



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



**OPTIMIZACIÓN DE LA FRECUENCIA DE REEMPLAZO DE  
FORROS SUJETOS AL DESGASTE EN MOLINOS DE BOLAS EN  
LA UNIDAD MINERA SAN RAFAEL – MINSUR**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**ALEX FRANK YUCRA VILCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2023**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**OPTIMIZACIÓN DE LA FRECUENCIA DE R  
EEMPLAZO DE FORROS SUJETOS AL DE  
SGASTE EN MOLINOS DE BOLAS EN LA  
UNIDAD MINERA SAN RAFAEL - MINSUR**

AUTOR

**ALEX FRANK YUCRA VILCA**

RECuento DE PALABRAS

**24459 Words**

RECuento DE CARACTERES

**127329 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**203 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**19.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 9, 2023 7:14 AM CST**

FECHA DEL INFORME

**Jan 9, 2023 7:16 AM CST**


### ● 10% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 9% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

  
Dr. Mateo Alejandro Salinas Mena  
ASESOR

Resumen



## DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental de mi vida y por concederme la vida por su perseverante apoyo durante mis estudios.

A mi hermana Marietta, por sus consejos, comprensión y paciencia. Estoy seguro de que lograrás tus metas.

Y para mis familiares en general, por su solidario apoyo siempre que lo necesité.



## AGRADECIMIENTO

Un eterno agradecimiento a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por impartirme el tesoro del conocimiento y ser autores de mi formación profesional.

A mi querida madre Jesusa, quien está en cada instante de mi vida y enseñándome a superar los obstáculos que se presenta día a día en cada etapa la vida.

A mi valiente padre Edgar, por el esfuerzo que realiza a diario y enseñarme muchos valores, agradezco las enseñanzas, consejos, e historias que me das son tesoros que guardo siempre en mi corazón.

A mi hermana, mi amiga y confidente por siempre.

A mis abuelitos Luis, Dionicia, Cipriano, Catalina, Justina, a quienes siempre estuvieron apoyándome en cada momento.

Al Superintendente de Mantenimiento de la U.M San Rafel Ing. Jesus Alarcon por haber permitido mi desarrollo como profesional de la misma manera a Ing. Floubert Garay, Ing. Eduardo Villegas e Ing. Armando Rosales.

A mis amigos y compañeros de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por su amistad y confianza durante los cinco años de estudio.

A los miembros integrantes del jurado calificador: Dr. Norman Jesus Beltrán Castañón, Ing. Benito Hugo Fernández Ochoa, M. Sc. Wilson Percy Clavetea Meneses, por sus recomendaciones y al M. Sc. Mateo Alejandro Salinas Mena por acompañarme en la realización del presente trabajo de investigación.



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRÓNIMOS**

**ÍNDICE DE ANEXOS**

**RESUMEN ..... 16**

**ABSTRACT ..... 17**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. OBJETIVO GENERAL ..... 22**

**1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 22**

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN ..... 23**

**2.2. BASES TEÓRICAS ..... 29**

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

**3.1. ZONA DE ESTUDIO ..... 59**

**3.2. TIPO DE ESTUDIO ..... 59**

**3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA ..... 60**

**3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..... 61**



<b>3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>62</b>
---	-----------

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS MOLINOS.....</b>	<b>68</b>
<b>4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....</b>	<b>77</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>118</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>119</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>120</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>124</b>

**Área:** Mantenimiento

**Línea:** Ingeniería Mecánica

**FECHA DE SUSTENTACION:** 12 de enero del 2023



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Esquema básico de un molino de bolas.....	31
<b>Figura 2:</b>	Cronológico del movimiento afectan el desempeño .....	32
<b>Figura 3:</b>	Rotación del molino .....	33
<b>Figura 4:</b>	Esquema de partes de un molino.....	34
<b>Figura 5:</b>	Diagrama para el cálculo del factor de llenado de un molino de bolas....	36
<b>Figura 6:</b>	Composición química de las bolas de molienda que fabrica moly-cop ...	39
<b>Figura 7:</b>	Dureza de las bolas de molienda que fabrica moly-cop.....	40
<b>Figura 8:</b>	Esquema de desgaste por cavitación .....	41
<b>Figura 9:</b>	Esquema de desgaste adhesivo.....	42
<b>Figura 10:</b>	Esquema de desgaste adhesivo-corrosivo .....	43
<b>Figura 11:</b>	Esquema de desgaste por fatiga .....	44
<b>Figura 12:</b>	Esquema de desgastamiento por impacto.....	46
<b>Figura 13:</b>	Esquema de desgaste erosivo .....	47
<b>Figura 14:</b>	Revestimiento de tapa del molino .....	52
<b>Figura 15:</b>	Movimiento del material en el cilindro .....	53
<b>Figura 16:</b>	Ensayo de desgaste por abrasión .....	54
<b>Figura 17:</b>	Check list medición de forros de molinos .....	61
<b>Figura 18:</b>	Proceso productivo – Sección chancado .....	65
<b>Figura 19:</b>	Proceso productivo – sección jigs y molienda .....	65
<b>Figura 20:</b>	Proceso productivo – sección mesas y remolienda .....	66
<b>Figura 21:</b>	Proceso productivo – sección flotación.....	66
<b>Figura 22:</b>	Proceso productivo – sección filtrado y flotación ultrafinos.....	67
<b>Figura 23:</b>	Proceso productivo – sección relaves.....	67
<b>Figura 24:</b>	Plano de molino 8 x 8 A.....	69



<b>Figura 25:</b> Plano de molino 8 x 8 B .....	70
<b>Figura 26:</b> Plano de molino 5 x 10” .....	71
<b>Figura 27:</b> Plano de molino 5 x 6” .....	73
<b>Figura 28:</b> Plano de molino 4 x 4” .....	74
<b>Figura 29:</b> Plano de molino “7 x 12” .....	76
<b>Figura 30:</b> Plano de molino 7 x 8” .....	77
<b>Figura 31:</b> Normalidad de la variable tonelada en el molino 8x8” A .....	86
<b>Figura 32:</b> Normalidad de la variable desgaste en el molino 8x8” A .....	86
<b>Figura 33:</b> Normalidad de la variable horas en el molino 8x8” A .....	87
<b>Figura 34:</b> Normalidad de la variable tonelada en el molino 8x8” B .....	90
<b>Figura 35:</b> Normalidad de la variable desgaste en el molino 8x8” B .....	91
<b>Figura 36:</b> Normalidad de la variable horas en el molino 8x8” B .....	91
<b>Figura 37:</b> Normalidad de la variable tonelada en el molino 5 x 10” .....	94
<b>Figura 38:</b> Normalidad de la variable desgaste en el molino 5 x 10” .....	95
<b>Figura 39:</b> Normalidad de la variable horas en el molino 5 x 10” .....	95
<b>Figura 40:</b> Normalidad de la variable tonelada en el molino 5 x 6” .....	98
<b>Figura 41:</b> Normalidad de la variable desgaste en el molino 5 x 6” .....	99
<b>Figura 42:</b> Normalidad de la variable horas en el molino 5 x 6” .....	99
<b>Figura 43:</b> Normalidad de la variable tonelada en el molino 4 x 4” .....	102
<b>Figura 44:</b> Normalidad de la variable desgaste en el molino 4 x 4” .....	103
<b>Figura 45:</b> Normalidad de la variable horas en el molino 4 x 4” .....	103
<b>Figura 46:</b> Normalidad de la variable tonelada en el molino 7 x 8” .....	106
<b>Figura 47:</b> Normalidad de la variable desgaste en el molino 7 x 8” .....	107
<b>Figura 48:</b> Normalidad de la variable horas en el molino 7 x 8” .....	107
<b>Figura 49:</b> Normalidad de la variable tonelada en el molino 7 x 12” .....	110





<b>Figura 50:</b> Normalidad de la variable desgaste en el molino 7 x 12” .....	111
<b>Figura 51:</b> Normalidad de la variable horas en el molino 7 x 12” .....	111



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b>	Perfiles para forros de cilindro de molinos.....	49
<b>Tabla 2:</b>	Especificación técnica de forros del molino de bolas 8 x 8 A.....	68
<b>Tabla 3:</b>	Especificación técnica de forros del molino de bolas 8 x 8 B.....	69
<b>Tabla 4:</b>	Especificación técnica de forros del molino de bolas 5 x 10.....	71
<b>Tabla 5:</b>	Especificación técnica de forros del molino de bolas 5 x 6”.....	72
<b>Tabla 6:</b>	Especificación técnica de forros del molino de bolas 4 x 4”.....	73
<b>Tabla 7:</b>	Especificación técnica de forros del molino de bolas 7 x 12.....	75
<b>Tabla 8:</b>	Especificación técnica de forros del molino de bolas 7 x 8.....	76
<b>Tabla 9:</b>	Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 8x8 A.	78
<b>Tabla 10:</b>	Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8 A.....	78
<b>Tabla 11:</b>	Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 8x8 B.	79
<b>Tabla 12:</b>	Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8 B.....	79
<b>Tabla 13:</b>	Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 5x10”.	80
<b>Tabla 14:</b>	Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5x10”.....	80
<b>Tabla 15:</b>	Desgaste de los forros por horas y toneladas tratados en el molino 5x6...	81
<b>Tabla 16:</b>	Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5x6”.....	81
<b>Tabla 17:</b>	Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 4x4”...	82
<b>Tabla 18:</b>	Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 4x4”.....	82
<b>Tabla 19:</b>	Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 7 x8” ..	83



<b>Tabla 20:</b> Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7x8” .....	83
<b>Tabla 21:</b> Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 7 x 12” .....	84
<b>Tabla 22:</b> Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7x12” .....	84
<b>Tabla 23:</b> Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8” A .....	85
<b>Tabla 24:</b> Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8” A .....	87
<b>Tabla 25:</b> Resumen del modelo del molino 8x8” A.....	88
<b>Tabla 26:</b> ANOVA del modelo del molino 8x8” A .....	88
<b>Tabla 27:</b> Coeficientes del modelo del molino 8x8” A.....	89
<b>Tabla 28:</b> Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8” B.....	90
<b>Tabla 29:</b> Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8” B.....	92
<b>Tabla 30:</b> Resumen del modelo del molino 8x8” B.....	92
<b>Tabla 31:</b> ANOVA del modelo del molino 8x8” B .....	93
<b>Tabla 32:</b> Coeficientes del modelo del molino 8x8” B.....	93
<b>Tabla 33:</b> Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5 x 10” .....	94
<b>Tabla 34:</b> Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5 x 10” .....	96
<b>Tabla 35:</b> Resumen del modelo del molino 5 x 10”.....	96



<b>Tabla 36:</b> ANOVA del modelo del molino 5x10” .....	97
<b>Tabla 37:</b> Coeficientes del modelo del molino 5x10” .....	97
<b>Tabla 38:</b> Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5 x 6” .....	98
<b>Tabla 39:</b> Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5 x 6” .....	100
<b>Tabla 40:</b> Resumen del modelo del molino 5 x 6” .....	100
<b>Tabla 41:</b> ANOVA del modelo del molino 5x6” .....	101
<b>Tabla 42:</b> Coeficientes del modelo del molino 5x6” .....	101
<b>Tabla 43:</b> Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 4 x 4” .....	102
<b>Tabla 44:</b> Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 4 x 4” .....	104
<b>Tabla 45:</b> Resumen del modelo del molino 4 x 4” .....	104
<b>Tabla 46:</b> ANOVA del modelo del molino 4x4” .....	105
<b>Tabla 47:</b> Coeficientes del modelo del molino 4x4” .....	105
<b>Tabla 48:</b> Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7 x 8” .....	106
<b>Tabla 49:</b> Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7 x 8” .....	108
<b>Tabla 50:</b> Resumen del modelo del molino 7 x 8” .....	108
<b>Tabla 51:</b> ANOVA del modelo del molino 7x8” .....	109
<b>Tabla 52:</b> Coeficientes del modelo del molino 7x8” .....	109
<b>Tabla 53:</b> Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7 x 12” .....	110



<b>Tabla 54:</b> Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7 x 12” .....	112
<b>Tabla 55:</b> Resumen del modelo del molino 7 x 12”.....	112
<b>Tabla 56:</b> ANOVA del modelo del molino 7x 12” .....	113
<b>Tabla 57:</b> Coeficientes del modelo del molino 7x12 .....	113
<b>Tabla 58:</b> Propiedad de forros de acero .....	116



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

UM	Unidad Minera
ERP	Software de Planificación Recursos Empresariales
SAG	Semiautogeno
DEM	Método De Elementos Discretos
AMEF	Análisis Modo Y Efecto De Falla
RNAS	Redes Neuronales Artificiales
RC	Rockwell
BHN	Ensayo Dureza Brinell
SPSS	Paquete Estadístico Para Ciencia Sociales
ASTM	Sociedad Estadounidense Para Pruebas Y Materiales



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b> Check list medición de forros molino.....	124
<b>Anexo B:</b> Especificaciones técnicas del molino de bolas 8 x 8 A .....	125
<b>Anexo C:</b> Especificaciones técnicas del molino de bolas 8 x 8 B .....	126
<b>Anexo D:</b> Especificaciones técnicas del molino de bolas 7 x 12.....	127
<b>Anexo E:</b> Especificaciones técnicas del molino de bolas 7 x 8 .....	129
<b>Anexo F:</b> Especificaciones técnicas del molino de bolas 5 x 10 .....	130
<b>Anexo G:</b> Especificaciones técnicas del molino de bolas 5 x 6.....	131
<b>Anexo H:</b> Especificaciones técnicas del molino de bolas 4 x 4.....	132
<b>Anexo I:</b> Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2016.....	134
<b>Anexo J:</b> Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2017 ....	142
<b>Anexo K:</b> Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2018 ...	150
<b>Anexo L:</b> Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2019 ...	158
<b>Anexo M:</b> Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2020 ..	166
<b>Anexo N:</b> Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2020 ...	175



## RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación presenta una forma de optimización de la frecuencia de reemplazo de forros sujetos al desgaste en molinos de bolas realizando un análisis estadístico en la Unidad Minera San Rafael – Minsur. En la planta de procesamiento de la Unidad Minera San Rafael-Minsur. Se tiene instalado molinos de diferentes dimensiones en tres secciones los cuales son sección Jigs y molienda se tiene dos molinos de 8 x 8”, en la sección mesas y remolienda se tiene molino de 5 x 10”, 7 x 8” y 7 x 12”, en la sección de filtrado y flotación ultrafinos se tiene molino de 5 x 6”, 4 x 4” respectivamente. Los forros de molinos de bolas se desgastan con frecuencia debido a la capacidad de producción de 3200 toneladas de mineral por día. En el estudio se empleó la siguiente metodología de investigación: Método hipotético deductivo, tipo de investigación básica, nivel de investigación no experimental transversal explicativo, descriptiva y diseño correlacional explicativo y transaccional. Hernandez Et.,al (2016, pág. 88). El análisis estadístico permitió pronosticar el desgaste de los forros en función de variables relevantes al proceso tales como la geometría de diseño de los forros en el tiempo una estimación de la vida útil de los forros del molino, en base a los datos recolectados de las mediciones de desgaste de los forros; esta variables principales se mostraran mediante un gráficos del tipo curvilínea, obteniéndose numéricamente un intervalo de las probables fechas de reemplazo basado del análisis estadístico de los datos productivos históricos de planta con este análisis también podremos reducir costos globales de mantenimiento y costos de almacén además asegurar la disponibilidad de los molinos de la planta concentradora.

**Palabras claves:** Optimización, reemplazo, forros, molienda, desgaste, frecuencia.





## ABSTRACT

The following research work presents a way to optimize the replacement frequency of linings subject to wear in ball mills by performing a statistical analysis in the San Rafael Mining Unit - Minsur. In the processing plant of the San Rafael-Minsur Mining Unit, mills of different dimensions are installed in three sections, which are the jigs and grinding section, there are two 8 x 8" mills, in the tables and regrinding section there is a mill. 5 x 10", 7 x 8" and 7 x 12", in the ultra-fine filtering and flotation section there is a 5 x 6", 4 x 4" mill, respectively. Ball mill liners wear out frequently due to the production capacity of 3,200 tons of ore per day. The following research methodology was used in the study: hypothetical-deductive method, type of applied research, explanatory, descriptive cross-sectional non-experimental research level, and explanatory and transactional correlational design. The statistical analysis will allow us to predict the wear of the linings based on variables relevant to the process such as the hardness of the processed material, the design geometry of the linings over time, an estimate of the useful life of the mill linings, based on to data collected from lining wear measurements; These main variables will be shown by curvilinear type graphs, numerically obtaining an interval of the probable replacement dates based on the statistical analysis of the historical production data of the plant. With this analysis we will also be able to reduce global maintenance costs and warehouse costs, in addition to ensuring the availability of the concentrator plant mills.

**Key words:** Optimization, replacement, linings, grinding, wear, frequency



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo como países como Ucrania que han desarrollado este tipo de maquinarias donde aplican en la molienda de bolas la novedosa técnica del flujo de llenado dentro de un molino, así como la interacción entre la estructura, el material de revestimiento y las variables del proceso. Es necesario saber: qué fenómenos físicos provocan el desgaste del revestimiento del molino para evaluar la tasa de desgaste; y cumplen con hacerlo su reemplazo en su superficie asegura el fresado con forros de caucho; si el flujo es constante en el tiempo entonces la carga debida al flujo puede aumentar o disminuir en el curso de la rotación del molino, produciendo un buen mantenimiento para una buena optimización. Según **Chizhik (2021)**. En la actualidad se aplica tecnologías en los molinos, de molienda de bolas de mineral, de flujo de llenado, dentro de un molino, así como la interacción entre la estructura, el material de revestimiento y las variables del proceso, los fenómenos físicos provocan el desgaste del revestimiento del molino. También **Peng, et. al. (2021)** , sostuvo la fricción y el desgaste son los principales factores de falla de los revestimientos, lo que afecta la capacidad de elevación y el costo de molienda en los molinos de bolas. Asimismo, también **Wu, et. al. (2020)** sostiene, el método de cálculo numérico para analizar el desgaste en los molinos en forma científica para su mantenimiento.

A nivel mundial y latinoamericano, el Perú se encuentra entre los principales productores de diversos metales (oro, plata, cobre, plomo, zinc, hierro, estaño, molibdeno, telurio, etc.), lo cual es reflejo no sólo de la abundancia de recursos y capacidades productivas de la industria minera del Perú, sino la estabilidad de la política económica en nuestro país. (Minas, 2021)



Los minerales extraídos en el Perú tienen una gran demanda en el mercado global actual, cuyo desarrollo se basa en la producción y la industria. Estados Unidos, China, Suiza, Japón, Canadá y la Unión Europea son los principales solicitantes (Minas, 2021).

