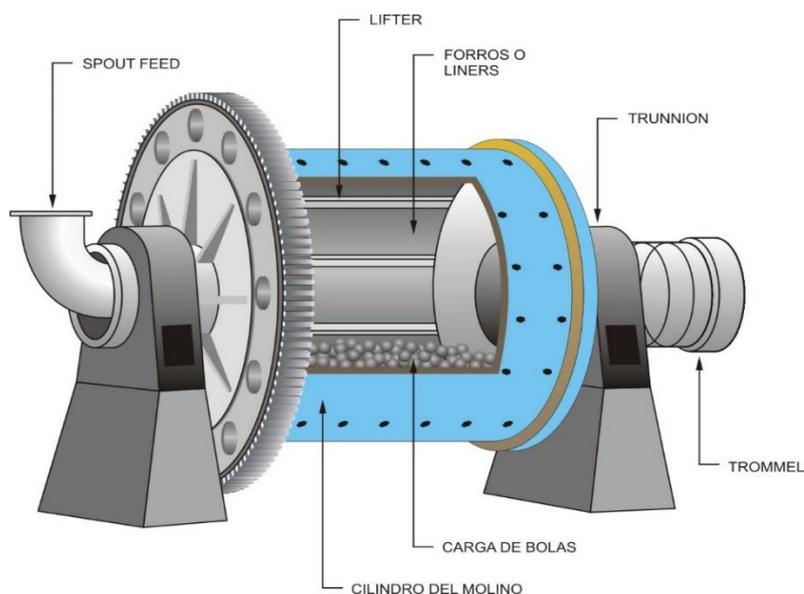


Figura 1. Partes de un Molino de bolas

Fuente (*Procedimiento de Operación Planta Concentradora, 2012*)

2.2.4. Funcionamiento del molino

El molino de bolas es amplio utilizado para la molienda de diferentes tipos de minerales o rocas con metales o la minería no metálica. Un molino de bolas funciona por el giro del cilindro con bolas de acero. Así molen la materia prima hasta la fina necesaria. La rotación suele ser de 4 a 20 revoluciones por minuto, dependiendo de la capacidad de la planta concentradora. La regla es lo más grande del tamaño de producto que requiere, lo más lenta será la rotación.

El molino trabaja bajo un sistema cerrado, en dicho sistema el molino es alimentado por el cajón de alimentación; en esta alimentación, tenemos el overflow de la batería de ciclones, agua de proceso, reactivos y bolas de molienda.

(MANUAL DE OPRACION DE MOLINOS, 2011)

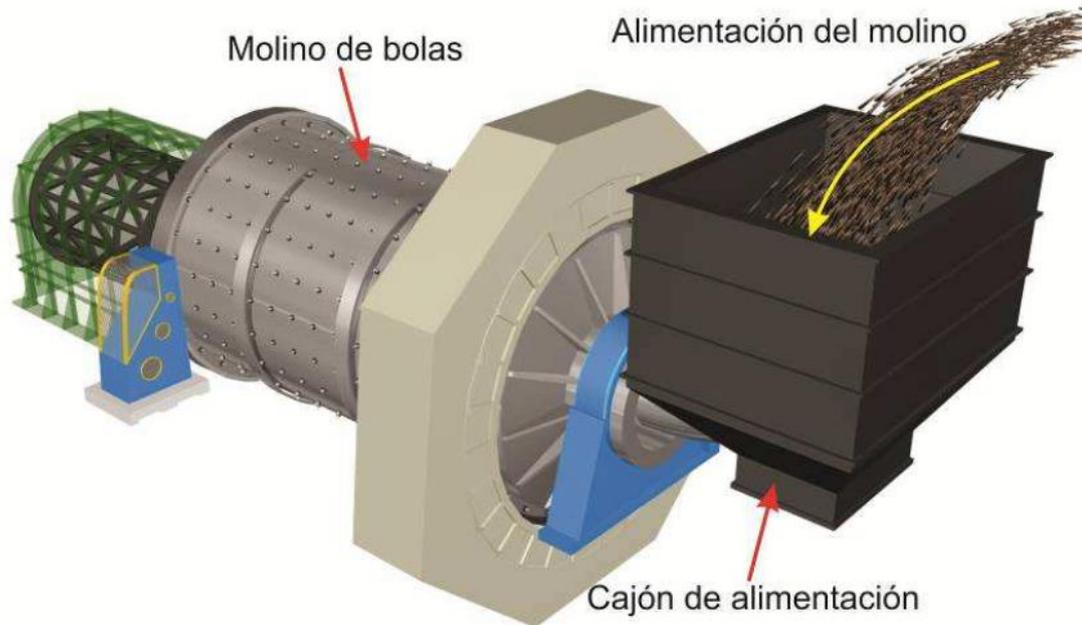


Figura 2. Alimentación del Molino de bolas.

Fuente (Procedimiento de Operación Planta Concentradora, 2012)

Las bolas de acero, llenan el molino, hasta un promedio de 35% del cuerpo y la pulpa llena el vacío entre las bolas, cubriendo un 35% a 45 % del cuerpo.

Cuando el molino gira sobre sus chumaceras (apoyos), por acción del motor, las bolas junto con el mineral son elevados por acción de rotación y por la forma ondulada de las chaquetas (revestimientos interiores).

El mineral junto con las bolas de acero, sube hasta una altura determinada, de donde posteriormente caen, girando y/o golpeándose entre sí y contra las chaquetas. El ciclo se repite, cuando vuelven a subir y bajar, el mineral junto con las bolas, dando como resultado el proceso de molienda.

(MANUAL DE OPRACION DE MOLINOS, 2011)

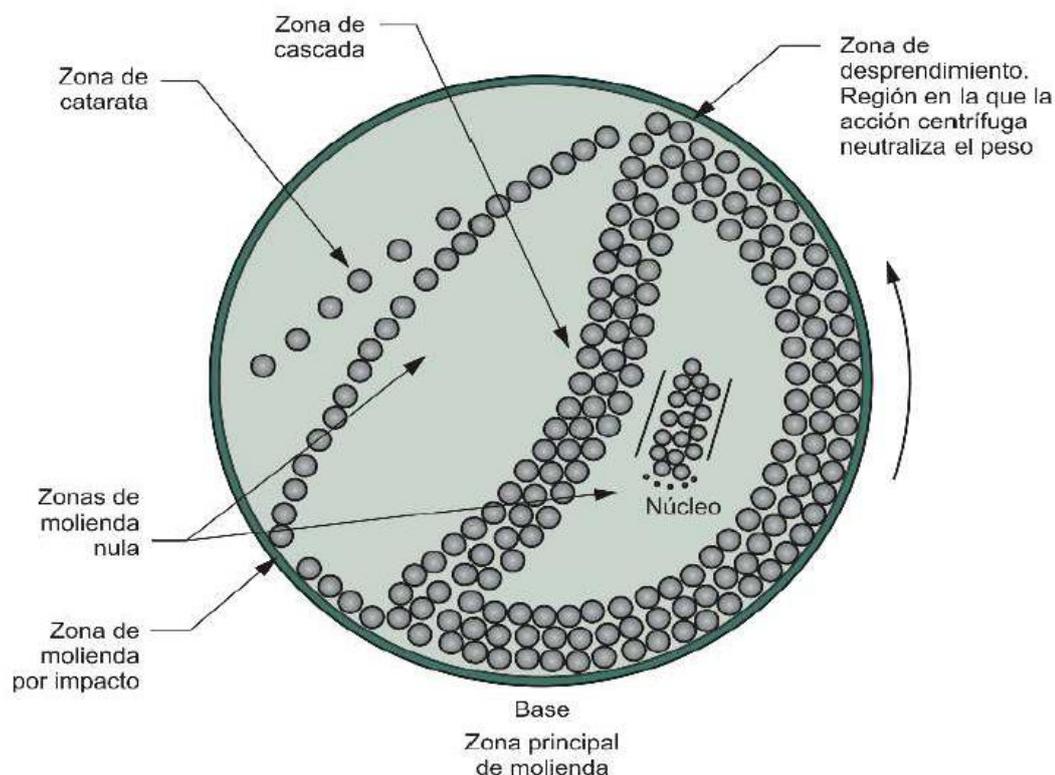


Figura 3. Sistemas de Molino de bolas

Fuente (Procedimiento de Operación Planta Concentradora, 2012)

Hay que tener presente, que en un molino con una velocidad de giro demasiado lenta (movimiento de cascada) ocasionaría que el proceso de molienda se realice por fricción y/o cizallamiento y con una baja eficiencia.

Mientras que una velocidad de giro demasiado rápida (movimiento de catarata), realiza un proceso de molienda por impacto, de baja eficiencia y dando origen a un producto más grueso.

Lo ideal, para un giro de un molino de bolas es el 75% de la velocidad crítica calculada, para nuestro caso específico la velocidad crítica del molino de bolas esta alrededor de 23 RPM, es decir que el giro del molino estaría aproximadamente a 18 RPM.

(MANUAL DE OPRACION DE MOLINOS, 2011)

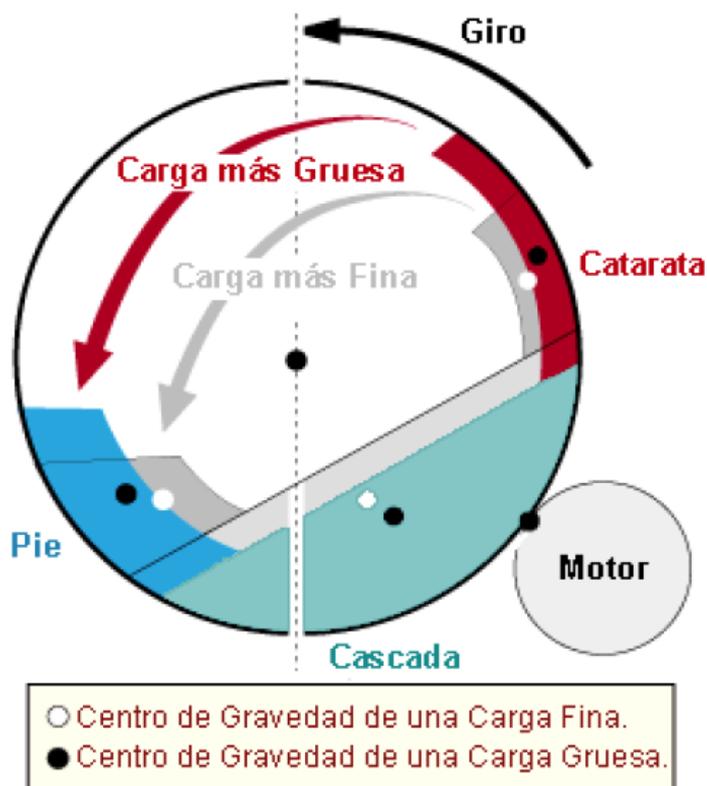


Figura 4. Movimiento del Mineral al interior de los molinos de bolas

Fuente (*Procedimiento de Operación Planta Concentradora, 2012*)

El agua y el mineral en forma de pulpa, rebalsan el muñón de descarga del molino y fluye hacia los cajones de las bombas de alimentación a los ciclones, donde se encuentra con la corriente de pulpa del cajón distribuidor de la descarga del molino. Aquí se agrega agua a esta pulpa para ajustar su densidad antes de que sea bombeada al sistema de clasificación en ciclones. El producto de la molienda en forma de pulpa, aumenta en volumen, hasta que rebalsa a través del muñón de descarga, dirigiéndose hacia las mallas del trommel.

El material que es más pequeño que las aberturas de la malla, pasa a través de ellas y fluye hacia la siguiente etapa del proceso.

El material mayor al tamaño de las aberturas de la malla del trommel, se mueve hacia el extremo de la malla para luego ser enviado al silo para la recepción de los residuos de molienda.