Perú es el segundo productor mundial de plata, cobre y zinc. Además, es el primer productor de oro, zinc, estaño, plomo y molibdeno de América Latina. Los Andes son la columna vertebral del Perú y la principal fuente mundial de yacimientos minerales.

Perú es predominantemente un país minero y la inversión es prueba de ello hecho en esta área; en los equipos más usados en la industria hay molinos de bolas que deberían tener más disponibilidad que el 90%, es decir, estas máquinas trabajan constantemente (24 horas al día). Falta de diseños adecuados para la fabricación de molinos en el país y región, en el caso de la región Puno, ingenios que producen empresas especializadas en esta área lo hacen estimando el flujo mineral (Tn/h), según la experiencia, es decir, de forma puramente empírica. Esto hace que las industrias que requieren y usan estas máquinas se vean en la necesidad de importarlos a precios elevados o elegir molinos hechos muchas veces experimentado por los fabricantes.

La mina San Rafael es una operación minera de estaño situada en el distrito de Antauta, provincia de Melgar, región de Puno, Perú a 4500msnm con el punto más alto sobre los 5000msnm San Rafael es un tercer mayor productor mundial de estaño que produce actualmente el 12% de estaño del mundo.

En la unidad minera San Rafael hay tres secciones donde se cuenta molinos de bolas son la sección jigs y molienda se tiene dos molinos de 8 x 8", en la sección de mesas y remolienda se tiene molinos de 5 x 10", 7 x 8" y 7 x 12", en la sección de filtrado y flotación ultrafinos se tiene molino de 5 x 6", 4 x 4" respectivamente. Causando en diferentes áreas del molino que los forros de molinos de bolas se desgastan



con frecuencia debido a la capacidad de producción de 3200 toneladas de mineral por día.

## **Formulación del problema**

### **Problema general**

- ¿De qué manera el análisis estadístico del desgaste optimizará la frecuencia de reemplazo de forros sujetos al desgaste en molinos de bolas en la unidad minera San Rafael - Minsur?

### **Problemas específicos**

- ¿Con que modelo matemático se realizará el análisis del desgaste de forros en molinos de bolas en la unidad minera San Rafael - Minsur?
- ¿Qué clase de material empleado en la fabricación de forros influye en su desgaste en molinos de bolas en la unidad minera San Rafael – Minsur?

### **Justificación**

Se justifica desde el punto de vista funcional un molino de bolas de diferentes dimensiones y alta producción con las mejores expectativas de operación continua ausente de fallos inesperados los equipos críticos en la planta concentradora U.M San Rafael de tal manera desarrollar planes eficientes de control de la producción en la planta concentradora para luego también implementar planes de inspección predictivos sistemáticos (software SAP) de los equipos críticos de la planta y por ultimo controlar costos operativos y de inversión generados por los mismos como resultado se logró la implementación de planeamiento y control de equipos críticos en planta concentradora por medio del área de planeamiento planta en los cuales se identificaron catorce equipos críticos esto ayudo a mejorar la gestión de control y seguimiento tanto del personal de mantenimiento y operaciones planta también logrando implementar planes de mantenimiento de equipos críticos.



### **Justificación teórica**

Porque deja una investigación, que ayuda como fuente de consulta, en el campo de la ingeniería mecánica, en la optimización de frecuencias, al cambio de forros y evitar paradas, que trae pérdidas económicas a la empresa.

### **Justificación práctica**

La investigación brinda una solución en la optimización mediante su reemplazo de forros, al desgaste en molinos de bolas realizando un análisis estadístico de un modelo matemático, que logra precisar el momento exacto del mantenimiento y evitando pérdidas de tiempo y paradas en la empresa y evitándolo pérdidas económicas. La planta concentradora de la unidad minera San Rafael - Minsur está dividido en siete procesos metalúrgicos los cuales son: chancado, jigs-molienda, mesas espirales-molienda terciaria, gravimetría, flotación, filtrado y relaves por donde el mineral es procesado para luego obtener el producto final estaño donde los equipos más importantes son los molinos ya que la parada inesperada por horas de este equipo influye en la economía dejando de producir 3000 toneladas de mineral por día representado una pérdida económica \$/.625,000.0 en producción de toneladas de finos , \$/. 150,000.0 en arranque de planta y \$/.100,000.0 en inicio de operaciones por parte de planta y como componente critico se tiene al forro del molino ya que este protege a la carcasa del molino y también influye en la molienda del mineral es por tal que se debe de optimizar la frecuencia de cambio de los forros para así asegurar la disponibilidad del molino y la confiabilidad del proceso y operación de tal manera reducir los costos globales de mantenimiento.

### **Justificación metodológica**

Si bien es cierto tiene un enfoque cuantitativo porque es medible cuantificable en la manera como se obtiene un modelo matemático y se aplica en hacer el



mantenimiento para mejorar la optimización al hacer el reemplazo de forros, en unidad minera San Rafael – Minsur

### **Objetivos del proyecto de investigación**

#### **1.1. OBJETIVO GENERAL**

- Identificar un modelo matemático con el análisis de desgaste y poder oportunamente realizar el cambio de forro en la unidad minera San Rafael - Minsur.

#### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el modelo matemático para realizar el análisis del desgaste de forros en molinos de bolas en la unidad minera San Rafael - Minsur.
- Identificar la clase de material empleado en la fabricación influye en el desgaste de forros en molinos de bolas en la Unidad Minera San Rafael – Minsur.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

Específicamente no hay trabajos de investigación respecto a la optimización de la frecuencia de reemplazo de forros sujetos al desgaste de forros en molino de bolas utilizando un análisis estadístico. En ámbito internacional existes proyectos de tesis y artículos enfocados al análisis vida útil de forros de molinos SAG de la misma manera en el ámbito nacional.

Según **Chizhik (2021)**, las tecnologías de nivel actual de molienda de bolas de mineral requieren una comprensión novedosa del flujo de llenado dentro de un molino, así como la interacción entre la estructura, el material de revestimiento y las variables del proceso. Es necesario saber: qué fenómenos físicos provocan el desgaste del revestimiento del molino para evaluar la tasa de desgaste; qué superficie asegura el fresado; si el flujo es constante en el tiempo ya que la carga debida al flujo puede aumentar o disminuir en el curso de la rotación del molino. El artículo presenta un nuevo concepto del mecanismo de destrucción del revestimiento en molinos de tambor y, sobre esta base, se propone un diseño ondulado del revestimiento de caucho. Por primera vez se realizaron las pruebas de laboratorio para determinar la resistencia relativa al desgaste de los cauchos en el ambiente hidro abrasivo. Para seleccionar los parámetros de los revestimientos de caucho, se investiga la influencia de la energía de impacto en la resistencia a la fractura de la superficie del revestimiento y se presentan las relaciones matemáticas para calcular el coeficiente de transferencia de energía a la estructura metálica de la máquina. La mayor capacidad de los molinos en términos de alimentación y salida de tamaño final con los revestimientos de caucho ondulado de polymet es el



resultado del cambio forzado en las capas de flujo dentro del molino sobre la superficie de trabajo compuesta por un componente elástico (caucho) y un componente rígido (metal).

Se presentan los resultados de ensayos industriales de molinos con estructura ondulada de revestimientos de caucho con su superficie de trabajo preñada de bolas o insertos de metal vulcanizado (polymet). Se ha propuesto una tecnología prometedora con el uso de extrusoras de tornillo (jeringas) para la fabricación de revestimientos, rejillas divisorias y de descarga, tamices y otros productos estructuralmente complejos a base de cauchos resistentes al desgaste mediante el llenado de moldes a presión. Esto garantiza productos de alta calidad sin necesidad de un mayor consumo de material por producto intermedio con tecnología de moldeo directo.

También **Peng,et.al. (2021)**, sostuvo la fricción y el desgaste son los principales factores de falla de los revestimientos, lo que afecta la capacidad de elevación y el costo de molienda en los molinos de bolas. Sin embargo, no existen métodos efectivos para medir y evaluar el comportamiento de fricción y desgaste del revestimiento. Por lo tanto, es vital comprender los mecanismos de fricción y desgaste de los revestimientos de los molinos de bolas. En este artículo, se investigaron las propiedades de desgaste y fricción multi cuerpo de un revestimiento en la región de fractura y la región de molienda utilizando un banco de pruebas de fricción por impacto y un banco de pruebas de fricción por rodadura. Se aplicaron tres tipos de indicadores de evaluación, a saber, el coeficiente de fricción de impacto, el coeficiente de fricción de rodadura y la morfología 3D, para describir el comportamiento de fricción y desgaste. Los resultados mostraron que agregar polvo de mineral da como resultado un aumento en el coeficiente de fricción de impacto de 0,041 a 0,042 y un aumento en el coeficiente de fricción de rodadura de 0,342 a 0,611 con una carga de contacto de  $W = 300 \text{ N} \cdot \text{Rpm}$ . Sin embargo, la adición





de lodo genera un aumento en el coeficiente de fricción de impacto de 0,041 a 0,045 y una disminución en el coeficiente de fricción de rodadura de 0,342 a 0,112 con una carga de contacto de  $W = 300 \text{ N} \cdot \text{rpm}$ . Además, la morfología 3D de la región de desgaste muestra que el desgaste de los revestimientos en los molinos de bolas generará deformación plástica, rayones y comportamiento abrasivo. El desgaste del revestimiento en condiciones secas es más rápido que en condiciones húmedas y la adición de polvo de mineral o lechada en los molinos de bolas será útil para reducir el consumo del revestimiento.

También **Wu, et. Al. (2020)**, utiliza el método de cálculo numérico para analizar el desgaste de los forros de la estructura general de un molino semiautógeno en la dirección axial, y se estudia el desgaste no uniforme de cada zona de los forros para explorar las razones de dicho desgaste. El revestimiento se divide en áreas a lo largo de la dirección axial y se utiliza el método de elementos discretos (DEM) para analizar la relación entre el volumen de desgaste de cada área y la masa total de partículas. También se estudia la relación de composición de las rocas y bolas de acero en cada zona, y su relación con el tiempo. Los resultados muestran que la masa total de las partículas en el área tiene un efecto significativo en el desgaste del revestimiento. Cuando las partículas se ven afectadas por la cubierta del extremo cónico en ambos lados durante la operación del molino, se estratificarán a lo largo de la dirección axial. Las partículas con masas grandes se acumularán a ambos lados del molino, y las partículas con masas pequeñas se concentrarán en el medio del molino. Como resultado, se produce la diferencia entre la densidad y la energía de impacto de las rocas y las bolas de acero en cada área, finalmente, el revestimiento del molino parece tener un desgaste no uniforme por los autores. licenciataro MDPI, Basilea, Suiza.



Además, **Chimwani y Bwalya (2020)**, sostiene las funciones principales de los revestimientos son proteger la carcasa del molino y promover un movimiento efectivo de la bola para la molienda. Por esta razón, el perfil del revestimiento se selecciona cuidadosamente para garantizar que se maximice la productividad y se realice el reemplazo del revestimiento debido cuando ya no se cumpla este objetivo. Estos problemas se han estudiado ampliamente en los revestimientos de la carcasa, ya que el revestimiento de los molinos es un componente significativo del costo de la molienda de bolas. Hasta la fecha, no se ha escrito mucho sobre los extremos y el tipo de fuerzas a las que están sujetos. Se lleva a cabo un esquema de simulación del método de elementos discretos (DEM) para observar cómo la distribución del tamaño de la bola, el llenado del molino, la configuración y la forma del revestimiento final afectan la distribución de las fuerzas que actúan sobre los revestimientos que se evaluaron para comprender el desgaste y el daño del revestimiento final. Los resultados mostraron cómo las fuerzas variaban tanto radial como tangencialmente para las diferentes secciones del revestimiento final, con información importante extraída para los fabricantes de revestimiento.

También **Usman, et.al. (2021)**, sostiene la gestión de molienda en las industrias de minería y minerales debe seguir mejorando el diseño del revestimiento en función de la experiencia operativa, los tipos de minerales, las buenas prácticas de diseño y también los datos adicionales de la trayectoria de la bola y las simulaciones DEM. Los ensayos a pequeña escala para evaluar diferentes formas de revestimientos proporcionarían información básica importante a las plantas industriales. Los elevadores con el mismo ángulo de cara, pero con diferentes configuraciones, podrían proporcionar mejoras en la eficiencia energética y el rendimiento. La integración de las tasas de desgaste de los revestimientos a partir de la medición real de los cambios en el perfil del revestimiento



durante el tiempo de fresado y también el uso de tecnología de medición de espesor basada en láser ayudaría a establecer un perfil del revestimiento más eficiente.

Específicamente no hay trabajos de investigación respecto a la optimización de la frecuencia de reemplazo de forros sujetos al desgaste de forros en molino de bolas utilizando un análisis estadístico. En ámbito internacional existes sesenta y cinco proyectos de tesis y artículos enfocados al análisis vida útil de forros de molinos SAG de la misma manera en el ámbito nacional.

**Arratia H. (2006)**, en su tesis sostiene cuyo objetivo en desarrollar un modelo matemático descriptivo y predictivo que pueda estimar la vida útil y las fechas de reemplazo de los revestimientos de los molinos SAG frente al desgaste usando el programa computacional Matlab el modelo matemático estaba basada en la serie de Taylor así como teorías y metodologías matemáticas utilizadas a nivel científico y tecnológico Logrando unir parámetros de producción como desgaste y tonelaje como logro se tiene el modelo matemático que es capaz de predecir y estimar numéricamente la vida útil de los revestimientos del molino SAG.

**Tovar Gutierrez y F. (2007)**, “Análisis de criticidad y formulación de un plan de mantenimiento rutinario para los molinos de bolas”. Cuyo objetivo es establecer 4 tipos de mantenimiento, rutina, programado, preventivo y correctivo de tal manera mejorar el mantenimiento rutinario actual aplicado a los molinos de bolas todo esto realizando un análisis de criticidad y la aplicación de AMEF( Análisis modo y efecto de falla) obteniendo como resultado la discriminación de eventos vinculados a problema de falla de importancia, facilitando la comprensión de los modos de falla y tomar acciones para mejorar el plan de mantenimiento, de modo que el plan de mantenimiento rutinario evitara la aparición de fallas por contaminación, pérdida de ajuste y lubricación inadecuada el cual es una de las causas de mayor falla.



**Rodriguez M. (2018)**, en su tesis sostiene cuyo objetivo principal es de identificar los equipos críticos en la planta concentradora U.M San Rafael de tal manera desarrollar planes eficientes de control de la producción en la planta concentradora para luego también implementar planes de inspección predictivos sistemáticos (sistema SAP) de los equipos críticos de la planta y por ultimo controlar costos operativos y de inversión generados por los mismos como resultado se logró la implementación de planeamiento y control de equipos críticos en planta concentradora por medio del área de planeamiento planta en los cuales se identificaron 14 equipos críticos esto ayudo a mejorar la gestión de control y seguimiento tanto del personal de mantenimiento y operaciones planta también logrando implementar planes de mantenimiento de equipos críticos.

**Ahmadzadeh y Lundberg (2013)**, en su tesis sostiene cuyo principal objetivo es de desarrollar un método que predice la vida útil restante de los revestimientos sin necesidad de para un molino usando redes neuronales artificial (RNAS) para reconocer las relaciones complejas entre las variables de entrada y de salida lo cual ha sido diseñada sobre la base de los diversos parámetros de proceso que en el desgaste de influencia de los revestimientos de molinos. Considerando parámetros de proceso como entrada y como salida parámetros de altura y la vida útil del revestimiento del molino obteniendo un resultado óptimo esto con la ayuda de un análisis estadístico.

Rezaeizadeh, Fooladi, Powell, & Weerasekara, (2010), “An experimental investigation of the effects of operating parameters on the wear of lifters in tumbling mills”. Su principal objetivo de este artículo de investigación es de analizar el desgaste de los levantadores de molinos ya que estos influyen en el proceso de molienda y el cambio no adecuado afecta a los costos globales de mantenimiento y también están se realizaron pruebas de desgaste en la parte superior y la cara de los levantadores en



diferentes condiciones llegando a la conclusión de que la carga del molino y la velocidad afectan significativamente a la tasa de desgaste de los levantadores junto a los forros de molinos.

**Powell,et.al. (2011)**, en su artículo científico sostiene ,el estudio del desgaste del revestimiento de molinos analizando en un modelo de elementos discretos (DEM) es método de cálculo para simular la dinámica de los procesos particulares simulando en 3D llevado a cabo utilizando un software -personalizado DEM para así poder predecir la tasa de desgaste de la geometría de los forros de manera progresiva como resultado de la investigación se logró proporcionar un medio para lograr determinar la vida útil de los forros de molinos.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **Molienda**

Utilizando maquinaria rotativa o molinos cilíndricos, el proceso de molienda se lleva a cabo de dos formas principales: la molienda tradicional y la molienda SAG. En este punto se añade agua mineralizada al material para crear un líquido lechoso (lodo) y los reactivos necesarios para realizar la siguiente operación, la flotación (Cuadra, 2017).

### **Molino de bolas**

Los molinos de bolas se han utilizado en plantas de procesamiento de minerales metálicos y no metálicos durante muchos años.

“Son maquinarias que se usan para reducir el tamaño o triturar algunos materiales húmedos o secos. Asimismo, son capaces de tener una gran resistencia para que cada una de las partículas tienen un tratamiento uniforme” (Cromtek, 2021).

Es un tipo de molino utilizado para moler y mezclar materiales para ser utilizados en procesos de mezclado de minerales, aplicados por el principio de impacto

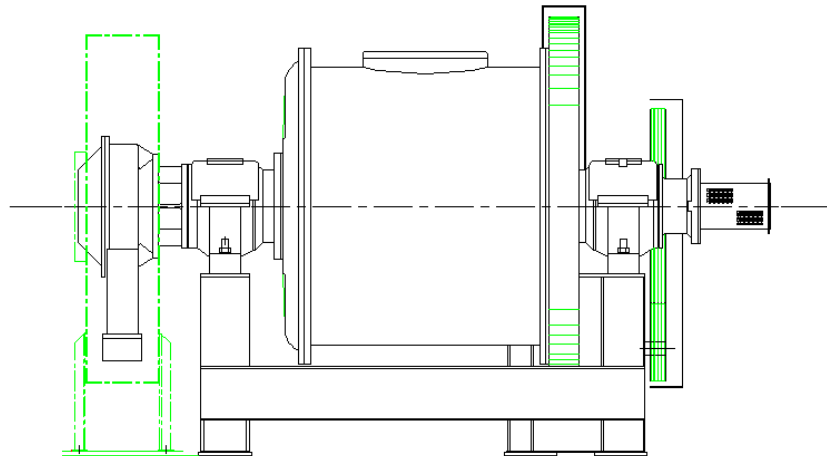


y fricción: (Facsol, 2021), la reducción de tamaño es lograda cuando los medios de molienda contra las partículas del material a fraccionar (Carbusystem, 2021).