(MANUAL DE OPRACION DE MOLINOS, 2011)

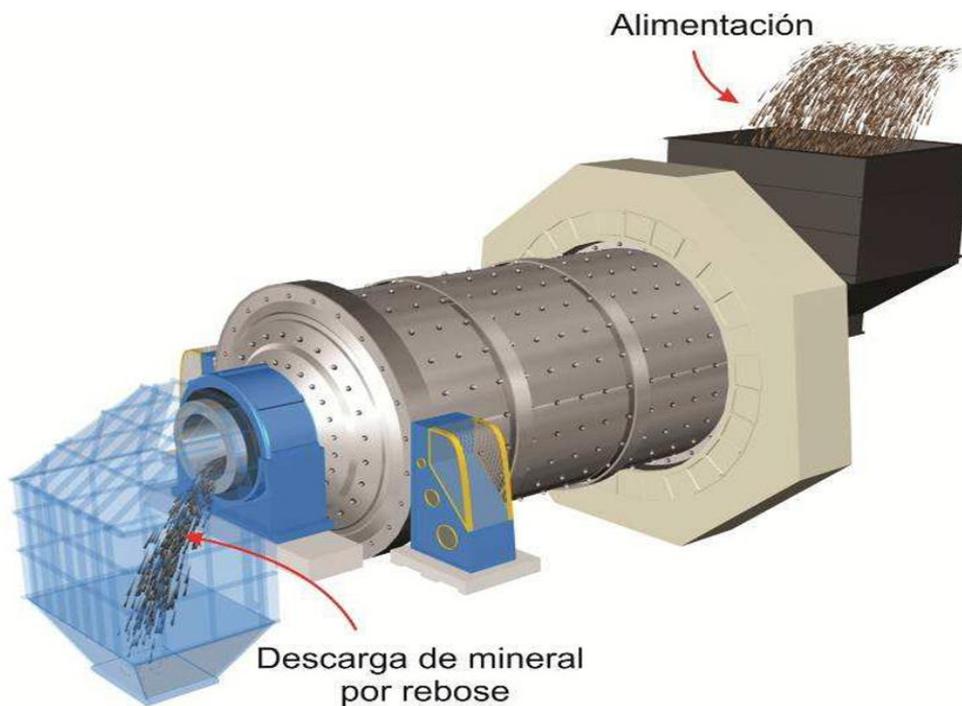


Figura 5. Descarga del molino de bolas

Fuente (Procedimiento de Operación Planta Concentradora, 2012)

2.2.5. Tipos de forros o chaquetas de los molinos

Los tipos de forro o revestimiento se tienen diferentes ya sea para molinos de bolas y barras teniendo en cuenta su diseño y aplicación en el proceso de molienda.

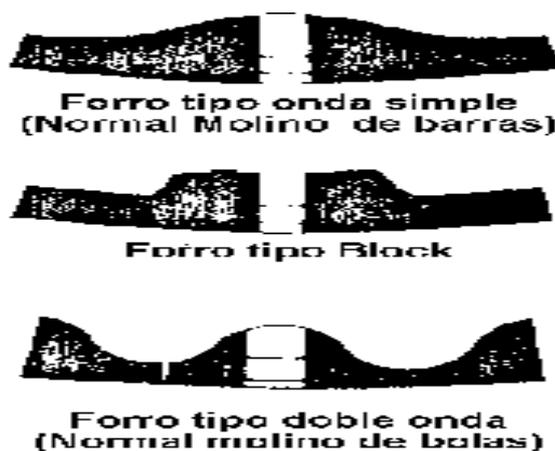


Figura 6. Tipos de forros de acero

Fuente (Manual de Metso Minerals, 2006)

2.2.6. Accesorios para revestimiento

Perno cabeza oval

Uno de los componentes más importantes y más numerosos en el tema de revestimiento de molinos son los pernos de sujeción los que demandan una significativa inversión en tiempo y recursos en el proceso de cambio de revestimiento. Y la tarea es crítica una mala sujeción generará con seguridad fugas de pulpa, contaminación del molino, soldadura de corazas e incluso caídas de estas y fallas no programadas.

Las condiciones para obtener una buena sujeción son múltiples: calidad del perno, condiciones de asentamiento del forro, calidad de sello, torque final, retorqueo. “en cada una de estas etapas podemos encontrar oportunidades de mejoras y asegurar un resultado óptimo”

Perno de cabeza avellanada, especial, generalmente más ancha que la caña la cabeza es bastante voluminoso especialmente para la molienda o trituración de mineral, utilizados en la industria minera, generalmente estos productos tienen un tratamiento

térmico para adquirir más dureza, normalizado y revenido. Perno de grado 8, material 1045.

(PATRICIO MUNOZ – BHP BILLITON Minera Escondida).

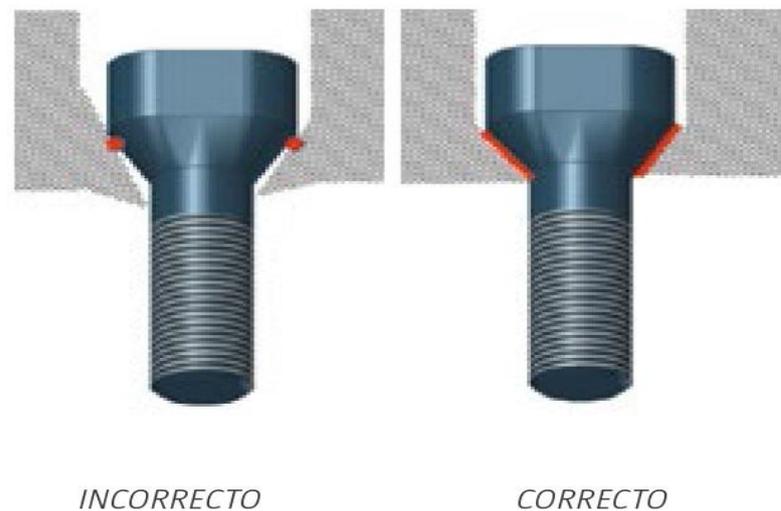


Figura 7. Perno de Cabeza Oval

Fuente (Catalogo del usuario – Industria ELICAR, 2014)

Tuerca hexagonal

Es una pieza mecánica con un orificio central, el cual presenta una rosca que se utiliza para acoplar a un tornillo en forma fija o deslizante. La tuerca permite sujetar o fijar uniones de elementos desmontables. En ocasiones agregarse una arandela para la unión o cierre mejor quedando fija. Las tuercas siempre por lo general deben tener la misma característica del tornillo con el que se acopla.

(MANUAL DE OPRACION DE MOLINOS, 2011)



Figura 8. Tuerca Hexagonal

Fuente (Catalogo del usuario – Industria ELICAR, 2014)

2.3. FORRO PARA LOS MOLINOS DE BOLAS

2.3.1. Forros de acero:

- Tipo no ondulados: para alimentación fina o blanda
- Tipo ondulados: para alimentación gruesa

2.3.2. Forros de caucho

- Tipo ondulados

Tipo de barras elevadoras

Para bolas de 2.5” o menores usan forros de doble onda, la altura de la onda debe ser de 1.5 a 2.0 veces el espesor del forro.

Los forros de las tapas de entrada y salida del molino se fabrican en forma radial y deberán ser de acero al manganeso o al cromo-molibdeno. Si el molino es de diafragma este se construye en fierro fundido.

(MANUAL DE OPRACION DE MOLINOS, 2011)



Figura 9. Forro de Doble Onda – 120 kg

Fuente (Revestimiento molino 9.5 x 13" – Minera Volcán, 2016)

2.3.3. Forros Para Los Molinos De Barras

- Se emplean forros gruesos con onda simple fundidos en cualquier acero aleado (no debe ser al manganeso) o fundición resistente a la abrasión.
- Las barras elevadoras por circunferencia es normalmente igual a $2D$ (D en pies). Estos lifters tienen de 2.5" á 3.5" de altura de onda y de 2.5 a 3" espesor.
- Para evitar la corrosión del casco y tapas se emplea entre éstos y los forros un recubrimiento con jebe.
- Los forros de las tapas son generalmente de poco espesor en acero aleado o fundición, lisos sin ondas ni elevadores que puedan molestar la acción de las barras y causar enredo de las mismas.
- En las tapas se pueden emplear forros de goma, pero los extremos de las barras desgastadas lo pueden deteriorar

(MANUAL DE OPRACION DE MOLINOS, 2011)

2.3.3.1. Selección de los Forros o chaquetas

Para seleccionar los forros para un molino se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Clase de elementos moledores.
- ✓ Acción deseada de la carga moledora
- ✓ Tamaño de la alimentación y producto del molino.
- ✓ Dureza y tenacidad de la mena.
- ✓ Importancia relativa de la eficiencia de la capacidad y eficiencia de molienda.
- ✓ Disponibilidad de los materiales y costos.

(www.festo.com, 2016)

2.4. CRITERIO PARA EL DISEÑO

2.4.1. Teoría para el diseño mecánico

Para el diseño de máquinas es importante analizar las teorías de falla de materiales bajo carga, las teorías que se adjuntan más a los datos experimentales, suponen que los materiales son razonable y homogéneo.

La teoría de von mises, es mejor para materiales dúctiles uniformes cuya resistencia a la tracción y a la compresión son aproximadamente las mismas y cuyas resistencias cortantes son menores que su resistencia a la tensión. Se considera que estos materiales fallan con el esfuerzo cortante y la teoría de la energía de distorsión es la que mejor predice en las fallas.

(Fundamentos de Oleohidráulica, 2012)

2.4.2 Teoría para el diseño hidráulico

La hidráulica se encarga del estudio de las propiedades de los fluidos y a su vez se subdivide a sí misma en ramas una de las cuales es la oleo hidráulica, encargada del

conjunto de las técnicas aplicadas a la transmisión de potencia mediante fluidos. Regularmente los sistemas hidráulicos forman parte de circuitos que operan de manera combinada con otro tipo de sistemas, los cuales pueden ser circuitos oleo neumáticos y circuitos electrohidráulicos. Los circuitos oleo neumáticos presentan un accionamiento neumático y un actuador hidráulico, mientras los circuitos electrohidráulicos presentan un accionamiento eléctrico y un actuador.

(Fundamentos de Oleohidraulica, 2012)

2.5. COMPONENTES DEL DISEÑO

2.5.1. ACTUADORES

Los actuadores hidráulicos son más utilizados, son el motor hidráulico y el cilindro hidráulico donde este último puede ser de simple efecto, doble efecto y telescópico. Para el cilindro hidráulico de simple efecto el pistón es empujado por el fluido en un solo sentido retirado por la fuerza externa; mientras que el cilindro hidráulico de doble efecto es movido en ambos sentidos mediante la fuerza generada por el fluido.

(www.festo.com, 2016)



Figura 10. Tipos actuadores

Fuente (Melchor Gabilondo, 2009)

2.5.2. VALVULAS

También llamadas válvulas de control direccional, son utilizados para alternar y controlar el flujo en un circuito hidráulico y así poder seleccionar el sentido hacia el cual se desea accionar al actuador; la simbología utilizada para denotarlas es análoga a las válvulas neumáticas y establecidas por las normas DIN-ISO 1219 (Internacional Standard Organización).

(www.valvulasinternacionales.com.pe, 2011)

ISO 1219 Alfabética	CETOP Numérica	Función
P	1	Conexión del fluido hidráulico (alimentación)
A	2	Tuberías o líneas de trabajo
B	4	Tuberías o líneas de trabajo
C	6	Tuberías o líneas de trabajo
R	3	Orificios de purga o escape
S	5	Orificios de purga o escape
T	7	Orificios de purga o escape
X	12	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
Y	14	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
Z	16	Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
L	9	Fuga

Figura 11. Simbología de válvulas distribuidoras

Fuente (Creus, Antonio)

2.5.3. BOMBA

Es la que está encargada de transformar la energía mecánica proveniente del motor de accionamiento y convertirla en energía hidráulica, donde los actuadores transforman nuevamente en energía mecánica hidráulico. La bomba por sí sola no genera la presión

del fluido, sino que la misma va creciendo en función de la resistencia del sistema y es dada por las pérdidas en las tuberías y las cargas generadas en los actuadores. Las bombas pueden clasificarse como centrifugas en dos grupos como rotativas y alternativas de acuerdo con el tipo de movimiento que generan para desplazar el fluido. Las bombas de desplazamiento positivo tienen la característica de generar un flujo continuo, lo que posibilita que la presión en las líneas sea estable y no pueda generar intermitencia en los movimientos de los actuadores.

(YONG Bai., 2001)

2.5.4. DUCTOS

Son los elementos encargados de transportar la energía hidráulica generada por la bomba de forma que el fluido pueda viajar en el sistema de un componente hacia otro, conectando a la bomba con las válvulas y los actuadores, desde y hacia el tanque de depósito. Los ductos a través de los cuales se transporta el fluido hidráulico pueden ser tubería rígida, tuberías flexibles, acoples y placas de conexión.