El objetivo principal es reducir el tamaño a una cantidad manejable para que el mineral pueda ser liberado del tratamiento. El resultado final del ciclo de trituración es la materia prima que se introduce en el molino de bolas. No puede ser ni demasiado grande ni demasiado pequeño, ya que la eficacia de la etapa posterior depende de la calidad del producto acabado. Dependiendo del mineral que se procese, la molienda se suele llevar a cabo con la adición de agua y productos químicos como cal para ajustar el PH, depresores y algunos productos químicos con características específicas (David, 2016).

Esta carga puede estar formada por bolas del mismo diámetro o por una mezcla de bolas de varios diámetros, lo que produce un rendimiento utilizable. En función de las características del material de alimentación, como la gravedad específica, el tamaño máximo y el tamaño del producto final, existen conexiones matemáticas para calcular el tamaño ideal de las bolas de molienda. Los revestimientos de acero al manganeso, que tienen diversas formas y grosores de superficie, sobre todo una superficie ondulada, cubren la superficie interior del cuerpo cilíndrico del molino de bolas. El diseño del revestimiento es crucial, ya que permite una elevación adecuada de la carga (David, 2021).

**Figura 1:** Esquema básico de un molino de bolas



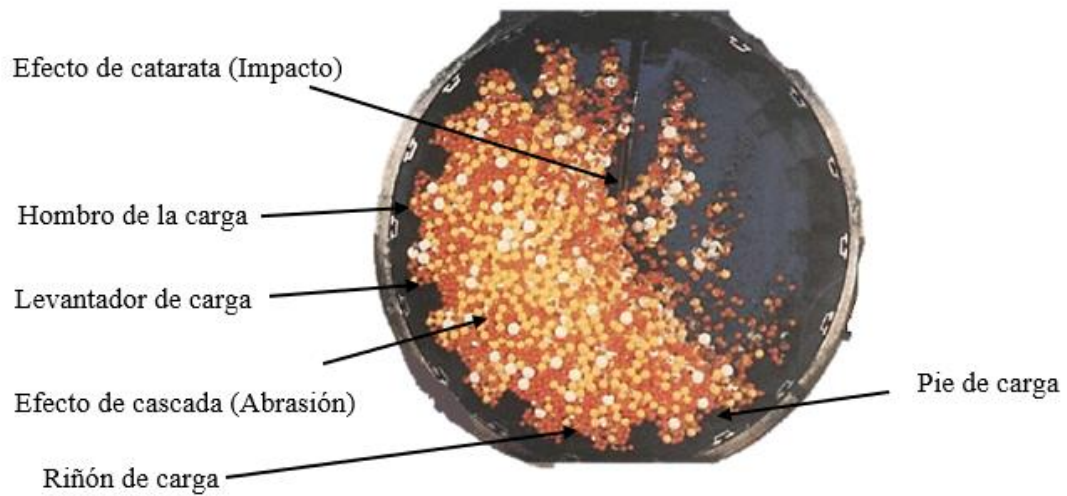
Fuente:(Manual Comesa, 2016).

El mineral, el agua y, si es necesario, los productos químicos se añaden al molino de bolas cuando éste empieza a girar. El mineral se combina continuamente con el medio de molienda (bolas de acero) a medida que pasa por el molino.

La molienda tiene lugar a medida que la carga se dirige hacia la abertura de descarga del molino de bolas. Es crucial recordar que el molino tiene dos movimientos significativos: la cascada y la catarata Figura 2.

Cuando las bolas están en su nivel máximo en el primer escenario, tienen tendencia a deslizarse sobre las bolas y pesos que están en su nivel más bajo. Cuando las bolas en el segundo movimiento alcanzan su máximo nivel, suelen saltar sobre las bolas que están en el nivel más bajo y comienzan a cargar. Como las partículas y las bolas están en continuo contacto en la primera situación, se produce un mayor aplastamiento y molienda; en el segundo caso, el aplastamiento es ineficaz ya que no hay contacto. La carga puede desplazarse por todo el molino de forma adecuada con la ayuda de una gestión correcta del flujo del mineral y de la densidad de la pulpa.

**Figura 2:** Cronológico del movimiento afectan el desempeño

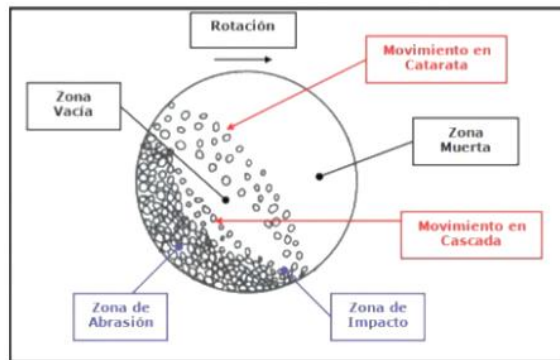


Fuente: (Cesar Bravo, Manual de molienda y clasificación de minerales).

Dependiendo del tamaño de la planta de procesamiento del mineral y de la granulometría requerida para el proceso de concentración, el producto del molino de bolas se recibe en una caja de bombeo y se envía a un sistema de clasificación por tamaños compuesto por uno o varios ciclones. La descarga inferior del ciclón contiene partículas gruesas que deben enviarse de nuevo al molino para una nueva molienda, mientras que el desbordamiento del ciclón es el producto final. La eficacia del ciclo de molienda y clasificación, que se repite iterativamente en la planta de tratamiento de minerales, repercute en el proceso siguiente (David, 2016).



**Figura 3:** Rotación del molino



Fuente: (Ociel Gutiérrez G, Universidad de Chile, 2011).

### Principales partes de un molino de bolas

**Casco:** El armazón del molino está fabricado con placas de acero forjadas y soldadas y está destinado a resistir impactos y cargas severas. Tiene orificios para los pernos que sujetan la camisa o las camisas en su lugar. A menudo se sueldan grandes bridas de acero en los extremos de las placas del armazón, que tienen perforaciones para atornillar al cabezal, para conectar los cabezales (Valladares, 2008).

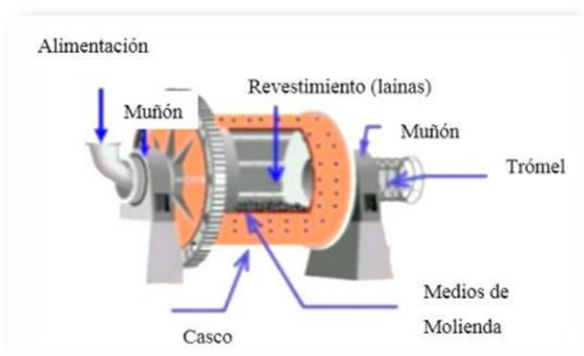
Para la fabricación de los revestimientos del casco y de las tapas laterales se pueden utilizar las siguientes aleaciones: fundición blanca dura, acero eléctrico, acero al cromo-molibdeno y acero al manganeso. Estos revestimientos son lo suficientemente gruesos para un desgaste uniforme y una vida útil prolongada, y no reducen la capacidad del molino de bolas (David, 2016). Extremos: Para diámetros inferiores a un metro, los extremos del molino o los cabezales del muñón pueden ser de fundición gris o nodular. Los cabezales más grandes se fabrican en acero fundido, que es soldable y relativamente ligero. Los cráneos se refuerzan con costillas (Valladares, 2008).

Los extremos de carga y descarga sólo deben soportar la abrasión, ya que no están expuestos a los golpes (David, 2016).

**Revestimientos:** Las caras de trabajo interiores del molino están formadas por revestimientos reutilizables que deben soportar los impactos, ser resistentes a la

abrasión y favorecer que la carga se desplace de la forma más ventajosa posible. Los extremos de los molinos de bolas suelen tener nervaduras que ayudan a elevar la carga a medida que el molino gira. Prolongan la vida del revestimiento y evitan el deslizamiento excesivo. Suelen estar compuestos de hierro fundido blanco aleado con níquel y otros materiales resistentes a la abrasión, como el caucho. Los revestimientos de muñones vienen en opciones planas, cónicas y helicoidales con avance o retraso para cada aplicación. El gasto de mantenimiento de los revestimientos de los molinos es importante, por lo que se intenta aumentar su vida útil con regularidad. Se ha comprobado que las gomas son más fiables, más sencillas y más rápidas de instalar, y su uso supone una importante reducción del nivel de ruido. En algunas operaciones, los revestimientos y los elevadores se sustituyen por cauchos. Sin embargo, en comparación con los revestimientos de acero, se ha demostrado que provocan un aumento del desgaste de los medios de molienda. Además de los revestimientos de caucho, las operaciones que requieren temperaturas superiores a 80°C pueden plantear problemas (Valladares, 2008).

**Figura 4:** Esquema de partes de un molino



Fuente. (Descripción de la molienda, Erik Gallas, 2015).

### **Factores que afectan la eficiencia de la molienda**

La eficacia del molino de bolas depende de una serie de variables. La densidad de la pasta de alimentación debe ser tan alta como sea posible, pero permitiendo un flujo

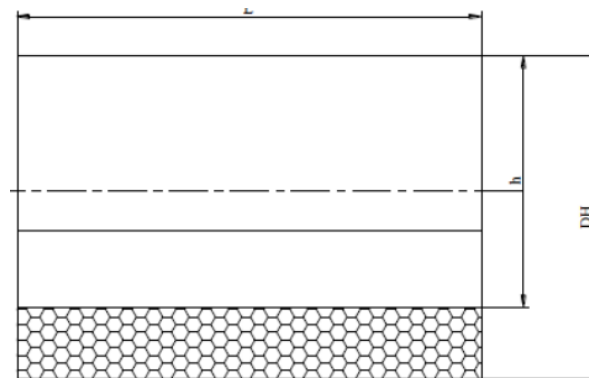


suave a través del molino. Debe aplicarse una capa de mineral a las bolas para evitar que el contacto entre metales aumente el consumo de acero y disminuya la eficacia. Dependiendo del mineral, el rango de trabajo habitual de la lechada del molino de bolas es del 65 al 80% de sólidos. Debido a que la viscosidad de la lechada aumenta con la finura de las partículas, los circuitos de molienda fina pueden necesitar sólo una densidad de lechada mínima. La superficie del medio de molienda afecta a la eficacia de la molienda. Para que los medios más grandes sean lo suficientemente pesados como para moler la partícula de alimentación más grande y dura, los medios deben ser lo más compactos posible y la carga debe repartirse uniformemente. Una carga equilibrada incluirá bolas de diversos tamaños, y cuando se introducen bolas adicionales en el molino, suelen ser del mayor tamaño necesario. La descarga puede separarse de las pequeñas bolas que quedan con el mineral molido haciéndola pasar por criba (Valladares, 2008)

### **Volumen de llenado de los molinos de bolas**

El tonelaje de alimentación que puede manejar el molino para un mismo grado de molienda y la dureza del mineral están relacionados con el volumen o nivel de la carga. Un aumento de la cantidad de mineral a procesar, por ejemplo, requiere un menor tiempo de permanencia, que se compensa con una mayor carga de bolas para aumentar la probabilidad de interacción entre las bolas y el mineral. Lo mismo ocurre con un mineral de mayor dureza. La carga de bolas suele representarse como un porcentaje del espacio que ocupan las bolas en el molino. Cuando se conoce la altura desde la superficie de la carga hasta la parte superior del molino, se puede calcular la fracción de llenado o nivel para un molino cilíndrico. Como se muestra en la figura siguiente, denotamos  $h$  como la altura del molino y  $D$  como su diámetro interior:

**Figura 5:** Diagrama para el cálculo del factor de llenado de un molino de bolas



Fuente: (Alcántara Valladares, 2008).

El área del segmento aplanado multiplicada por la longitud interna del molino y la fórmula matemática utilizada para calcular el% de llenado ( $J$ ) proporciona el volumen del molino que ocupa la carga:

$$J = 1.13 - 1.26 * (h / D)$$

$h$  = espacio disponible sin carga de bolas

$D$  = Diámetro del molino Para recuperar las bolas utilizadas durante el proceso de molienda, los molinos de descarga por desbordamiento suelen funcionar con un volumen aparente del 40 al 42% del volumen total del molino y realizan cargas de bolas periódicas y controladas (Valladares, 2008).

### **Cálculo de carga de bolas del molino para igual diámetro de bolas**

Para empezar, es importante conocer el volumen total del molino.

El diámetro, la altura y el volumen del molino están definidos por su forma cilíndrica. Hay que elegir tres bolas al azar, medir sus diámetros y hacer una media para determinar el tamaño de las bolas. Teóricamente, el volumen ocupado por las bolas en el molino debe ser cercano al 40%, y con un factor de empaquetamiento (PF) de 0,52, los intersticios entre las bolas compensan el volumen:

$$V \text{ bolas en el molino} = V_{\text{molino}} * 40\% * FE$$



Nota: Para estimar el factor de empaquetamiento real se debe emplear la correspondiente relación:

$$FE = \frac{\text{Volumen real ocupado por los Cuerpos Moledores}}{\text{Volumen}}$$

Primero hay que determinar el volumen de un medio de molienda (V1) y luego calcular el número de medios de molienda necesarios para completar la carga del molino, junto con los medios de molienda (V2) y la cantidad de medios de molienda necesarios para completar la carga del molino (V3).

Determinación del número de bolas.

$$\text{Numero de Bolas} = \frac{V \text{ bolas en el Molino}}{V1}$$

La siguiente expresión matemática puede utilizarse para determinar el tamaño máximo de la carga inicial o de sustitución:

$$\theta = \sqrt[2]{\frac{F80}{k}} + \sqrt[3]{\frac{Wip}{NC\sqrt{D}}}$$

Donde:

$\theta$  = Es el diámetro de la bola en pulgadas.

K = Constante = 350 para descarga por rebose, 330 para descarga por parrilla.

La fórmula de Bond puede utilizarse para determinar la distribución del tamaño de las bolas de la carga inicial:

$$Y = 100 \left( \left( \frac{D}{\vartheta} \right)^{3.81} \right)$$

Donde:

Y = Es el porcentaje acumulado pasante del peso de bolas.

D = Es el diámetro de la bola menor a  $\theta$ .



### **Cálculo de la velocidad de operación del molino**

La velocidad crítica (NEC), que es la velocidad a la que la carga de bolas comienza a centrifugarse, suele utilizarse para determinar la velocidad del molino. El diámetro del molino puede utilizarse para determinar la velocidad crítica.

$$N_c = \frac{42.2}{\sqrt{D}}$$

Entre el 70 y el 80% de la velocidad esencial es el rango habitual para la velocidad del molino. La longitud efectiva del molino y el diámetro interior se utilizan para calcular la forma del molino de bolas, que se indica en términos de la relación longitud/diámetro L/D.

### **Bolas de molienda**

Dado que el desgaste de las bolas requiere su sustitución a intervalos, una de las cuestiones clave en el uso de los molinos de bolas es el equilibrio de la distribución del tamaño de las bolas de molienda en el molino, que viene dictado por la tasa de consumo y la tasa de sustitución.

El consumo de bolas de molienda contribuye de manera significativa a los costes operativos de la molienda; en una instalación de procesamiento de minerales, puede suponer hasta el 40% de los gastos, y el desgaste representa aproximadamente el 60% de los costes del molino de bolas. (Gates & Daegush, 2008) destacan el valor de prolongar la vida útil de los revestimientos del molino, los elevadores y los medios de molienda, además de los propios medios de molienda.

### **Especificaciones de las bolas de molienda:**

La microestructura martensítica de las bolas de molienda les confiere durezas del orden de 60 RC (Santos, Yanque D., Rojas L., & Rosales U., 2001).

Los detalles técnicos de los medios de molienda, como su composición química y su dureza, varían según el fabricante y las circunstancias necesarias para cada operación de molienda.

En consecuencia, es posible encontrar bolas de acero con las siguientes cualidades Dimensiones: los diámetros nominales de las bolas de acero forjado oscilan entre 1,0" y 5,5". En las operaciones típicas de molienda, se emplean bolas con un diámetro de 1,0" a 3,5".

Perfil químico: Para satisfacer las necesidades del tratamiento térmico, se establece un perfil químico específico para cada diámetro de bola (Figura 6). Además, se realizan ciertas adiciones de aleación para proporcionar las mejores cualidades físicas posibles.

**Figura 6:** Composición química de las bolas de molienda que fabrica moly-cop

Composición Química (peso %)											
Diámetro Bola (pulg)	C		Mn		Si		Cr		Mo		Peso Nominal (g)
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
1.0	0.90	1.05	0.30	0.60	0.10	0.30	0.10	0.30	0.00	0.10	71
1.5	0.90	1.05	0.50	0.80	0.10	0.30	0.10	0.30	0.00	0.10	237
2.0	0.90	1.05	0.80	1.10	0.10	0.30	0.10	0.30	0.00	0.10	564
2.5	0.90	1.05	0.80	1.10	0.10	0.30	0.10	0.30	0.00	0.10	1,099
3.0	0.90	1.05	1.00	1.30	0.10	0.30	0.15	0.40	0.00	0.10	1,927
3.5	0.90	1.05	1.00	1.30	0.10	0.30	0.15	0.40	0.00	0.10	3,017

S = 0.04 Max, P = 0.03 Max

Fuente: Elaboración (Moly-Cop, s.f.).

Dureza volumétrica y superficial: La microestructura del acero, que se modifica meticulosamente mediante la aplicación de diferentes tratamientos térmicos, especialmente creados para cada aleación concreta, determina la dureza de las bolas. El rango de dureza actúa como factor de control del producto final.

Este artículo está diseñado para ser lo más duradero posible en el uso al que está destinado (Figura 7).

Densidad: Las bolas en una carga tienen una densidad teórica de compactación de 4520 kg/m<sup>3</sup> (Moly-Cop, s.f.).