(King, R.P., Introducción práctica del fluido, 2002)

a) **Tuberías rígidas.** Son generalmente fabricadas en hierro o acero, las uniones entre ellas se pueden hacer mediante soldadura o utilizando conectores como uniones universales, manguitos de sujeción y uniones roscadas; se pueden encontrar de dos tipos según sus dimensiones, los tubos “*piping*” son aquellos cuyo diámetro está dado en pulgadas y corresponde a un diámetro nominal, mientras que en los tubos “*tubing*” o milimétricos se expresa el diámetro externo en milímetros exactos o pulgadas exactas; así mismo, en ambos casos, se pueden encontrar varios espesores de pared para un mismo diámetro de tubería, lo cual se define como *Schedule*, por lo tanto un tubo con un *Schedule* superior a otro va a tener un espesor mayor en la pared del tubo.

b) Tuberías flexibles. Son utilizadas en el caso que las líneas hidráulicas están sometidas a movimiento, también se pueden utilizar para minimizar la transmisión de vibraciones de un componente a otro y amortiguar aumentos súbitos de presión; están fabricadas con capas de caucho sintético las cuales se intercalan con capas de maya de alambre trenzado para darles resistencia, la parte externa de la manguera está fabricada en caucho para proteger el alambre trenzado y la parte interior de la manguera está fabricada con un material compatible con el fluido hidráulico. Los accesorios para las mangueras son básicamente los mismos que para los tubos, pero adicionalmente se puede contar con acoples rápidos que permiten desconectar las mangueras de forma ágil en caso de ser necesario. Al instalar las mangueras, no deben quedar tensionadas ni con radios de curvatura pequeños y puede ser necesario utilizar abrazaderas y fundas de protección para evitar la fricción de la manguera con otros elementos.

(YONG Bai., 2001)

2.5.5. Tanque. Es construido generalmente en lámina de acero y se utiliza para almacenar el fluido hidráulico necesario para el sistema, además de ello su geometría es importante para cumplir con otras funciones como:

a) Enfriamiento del fluido hidráulico. El tanque debe ser lo suficientemente grande para almacenar una cantidad de fluido hidráulico que permita su enfriamiento antes de regresar a las líneas hidráulicas, si el aumento de la temperatura del fluido en el sistema es demasiado grande como para disminuirla mediante este método, se hace necesaria la utilización de componentes de enfriamiento adicionales como radiadores.

b) Separación de partículas extrañas al fluido hidráulico. Debido a la diferencia en las densidades, en el tanque se produce una separación de las impurezas que se integran al fluido en el sistema, como lo son el agua, las partículas de polvo, las partículas de metal y el aire entre otros; adicionalmente el tanque cuenta con varios elementos que permiten filtrar aún más dichas impurezas; estos son: filtro del pescante, tapa filtro, filtro de retorno, tapón de drenaje.

c) Soporte de componentes. Adicionalmente el tanque se diseña con la geometría necesaria para soportar otros componentes que deben ir unidos al mismo, en una gran mayoría de casos la bomba está ensamblada en él ya que debe ubicarse lo más cerca posible para evitar situaciones de cavitación, también tiene que tener espacio para otros componentes como los filtros, la mirilla para verificar el nivel de aceite, el termómetro, la tapa filtro, las tuberías de succión y de retorno, entre otros.

(Robert L. Mott, Mecánica de fluidos, 2006)

2.6. GENERALIDADES SOBRE EL MANTENIMIENTO

En la actualidad, la mayor parte de los bienes y servicios se obtienen y se hacen llegar a sus destinatarios mediante unos “sistemas de producción - distribución” o, más brevemente “sistemas productivos”, a menudo de gran dimensión tanto por el número de personas que trabajan en ellos como por el tamaño y el valor de las instalaciones y equipos que utilizan. A lo largo de su ciclo de vida cada sistema pasa por diferentes fases. La última de ellas es la de construcción y puesta en marcha, hasta que se alcanza el régimen normal de funcionamiento. Durante esta última fase, llamada de operación, que es la única auténticamente productiva, el sistema se ve sometido a fallos que entorpecen o incluso, interrumpen temporal o definitivamente su funcionamiento. El objeto del mantenimiento es precisamente reducir la incidencia negativa de dichos fallos, ya sea disminuyendo su

número o atenuando sus consecuencias. Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. En general, todo lo que existe, especialmente si es móvil se deteriora, rompe o falla con el correr del tiempo: puede ser a corto plazo o a muy largo plazo. El solo paso del tiempo provoca en algunos bienes disminuciones evidentes de sus características, cualidades o prestaciones.

El mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo.

El objetivo final del mantenimiento se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, los fallos sobre los bienes.
- Disminuir la gravedad de los fallos que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Reducir costos.

- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

En resumen, un mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallos.

(Fundamento plan de Mantenimiento,2001)

2.6.1. Tipos de mantenimiento

Actualmente existen variados sistemas para acometer el servicio de mantenimiento de las instalaciones en operación. Algunos de ellos no solamente centran su atención en la tarea de corregir los fallos, sino que también tratan de actuar antes de la aparición de los mismos haciéndolo tanto sobre los bienes, tal como fueron concebidos, como sobre los que se encuentran en etapa de diseño, introduciendo en estos últimos, las modalidades de simplicidad en el diseño, diseño robusto, análisis de su mantenibilidad, diseño sin mantenimiento, etc.

Los tipos de mantenimiento que se van a estudiar son los siguientes:

- ✓ Mantenimiento correctivo
- ✓ Mantenimiento preventivo
- ✓ Mantenimiento predictivo

a) Mantenimiento Correctivo

Es el conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados por repuestos que se realiza cuando aparece el fallo. Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir los fallos y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad. También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad. Tiene

como inconvenientes, que el fallo puede sobrevenir en cualquier momento, muchas veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Asimismo, fallos no detectados a tiempo ocurridos en partes cuyo cambio hubiera resultado de escaso costo, pueden causar daños importantes en otros elementos o piezas conexos que se encontraban en buen estado de uso y conservación. Otro inconveniente de este sistema, es que se debe disponer de un capital importante invertido en piezas de repuesto.

b) Mantenimiento Preventivo

Es el conjunto de actividades programadas de antemano, tales como inspecciones regulares, pruebas, reparaciones, etc., encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos de un sistema. Las desventajas que presenta este sistema son:

- Cambios innecesarios: al alcanzarse la vida útil de un elemento se procede a su cambio, encontrándose muchas veces que el elemento que se cambia permitiría ser utilizado durante un tiempo más prolongado. En otros casos ya con el equipo desmontado, se observa la necesidad de "aprovechar" para realizar el reemplazo de piezas menores en buen estado, cuyo coste es escaso frente al correspondiente de desmontaje y montaje, con el fin de prolongar la vida del conjunto. Estamos ante el caso de una anticipación del reemplazo o cambio prematuro.

- Problemas iniciales de operación: cuando se desmonta, se montan piezas nuevas, se monta y se efectúan las primeras pruebas de funcionamiento, pueden aparecer diferencias en la estabilidad, seguridad o regularidad de la marcha.

- Costo en inventarios: el costo en inventarios sigue siendo alto, aunque previsible, lo cual permite una mejor gestión.
- Mano de obra: se necesitará contar con mano de obra intensiva y especial para períodos cortos, a efectos de liberar el equipo para el servicio lo más rápidamente posible.
- Mantenimiento no efectuado: si por alguna razón, no se realiza un servicio de mantenimiento previsto, se alteran los períodos de intervención y se produce una degeneración del servicio.

Por lo tanto, la planificación para la aplicación de este sistema consiste en:

- Definir qué partes o elementos serán objeto de este mantenimiento.
- Establecer la vida útil de los mismos.
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso.
- Agrupar los trabajos según época en que deberán efectuarse las intervenciones.

c) **Mantenimiento Predictivo**

Es el conjunto de actividades de seguimiento y diagnóstico continuo (monitorización) de un sistema, que permiten una intervención correctora inmediata como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo. El mantenimiento predictivo se basa en el hecho de que la mayoría de los fallos se producen lentamente y previamente, en algunos casos, arrojan indicios evidentes de un futuro fallo, bien a simple vista, o bien mediante la monitorización, es decir, mediante la elección, medición y de algunos parámetros relevantes que representen el buen funcionamiento del equipo analizado.

Por ejemplo, estos parámetros pueden ser: la temperatura, la presión, la velocidad lineal, la velocidad angular, la resistencia eléctrica, los ruidos y vibraciones, la rigidez dieléctrica, la viscosidad, el contenido de humedad, de impurezas y de cenizas en aceites aislantes, el espesor de chapas, el nivel de un fluido, etc. En otras palabras, con este método, tratamos de seguir la evolución de los futuros fallos. Este sistema tiene la ventaja de que el seguimiento nos permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallos repetitivos; puede programarse la reparación en algunos casos, junto con la parada programada del equipo y existen menos intervenciones de la mano de obra en mantenimiento.

El mantenimiento predictivo consta de una serie de ensayos de carácter no destructivo orientados a realizar un seguimiento del funcionamiento de los equipos para detectar signos de advertencia que indiquen que alguna de sus partes no está trabajando de la manera correcta. A través de este tipo de mantenimiento, una vez detectadas las averías, se puede, de manera oportuna, programar las correspondientes reparaciones sin que se afecte el proceso de producción y prolongando con esto la vida útil de las máquinas.

(Cetemin, Manual estrategias de mantenimiento, 2013)

2.6.2. Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento de una planta deberá elaborarse a partir de la selección de la mejor combinación de las políticas enumeradas para cada elemento, coordinándolas para conseguir el uso óptimo de los recursos y el tiempo. Idealmente, las acciones preventivas y correctivas para cada unidad de la planta deberían estar especificadas con

cierto detalle por los fabricantes. Esto raramente se da en los equipos de difícil sustitución en los que el mantenimiento es caro y probabilista.

La gran cantidad de factores que influyen en la selección de la política de mantenimiento, hacen que sea necesario un procedimiento sistemático para determinar el mejor programa de mantenimiento para cada periodo de tiempo. Las etapas de este procedimiento se explican a continuación:

(Cetemin, Manual estrategias de mantenimiento, 2013)

Clasificación e identificación de los equipos

Esta etapa es importante, pero habitualmente tediosa y difícil debido al volumen del trabajo y a la complejidad y tamaño de los equipos. Una buena clasificación de los equipos es la que se basa en su reemplazabilidad y función.

El sistema de identificación más simple es el que se basa en la codificación numérica.

(Cetemin, Manual estrategias de mantenimiento, 2013)

Recogida de información

El recojo de información que pueda ser relevante para la planificación del mantenimiento es esencial para todos los equipos de la planta. Debido a que el mantenimiento es inseparable de la producción es inevitable que la información más relevante sea: Modelo de producción (funcionamiento continuo, fluctuante o intermitente) y la naturaleza del proceso. Una vez obtenida la información será posible elaborar un programa para cada equipo y para cada periodo considerando el tiempo estimado disponible para mantenimiento que no conlleve pérdida de producción.

Programa de Mantenimiento Preventivo

Preventivo Cuando los análisis individuales estén terminados, entonces se examinarán las acciones relacionadas y las periodicidades en conjunto, con el objeto de encontrar oportunidades de coordinación (mediante la programación conjunta en periodos fijos, de todas las acciones a realizar sobre un grupo de equipos o en una unidad). Esto llevará a un compromiso entre los programas individuales óptimos, el uso más económico de la mano de obra y la máxima disponibilidad de la planta. Estos periodos predeterminados deberán tener una tolerancia en tiempo para admitir contingencias tales como la incertidumbre en la planificación de producción.

(Alejandro Palacios, Tipos de Mantenimiento, 2015)

Programa de Mantenimiento Correctivo

Correctivo Cuando la planta es nueva, incluso después de haber realizado los análisis mencionados con anterioridad, resulta difícil predecir el nivel y la naturaleza de la carga de mantenimiento correctivo. Durante la vida inicial de la planta la predicción es muy imprecisa y dependerá fundamentalmente de la información proporcionada por los fabricantes y de la experiencia de los ingenieros de planta. Obviamente, esta predicción mejorará con la vida de la planta y, en consecuencia, la carga de mantenimiento correctivo podrá ser planificada con mayor precisión. La decisión crítica a este respecto es fijar el nivel de repuestos en existencias. Cuanto más se tengan, menor será el coste de indisponibilidad en caso de fallo y además será más fácil organizar el mantenimiento correctivo; pero por otro lado los costos de inmovilizado serán cada vez mayores. El problema del gestor de mantenimiento es minimizar la suma de estos costos, para lo que es esencial identificar las unidades o los equipos críticos en la planta y asegurarse de que se adopta el mejor plan de mantenimiento correctivo.

(SEAS, Gestion de Mantenimiento)

Revestimiento

Los revestimientos de molinos de bolas o barras, van sujetos mediante pernos a la estructura del molino, poseen un rol multifuncional: protegen la estructura del molino contra el desgaste; sirven de medio de transferencia de energía al interior del molino e intervienen tanto en el movimiento de la carga como en la distribución de los impactos (Rajamani, 1996).

Los revestimientos son los principales encargados de transferir la energía desde los motores (hidráulicos o anillo estator) a la carga en el interior del molino, su velocidad de desgaste dependerá del modo como esta transferencia se realice, de la tasa de producción y la disponibilidad del equipo.

(Carneyro, 1989).

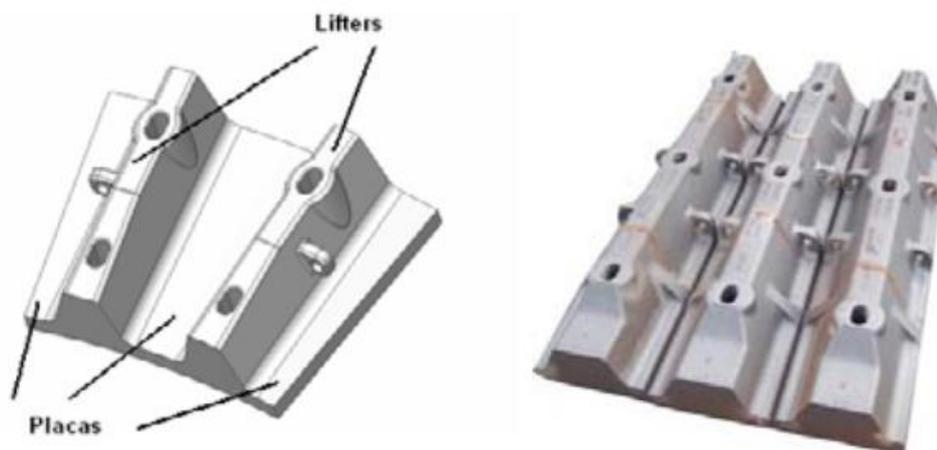


Figura 12. Forro de tapa, forro de cilindro

Fuente (Manual de Mantenimiento metso minerals)

Los estudios y resultados publicados por diversas instituciones y autores (Rajamani, 2001. Clearcy, 2001. Magne 2003) de los fenómenos observados en las simulaciones tridimensionales mediante elementos discretos (DEM), y técnicas computacionales de dinámica de fluidos (CFD), de la dinámica de la carga (piñón de carga), muestran concordancia y convergen en que las interacciones energéticas entre el mineral, bolas y revestimientos, generan más fractura miento y conminación de mineral por los efectos de cascada, que por efecto de catarata.

La molienda se genera principalmente por efectos de abrasión y atrición entre partículas que giran alrededor de su propio eje, más que por impactos dentro del riñón de carga, demostrando así que el diseño de los revestimientos tanto en su forma de placas y alturas de lifters, son un factor clave en la dinámica de la carga y la distribución espacial energética de los eventos de impacto, abrasión y atrición en la cinética de molienda.

(Rajamani, 2001. Clearcy, 2001).

2.6.3. Mantenimiento Parada de Planta

Las paradas de planta proveen la oportunidad única para intervenir los activos que normalmente no están disponibles durante la operación normal o que lo están en un breve o escaso período de parada. La capacidad de pérdida puede ser recuperada hasta una funcionalidad superior durante una parada de planta.

En los procesos de Parada de Planta se requiere manejar una óptima comunicación con todos los involucrados, además, del adecuado y oportuno almacenamiento y procesamiento de la información con intercambio de conocimiento y experiencias en tiempo real, de allí la importancia del uso de las tecnologías de la información y el manejo de las comunicaciones por parte de todas

las organizaciones involucradas en la parada, trabajando así en equipo para un mayor aprovechamiento de los recursos materiales, financieros, humanos.

Se debe prestar atención a los detalles como decía un viejo proverbio "Más sabe el diablo por viejo que por diablo", lo que significa que debemos prestar una atención importante a los detalles o estos nos darán muchos problemas. Este refrán puede servir para cualquier tipo de situación, puede llevar a un retraso innecesario en la ejecución de una planificación, extenderse a otras áreas, o incluso puede parar la actividad de una empresa completa.

(Manual de mantenimiento post parada, 2016)

Identificación del Alcance de la Parada de Planta

La cantidad de trabajo definida para una parada de planta específica, va más allá de los puntos identificados en la lista de trabajo. Sabiendo el alcance de los trabajos planificados, para su ejecución y manejando la parada de planta de manera global se logra el éxito de la misma la identificación de los alcances en una parada de planta, debe abarcar todos los aspectos del trabajo planificado, para un manejo eficaz y eficiente de la parada de planta.

Típicamente, la organización o dirección de parada de planta, se enfocará en los puntos de la lista de trabajo, ya que su desarrollo es considerado crítico, porque generalmente en esta se identifican las tareas de mantenimiento o trabajos para ser realizados durante un paro del proceso fijado. Y no siempre toma la cantidad de tareas de apoyo, para asegurar la actuación exitosa de la parada de planta. Para organizar el alcance de trabajo totalmente dentro de una parada de planta específica, los directores, gerentes coordinadores de la parada de planta deben identificar todo el trabajo y los recursos

exigidos para apoyar las tareas de la lista de trabajo. Por ejemplo: Programación, Medios Informáticos, Objetivos y Metas Seguridad Higiene y Medio Ambiente, Entrenamiento, Eventos fuera de la lista de trabajo, Puntos de parada, personal temporal de la empresa.

El hecho que cada proyecto de parada de planta es único, pero similar; los procesos de aplicación ejecutados por la dirección de parada de planta que se estructura esencialmente en el ambiente competitivo de hoy. Un Proceso de Dirección de Parada de planta utilizado junto con las listas de control de planificación asegurará que nada se caiga. Un proceso de dirección deberá organizar y controlar el alcance de trabajo junto con las políticas, prácticas y procedimientos que se necesitan para que cada parada de planta vaya hacia una mejor actuación. Para definir e identificar el alcance de una parada de planta, hay que efectuar reuniones con todos los miembros de la organización con 12-14 meses antes de la fecha programada de la parada de planta. A estas reuniones deben asistir los Directores de la empresa, Gerente de la Planta, Jefes de Departamentos, Líderes de Sección; tales como, Inspección, Mantenimiento, Producción, Ingeniería de Proceso, Diseño, Finanzas, Recursos Humanos, Materiales y el Facilitador.

La agenda de la reunión y el formato se desarrollan con las pautas sugeridas por el facilitador de la Parada de planta, quien es el director del proceso. El facilitador escogido previamente por la dirección de la empresa. La Lista de control de la Planificación, y la Matriz de Responsabilidad para la Parada de planta se integran a través de la Estrategia que es emitida por cada miembro en la reunión. Uno-por-uno, cada punto de la lista de control de la Planificación es una matriz de responsabilidad; y es para la parada de planta una integración de la estrategia de ejecución.

(Responsable de la Planificación del Mantenimiento, 2014).

Definición de Objetivos y Metas de la Parada de Planta

La parada de planta proporciona un constante y eficaz acercamiento para identificar el alcance de los trabajos, para asegurar que nada se quede fuera. Los líderes de las secciones con su lista de trabajo resaltan los problemas importantes a ser intervenidos para la Identificación del alcance de parada de planta y se fortalecen más allá por los ingenieros y técnicos de la organización.

Objetivos y Metas

- Planificar ejecutar y mantener cada parada de planta siguiendo un proceso de dirección de parada de planta establecido, seguramente en tiempo, dentro de un presupuesto para facilitar una operación confiable por un período de tiempo seguro
- Se desarrollan las metas y objetivos para apoyar con seguridad, plazo, costes, riesgo y fiabilidad del proceso. Las metas y objetivos han de ser identificados primero de los muchos puntos del alcance de trabajo; se deben establecer una lista de control de la planificación para lograr las mismas.
- Las metas determinan y miden el resultado del objetivo. En este caso, el objetivo es planificar, programar, ejecutar y manejar la parada de planta con eficacia y eficiencia. Las metas y objetivos deben ser consistentes con las metas del negocio de la corporación y deben ser realistas, alcanzables y medibles. El equipo de trabajo de la ejecución de la parada de planta también debe especificar los objetivos de la actuación es importante lo referido al costo, seguridad, calidad, plazo, riesgo, trabajo extraordinario e impacto ambiental.
- Una vez establecidos las metas y objetivos, deben ser distribuidos a cada integrante involucrado en la parada de planta.

ESTRATEGIAS DE EJECUCION

Durante el desarrollo de la parada de planta los trabajos de ejecución como el control del "plazo", conocimiento del proceso, la situación de los equipos críticos del proceso, el alcance de trabajo, etc., le permitirán a los integrantes de la planificación desarrollar las pautas y estrategias para una ejecución específica.

(Valores corporativos, ECOM S.R.L. 2013)

2.6.4. Post- Parada de Planta

Esta etapa cubre la desmovilización, documentación, informes de costes y quizás lo más importante, las lecciones aprendidas que puedan llevarse adelante a la próxima parada de planta. La capacidad de ejecutar esta etapa de una manera oportuna y de producir un resultado de calidad dependerá en gran parte de la eficacia de la recolección de datos durante la etapa de ejecución. Entre las actividades implicadas están:

- Desmotivación de contratista.
- Limpieza post-parada de las unidades.
- Resolución y desechos de material en exceso.
- Reportes históricos de reparación e inspección.
- Actualización de la base de datos histórico de la parada de planta.
- Movilización de contratistas de post-parada.
- Cuentas de parada de planta congeladas.
- Informe final de costes publicados
- Lecciones aprendidas y recomendaciones para las futuras paradas de planta.
- Preparación del informe final de la parada de planta.

(ECOM SRL, PETS, 2015)

Mantenimiento con Paro de la Planta

El mantenimiento con paro de la planta es un mantenimiento periódico en el que las plantas se paran para permitir inspecciones, reparaciones, reemplazos y reparaciones generales que solo pueden efectuarse cuando los activos (instalaciones de la planta) se dejan fuera de servicio. Durante el mantenimiento con paro de la planta, se realizarán los siguientes tipos de trabajo:

- Trabajo sobre un equipo que no puede hacerse a menos que se pare toda la planta.
- Trabajo que puede hacerse mientras el equipo está en operación, pero que requiere de un periodo de mantenimiento largo y un gran número de personal de mantenimiento.
- Trabajo para corregir defectos que se señalaron durante la operación pero que no pudieron ser reparados.
- El objetivo general del mantenimiento con paro de la planta es hacer que todo el equipo opere de manera correcta y segura a fin de aumentar al máximo la capacidad de producción. De manera específica, los siguientes son objetivos del mantenimiento con paro de la planta:
 - Expandir o modificar los activos para obtener los ingresos proyectados.
 - Minimizar los riesgos para los empleados en el área inmediata que rodea al equipo de operación.
 - Alcanzar las cifras del presupuesto y asegurar que se alcance la vida económica pronosticada de los activos.
 - Modificar el equipo de operación para cumplir los requisitos legales u otra regulación gubernamental.

El mantenimiento con paro de la planta es un evento que exige todos los elementos de un sistema de mantenimiento eficaz: organización, planeación, programación, informes, costos y mejora continua.

Planificación del Mantenimiento con paro de planta:

La planeación del mantenimiento con paro de la planta deberá comenzar de 6 a 8 meses antes de iniciar el trabajo real. El proceso de planeación se deriva de los objetivos planteados previamente y, para cada objetivo se formula un objetivo operativo correspondiente, que se acopla con un conjunto de tareas de mantenimiento para lograr los objetivos del mantenimiento con paro de la planta.

Se logra a través de los siguientes objetivos de operaciones:

- Evitar la falta de disponibilidad de producción.
- Reducir el tiempo muerto.

Programación del Mantenimiento con parada de planta:

El programa para el mantenimiento con parada de la planta deberá tomar lo siguiente en cuenta:

- Limitaciones legales o contractuales
- Programa de operaciones
- Naturaleza del proceso
- Suficiente tiempo de entrega para preparar un plan general, solicitar los materiales y asegurar contar con el personal adecuado.
- Programa de operaciones de otras industrias relacionadas.

A continuación, se debe desarrollar el programa global de mantenimiento con paro de la planta. Con fines de planeación, monitoreo y control se debe preparar un programa detallado para grandes trabajos utilizando el análisis de la ruta crítica. El resultado debe ser una gráfica de barras para cada tamaño de trabajo.

Informes del Mantenimiento con paro de planta:

Los informes del mantenimiento con paro de la planta constan de los siguientes:

- Un informe del avance diario, empleado principalmente para monitoreo y control.
- Un informe del mantenimiento con paro de la planta que detalle todos los trabajos realizados en diferentes áreas, y que proporcione hechos y cifras del mantenimiento.
- Informe de costos del mantenimiento con paro de la planta, que consta del costo de materiales, costo de los empleados y servicios contratados.

2.7. Autodesk Inventor

2.7.1. Introducción

Una de las principales áreas de formación en la Ingeniería Mecánica es el dibujo y diseño de máquinas, las cuales son en esencia, soluciones técnicas a problemas de productividad o de calidad de vida para la humanidad. El concepto de diseño comprende una serie de factores, que van desde la identificación del problema, la concepción de las ideas de solución, el dibujo y diseño mecánico tanto de los componentes como de la máquina, la selección de los materiales, los procesos de manufactura, las pruebas de funcionamiento, la optimización y la estandarización para garantizar repetitividad y reproducibilidad del funcionamiento de la máquina.