**Figura 7:** Dureza de las bolas de molienda que fabrica moly-cop

Dureza (Rockwell C)										
Diámetro Bola (pulg)	Superficial		1/4 de radio		1/2 de radio		3/4 de radio		Centro	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1.0	60	64	60	64	60	64	60	64	60	64
1.5	60	64	60	64	60	64	60	64	60	64
2.0	60	64	60	64	60	64	60	64	60	64
2.5	60	64	60	64	60	64	60	64	60	64
3.0	60	64	60	64	60	64	60	64	60	64
3.5	60	64	60	64	60	64	60	64	60	64

Fuente elaboración (Moly-cop, s.f.).

## Bases teóricas de desgaste

### Mecanismos de desgaste

El desgaste es el proceso de pérdida de material de una o ambas superficies en contacto mientras se mueven una respecto a la otra. La pérdida de material es un proceso relativamente gradual, pero es constante y continuo en un buen diseño tribológico. Puede resultar difícil clasificar las numerosas formas de desgaste que pueden afectar a un material. A diferencia de la tensión o la dureza, que son propiedades intrínsecas del material, el desgaste o la resistencia al desgaste es una función del sistema en el que opera. Este concepto fue expuesto por primera vez por (Czichos, 1978), e incluye los procesos de fabricación de los componentes, la naturaleza de las interacciones y las interacciones con el entorno. El trabajo de Czichos se ha utilizado como base para la especificación alemana DIN 50 320 en un esfuerzo de estandarización. Los cuatro mecanismos básicos enumerados en esta especificación son la adhesión, la abrasión, la fatiga y las acciones triboquímicas. También se incluyen otros mecanismos como las picaduras, el fretting, la erosión, la cavitación, etc (Treviño, 2004).

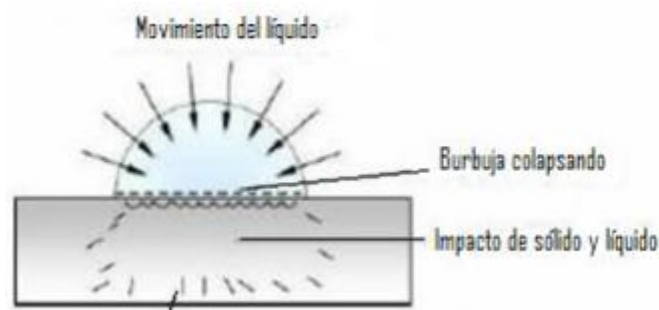


A la hora de clasificar el desgaste se tienen en cuenta dos factores; el primero es la forma en que se manifiesta el desgaste en las piezas o componentes, incluyendo las picaduras, el deterioro y la estriación, entre otros. El segundo factor, más utilizado, considera el proceso o acción tribológica subyacente. La abrasión, la adhesión, la corrosión, la erosión, la fatiga, el fretting y la oxidación son algunos de los principales procesos de desgaste.

### **Desgaste por cavitación**

Es el fenómeno de la cavitación, en el que se desarrollan diminutas cavidades de vacío (burbujas) en un fluido cuando se expone a ondas sónicas de altas velocidades o energías. Las fuertes presiones transitorias observadas durante el colapso de las burbujas provocan este proceso, que erosiona el material. La resistencia a la fatiga de los materiales parece controlar este desgaste, que es más suave que la erosión. Este tipo de desgaste suele producirse en equipos que son propensos a las vibraciones mientras están en funcionamiento. En esencia, el desgaste por vibración es un tipo de desgaste adhesivo o abrasivo en el que las asperezas se adhieren unas a otras bajo carga normal y se rompen bajo movimiento oscilatorio.

**Figura 8:** Esquema de desgaste por cavitación



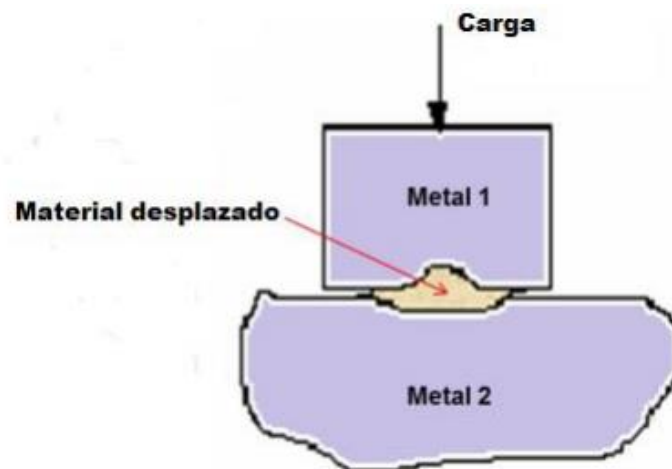
Fuente: (Noriega, 2013)

El desgaste por cavitación se produce cuando un sólido se mueve rápidamente a través de un medio líquido; las hélices de los barcos son un ejemplo de ello. Se cree que el desgaste por cavitación está estrechamente relacionado con el desarrollo de burbujas dentro del medio líquido que el componente sólido corta como una obstrucción, mientras que el desgaste erosivo incluye sólo la actividad mecánica.

### **Desgaste adhesivo**

Como se muestra en la Figura 9, esta forma de desgaste, también conocida como desgaste por deslizamiento, desgaste de metal a metal o desgaste por fricción, tiene lugar cuando dos componentes se deslizan entre sí mientras se cargan. La ruptura de la interfaz de unión entre las superficies en contacto es otro factor de desgaste por adhesión, ya que hace que una parte del material eliminado de un lado migre al otro, creando una superficie mucho más rugosa y desencadenando mecanismos de desgaste más severos. El "coeficiente de fricción", que puede reducirse añadiendo revestimientos lubricantes antifricción para evitar el contacto directo entre metales, está muy relacionado con esta forma de desgaste (Noriega, 2013).

**Figura 9:** Esquema de desgaste adhesivo



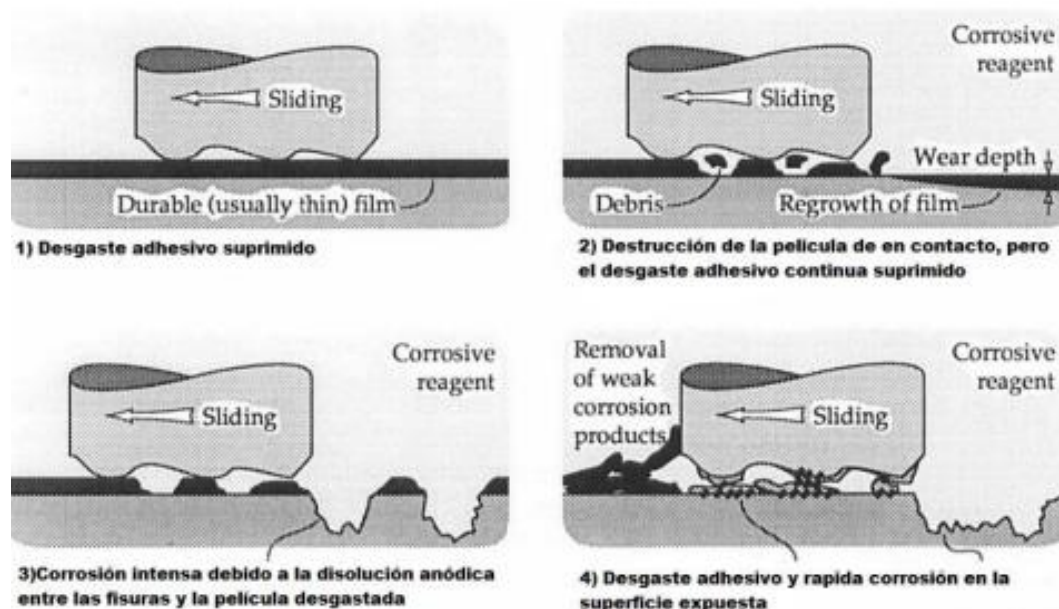
Fuente: (Noriega, 2013)

## Desgaste corrosivo

Se describe como el deterioro del material causado tanto por los mecanismos de desgaste como de corrosión. Existe una sinergia entre estos dos procesos porque los efectos combinados del desgaste y la corrosión pueden causar pérdidas de material mucho mayores que los efectos aditivos de cualquiera de los dos procesos por separado.

El desgaste por corrosión provoca importantes pérdidas económicas a nivel mundial y nacional. Aunque un material puede experimentar la corrosión sin desgastarse, es poco probable que el desgaste se produzca en ausencia de corrosión, a menos que ocurra en un entorno inerte de vacío. En muchas industrias diferentes, como la minería, el procesamiento de minerales, el procesamiento químico y la producción de energía, la corrosión y el desgaste se combinan frecuentemente para producir daños agresivos.

**Figura 10:** Esquema de desgaste adhesivo-corrosivo

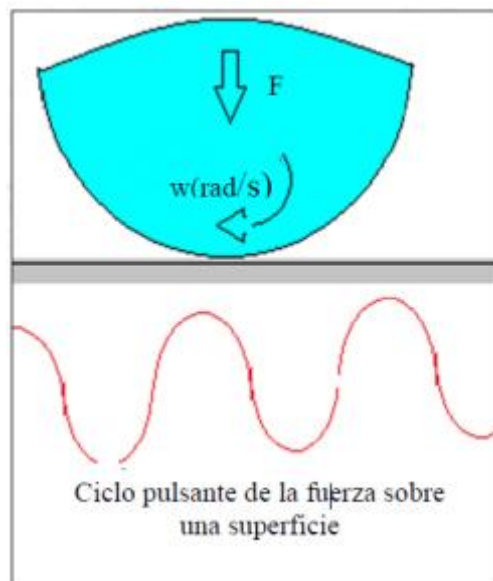


Fuente: (Noriega, 2013)

## Desgaste por fatiga

Este tipo de desgaste se produce cuando una pieza se somete repetidamente a cargas elevadas al deslizarse o rodar sobre una pista; como resultado de la repetición de esta condición de carga, las superficies sufren intensas deformaciones, que conducen al desarrollo y propagación de grietas en la superficie de contacto. El desarrollo de grietas superficiales o subsuperficiales y la propagación de grietas por fatiga son las principales características de este tipo de desgaste. Se produce cuando se ejercen cargas cíclicas sobre una superficie.

**Figura 11:** Esquema de desgaste por fatiga



Fuente: (Noriega, 2013)

Los rodamientos de bolas y los engranajes son dos ejemplos de superficies propensas a este tipo de desgaste. Las propiedades de la superficie del metal, como el acabado, la tensión residual, la dureza y la microestructura, influyen en la tasa de desgaste por fatiga del metal.

De ello se deduce que la mejora de la tenacidad y el aumento de la dureza serían las soluciones metalúrgicas más comunes al desgaste por fatiga. Estas dos propiedades

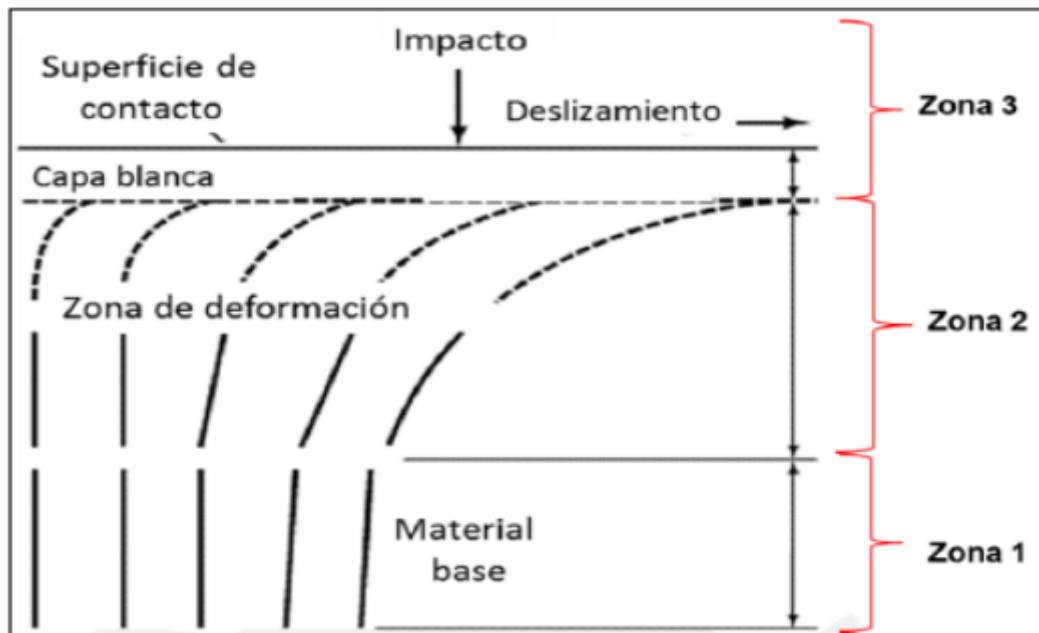


tienen una influencia inversa entre sí, por lo que hay que tener cuidado al aumentar cualquiera de ellas. Los tratamientos superficiales como la nitruración, la cementación y el “shot peening” (granallado) aumentan la dureza superficial y mejoran la distribución de las tensiones residuales (Noriega, 2013).

### **Desgaste por impacto**

También se denomina desgaste por percusión, ya que es el resultado de golpes repetitivos del cuerpo sólido (martilleo) en el mismo punto, a diferencia de los impactos aleatorios como el desgaste erosivo. El desgaste por impacto aparece como una deformación de los materiales expuestos a tensiones pulsantes en las superficies metálicas. La Figura 12 ilustra tres zonas que pueden reconocerse; la zona 1 es la superficie más alejada de la zona de impacto y está totalmente constituida por el material base, que no se ha deformado; le sigue la zona de deformación, que es una zona de transición formada por material base que se ha deformado plásticamente; como se muestra en la imagen, el grado de deformación aumenta gradualmente desde la zona 1 hasta la interfaz de la zona 3; finalmente, podemos localizar la capa blanca uniforme o superficie de contacto, que es el punto de partida de las deformaciones (Noriega, 2013).

**Figura 12:** Esquema de desgastamiento por impacto



Fuente: (Noriega, 2013)

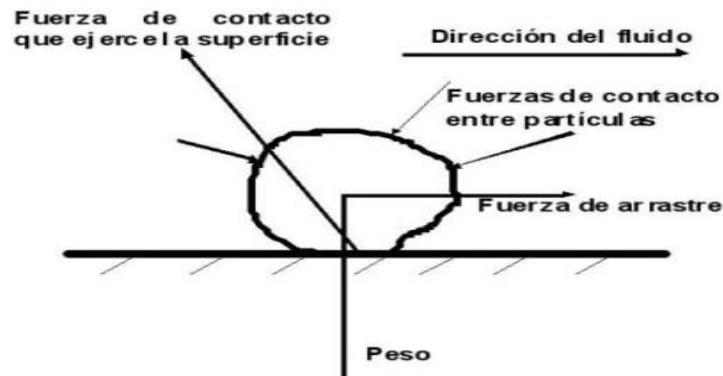
La Figura 12 muestra que, dependiendo del grado de fragilidad del material, la zona de deformación puede aparecer o no; en las superficies con una matriz frágil o indeformable, la capa blanca se mantiene, pero el material base permanece frecuentemente indeformable.

### **Desgaste erosivo**

La erosión es un tipo de desgaste que se produce cuando una superficie sólida es golpeada repetidamente por partículas duras. La erosión produce una pérdida de material en la superficie como resultado del contacto mecánico con las partículas. Las partículas duras golpean la superficie dañada, causando distorsión, fractura y eliminación de material. La figura 13 muestra una representación esquemática de las fuerzas presentes cuando una partícula entra en contacto con una superficie sólida. La fuerza de gravedad en el centro de masa de la partícula, las fuerzas de contacto al entrar en contacto con otras partículas, las fuerzas de reacción de la superficie por las colisiones y las fuerzas de arrastre del medio que transporta la partícula son todas

experimentadas por la partícula (algún fluido). Sin embargo, la fuerza de contacto de la superficie suele ser la principal fuerza que actúa sobre una partícula que se erosiona y es la principal responsable de su ralentización respecto a su velocidad de impacto inicial (Noriega, 2013).

**Figura 13:** Esquema de desgaste erosivo



Fuente: (Noriega, 2013 )

Según la Figura 13 se observa la fuerza de contacto que ejerce en la superficie, dirección de fluido, fuerzas de contactos entre partículas, fuerzas rastre.

Considere una partícula sólida, homogénea, rígida e indeformable y un análisis de impacto cuasi-estático para examinar la fuerza de contacto que ejerce la superficie (sin tener en cuenta aspectos dinámicos como la propagación de la onda y la sensibilidad a la velocidad de deformación) (Rodríguez, 2014).

### Óxido y corrosión

El hierro y el oxígeno del aire y del agua salada interactúan químicamente para formar óxido férrico, que es de lo que está hecho el óxido. Esto ocurre porque el hierro busca su forma más estable, que es el óxido de hierro con oxígeno.

Es fundamental reconocer las diferencias entre la corrosión seca y la corrosión húmeda. Cuando una agresión es causada por una reacción química y no por una corriente eléctrica, la corrosión se denomina corrosión seca. Cuando algo es de



naturaleza electroquímica -es decir, cuando se puede ver una corriente eléctrica fluyendo a través del medio corrosivo- se dice que es húmeda.

La corrosión química, en general, se produce cuando una sustancia se disuelve en un medio líquido corrosivo hasta que la sustancia se come o el líquido se satura. Cuando algunos metales con una alta concentración de electrones de valencia se combinan con otros metales, estos últimos tienen una tendencia a absorber los electrones libres, lo que conduce a la corrosión (Hernández, 2002). Dado que el impacto electroquímico de la sal disuelta en el agua salada se potencia cuando la oxidación se produce en un ambiente húmedo, el proceso es considerablemente más eficiente. Además, debido al potencial eléctrico creado por los efectos de la fricción o el uso de metales diferentes entre sí, se favorece la producción de óxido (Hernández, 2002).

### **Forro del cilindro del molino**

Existe una correlación bastante definida entre el tamaño de las bolas en un molino y el diseño utilizado para los forros. Los tamaños más grandes de bolas se utilizan para la alimentación de molinos gruesos, lo que tiende a producir altas tasas de desgaste en los revestimientos. En consecuencia, los revestimientos suelen hacerse más gruesos y altos para prolongar su vida útil. En la molienda fina o secundaria, con bolas pequeñas, las tasas de desgaste de los revestimientos son más lentas, lo que a su vez permite el uso de revestimientos más delgados con ondas más bajas. Las bolas más pequeñas también producen menos impacto, por lo que se pueden usar materiales más frágiles en los revestimientos.