Inventor es un software con una gran cantidad de características. Una característica importante de Autodesk Inventor es la de iniciar el diseño bajo el entorno denominado «bocetos» que en realidad poco tiene que ver con la fase de conceptualización de una solución, ya que hace referencia es al perfil o contorno que sirve de base para la construcción de los modelos 3D, por lo cual cuando se utiliza esta herramienta ya se tiene definida conceptualmente la pieza a realizar.

Con este proyecto se pretende incentivar el uso de Autodesk Inventor, utilizar las herramientas CAD 3D de forma óptima y eficiente, para modelar, simular y generar planos de elementos y sistemas mecánicos.

2.7.2. ¿Qué es el Diseño?

Ramírez J. & Díaz del Castillo F. 2009 manifiestan que: en la actualidad, la comunicación gráfica utiliza los dibujos de ingeniería y los modelos como un lenguaje, claro y preciso, con reglas bien definidas que es necesario dominar si se desea tener éxito en el diseño en ingeniería.

El diseño establece y define soluciones a estructuras pertinentes de problemas aun no resueltos, o soluciones nuevas a problemas que ya han sido resueltos de una forma distinta.

En la ingeniería el 92% del proceso de diseño se basa en las gráficas. El 8% restante se divide entre las matemáticas y la comunicación escrita y verbal y esto es porque las gráficas constituyen el medio principal de comunicación en el proceso de diseño. El diseñador tiene que pensar en muchas de las características de un objeto que no se pueden comunicar verbalmente. Estas ideas aparecen en la mente del diseñador mediante un proceso visual, no verbal.

El diseño dicta, en gran medida, las posibilidades del proceso y por tanto el costo de la futura producción. Ahora bien, la computadora ha tenido un impacto muy importante sobre los métodos utilizados para diseñar y crear dibujos técnicos. Las técnicas de diseño, análisis y comunicación modernas están cambiando el papel tradicional del ingeniero. El proceso de diseño en la industria se ha desplazado de una actividad lineal, a una actividad conjunta, la cual involucra todas las áreas de una empresa y emplea computadoras como herramienta principal.

Esta nueva forma de diseño, con su enfoque de equipo integrado, recibe el nombre de ingeniería concurrente, la cual involucra la coordinación de funciones técnicas y no técnicas de diseño y la manufactura dentro de la empresa.

Los ingenieros y técnicos deben ser capaces de trabajar en equipo y de diseñar, analizar y comunicarse mediante sistemas poderosos de CAD para poder crear el modelado geométrico. Este modelado geométrico es el proceso de crear gráficas por computadora para comunicar, documentar, analizar y visualizar el proceso de diseño.

La documentación puede estar en forma de modelos de computadora en 3-D y enviarse directamente a producción para generar el control numérico por computadora (CNC) necesario para el maquinado de la pieza.

Una vez que el lector de este trabajo, tenga el conocimiento de este software, tendrá una nueva visión de cómo resolver sus problemas al diseñar un componente o dispositivo, este nuevo conocimiento tendrá cierta influencia en su manera de razonar porque al pensar en este tipo de lenguaje en gráficas técnicas, el lector tendrá una claridad mayor al hacer uso de ellas.

Así finalmente todo este proceso depende de la raíz más importante que es el diseño CAD (Diseño Asistido por Computadora), el cual simplifica en gran medida el número de pasos

para finalizar un proceso en un tiempo muy reducido, lo cual beneficia en gran medida al desarrollo de un producto.

2.7.3. EL CAD

El CAD (Diseño Asistido por Computadora) se ha convertido hoy en día en una herramienta básica para ingeniería debido al avance tecnológico en la computación que ha facilitado el dibujo de piezas complicadas y reduce considerablemente el tiempo de diseño de la pieza ya sea una sola o en conjunto.

Una de las principales ventajas del diseño en CAD es que se puede tener una referencia visual muy clara de las piezas que se desean diseñar ya que el software permite renderizar las piezas con texturas y materiales diversos y mostrarlas como un sólido para poder visualizar una vista previa del producto final.

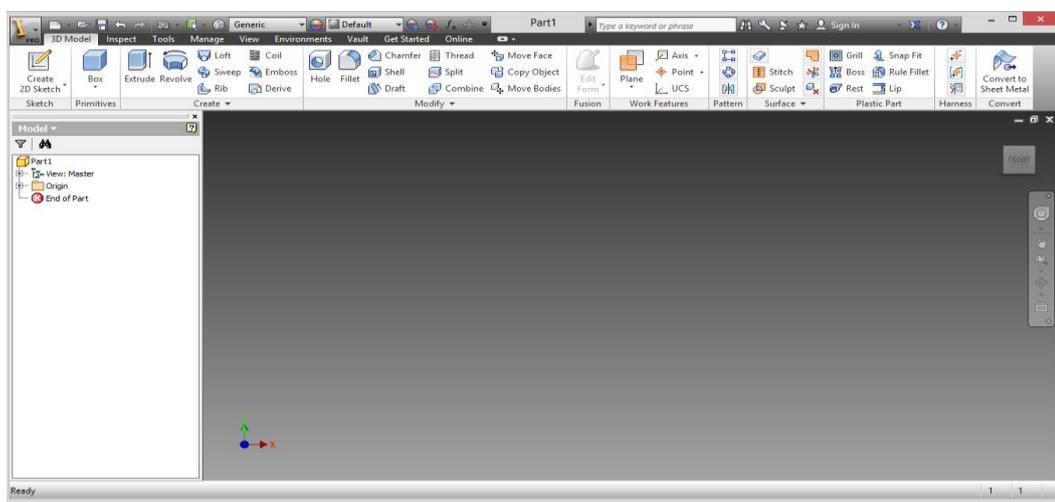


Figura 13. Entorno de trabajo Autodesk Inventor

Fuente: (Programa Autodesk inventor 2013 captura, Elaboración propia.)

Diseñar, es formular un plan para la satisfacción de una necesidad específica o resolver un problema. La metodología de la solución se limita a lo que el diseñador sabe o puede hacer; la solución, además de ser funcional, segura, confiable, competitiva, útil, que se

pueda fabricar y comercializar, también debe ser legal y adecuarse a los códigos y normas aplicables.

El diseño en ingeniería es un proceso para resolver problemas que utilizan conocimiento, recursos y productos existentes para crear bienes y procesos nuevos.

El siguiente diagrama de flujo muestra las varias etapas en que está integrado el proceso del diseño.

(Ramírez J. & Díaz del Castillo F. 2009)

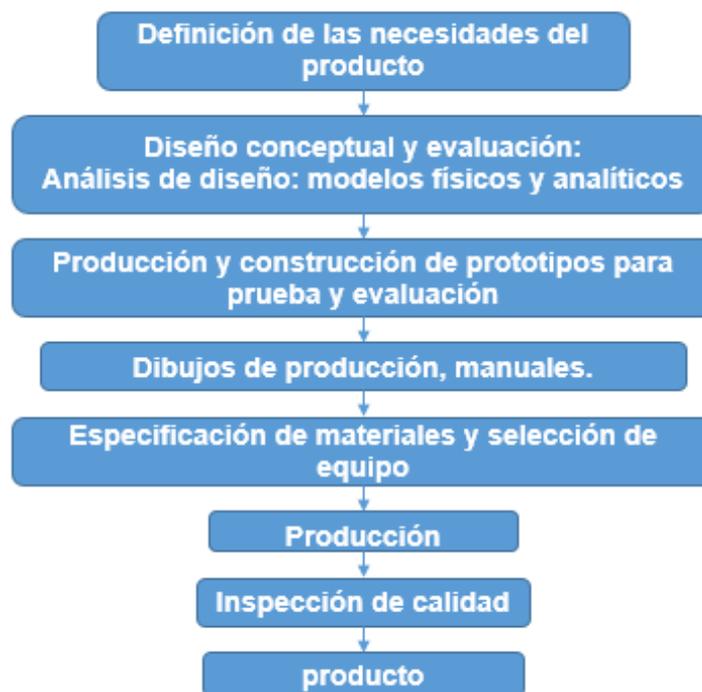


Figura 14. Proceso del Diseño

Fuente: (Proceso Unificado de Desarrollo 2011)

El diseño en ingeniería abarca tanto el proceso como al producto. Un proceso es una serie de acciones continuas que terminan en un resultado particular. El producto es cualquier cosa producida como resultado de un proceso.

Es importante que el diseñador comience por identificar exactamente como reconoce una alternativa satisfactoria y como distingue entre 2 alternativas satisfactorias, con objeto de identificar la mejor.

El diseño establece y define soluciones hacia problemas no resueltos anteriormente, o nuevas soluciones a problemas que ya han sido resueltos de una manera distinta. La habilidad de diseñar es un arte y una ciencia a la vez. La ciencia puede aprenderse a través de técnicas y métodos de ingeniería, el arte de diseñar se aprende mejor al practicar el diseño.

Es por esta razón que la experiencia en diseño debe envolver alguna experiencia en proyectos realistas. La ciencia explica lo que es, la ingeniería crea lo que no existía.

El convertirse en un profesional en el diseño es una meta con solución para un estudiante en ingeniería, esta meta requiere práctica y conocimiento.

Existen cuatro puntos en la actividad del diseño, a saber:

- 1) *Creatividad*: Requiere la imaginación para el diseño o que sea el mejoramiento de un proceso o un producto ya creado.

- 2) *Complejidad*: Requiere tomar decisiones que involucran variables y parámetros que pueden afectar el diseño.

- 3) *Decisión*: Requiere el elegir entre muchas soluciones posibles a cualquier nivel del diseño, desde conceptos básicos hasta detalles pequeños de forma y figura.

- 4) *Compromiso*: Requiere balancear requerimientos múltiples y a veces conflictivos debido a que se arriesgan grandes cantidades de dinero al momento de traer un nuevo diseño al mercado.

Hay que estar conscientes de que la tecnología puede ser frágil y debemos estar en guardia.

Nuestra preocupación es la tecnología de la ingeniería y la tecnología de la computación. Actualmente hay muchas herramientas de cómputo para ayudar al diseñador a terminar las tareas. Hay información espacial (geométrica), procesadores de números y mezclas de estas funciones.

Hay muchos programas: MathCad, Quattro-Pro, Maple, TKsolver, ANSYS, I-DEAS, Inventor, Solidworks, Solid Edge y AutoCad. Ahora bien, el gran impacto de la ingeniería asistida por computadora se ha dado en mayor parte en el diseño. La habilidad de hacer cambios y usar dibujos de partes de antiguos diseños en nuevos dibujos. Actualmente el modelado en 3-D se ha convertido en la herramienta que ha prevalecido más, así como se ha vuelto viable en las computadoras personales. Las gráficas son una parte muy importante del proceso de diseño en ingeniería, el cual las utiliza para visualizar soluciones posibles y documentar el diseño para fines de comunicación. Las gráficas o el modelado geométrico que usa el CAD se emplea para visualizar, analizar, documentar, optimizar el diseño, simular y producir un proceso o producto.

El modelado en sólido tridimensional provee una geometría completa y una descripción matemática del diseño. Así pues, los modelos pueden ser seccionados para revelar detalles interiores o pueden ser convertidos rápidamente en el convencional dibujo de ingeniería en dos dimensiones.

En estos días la computadora extiende las capacidades del ingeniero en diseño en varias maneras. Primero en la organización del tiempo consumido en las operaciones repetitivas, lo que libera al diseñador para concentrarse en operaciones más complejas. Segundo, le permite al diseñador el analizar con mayor rapidez problemas complejos más a fondo. Estos dos factores hacen posible realizar más iteraciones al momento de diseñar.

Finalmente, el sistema de información de la computadora puede ser compartida más rápidamente con otras personas de la misma compañía, como ingenieros en manufactura, planeadores de proceso, diseñadores de herramientas y troqueles. El vínculo entre el CAD y el CAM es particularmente importante en este proceso.

2.8. HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION.

2.8.1. Hipótesis General

El diseño y simulación del manipulador de forros de acero permitirá modelar el revestimiento de los molinos de bolas, barras; reduciendo los costos de operación y disminuir los riesgos durante el mantenimiento de los molinos convencionales.

2.8.2. Hipótesis Específico

- a) El análisis matemático mediante el método de dimensionamiento del manipulador de los forros nos permitirá determinar la reducción de los costos y tiempo de mantenimiento en un 30 a 40 %.

- b) Realizar la simulación del manipulador de forros aplicados en el molino de bolas y barras, en el software Autodesk Inventor 2013 nos permitirá ver de manera gráfica los desplazamientos del manipulador.

CAPITULO III

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del tema se estableció una metodología de trabajo para cumplir con las etapas que involucra la elaboración de una memoria. Aquí se presenta una metodología de trabajo, la cual consta de las siguientes etapas:

3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.

El tipo del problema del presente proyecto es una Investigación de tipo básico – descriptivo ya que se hará la construcción del modelo computacional y diversas simulaciones mediante el uso de software CAD especializado, para tener los cálculos correctos, de esta manera hacer un adecuado diseño.

VARIABLES	PROCEDIMIENTO
<p>INDEPENDIENTE.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseño y simulación del molino. - Proyecto de investigación - Correcto cálculo y análisis. - Funcionamiento correcto del molino. 	<p><i>Diseñar mediante software.</i></p> <p><i>Hacer una guía para la fabricación de molinos.</i></p> <p><i>Simular mediante software.</i></p> <p><i>Realizar cálculos matemáticos correctos.</i></p>

DEPENDIENTE. <ul style="list-style-type: none"> - Construir un modelo computacional correcto. - Diseño adecuado - Velocidad critica 	<i>Diseñar mediante software.</i> <i>Simular mediante software.</i> <i>Realizar cálculos matemáticos correctos.</i>
---	---

Tabla 1. Variables y procedimientos del problema de investigación

Fuente: Elaboración propia

3.2. COMPONENTE DE LA INVESTIGACION.

Los elementos que conforman la presente investigación son los molinos usados industrialmente.

En la presente investigación nos enfocaremos al estudio particular de un molino de bolas utilizado en plantas concentradoras.

3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCION DEL COMPONENTE DE INVESTIGACION.

Los molinos de bolas se encuentran en plantas concentradoras en las diferentes compañías mineras del país y realizan un proceso llamado molienda.

La molienda se realiza en molinos de forma cilíndrica que giran alrededor de su eje horizontal y que contienen una carga de cuerpos sueltos de molienda conocidos como “medios de molienda”, los cuales están libres para moverse a medida que el molino gira produciendo la conminación de las partículas de mena.

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACION.

TECNICAS	INSTRUMENTOS
1.- OBSERVACION.	1.- GUIA DE OBSERVACION.
2.- ANALISIS DOCUMENTAL.	2.- MATERIAL BIBLIOGRAFICO.
3.-CATEGORIZACION DE DIFERENTES PERSPECTIVAS DE LOS AUTORES	3.- ESQUEMA DE CATEGORIZACION.

Tabla 2. Técnicas e instrumentos para recolección de información

Elaboración: Propia

3.5. TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE DATOS.

El análisis de los datos obtenidos se realizará de manera cuantitativa para de esta forma aplicar el método analítico, así se distinguen los elementos de un fenómeno y se procede a revisar ordenadamente cada uno de ellos por separado. Utilizaremos este método; a partir de la experimentación y el análisis de casos se establecen leyes universales.

Se hará la extracción de las partes de un todo, con el objeto de estudiarlas y examinarlas por separado, para ver, por ejemplo, las relaciones entre las mismas, la síntesis se produce sobre la base de los resultados previos del análisis.

3.6. PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS.

3.6.1. Procedimiento de cálculo.

El diseño del manipulador de forros de acero se basa en la determinación de la potencia en el eje necesaria para producir la reducción de tamaño, de la ecuación

resultante se puede obtener el diámetro del molino, cuando se conoce el flujo C . En ambos casos es necesario suponer una razón para L/D .

El método de Bond para dimensionar molinos de bolas industriales comprende las siguientes etapas fundamentales:

1) Determinación del W_l para un material de acero. Para nuestro caso tomando en cuenta el peso de los forros o chaquetas de acero.

2) Así mismo se tomará en cuenta el tiempo de enchaquetado en cuanto al revestimiento del molino.

3) Cálculo de los factores correctivos:

a) Factor f_1 : Por ser molienda húmeda será igual 1.

b) Factor f_2 : Por ser molienda en circuito cerrado será igual 1.

c) Factor f_3 : Bond sugiere considerar $f_3 = 1$, durante la primera iteración cuando $D \neq 8$ pies y luego recalcular dicho valor más adelante.

d) Factor f_4 : Resolveremos la ecuación.

$$f_4 = \frac{R_r + (W_l - 7) * \frac{F_{80} - F_0}{F_0}}{R_r} \dots\dots\dots(EC. 01)$$

Reemplazando datos tenemos:

$$f_4 = \frac{69.44 + (15.2 - 7) * \left(\frac{12500 - 3699.22}{3699.22} \right)}{69.44}$$

$$f_4 = 1,281$$

$$D = \left[\frac{P_E (HP)}{K_B * (\%V_P)^{0,461} * (\%C_s)^{1,505} * \frac{L}{D}} \right]^{\frac{1}{3,5}} \dots\dots\dots(EC. 02)$$

Tenemos:

$$P_E (HP) = 270.4 (HP) \dots\dots\dots(EC. 03)$$

$$K_B \text{ (Según tabla)} = 4,365 \times 10^{-5}$$

$$\% V_P = 45\%$$

$$\% C_s = 75\%$$

$$L/D = 2,5$$

$$D = \left[\frac{270.4}{4,365 * 10^{-5} * (40)^{0,461} * (75)^{1,505} * 2.5} \right]^{\frac{1}{3,5}} = 6.45 \text{ pies} = \mathbf{1.97 \text{ m}}$$

$$W = 20,33 * \left(\frac{10}{\sqrt{180}} - \frac{10}{\sqrt{12500}} \right) = \mathbf{13,34}$$

3b) La potencia mecánica del motor, según Ec. será:

$$P_M (kw) = W(kwh / ton.cortas) * C(ton.cortas/h) \dots\dots\dots(EC. 04)$$

$$P_M (kw) = 13,34 * 15$$

$$P_M (kw) = 200,02$$

Por lo tanto, de acuerdo a la Ec. Se tiene:

$$P_M (HP) = 1,341 * P_M (kw) \dots\dots\dots(EC. 05)$$

$$P_M (HP) = 1,341 * 200,02 = \mathbf{268.23} \text{ (HP)}$$

4b) La potencia eléctrica requerida si ($\eta=95\%$), será:

$$P_E (HP) = P_M (HP) * \left(\frac{100}{\eta} \right) \dots\dots\dots(\text{EC. 06})$$

$$P_E (HP) = 268.23 * \left(\frac{100}{95} \right) = \mathbf{282.35} \text{ (HP)}$$

3.6.2. Cálculo de la velocidad crítica.

A continuación, realizaremos el cálculo de velocidad crítica del manipulador teniendo en cuenta las siguiente Ecuación:

$$n_c (\text{rpm}) = \frac{42.3}{\sqrt{D(m)}} \dots\dots\dots(\text{EC. 07})$$

$$n_c (\text{rpm}) = \frac{76.63}{\sqrt{D(\text{ft})}}$$

$$n_c (\text{rpm}) = \frac{76.63}{\sqrt{6.53}} = 30 \text{ (rpm)}$$

En conclusión, respecto a este cálculo tenemos que el cálculo de la velocidad crítica es 30 rpm.

Entonces la velocidad de trabajo será:

$$n_T (\text{rpm}) = 75\% * n_c \dots\dots\dots(\text{EC. 08})$$

$$n_T (\text{rpm}) = 75\% * 30 = 22.5 \text{ (rpm)}$$

CAPITULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MODELAMIENTO CAD DEL MANIPULADOR DE FORROS

El modelamiento del manipulador de forros de acero para el revestimiento de los molinos convencionales de bolas se hará en base a los cálculos obtenidos en los puntos anteriores, dicho modelamiento lo haremos a través del software autodesk inventor 2013 del cual ya se hizo la descripción anteriormente.

Los beneficios del CAD incluyen menores costos de desarrollo de productos, aumento de la productividad, mejora en la calidad del producto, mejor visualización del producto final, el software CAD ofrece gran exactitud de forma que se reducen los errores, el software CAD brinda una documentación más sencilla y robusta del diseño, incluyendo geometría y dimensiones, el software CAD permite una reutilización sencilla de diseños de datos y mejores prácticas.

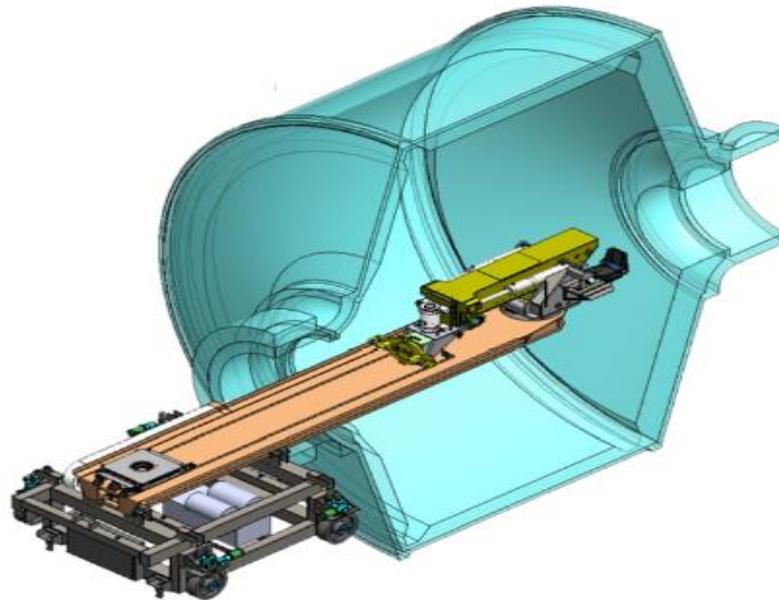


Figura 15. Modelamiento del manipulador

Fuente: Diseño CAD 2013

4.1.1. Diseño de la plataforma.

La base del manipulador de forros está diseñada para soportar impactos y carga pesada, es la parte que se toma en cuenta y está construido de placas de acero forjadas y soldadas. Tiene perforaciones para sacar los pernos que sostienen el revestimiento o forros. Para conectar las cabezas de los muñones tiene grandes flanges de acero generalmente soldados a los extremos de las placas de la base.

La base o plataforma del manipulador es para poder realizar el retiro, manipulación del forro nuevo y usado, inspección de las chaquetas y para el reemplazo de las chaquetas y de las rejillas de los molinos. El casco de los molinos está instalado sobre dos chumaceras o dos cojinetes macizos esféricos.

4.1.2. Diseño del manipulador.

El manipulador del forro de acero tiende a realizar giro para una posición adecuado de enchaquetado tanto para el cambio y retiro de los revestimientos, la cual es impulsada por cilindro hidráulico para el levante de los forros.

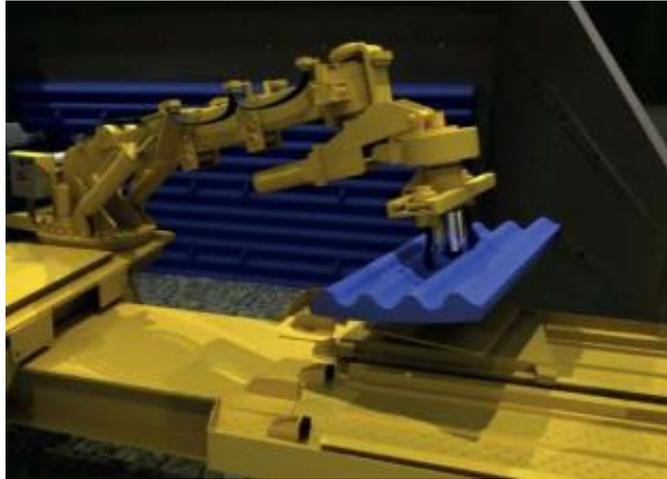


Figura 16. Diseño del Manipulador de forros

Fuente: Programa Autodesk Inventor 2013(captura)

El resultado del diseño tenemos:

Del diseño realizado, correspondiente a los estados de carga es posible observar el aumento progresivo en los desplazamientos de los forros de acero en el trayecto para su reemplazo es por la parte del trunion. En el siguiente gráfico se observa la magnitud de los desplazamientos promedio de las distintas simulaciones en la zona de transmisión del engrane, notoriamente los desplazamientos en el eje vertical del molino (eje Y) son los de mayor magnitud, esto originado por las cargas verticales del peso propio del molino, la carga ejercida por el peso de la pulpa de mineral, la carga de bolas y la componente vertical de la fuerza centrífuga. Este modelado en Inventor 2013, permitirá efectuar rápidamente cambios en un diseño mediante la manipulación directa, pero que también desean mantener la valiosa información que suponen todos los modelos existentes.