Una regla empírica para fijar la altura del levantador es que debe estar determinada por el diámetro de la bola más grande. Este requisito sería de 1/2 a 1 del diámetro de bola más grande. Se calcula que el espacio entre los levantadores es el doble del diámetro de la bola más grande utilizada.

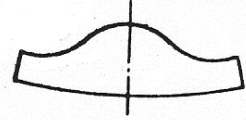
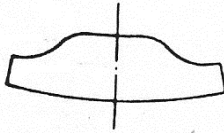
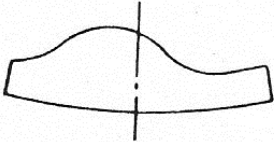
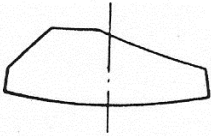
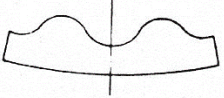
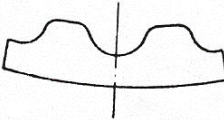


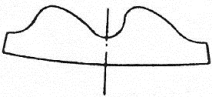
Cuando las placas de los forros se fabrican a partir de piezas fundidas, las posibles variaciones en su diseño son infinitas.

En consecuencia, hay literalmente cientos de diseños diferentes probados en los últimos 65 años.

A continuación, se muestra los diferentes diseños de transversales más exitosos de los forros de cilindros hechos de material ferrosos fundidos.

**Tabla 1:** Perfiles para forros de cilindro de molinos

ITEM	PERFIL	DENOMINACIÓN
1		Onda única senoidal
2		Onda simple con aterrizaje
3		Onda única desplazada
4		Trapezoidal
5		Doble onda senoidal
6		Doble onda con aterrizaje

7		Doble onda desplazada
---	---	-----------------------

Fuente: (Manual de molinos Facó)

Según la Tabla 1 se puede observar tipos de perfiles de forro de los molinos.

Las principales discusiones sobre los revestimientos de la carcasa del molino de bolas giran en torno a la onda única vs. Ola doble el espacio circunferencial en los revestimientos de un molino de bolas es de entre 18 y 19 pulgadas. En una sola ola que bordea la distancia a través de la parte superior de la ola es de 9 pulgadas y a través del valle es de 9 pulgadas. En un revestimiento de doble ola hay dos ondas y dos valles en el mismo espacio de 18 pulgadas; la distancia a través de la parte superior de cada ola es de solo 4,5 pulgadas y a través del valle también es de solo 4,5 pulgadas. Particularmente en un nuevo revestimiento de doble ola con bolas de 3 pulgadas de diámetro o más grandes, las bolas pueden encajar entre dos ondas y no alcanzar el valle del revestimiento. Esto reduce la altura de elevación efectiva de la ola.

También reduce la carga volumétrica en el molino hasta que se haya producido un desgaste suficiente en la parte posterior de las olas para que las bolas puedan llenar el volumen entre el borde de salida de un levantador y el borde de ataque de la siguiente ola.

Generalmente, el desgaste en los revestimientos de una sola onda se equilibra entre el levantador y el valle. Por lo tanto, la altura de la ola es tan alta sobre el valle como el espesor del valle. En los revestimientos de doble ola hay más desgaste en las olas que en los valles. Por lo tanto, con los revestimientos de doble ola, se reduce el espesor del revestimiento en el valle. Esto da un revestimiento más delgado en general.



A menudo, esta es la razón por la que los revestimientos de doble ola brindan una mejor vida útil general y costos más bajos que los revestimientos de una sola ola. Los revestimientos de doble ola también son más livianos y fáciles de manejar.

Cuando se usan bolas de 2,5 pulgadas o más de diámetro en la carga de relleno, si se usan revestimientos de doble onda durante el primer 20 a 25 % de la vida útil del revestimiento, puede haber una pérdida de 5 a 10 % en la potencia y capacidad del molino en comparación con revestimientos de una sola onda. Debido a que las ondas en los revestimientos de doble onda se desgastan más rápido que los valles, el levantador se desgasta antes que el valle.

Cuando el elevador ha perdido su capacidad de elevación efectiva, las bolas comienzan a deslizarse y se produce un desgaste acelerado. Esto se muestra por una caída en el consumo de energía y la capacidad del molino.

La discusión anterior se aplica a todos los revestimientos de molinos de bolas, independientemente del diseño de onda.

La geometría del levantador o de la onda, siempre que haya un levantamiento y un bloqueo efectivos de las bolas en el valle del revestimiento, tiene muy poco efecto en el rendimiento del molino triturador. La pérdida de capacidad inicial con los revestimientos de doble ola se debe a que las bolas encajan entre las olas y no llenan el valle, dejando un espacio vacío en los valles.

Las industrias utilizan revestimientos trapezoidales y de onda simple (cifras la, lb, lc y ld) para molinos de bolas que operan en molienda gruesa con bolas de diámetro superior a 60 mm. Hoy en día, la tendencia de Faco es utilizar la forma trapezoidal siempre que sea posible, ya que esta forma ha presentado resultados superiores a la onda simple. Esto se debe a que los revestimientos trapezoidales acumulan más masa donde realmente se necesita para aumentar la vida útil de la pieza, además de la enorme

flexibilidad dimensional que permite adaptar la forma a la necesidad específica de cada aplicación, optimizando la elevación de los medios de molienda en función del ángulo. Para molinos de bolas con bolas menores de 60 mm, se utiliza revestimientos de doble onda (Tabla 1).

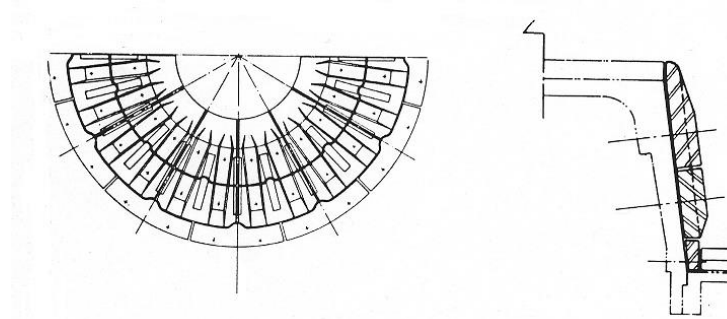
Las variaciones de perfil en los revestimientos de onda simple y doble son consecuencia de la particularidad de cada aplicación específica.

### **Revestimientos de tapa de molino**

El revestimiento de la tapa generalmente se funde o moldea como segmentos en forma de pastel con el ancho máximo de cada segmento limitado al tamaño que pasará por la boca de acceso o la abertura del muñón en el molino.

Un revestimiento de extremo completo normalmente requiere de 8 a 24 segmentos, dependiendo del diámetro del molino como se muestra a continuación.

**Figura 14:** Revestimiento de tapa del molino



Fuente. (Manual molinos Faco).

Según la Figura 14 se puede observar que existen los forros para cada área del molino y espesor.

En estos revestimientos el desgaste es esencialmente abrasivo y hay poco impacto.

En molinos de gran diámetro, cada segmento puede dividirse aún más para formar dos o más anillos concéntricos de segmentos alrededor de la abertura de alimentación y descarga. Esto permite el reemplazo de los revestimientos de cada anillo

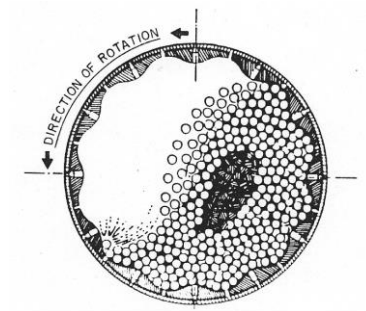
en diferentes momentos, lo que a su vez puede reducir considerablemente la pérdida de desechos en los revestimientos de los extremos desgastados.

Los revestimientos de cabeza para molinos de bolas generalmente se fabrican con nervaduras radiales salientes que reducen el desgaste y, por lo tanto, prolongan la vida útil del revestimiento.

En ensambles de parrillas y donde se usan revestimientos de caucho en los extremos, estas nervaduras radiales pueden fabricarse como piezas separadas con posibilidad de empernarse en su lugar para que también actúen como barras de sujeción para los segmentos de revestimiento.

La tasa de desgaste en un segmento de revestimiento final varía considerablemente cuando se mide a lo largo de su dirección radial. Estas áreas de desgaste acentuado varían de una planta a otra, pero generalmente coinciden con el área muerta de la carga en forma de frijol (Figura 15). Los materiales utilizados son normalmente los mismos que se utilizan para las placas de carcasa.

**Figura 15:** Movimiento del material en el cilindro



Fuente. (Manual molinos Faco).

Según la Figura 15 la acción de las bolas con el material procesado.

## Aleaciones metálicas para revestimientos de molino

Actualmente existen tres divisiones principales en la selección de materiales para revestimientos. Estos son (1) materiales forjados o fundidos con aleaciones ferrosas, (2) caucho u otros elastómeros y (3) materiales cerámicos o de piedra natural.

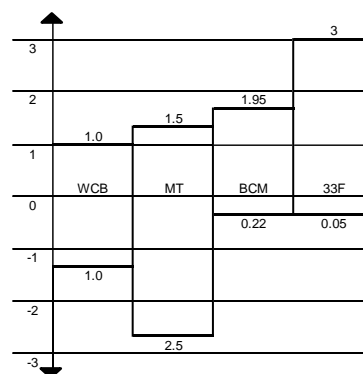
Un cuarto material específicamente de carburo de tungsteno sinterizado, molinos de trabajo especial, pero económicamente impráctico para la mayoría de los molinos de tamaño comercial.

Los revestimientos futuros pueden involucrar el uso de compuestos o laminados adheridos hechos de dos o más de los materiales mencionados anteriormente.

Las aleaciones ferrosas han sido el principal material de revestimiento en molinos de bolas.

Se puede seleccionar una composición o tipo adecuado para cumplir con los requisitos de casi cualquier condición de molienda, con la posible excepción de ciertos molinos, se debe evitar el producto molido por hierro o revestimientos. donde la contaminación de los elementos de aleación en los aceros y el hierro, actualmente utilizados en revestimientos de molinos pueden clasificarse en seis familias. Se enumeran en el anexo La Figura 16 muestra la resistencia a la abrasión relativa de algunas aleaciones enumeradas en las tablas.

**Figura 16:** Ensayo de desgaste por abrasión



Fuente: (Manual Molinos Facó)



Según la Figura 16 podemos observar el desgaste de abrasión par después sacar el porcentaje final y porcentaje inicial de atracción

Se enumeran en su orden aproximado de resistencia a la abrasión decreciente, aunque se debe reconocer que pueden ocurrir inversiones menores en este orden, dependiendo del carácter de la alimentación del molino y de las condiciones de operación.

Al seleccionar una aleación ferrosa de estas familias para usar en un revestimiento de molino en particular, hay tres consideraciones principales, a saber: costo de instalación, resistencia a la abrasión relativa o vida útil del revestimiento y tenacidad relativa.

Al considerar las tendencias generales en la selección de aleaciones de revestimiento, las tasas de mano de obra en constante aumento para la producción e instalación del revestimiento han tendido a reducir la diferencia de costo entre las diversas opciones. En consecuencia, la tendencia en la selección de aleaciones para revestimientos ha sido hacia aquellas que brindan la mejor vida útil, aunque su costo puede ser un poco más alto que el de un material de desgaste inferior.

En los criterios del fabricante para determinar la aleación para una aplicación específica, la principal consideración es que la aleación elegida sea lo suficientemente resistente al impacto para que el revestimiento no se rompa en funcionamiento antes de alcanzar el espesor estimado de vida final. Luego de seleccionar las posibles aleaciones que garanticen tal pronóstico, se elige la que proporcione el mejor costo beneficio, es decir, la que sea resistente a la abrasión y proporcione el menor costo por tonelada molida.



### **Familia Nro. 1 - Hierro blanco alto en cromo**

Dichas aleaciones tienen una microestructura de carburos de cromo eutécticos discontinuos del tipo  $M_7C_3$  con dureza de 1200/1600 veces en una matriz de martensita y/o austenita con carburo secundario pequeño, globular y disperso.

Debido a que la fase continua es martensita o austenita en lugar de carburo (que es dura y frágil), estas aleaciones presentan una resistencia al impacto razonable a pesar de su dureza.

### **Familia Nro. 2 - Cr y Ni hierro blanco**

Estas aleaciones tienen una microestructura similar a la familia 1, pero los carburos son predominantemente del tipo  $M_3C$ , con dureza de 800/1000 vickers y están: en fase continua. Por lo tanto, estas aleaciones tienen menor resistencia tanto al impacto como a la abrasión que la familia 1. Además, al tener un alto contenido en níquel también son más caras que la familia 1.

### **Familia Nro. 3 - Acero martensítico alto en cromo**

Son aleaciones con pequeños carburos globulares dispersos en una matriz martensítica.

Son muy similares al acero para herramientas y son menos resistentes a la abrasión que las aleaciones de la familia 1, pero son muy resistentes al impacto, lo que las hace indicadas para revestimientos de cabezales rod mil de tamaño Larue.

Debido a que el costo de producción es bastante alto, se usa principalmente cuando la demanda de impacto es muy alta. Con la familia 1 aleaciones y cuando la condición de abrasión es demasiado severa para las aleaciones de la familia 4.





#### **Familia Nro. 4 - Acero martensítico Cr-Mo de alto carbono**

Son aleaciones microestructurales martensíticas que presentan buena resistencia al impacto ya la abrasión moderada pues son la alternativa más económica para las aleaciones de la familia 3 y se recomiendan para condiciones de abrasión.

#### **Familia Nro. 5 - Acero perlítico Cr-Mo de alto carbono**

Son aleaciones microestructurales perlíticas más resistentes al impacto que la familia 4, pero presentan menor resistencia a la abrasión.

Se utilizan en molinos semiautógenos de barras de sujeción o elevadores para reemplazar el manganeso. Su mayor límite elástico los hace los revestimientos para autógenos y acero, ya que, debido a que no están expuestos al flujo o la deformación, tienen menos pernos de revestimiento como el acero austenítico al manganeso cuando son sucesivos. impacto. En consecuencia, tienen menos rotura de pernos de revestimiento.

#### **Familia Nro. 6 - Acero austenítico al manganeso**

El acero austenítico al 12 % de manganeso fue probablemente el material de revestimiento más popular utilizado durante los años en que los molinos de bolas y de barras se generalizaron por primera vez.

Este grado de acero combina una resistencia a la abrasión moderadamente buena con una excelente tenacidad y resistencia al impacto. La superficie de desgaste del acero tiende a endurecerse por trabajo hasta un máximo de alrededor de 500 BHN cuando se expone al impacto repetido de los medios de molienda. Este efecto de endurecimiento por trabajo va acompañado de cierto flujo plástico y expansión del volumen del metal, que producen desgaste o tensiones internas elevadas en las piezas fundidas del revestimiento. Esto, a su vez, puede causar grandes tensiones y, en ocasiones, la rotura del perno de revestimiento. También las placas de revestimiento estrechamente



ajustadas se han expandido en algunas ocasiones lo suficiente en servicio como para sobrecargar y agrietar la carcasa del molino.

El desarrollo de aceros y hierros de mejor desgaste, como las familias 1 a 5, que también son mucho más resistentes al flujo de plástico en servicio, ha reducido notablemente el uso de aceros austeníticos al 12% de manganeso para revestimientos de fresado.

En la actualidad, el uso de aceros al 12% de manganeso se limita en gran medida a ciertas aplicaciones de revestimiento de molinos de barras donde las condiciones de impacto son demasiado severas para permitir el uso de otros tipos de acero y hierro.



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

Se realiza el estudio en la unidad minera San Rafael San Rafael de estaño situado en el distrito de Antauta, Provincia de Melgar, Región de Puno, Perú a 4 500 msnm con el punto más alto sobre los 5 000 msnm pertenecientes a la empresa MINSUR S.A.

#### 3.2. TIPO DE ESTUDIO

Es básica porque se empleó a la base a la investigación tecnológica; y es principal y primordial para el desarrollo de la ciencia. Analiza los tres niveles de Selltiz: el descriptivo, exploratorio y el explicativo. (Esteban , 2018). Se empleará el método experimental; el tipo de investigación es de tipo analítico donde expresaremos en cifras el comportamiento del desgastamiento de las piezas de molino. Se buscará la optimización de la frecuencia de reemplazo de forros sujetos al desgaste en molinos de bolas en la unidad Minera San Rafael – Minsur.

#### **Enfoque de investigación**

Es de tipo cuantitativo la investigación porque manipulación intencional de variables (independientes) hace medición de variables (dependientes) y tiene control y validez, dos o más grupos de comparación y participantes asignados al azar o emparejados (Hernandez,et.al. 2018, pag 127) .

#### **Nivel de investigación**

El estudio no experimental transversal explicativo porque establecen las causas de los eventos, producen un sentido de entendimiento, son fuertemente estructurados (Hernandez,et.al. 2018, pag 22).



## **Diseño de la investigación**

El diseño de la investigación que se empleará es correlacional explicativo y transaccional, dentro del propósito de investigar, las relaciones entre las variables que se vienen utilizando en la investigación, los problemas planteados y el marco teórico de la misma. (Hernandez,et.al. 2018).

### **3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **Población**

La población estratificada para los fines de la presente investigación la Minera San Rafael – Minsur.

#### **Muestra**

Cantidad significativa que fue toda utilizando el procedimiento aleatorio a una muestra de la población obtenida según las técnicas estadísticas utilizadas; que de lo indicado se deduce que solo se investigara a la muestra piezas de desgastamiento de la Compañía Minera San Rafael.

#### **Métodos de estudio**

##### **Método general**

Para la construcción del proyecto de investigación se utilizará el enfoque cuantitativo de diseño experimental ya que permite medir las variables que se presentan en el tema de investigación. (Hernández, et.al. 2018, pag 22). utilizando un enfoque que pretende cuantificar los datos recolectados durante el trabajo de campo mediante el análisis estadístico con el fin de identificar patrones de comportamiento y evaluar hipótesis de desgaste de revestimiento.

## Método específico

**Analítico:** Esta técnica incorpora el análisis, que es la disección de un todo en las secciones o piezas que lo componen. Se basa en la idea de que la disección de un fenómeno en sus elementos componentes es esencial para comprenderlo.

**Deductivo:** Este enfoque se mostrará mediante las pruebas estadísticas pertinentes que se realicen; en particular, cabe mencionar la prueba de correlación de Pearson, ya que parte de datos concretos para realizar inferencias o generalizaciones amplias.

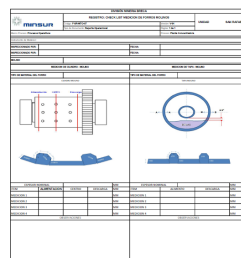
## 3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### Técnica

Fichas de Control. - Las fichas de control de mantenimiento se utilizaron en este estudio para identificar y validar los indicadores necesarios para una mejor comprensión de las variables y, en consecuencia, para el desarrollo del plan.

Las herramientas son formas de recoger datos, y en este estudio los datos se recogieron utilizando el formato que se muestra a continuación.

**Figura 17:** Check list medición de forros de molinos



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018) .

Según la Figura 17 se puede observar el instrumento de control, mediante un check list.



## **Instrumento**

Para la realización de la presente investigación se empleó las fichas de Control de mantenimiento, el cual nos permitió obtener información en la planta, sobre desgastamiento.

### **3.5. MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS**

Se utilizaron listas de comprobación para evaluar la autenticidad y fiabilidad del mantenimiento.

Evaluaremos los datos una vez codificados, trasladados a una matriz, almacenada en un archivo y comprobada los errores. Para realizar el análisis cuantitativo de los datos se utilizan ordenadores; los pasos del proceso de análisis son los siguientes:

- En el presente estudio se utilizará la herramienta Statistical Package for the Social (SPSS), cuyo funcionamiento es bastante sencillo.
- Se ejecutará el programa que se va a emplear que es el SPSS, pues lo único que hay que efectuar es solicitar los análisis necesarios eligiendo las alternativas óptimas.
- El procedimiento de exportación de los datos es sencillo, puesto que ya hemos desarrollado la pregunta de investigación, formado nuestra hipótesis, identificado las variables, desarrollado un instrumento y recogido los datos.
- A continuación, mediante el análisis estadístico inferencial, investigaremos las hipótesis para ponerlas a prueba y estimar los parámetros.
- Realizar más análisis, lo que sugiere que, cuando nuestros análisis estén completos, podríamos optar por realizar pruebas o análisis adicionales para verificar patrones y evaluar los datos desde otras perspectivas.



- Revisar cada resultado, ordenar los resultados, compilar las conclusiones y comparar los resultados mientras preparamos los resultados para su presentación.

### **Proceso productivo**

La mayor mina de estaño del mundo y la principal de Sudamérica es San Rafael. a 4.500 metros sobre el nivel del mar, está situada en la región de Puno, en la cordillera andina oriental. Opera como Minsur S.A. desde 1977 y en la actualidad abastece cerca del 10% de las necesidades mundiales de estaño. Desde su creación, ha contribuido al crecimiento de la zona proporcionando a la población local recursos, oportunidades de empleo y apoyo a iniciativas de desarrollo sostenible. San Rafael, que opera de acuerdo con las más altas normas medioambientales y de seguridad laboral, entre otras, es un referente de sostenibilidad en la industria mundial del estaño.

En la planta de procesamiento de la unidad minera San Rafael-Minsur se tiene instalados los molinos de diferentes dimensiones en tres secciones los cuales son sección jigs y molienda se tiene dos molinos de 8 x 8", en la sección mesas y remolienda se tiene molino de 5 x 10", 7 x 8" y 7 x 12", en la sección de filtrado y flotación ultrafinos se tiene molino de 5 x 6", 4 x 4" respectivamente.

### **Descripción**

#### **Operaciones mineras**

Los niveles de perforación y voladura se crean en bancos con subniveles cuya altura oscila entre 12 y 20 metros. Para preparar los niveles de extracción, se desarrollan galerías paralelas a la estructura mineralizada cada tres o cuatro subniveles.

#### **Planta concentradora**

Para tratar el mineral extraído se utiliza una técnica de reducción de tamaño en tres etapas. Con este material en los jigs gekko y bendelari, donde se recoge el 50% del



contenido de estaño, se inicia la concentración gravimétrica. El material sobrante se procesa en mesas de concentración, se muele a una ley más fina y luego se vuelve a moler a malla.

Los grados de los concentrados de la plantilla se incrementan hasta el 63% de Sn mediante la remolienda, la flotación de sulfuros y los circuitos de relimpieza en las espirales y la plantilla dúplex. Los filtros de banda delkor y la prensa Eimco se utilizan para filtrar los concentrados gravimétricos y de flotación directa, que se almacenan por separado y se empaquetan en sacos de 1.250-1.500 kg para formar lotes de 30 toneladas.

El material sobrante del proceso se deposita en un tanque de espesamiento, donde se dividen el agua y los residuos. Para su reutilización, el agua se limpia y se clarifica. Los estériles se transportan a la presa de estériles o al interior de la mina, donde se combinan con cemento para crear un relleno de pasta que estabiliza el macizo rocoso.

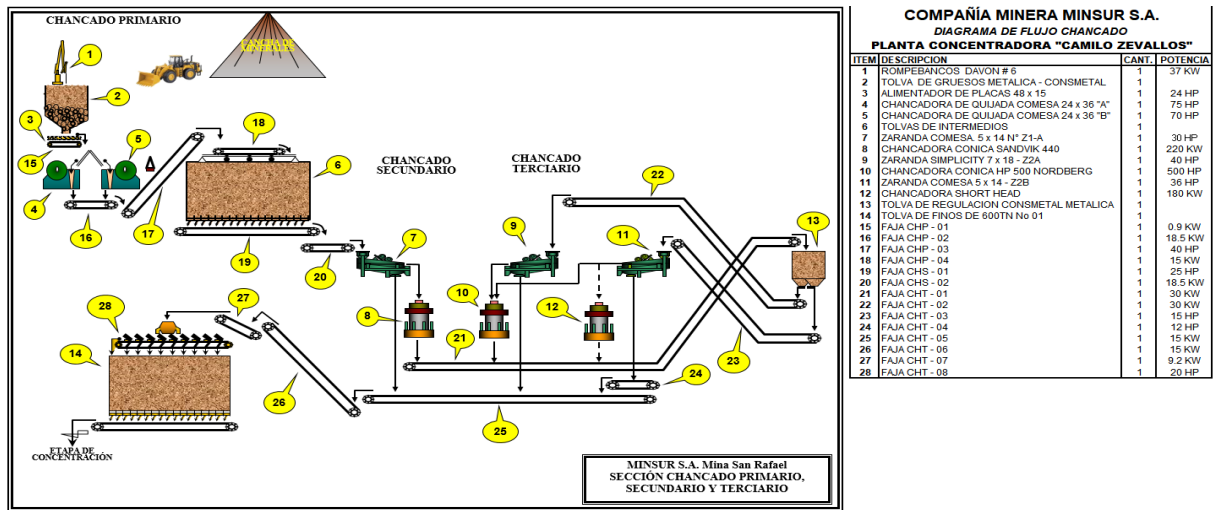
Para poder apreciar mejor el proceso se subdivide en áreas:

- Área de chancado
- Área jigs y molienda
- Área mesas y remolienda
- Área flotación
- Área filtrado y flotación ultrafinos
- Área agua y relevés prell

Donde se indicará la ubicación de los molinos que forman parte del estudio.



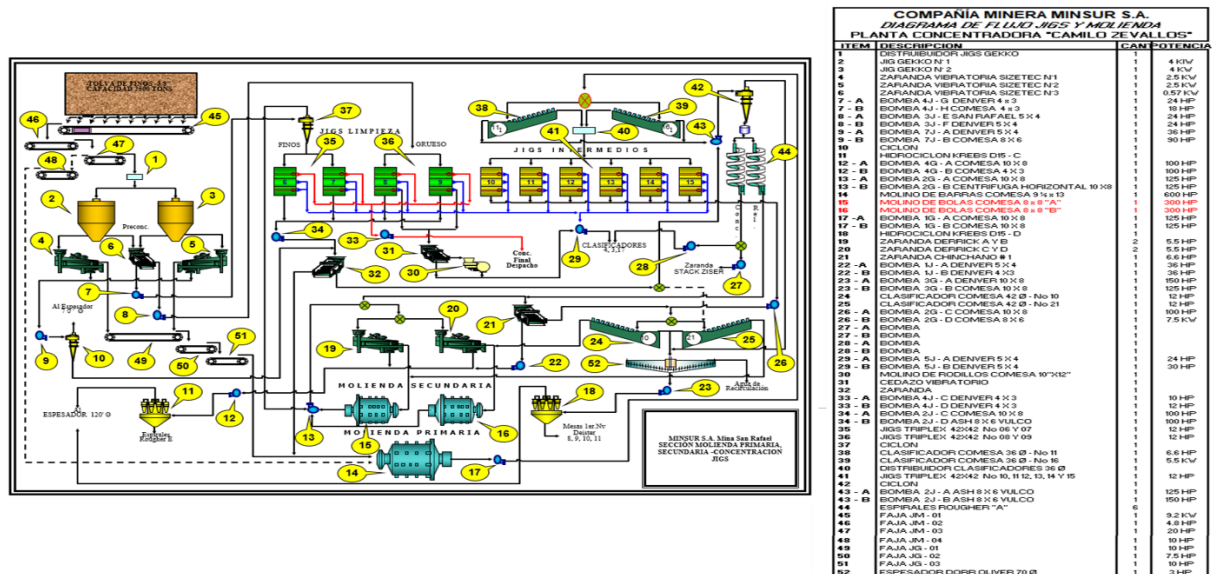
**Figura 18:** Proceso productivo – Sección chancado



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 18 se observa el proceso, sección chancada primaria, secundaria, terciario.

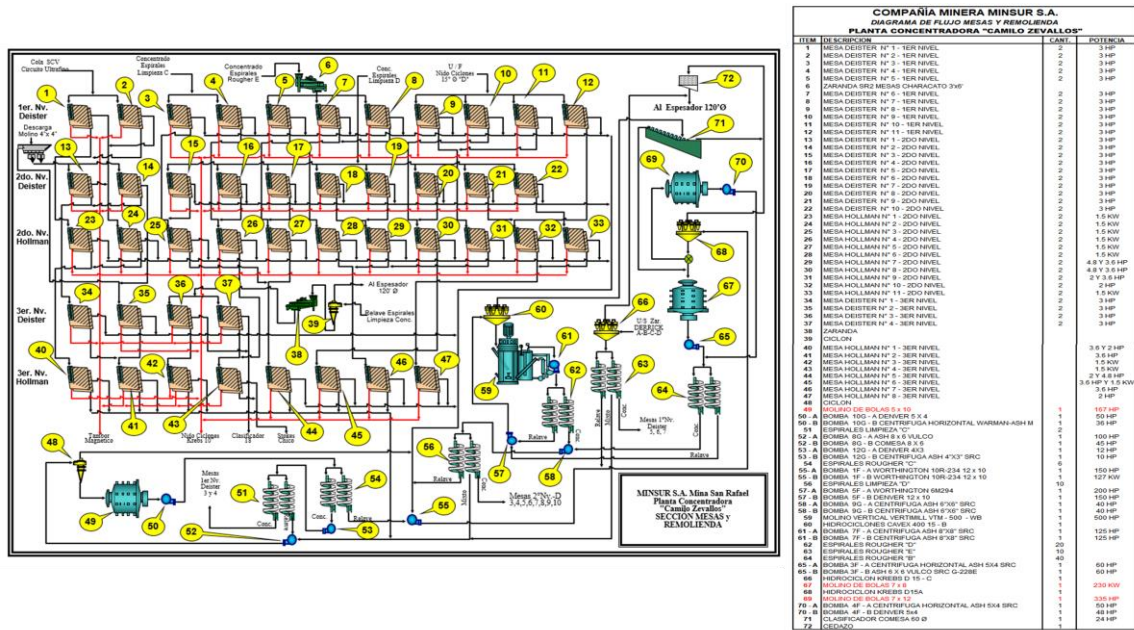
**Figura 19:** Proceso productivo – sección jigs y molienda



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 19 se observa molienda primaria, molienda secundaria, molienda terciaria.

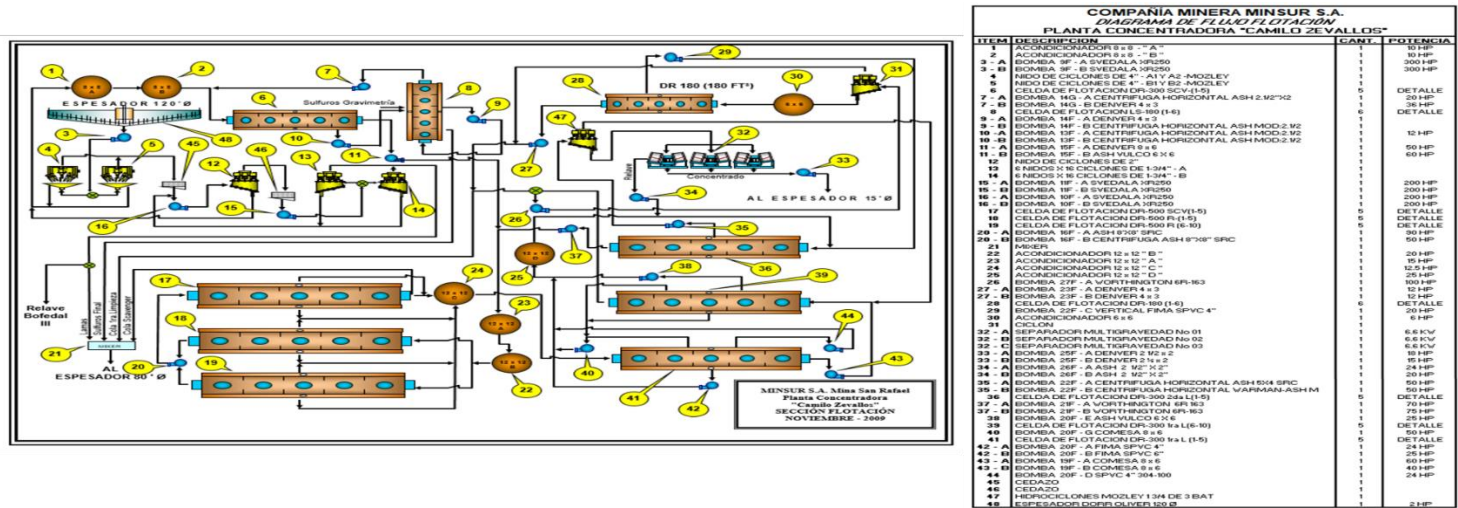
Figura 20: Proceso productivo – sección mesas y remolienda



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 20 podemos observar la sesión de mesas y clases de bombas y espirales.

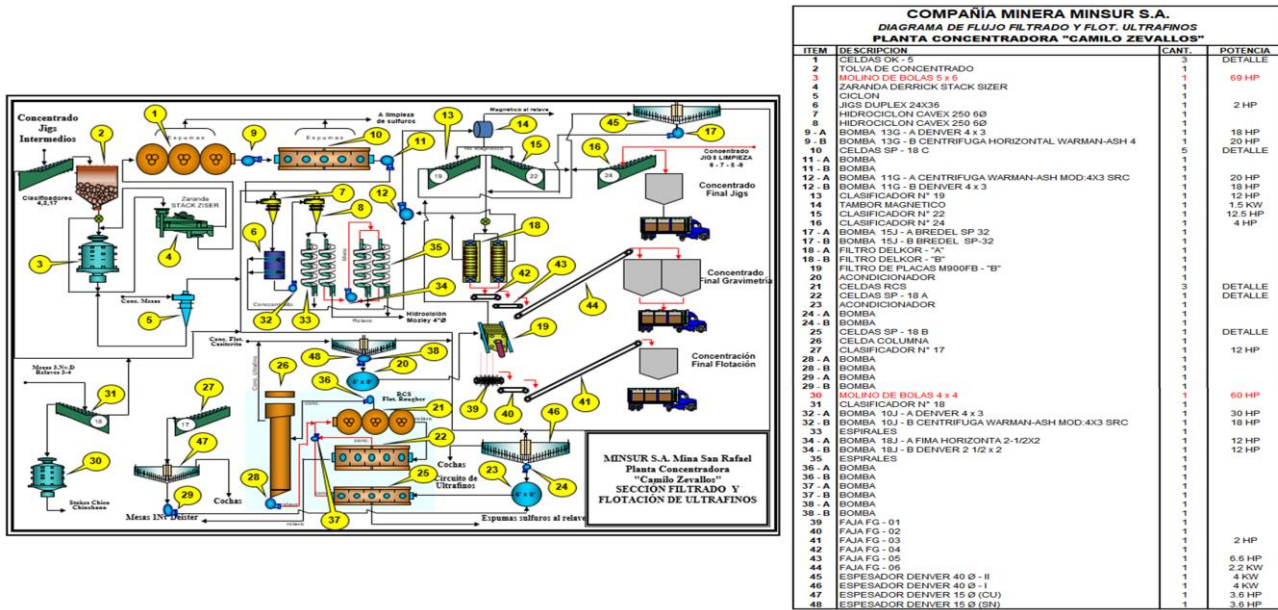
Figura 21: Proceso productivo – sección flotación



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 21 se observa el proceso productivo la bomba, celdas, acondicionador, sección flotación.

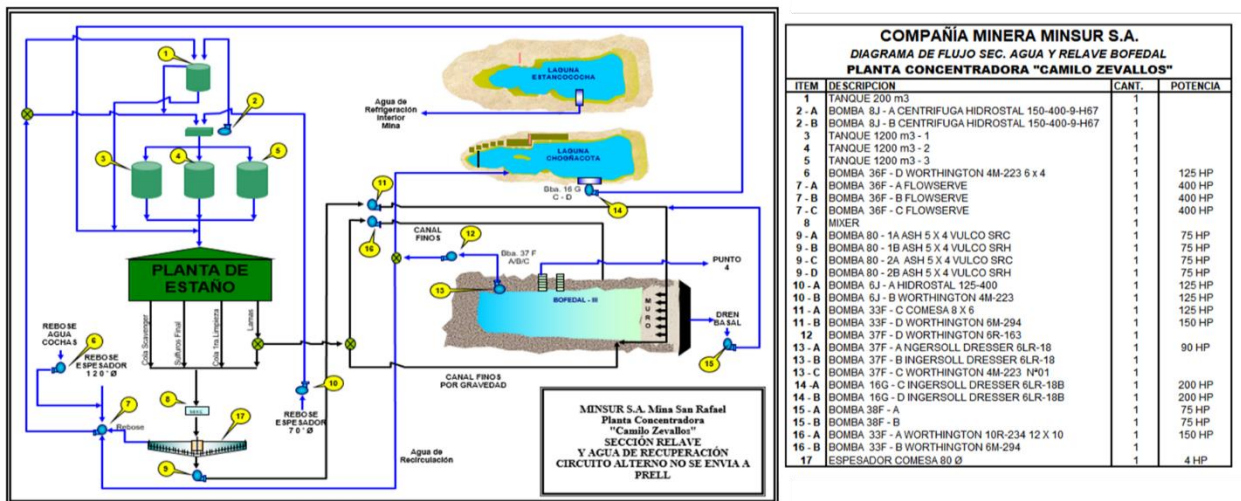
Figura 22: Proceso productivo – sección filtrado y flotación ultrafinos



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 22 se observa la sección de filtrado desde el concentrado, que pasa por las tolvas hasta llegar al espesador Denver, concentración final.