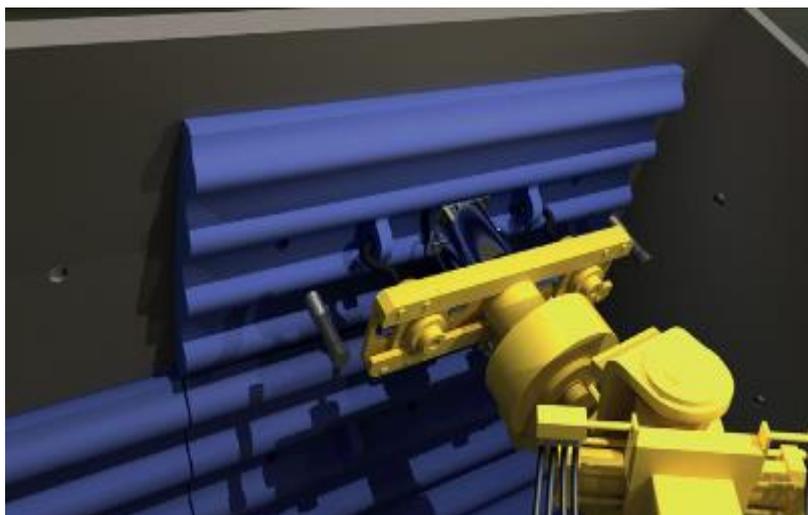


Figura 17. Simulación de enchaquetado

Fuente: Pdrograma Autodesk Inventor 2013(captura).

Los cálculos efectuados mediante la metodología propuesta en el capítulo II, nos permite hallar el diámetro (D) y la longitud (L), además de la velocidad critica, los cuales son los principales datos para poder desarrollar el modelo Cad.

4.2. TIEMPO DE MANTENIMIENTO

Tabla 3. Estimación de tiempo para revestimiento

PROCESO	HORAS
Planificación	1.5h
Ejecución, supervisión y control	19 h
Cierre	3.5 h
Total	24 Horas

Elaboración: Propia

Fecha ejecución de trabajo para el revestimiento del molino convencional se efectúan en 24 horas, distribuidos en 2 turnos distribuidos de la siguiente manera.

Tabla 4. Horario de mantenimiento para revestimiento

FECHA DE TRABAJO: 22 DE ABRIL DEL 2017	
TURNO A	8:00 a.m. – 8:00 p.m.
TURNO B	8:00 p.m. – 8:00 a.m.
DURACIÓN TOTAL DE TRABAJO	24 HORAS

Elaboración: Propia

4.2.1. DISTRIBUCIÓN DE RECURSOS HUMANOS POR PROCESO EN EL TRABAJO

Tabla 5. Distribución del personal

Función	Turno A	Turno B	Total
Supervisor	1	1	2
Ingeniero de Seguridad	1	1	2
Líder de grupo	2	2	4
Mecánico al Interior Molino	6	6	12
Mecánico Exterior del Molino	3	3	6
Soldador	2	2	4
			30

Elaboración: Propia

4.3. DESCRIPCION DEL TRABAJO

El Trabajo de Cambio de Forros de Molino Convencionales se dividirá por actividades y se hará una descripción de cada una de ellas, ya que se encuentra dentro del plazo de ejecución del cambio de forros, las actividades son:

Coordinación: Esta actividad la ejecutará el Supervisor responsable de la contrata con el molino en standby y previa coordinación con el supervisor de la unidad minera y el electricista de turno el que indicará el momento del inicio del mantenimiento del mismo.



Figura 18. Interior de molino

Fuente (Mantenimiento programado de revestimiento)



Figura 19. Corte de forro con chanfercord

Fuente (Mantenimiento programado de revestimiento)



Figura 20. Forro de acero desgastado

Fuente (Mantenimiento programado de revestimiento)



Figura 21. Forros de acero nuevos para revestimiento

Fuente (Mantenimiento programado)



Figura 22. Revestimiento de forros

Fuente (Mantenimiento programado)



Figura 23. Cierre de molino 9.5 x 15

Fuente (Mantenimiento programado)

CAPITULO V

V. CONCLUSIONES

PRIMERO. Se logró desarrollar el diseño y simulación del manipulador para forros de acero aplicados en los molinos convencionales mediante el uso de Autodesk Inventor 2013, además nos permitió construir y calcular un diseño computacional del manipulador.

SEGUNDO. El proyecto permitió determinar mediante fórmulas del método de bond, el diámetro y la longitud del molino teniendo como resultado un diámetro, así como también nos permitió determinar la potencia del motor, valores hallados de acuerdo a la metodología escogida.

TERCERO. Se logrará minimizar el tiempo de enchaquetado de los revestimientos de los molinos convencionales, así mismo los factores de riesgo latente en cada mantenimiento de los molinos.

SUGERENCIAS

Las siguientes sugerencias quedan a ser analizadas y/o implementadas en futuros trabajos de investigación relacionados al tema:

PRIMERO. Comparar el método de Bond para el diseño del manipulador de forros de acero con otros métodos menos convencionales.

SEGUNDO. Realizar los ensayos para el cálculo del Índice de Trabajo de Bond vistos en este trabajo, con instrumentos y equipos que se ajusten completamente a los requerimientos propuestos por el autor.

TERCERO. Evaluar los resultados de Autodesk Inventor comparándolo con otro programa de diseño similar.

CAPITULO VI

VI. RECOMENDACIONES

Al realizar el diseño y simulación del manipulador de forro para el revestimiento de los molinos convencionales, enmarcara en la reducción de costos de operación y mantenimiento ya que se puede garantizar un óptimo mantenimiento, reduciendo los índices de accidente y así mismo las enfermedades ocupacionales.

CAPITULO VII

VII. REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍA

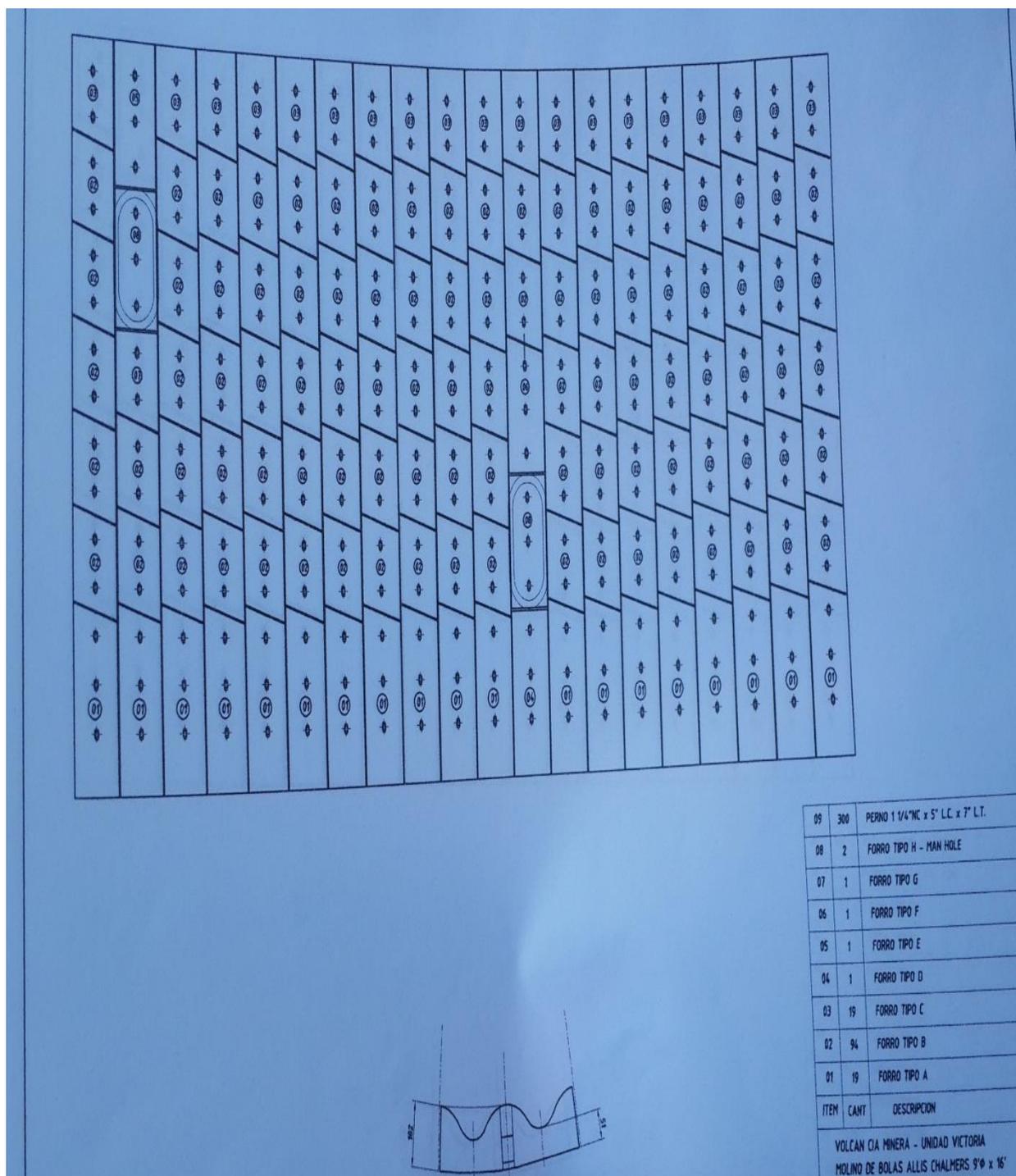
- Alcántara Valladares, J. R. (2008). *"Diseño práctico de un molino de bolas"*. México D.F: Instituto Politécnico Nacional.
- Austin G., L. & Concha A., F. (1994). *"Diseño y Simulación de Circuitos de Molienda y Clasificación"*. Concepción, Chile.
- Austin, L. &. (1997). *"Size Reduction of Solids Crushing and Grinding Equipment, Handbook of Powder Science & Technology"*. Nueva York E.E.U.U.: Chapman & Hall, N.Y.
- Blanco Fernández, J. & Félix Sanz, A. . (2002). *"Cad.Cam: Gráficos, Animación y Simulación por Computador"*. Madrid, España: Thomson Paraninfo, S.A. .
- Brown, J. (2000). *"CAD/CAM from principles to practice"*. U.S.A.: Addison-Wesley.

- Chillcce V. M. & Rojas R. H. (2012). *"Implementación del Sistema Experto en Molinos Para Optimizar la Molienda del Circuito de Cobre en la Planta Concentradora de Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A."*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro.
- Espinosa de León, L. & López Aburto, V. M. (1984). *Teoría Y Prácticas de Trituración y Molienda*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- F. Singer & L. Pytel. (2005). *Resistencia de Materiales, 3ra Edición*. Alfahomega.
- Fundamentos de Oleohidraulica. (2012). Mantenimineto preventivo.
- Gonzalez, G. (2002). *"Control de Plantas de Procesamiento de Minerales"*. Chile: Universidad de Chile.
- Guía de entrenamiento de Autodesk Inventor*. (2008). Autodesk.
- Guía de Evaluación de Autodesk Inventor*. (2008). Autodesk.
- Gutiérrez Gutiérrez, O. A. (2011). *"Estudio Para Calibración De Molinos"*. Santiago, Chile: Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Chile.
- Lee, K. (1999). *"Principles of CAD/CAM/CAE"*. U.S.A.: Addison Wesley.
- MANUAL DE OPRACION DE MOLINOS. (2011). MANUAL OPERACIONAL.
- Mott, R. L. (2009). *Resistencia de Materiales, 5ta edición*. México: Pearson Educación.
- Norton, R. L. (2005). *Diseño de máquinas, 3ra Edición*. México: McGraw-Hill.
- Revestimiento para Molinos, M. (2014). Revestimiento para Molinos.
- RSaldaña Pomazunco, J. L. (2011). *"Creación de estándares para planos mediante el software cad autodesk inventor professional 2011 caso: diseño de una matriz de corte y embutido"*. Lima, Perú : Universidad Mayor de San Marcos.

- Sepúlveda, J. & Gutierrez, L. (1986). *"Dimensionamiento y Optimización de Plantas Concentradoras Mediante Técnicas de Modelación Matemática"*. Santiago, Chile: Impresos Verman, Centro de Investigación minera metalúrgica CIMM.
- Shigley J. E. & Mischke C. R. (2002). *Diseño en Ingeniería Mecánica, 6ta Edición*. México: McGraw-Hill.
- Spencer, H. C. (1995). *"Dibujo técnico básico"*. México: CECSA.
- www.festo.com. (2016). *festo*.
- www.valvulasinternacionales.com.pe. (2011).
- YONG Bai. (2001). *introduccion al diseño de ductos*. USA.
- Zapata, J. F. (2013). *Diseño de Elementos de Máquinas I, Primera Edición*.