Figura 23: Proceso productivo – sección relaves



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 23 se puede observar la planta de estanque y su relación la sección de relaves.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS MOLINOS

Los molinos que se tomaran en cuenta para el estudio son: dos molinos de 8 x 8", 5 x 10", 5 x 6", 4 x 4", 7 x 8" y 7 x 12",

##### 4.1.1. Molino de bolas 8 x 8 A

La información técnica del molino se detalla en la siguiente tabla:

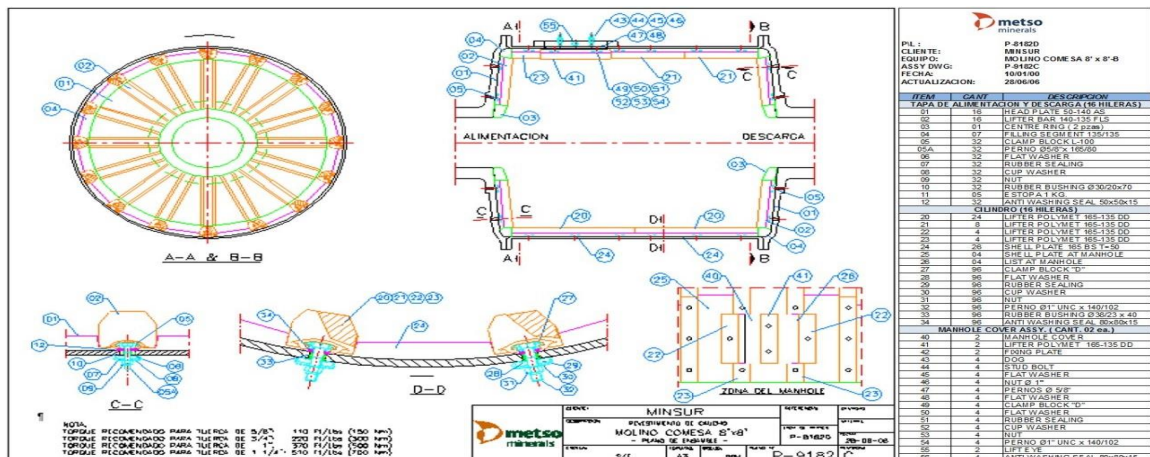
**Tabla 2:** Especificación técnica de forros del molino de bolas 8 x 8 A

<b>Marca</b>	Comesa				
<b>Modelo</b>	Horizontal				
<b>Tipo</b>	Bolas				
<b>Dimensión</b>	8' x 8'				
<b>Denominación</b>	Molino de bolas 8'x8' A				
<b>Características de los forros</b>					
<b>Sección de molino</b>	<b>Material</b>	<b>Segmento</b>	<b>Numero de filas</b>	<b>Numero de hileras</b>	<b>Total, de forros</b>
Tapa de alimentación	Caucho	Lifter bar	16	1	16
		Head plate	16	1	16
Cilindro	Acero	Lifter bar	20	2	40
Tapa de descarga	Caucho	Lifter bar	16	1	16
		Shell liner	16	1	16

Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Tabla 2, se puede observar la disposición de los forros del molino de bolas de 8x8 A se puede detallar que cuenta con dieciséis filas de una hilera de forros de caucho en la tapa de alimentación y descarga y veinte filas de dos hileras de forros de acero en el cilindro respectivamente.

**Figura 24:** Plano de molino 8 x 8 A



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 24 podemos observar la vista geométrica del molino de bolas.

#### 4.1.2. Molino de bolas 8 x 8 B

La información técnica del molino se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 3:** Especificación técnica de forros del molino de bolas 8 x 8 B

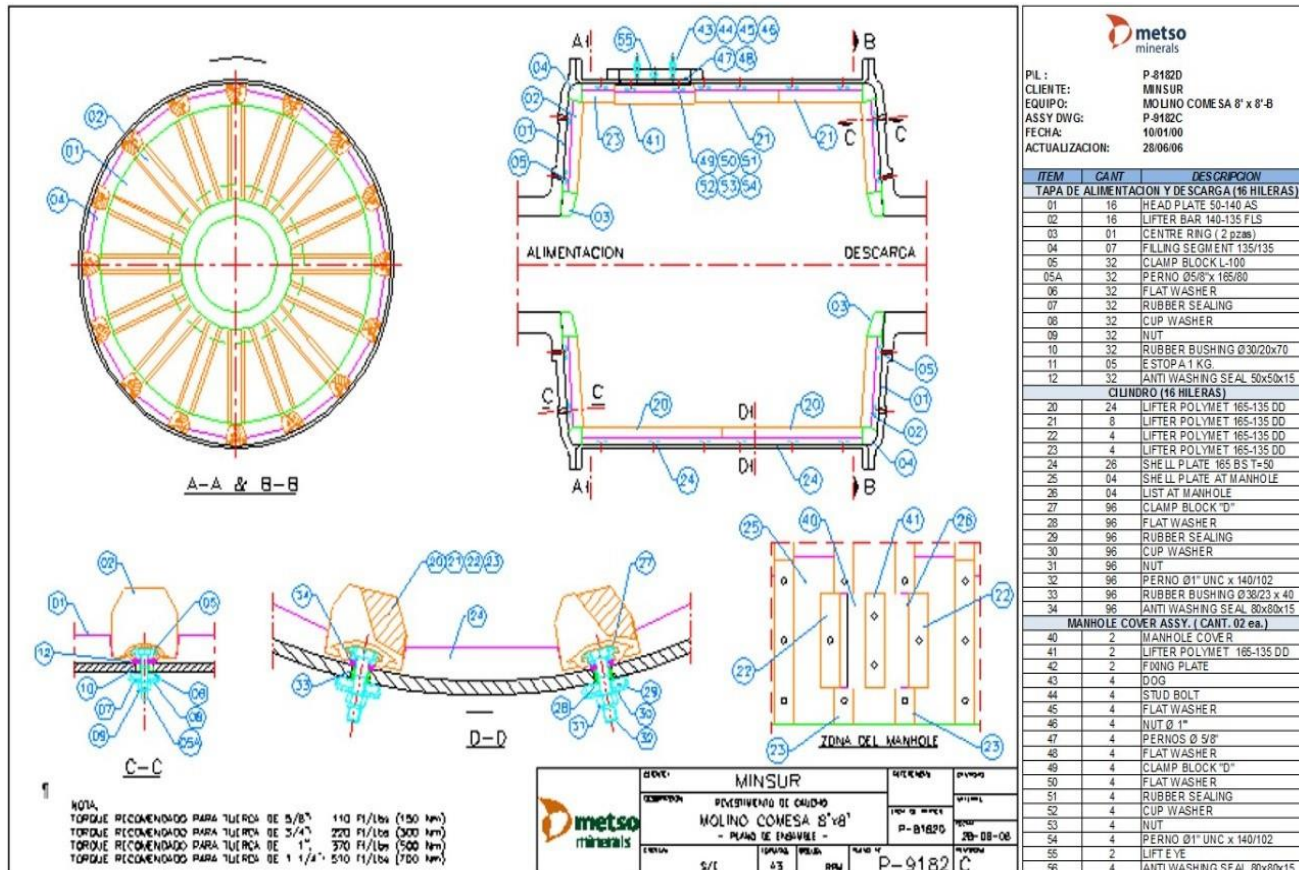
Marca	Comesa				
Modelo	Horizontal				
Tipo	Bolas				
Dimensión	8' x 8'				
Denominación	Molino de bolas 8'x8' b				
Características de los forros					
Sección de molino	Material	Segmento	Numero de filas	Numero de hileras	Total, de forros
Tapa de alimentación	Polymet/caucho	Lifter bar	16	1	16
		Head plate	16	1	16
Cilindro	Polymet	Lifter poly met	16	2	32
	Caucho	Head plate	16	2	32
Tapa de descarga	Caucho	Lifter bar	16	1	16
		Shell liner	16	1	16

Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Tabla 3, se puede observar la disposición de los forros del molino de bolas de 8x8 B se puede detallar que cuenta con dieciséis filas de una hilera de forros

de caucho y polymet en la tapa de alimentación y dieciséis y veinte filas de dos hileras de forros de caucho y polymet en el cilindro respectivamente.

**Figura 25:** Plano de molino 8 x 8 B



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 25 planos de molino 8 x 8 Comesa se puede observar, tapa de alimentos y descarga a 16 hileras y el cilindro.

#### 4.1.3. Molino de bolas 5 x 10"

La información técnica del molino se detalla en la siguiente tabla:

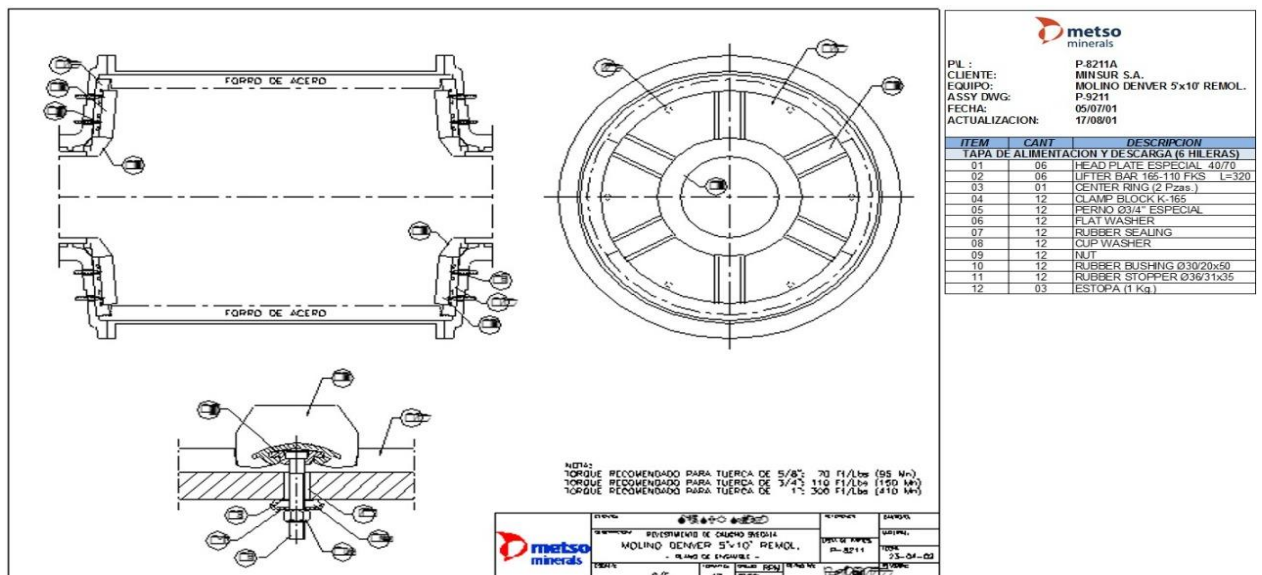
**Tabla 4:** Especificación técnica de forros del molino de bolas 5 x 10

<b>Marca</b>	Denver				
<b>Modelo</b>	Horizontal				
<b>Tipo</b>	Bolas				
<b>Dimensión</b>	5' x 10'				
<b>Denominación</b>	Molino de bolas 5'x10'				
<b>Características de los forros</b>					
<b>Sección de molino</b>	<b>Material</b>	<b>Segmento</b>	<b>Numero de filas</b>	<b>Numero de hileras</b>	<b>Total, de forros</b>
Tapa de alimentación	Caucho	Lifter bar	6	1	6
		Head plate	6	1	6
Cilindro	Acero	Sell liner	12	5	60
Tapa de descarga	Caucho	Lifter bar	6	1	6
		Shell liner	6	1	6

Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Tabla 4, especificaciones técnicas del molino de bolas 5 x10 Denver se puede detallar que cuenta con seis filas de una hilera de forros de caucho en la tapa de alimentación y doce filas de cinco hileras de forros de acero en el cilindro respectivamente.

**Figura 26:** Plano de molino 5 x 10''



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 26 planos de molino 5 x 10'' se puede observar vista del molino e instalación de forros

#### 4.1.4. Molino de bolas 5 x 6”

La información técnica del molino se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 5:** Especificación técnica de forros del molino de bolas 5 x 6”

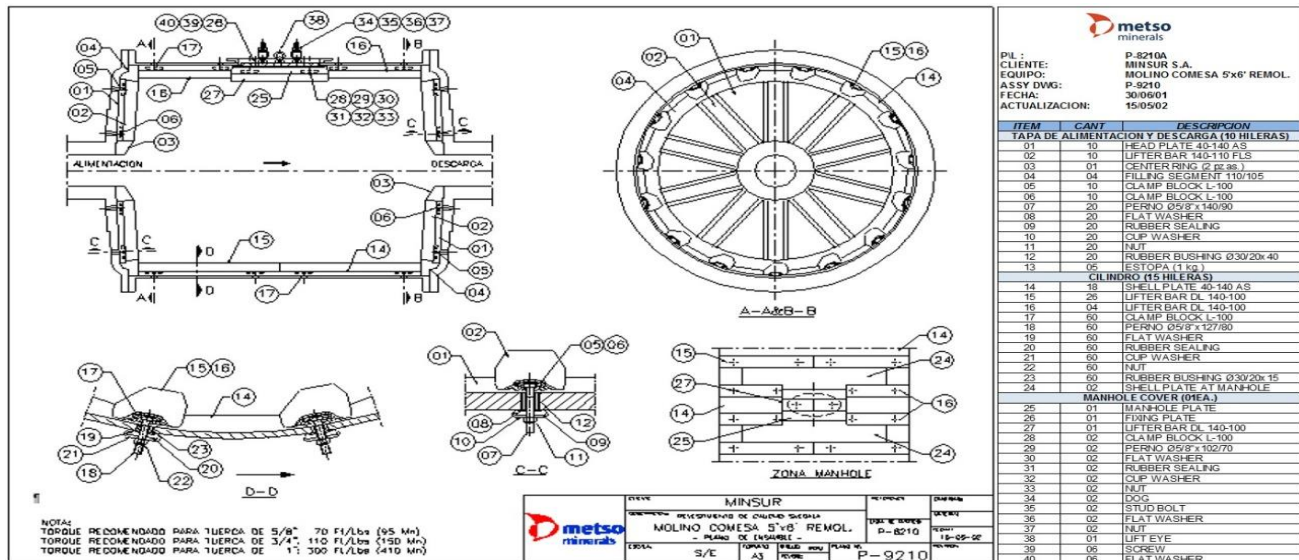
<b>Marca</b>	Comesa				
<b>Modelo</b>	Horizontal				
<b>Tipo</b>	Bolas				
<b>Dimensión</b>	5' x 6'				
<b>Denominación</b>	Molino de bolas 5'x6'				
<b>Características de los forros</b>					
<b>Sección de molino</b>	<b>Material</b>	<b>Segmento</b>	<b>Numero de filas</b>	<b>Numero de hileras</b>	<b>Total, de forros</b>
Tapa de alimentación	Caucho	Lifter bar	10	1	10
		Head plate	10	1	10
Cilindro	Acero	Sell liner	12	2	24
Tapa de descarga	Caucho	Lifter bar	10	1	10
		Shell liner	10	1	10

Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Tabla 5 especificaciones técnicas del molino de bolas 5 x 6 se puede detallar que cuenta con diez filas de una hilera de forros de caucho en la tapa de alimentación y doce filas de dos hileras de forros de acero en el cilindro respectivamente.



**Figura 27:** Plano de molino 5 x 6”



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 27 planos de molino 5 x 6” se puede observar vista del molino e instalación de forros

#### 4.1.5. Molino de bolas 4 x 4”

La información técnica del molino se detalla en la siguiente tabla:

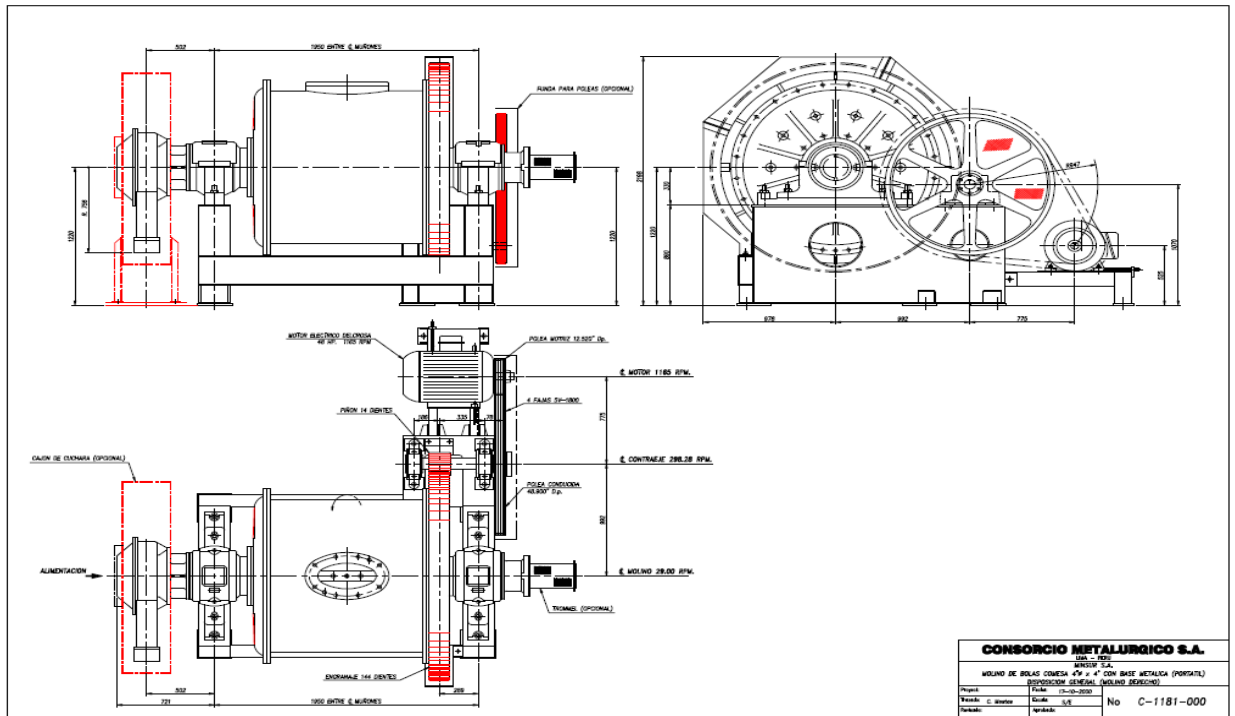
**Tabla 6:** Especificación técnica de forros del molino de bolas 4 x 4”

<b>Marca</b>	Comesa				
<b>Modelo</b>	Horizontal				
<b>Tipo</b>	Bolas				
<b>Dimensión</b>	4' x 4'				
<b>Denominación</b>	Molino de bolas 4'x4'				
<b>Características de los forros</b>					
Sección de molino	Material	Segmento	Numero de filas	Numero de hileras	Total de forros
Tapa de alimentación	Caucho	Lifter bar	10	1	10
		Head plate	10	1	10
Cilindro	Acero	Sell liner	15	2	30
Tapa de descarga	Caucho	Lifter bar	10	1	10
		Shell liner	10	1	10

Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Tabla 6. Plano de molino 5 x 6” se puede detallar que cuenta con diez filas de una hilera de forros de caucho en la tapa de alimentación y quince filas de dos hileras de forros de acero en el cilindro respectivamente.