ANEXOS

PLANO DE REFERENCIA PARA REVESTIMIENTO DEL MOLINO 9 ½ X 13



ACERO MOLINO 9.5 x 13 - COMESA

PROCEDIMIENTO CAMBIO DE FORROS DE ACERO			
	Elaborado por: Moises Turpo Cari		Fecha: 24/08/2017
	VERSIÓN: 01	COPIA N°01	Aprobado por:
	Firma:	Firma:	Firma:
	Marco Quiroz Superv. Operaciones	John Peña. Supervisor de SSO CIP 22157	Manuel Ramos Camargo Gerente General
	Fecha: 24/08/2017	Fecha: 24/08/2017	Fecha: 24/08/2017

1. OBJETIVO

Establecer y describir los pasos para realizar el Cambio de Forros de acero, garantizando una tarea óptima y segura.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica a todo el personal de mantenimiento involucrado en la tarea de Cambio Linnars o blindaje en molino 9.5 x 13, se inicia con la movilización de herramientas y materiales al punto de trabajo, la tarea especificada y labores de limpieza al finalizar el trabajo.

3. RESPONSABLES

Gerente General:

- Asumir su responsabilidad por la Seguridad y Salud Ocupacional, brindando el apoyo económico necesario.
- Involucrarse personalmente y motivar a los trabajadores en el esfuerzo de cumplir con los estándares y normas relacionados con la seguridad y salud ocupacional.
- Proporcionar a los trabajadores las herramientas, los equipos y los materiales de acuerdo a los estándares y procedimientos de la labor a realizar, que le permitan desarrollarla con la debida seguridad.

Supervisor de Operaciones:

- Toma toda precaución para proteger a los trabajadores, verificando y analizando que se haya dado cumplimiento la Identificación de Peligros, Evaluación y Control de Riesgos realizada por los trabajadores en su área de trabajo, a fin de eliminar o minimizar los riesgos.
- Instruir y verificar que los trabajadores conozcan y cumplan con los estándares, procedimientos y usen adecuadamente el equipo de protección personal apropiado para cada tarea.
- Informar a los trabajadores acerca de los peligros en el lugar de trabajo.
- Verificar que los trabajadores usen máquinas con las guardas de protección colocadas en su lugar.
- Actuar inmediatamente frente a cualquier peligro que sea informado en el lugar de trabajo.
- Ser responsable por su seguridad y la de los trabajadores que laboran en el área a su mando.
- Facilitar los primeros auxilios y la evacuación del(os) trabajador(es) lesionado(s) o que esté(n) en peligro.
- Verificar que se cumplan los procedimientos de bloqueo de las maquinarias que se encuentren en mantenimiento.

- Paralizar las operaciones o labores en situaciones de alto riesgo hasta que se haya eliminado o minimizado dichas situaciones riesgosas.

Supervisor de Seguridad:

- Después de la evaluación hacer recomendaciones necesarias para minimizar con el uso de equipos de protección la exposición a agentes contaminantes.
- Anticipar y reconocer los riesgos potenciales en el tema de salud ocupacional.
- Paralizar cualquier labor en operación que se encuentre en peligro inminente y/o en condiciones sub-estándares que amenacen la integridad de las personas, aparatos e instalaciones, hasta que se eliminen dichas amenazas.

Trabajadores:

- Cumplir con los estándares, procedimientos y prácticas de trabajo seguro establecidos dentro del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional.
- Ser responsables por su seguridad personal y la de sus compañeros de trabajo.
- No manipular u operar máquinas, válvulas, tuberías, conductores eléctricos, si no se encuentran capacitados y no hayan sido debidamente autorizados.
- Reportar de forma inmediata cualquier incidente o accidente.
- Utilizar correctamente las máquinas, equipos, herramientas y unidades de transporte.
- No ingresar al trabajo bajo la influencia de alcohol ni de drogas, ni introducir dichos productos a estos lugares. En caso se evidencie el uso de dichas sustancias en uno o más trabajadores, se realizará un examen toxicológico y/o de alcoholemia.
- Cumplir estrictamente las instrucciones y reglamentos internos de seguridad establecidos. Anticipar y reconocer los riesgos potenciales en el tema de salud ocupacional
- Los trabajadores deberán hacer uso apropiado de todos los resguardos, dispositivos e implementos de seguridad y demás medios suministrados, para su protección o la de otras personas. Además, acatarán todas las instrucciones sobre seguridad relacionadas con el trabajo que realizan.

- Los trabajadores cuidarán de no intervenir, cambiar, desplazar, sustraer, dañar o destruir los dispositivos de seguridad u otros aparatos proporcionados para su protección o la de otras personas, ni contrariarán los métodos y procedimientos adoptados con el fin de reducir al mínimo los riesgos de accidentes inherentes a su ocupación.
- Los trabajadores que malogren, alteren o perjudiquen, ya sea por acción u omisión, cualquier sistema, aparato o equipo de protección personal o cualquier máquina o implemento de trabajo de planta e instalaciones, o que incumplan las reglas de seguridad, serán severamente amonestados o sancionados de acuerdo a lo establecido por los dispositivos legales vigentes respecto de las relaciones laborales.

4. ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

Abreviaturas

- ✓ SMCV : Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.
- ✓ ECOM : Ingeniería Construcción y Mantenimiento S.R.L.
- ✓ EPP : Equipo de Protección Personal.
- ✓ POE : Procedimiento de Operación Estándar.

Definiciones

- **Molino:** Equipo conformado por un cilindro de acero, diseñada para la fragmentación del mineral.
- **Chute:** Componente esencial para almacenamiento temporal de mineral por su forma permite alimentar a cualquier otro componente
- **Liner:** Pieza metálica que sirve para recubrir a la pared del chute, las cuales son de distintas dimensiones y espesores.

5. REQUERIMIENTOS

5.1 REQUERIMIENTO DE PERSONAL

Cantidad	Descripción
02	Supervisor de Operaciones
02	Supervisor de Seguridad
04	Mecánico Líder
22	Mecánico, soldador

5.2 REQUERIMIENTO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Cantidad	Descripción
30	Casco de Protección
30	Lentes de Seguridad
10	Careta Facial
8	EPPs de soldador
30	Mameluco
30	Pares de Zapatos de seguridad con punta de acero.
30	Respirador para polvo
30	Protectores de oídos
30	Guantes de Operador

5.3 REQUERIMIENTO DE EQUIPOS

Cantidad	Descripción
06	Máquina de soldar
01	Generador eléctrico
01	Compresora
01	Camioneta Pick Up
01	Puente Grua

5.4 REQUERIMIENTO DE HERRAMIENTAS

Cantidad	Descripción
04	Llave mixta 3/4"
02	Llave mixta 1 1/2"
02	Llave mixta 1 7/8"
02	Dado 3/4"
02	Dado 1 5/8"
04	Desarmador de golpe
04	Patacabra

02	Combo de 12 Lb.
02	Tecla Ratchet $\frac{3}{4}$ tn
03	Eslinga 1 tn.
04	Grillete de $\frac{3}{4}$ "
02	Pistola neumática
04	Mangueras de Aire

5.5 REQUERIMIENTO DE MATERIALES

Cantidad	Descripción
1 Kg.	Trapo Industrial
4 unid.	Conos de Seguridad
5 m.	Cinta de seguridad amarilla y roja
5Kg.	E7018
5Kg.	E6011
5Kg.	Chanfercord

6. DESCRIPCION

Verificación y Evaluación de Peligros y Riesgos del Área de Trabajo.

Aprobación de POE y IPECR, Generación y Autorización de Permisos de Trabajos.

6.1 TRABAJOS PREVIO

6.1.1 Traslado de equipos y herramientas.

- Los equipos y herramientas se trasladaran con apoyo de una camioneta, dicha movilización se realizara días previos a la parada. Dicha área se dejara demarcada con cinta amarilla y tarjeta de advertencia de almacén temporal.
- El personal evitara exponerse a las vías de tránsito y cuando se estacione el vehículo se verificará el área, se colocara los conos y tacos.
- El personal involucrado inspeccionarán el área de trabajo y accesos para eliminación de obstáculos o materiales que puedan hacer caer al personal.

6.2 BLOQUEO DEL EQUIPO

- El personal procederá a bloquear para ello antes de colocar el candado y la tarjeta en la caja de bloqueo se verificara la tarjeta de auditor de los equipos bloqueados si es lo correcto.

BLOQUEO ELECTRICO: molino 9.5 x 13 N°1.

BLOQUEO MECANICO: LINEAS DE ACIDO Y RAFF.

- Supervisión deberá asesorar el bloqueo para que no existiera alguna desviación del procedimiento de bloqueo por parte de los trabajadores.

6.3 CAMBIO DE BLINDAJE

6.3.1 Instalación de escalera de acceso.

- Primeramente el personal verificará la limpieza del chute la cual será realizada por personal de MOTTA, posteriormente la supervisión y líder mecánico de ECOM inspeccionara que no haya ningún material que se pueda caer.
- El personal ingresara a instalar línea de vida acerada de 5/8" la cual se asegura con sus candados crosby, ya dentro del MOLINO en la parte superior se procederá a instalar la máquina de soldar.
- El personal ingresara por la tapa de carga, trunion hacia el molino seguidamente realizar un lavado del interior del molino.
- Se contara con un vigía de espacio confinado acreditado el cual realizará la medición del nivel de oxigeno que debe estar comprendido entre 19.5% y 22.5% al inicio y durante el trabajo, el vigía llevará el control del personal que se encuentre dentro del equipo, ante una emergencia se comunicara inmediatamente con la supervisión.

6.3.2 Desajuste de las tuercas de fijación de los forros a cambiar

- El personal procederá a retirar las tuercas haciendo uso de pistola de impacto y las tuercas que no se puedan sacar se cortarán con soldadura de corte Chanfercord.

- Cuando se corte las tuercas con Chanfercord estará atento el vigía de fuego y protegerá con planchas metálicas galvanizadas o mantas ignífugas mojadas la faja que se encuentra en la parte inferior del chute.
- Terminado de retirar y/o cortar las tuercas se procederá a botar los pernos haciendo uso de botadores y comba de 12lb.
- Los forros de acero se procederá a retirarlo haciendo uso de barretilla y/o cincel el cual se colocara la punta entre el liners y la pared realizando palanca.

6.3.3 Retiro de los forros desgastados e ingreso de forros nuevos

- Para el retiro de los liners desgastados se inspeccionará y verificará primero que los liners del interior del molino se hayan desprendido del casco.
- El retiro de los liners desgastados se realizará manualmente hasta la parte exterior del molino, el personal que se encuentra dentro del molino pasara los liners uno por uno al personal que se ubica en la parte exterior y se apilará a un costado del molino de modo que no obstruyan el paso al personal.
- Terminado de retirar todos los liners desgastados se procederá a ingresar los liners nuevos manualmente de la misma forma como se retiraron, los liners se ingresaran al molino de acuerdo como se van retirando.
- Para el izaje de los liners a desnivel se hará uso de **sujetadores de liners**, la supervisión verificará el uso seguro de estos sujetadores, con la finalidad de prevenir su caída.

6.3.4 Instalación de los liners nuevos y aseguramiento de los mismos

- Para esta tarea se formarán grupos de 4 personas, de los cuales dos personas posicionarán el liners en la pared con ayuda de guidores con topes y colocará los pernos, en la parte exterior del molino una persona sujetara la escalera y la otra persona colocará las tuercas de los pernos, terminado de fijar los liners la persona que está en la parte interior del molino dará pase para que ajusten las tuercas con la pistola de impacto.

- Las tuercas donde no ingrese la pistola de impacto se ajustarán manualmente haciendo uso de la llave mixta.

6.4 ORDEN Y LIMPIEZA

- El personal involucrado ordenara y recogerá todo los desperdicios generados y se almacenara temporalmente con su demarcación correspondiente.
- Los equipos y herramientas se procederá a retirarlos hacia la parte inferior del edificio se dejara demarcado con cinta amarilla y su respectiva tarjeta de advertencia de almacenamiento temporal. Evitar colocar las manos en la línea de fuego, trabajo en equipo y coordinación.
- Los liners y resto de material generado se trasladara al botadero de medio ambiente con apoyo de camión grúa. Entre el operador y rigger deberán coordinar para la maniobras a realizar.

7. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Matriz ECOM-IPECR 011
- SGlst0001_Inspección de Herramientas Equipos e Instalaciones
- SMEICst0001_ Estándar para uso de máquinas de soldar eléctricas.
- SSOst0010_ Señalización y Demarcación de Áreas
- SSOst0003_ Proteccion Contra Caídas
- SSOst0015_ Ergonomia
- SSOst002_ Trabajos en Caliente
- SSOst0016_ Obtencion acreditación de Trabajos de Alto Riesgo