**Figura 28:** Plano de molino 4 x 4”



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

#### 4.1.6. Molino de bolas 7 x 12

La información técnica del molino se detalla en la siguiente tabla:

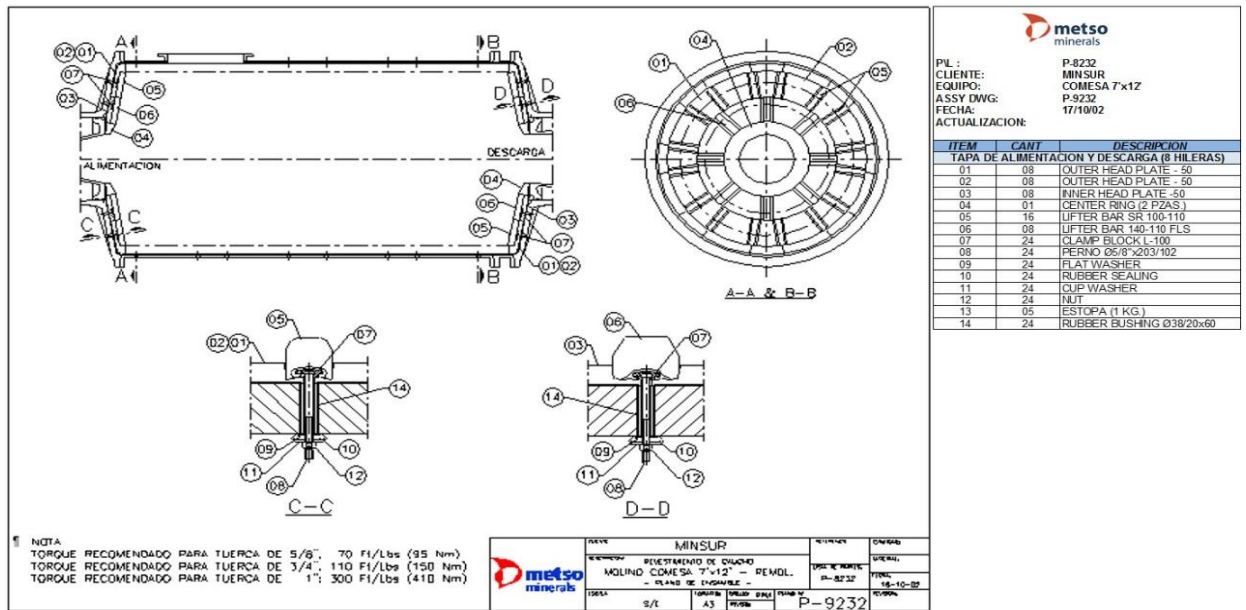
**Tabla 7:** Especificación técnica de forros del molino de bolas 7 x 12

<b>MARCA</b>	Comesa				
<b>MODELO</b>	Horizontal				
<b>TIPO</b>	Bolas				
<b>DIMENSION</b>	7 x 12"				
<b>DENOMINACION</b>	Molino de bolas 7 x 12"				
<b>CARACTERISTICAS DE LOS FORROS</b>					
<b>SECCION DE MOLINO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>SEGMENTO</b>	<b>NUMERO DE FILAS</b>	<b>NUMERO DE HILERAS</b>	<b>TOTAL, DE FORROS</b>
TAPA DE ALIMENTACION	CAUCHO	Iner ring lifter bar	16	1	16
		Iner ring head plate	16	1	16
		Outher ring lifter bar	8	1	8
		Outher ring head plate	8	1	8
CILINDRO	ACERO	Sell liner	15	4	60
TAPA DE DESCARGA	CAUCHO	Iner ring lifter bar	16	1	16
		Iner ring head plate	16	1	16
		Outher ring lifter bar	8	1	8
		Outher ring head plate	8	1	8

Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Tabla 7, especificaciones técnicas del molino de bolas 7 x 12 se puede detallar que cuenta con dieciséis filas de una hilera de forros de caucho en la tapa de alimentación y quince filas de cuatro hileras de forros de acero en el cilindro respectivamente.

**Figura 29:** Plano de molino “7 x 12”



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Figura 29 plano de molino 7 x 12” podemos observar la vista geométrica.

#### 4.1.7. Molino de bolas 7 x 8”

La información técnica del molino se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 8:** Especificación técnica de forros del molino de bolas 7 x 8

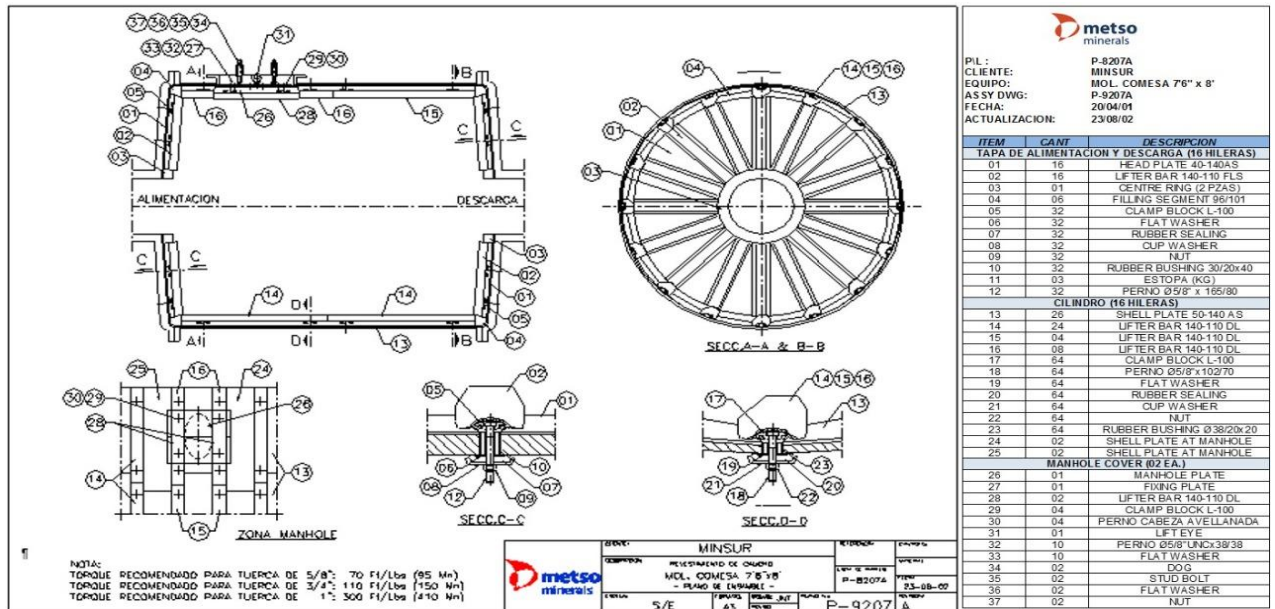
<b>Marca</b>	Comesa				
<b>Modelo</b>	Horizontal				
<b>Tipo</b>	Bolas				
<b>dimensión</b>	7' x 8'				
<b>Denominación</b>	Molino de bolas 7'x8'				
<b>Características de los forros</b>					
<b>Sección de molino</b>	<b>Material</b>	<b>Segmento</b>	<b>Numero de filas</b>	<b>Numero de hileras</b>	<b>Total, de forros</b>
Tapa de alimentación	Caucho	Lifter bar	16	1	16
		Head plate	16	1	16
Cilindro	Acero	Sell liner	16	2	32
Tapa de descarga	Caucho	Lifter bar	16	1	16
		Shell liner	16	1	16

Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

Según la Tabla 8, especificaciones técnicas del molino de bolas 7 x 8 se puede detallar que cuenta con dieciséis filas de una hilera de forros de caucho en la tapa de

alimentación y quince filas de dos hileras de forros de acero en el cilindro respectivamente.

**Figura 30:** Plano de molino 7 x 8”



Fuente: (Unidad Minera San Rafael, 2018)

El desgaste de los forros de los molinos se ve afectado de manera directa por la cantidad de horas de trabajo y por las toneladas de material que procesan, al igual que los diámetros de desgaste de los forros.

## 4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

### Hipótesis general

Modelo matemático el análisis de desgaste y poder hacerle el cambio de forro en el momento oportuno en la Unidad Minera San Rafael - Minsur.

Para demostrar la hipótesis general se ha tenido que hacer una recolección de datos de Desgastamiento en tiempos en meses y se ha hecho un estudio minucioso el modelo de la función logarítmica, el modelo de la ecuación lineal, el modelo de la función exponencial y el modelo de la función polinómica y llegando a la conclusión, que el

modelo de la función polinómica es la que se acerca a la realidad de la demostración del trabajo para lo cual se muestra las siguientes tablas.

**Tabla 9:** Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 8x8 A

Horas (Hrs)	Toneladas (Ton)	Desgaste (mm)
504	22331	52.7
672	18998	47.3
624	26934	44.7
1320	19024	40.0
1464	18342	21.0
4008	18224	41.3
3480	12818	24.3
864	11937	55.0
4416	19853	44.7
3288	15399	55.0
1896	11552	40.3
4272	18020	21.3

Elaboración propia

**Tabla 10:** Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8 A

Correlaciones <sup>a</sup>

		Desgaste	Horas	Tonelada
Producto vectorial estándar	Desgaste	1,000	,778	,969
	Horas	,778	1,000	,779
	Tonelada	,969	,779	1,000
Sig. (unilateral)	Desgaste	.	,001	,000
	Horas	,001	.	,001
	Tonelada	,000	,001	.
N	Desgaste	12	12	12
	Horas	12	12	12
	Tonelada	12	12	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

Elaboración propia

Al analizar las correlaciones de las variables se tiene que existe una correlación fuerte y positiva entre el desgaste y las horas con un valor de 0.778 indicando que se presenta un mayor desgaste cuando se tienen más horas antes del cambio del forro. En

relación con las toneladas se tiene que a mayor tonelaje procesado mayor desgaste con una correlación de 0.969.

**Tabla 11:** Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 8x8 B

Horas (Hrs)	Toneladas (Ton)	Desgaste (mm)
504	22331	47
672	18998	43.4
624	26934	41.8
1320	19024	39
1464	18342	27.4
4008	18224	38.8
3480	12818	27.6
864	11937	43
4416	19853	36
3288	15399	45.4
1896	11552	36.4
4272	18020	29.6

Elaboración propia

**Tabla 12:** Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8 B

Correlaciones <sup>a</sup>

		Horas	Toneladas	Desgaste
Producto vectorial estándar	Horas	1,000	,736	,734
	Toneladas	,736	1,000	,960
	Desgaste	,734	,960	1,000
Sig. (unilateral)	Horas	.	,003	,003
	Toneladas	,003	.	,000
	Desgaste	,003	,000	.
N	Horas	12	12	12
	Toneladas	12	12	12
	Desgaste	12	12	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

Elaboración propia

Al analizar las correlaciones de las variables se tiene que existe una correlación fuerte y positiva entre el desgaste y las horas con un valor de 0.734 indicando que se presenta un mayor desgaste cuando se tienen más horas antes del cambio del forro. En

relación con las toneladas se tiene que a mayor tonelaje procesado mayor desgaste con una correlación de 0.960.

**Tabla 13:** Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 5x10”

Horas (Hrs)	Toneladas (Ton)	Desgaste (mm)
504	33584	45.4
672	43611	43.4
624	40508	42.4
1320	28611	41.2
1464	10279	36.2
4008	27408	32.8
3480	19277	26
864	63071	17.8
4416	29857	37.8
3288	23157	34.2
1896	13768	20.2
4272	27101	13

Elaboración propia

**Tabla 14:** Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5x10”

Correlaciones <sup>a</sup>

		Horas	Toneladas	Desgaste
Producto vectorial estándar	Horas	1,000	,727	,726
	Toneladas	,727	1,000	,941
	Desgaste	,726	,941	1,000
Sig. (unilateral)	Horas	.	,004	,004
	Toneladas	,004	.	,000
	Desgaste	,004	,000	.
N	Horas	12	12	12
	Toneladas	12	12	12
	Desgaste	12	12	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

Elaboración propia

Al analizar las correlaciones de las variables se tiene existe una correlación fuerte y positiva entre el desgaste y las horas con un valor de 0.726 indicando que se presenta un mayor desgaste cuando se tienen más horas antes del cambio del forro. En



relación con las toneladas se tiene que a mayor tonelaje procesado mayor desgaste con una correlación de 0.941.

**Tabla 15:** Desgaste de los forros por horas y toneladas tratados en el molino 5x6

Horas (Hrs)	Toneladas (Ton)	Desgaste (mm)
504	8999	30
672	11686	23.8
624	10854	17.4
1320	7667	38.6
1464	2754	30
4008	7344	19.2
3480	5165	36
864	1691	36.6
4032	7306	33.6
384	7389	26.2
3288	6161	17.6
1896	3837	30.4
4272	7261	20.6

Elaboración propia

**Tabla 16:** Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5x6”

*Correlaciones<sup>a</sup>*

		Desgaste	Horas	Toneladas
Producto vectorial estándar	Desgaste	1,000	,766	,850
	Horas	,766	1,000	,719
	Toneladas	,850	,719	1,000
Sig. (unilateral)	Desgaste	.	,001	,000
	Horas	,001	.	,003
	Toneladas	,000	,003	.
N	Desgaste	13	13	13
	Horas	13	13	13
	Toneladas	13	13	13

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

Elaboración propia

Al analizar las correlaciones de las variables se tiene existe una correlación fuerte y positiva entre el desgaste y las horas con un valor de 0.766 indicando que se presenta un mayor desgaste cuando se tienen más horas antes del cambio del forro. En

relación con las toneladas se tiene que a mayor tonelaje procesado mayor desgaste con una correlación de 0.850.

**Tabla 17:** Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 4x4''

Horas (Hrs)	Toneladas (Ton)	Desgaste (mm)
504	8999	30
672	11686	23.8
624	10854	17.4
1320	7667	38.6
1464	2754	30
4008	7344	19.2
3480	5165	36
864	1691	36.6
4032	7306	33.6
384	7389	26.2
3288	6161	17.6
1896	3837	30.4
4272	7261	20.6

Elaboración propia

**Tabla 18:** Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 4x4''

*Correlaciones*<sup>a</sup>

		Desgaste	Horas	Toneladas
Producto vectorial estándar	Desgaste	1,000	,752	,824
	Horas	,752	1,000	,738
	Toneladas	,824	,738	1,000
Sig. (unilateral)	Desgaste	.	,002	,000
	Horas	,002	.	,002
	Toneladas	,000	,002	.
N	Desgaste	13	13	13
	Horas	13	13	13
	Toneladas	13	13	13

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

Elaboración propia

Al analizar las correlaciones de las variables se tiene existe una correlación fuerte y positiva entre el desgaste y las horas con un valor de 0.752 indicando que se presenta un mayor desgaste cuando se tienen más horas antes del cambio del forro. En



relación con las toneladas se tiene que a mayor tonelaje procesado mayor desgaste con una correlación de 0.824.

**Tabla 19:** Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 7 x8”

Horas (Hrs)	Toneladas (Ton)	Desgaste (mm)
504	42677	28.8
672	55419	27.2
624	51475	25.6
1320	36358	25.4
1464	13062	42.2
4008	34829	38
3480	24496	34.6
864	60148	29
4416	37941	24.2
3288	29427	37.6
3360	17496	31.2
2808	34437	34.8

Elaboración propia

**Tabla 20:** Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7x8”

*Correlaciones*<sup>a</sup>

		Desgaste	Horas	Toneladas
Producto vectorial estándar	Desgaste	1,000	,863	,881
	Horas	,863	1,000	,692
	Toneladas	,881	,692	1,000
Sig. (unilateral)	Desgaste	.	,000	,000
	Horas	,000	.	,006
	Toneladas	,000	,006	.
N	Desgaste	12	12	12
	Horas	12	12	12
	Toneladas	12	12	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

Elaboración propia

Al analizar las correlaciones de las variables se tiene existe una correlación fuerte y positiva entre el desgaste y las horas con un valor de 0.863 indicando que se presenta un mayor desgaste cuando se tienen más horas antes del cambio del forro. En

relación con las toneladas se tiene que a mayor tonelaje procesado mayor desgaste con una correlación de 0.692.

**Tabla 21:** Desgaste de los forros por horas y toneladas tratado en el molino 7 x 12”

Horas (Hrs)	Toneladas (Ton)	Desgaste (mm)
504	2172	34
1296	6154	31.25
1320	4387	27.75
1464	6647	25.75
1800	6162	33.5
2208	5771	31
3480	1480	29
864	4079	26.25
4416	1942	22
3288	1487	28.5
3360	1610	23.25
2808	1080	27.5

Elaboración propia

**Tabla 22:** Correlaciones del desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7x12”

*Correlaciones*<sup>a</sup>

		Desgaste	Horas	Toneladas
Producto estándar	vectorial Desgaste	1,000	,846	,879
	Horas	,846	1,000	,631
	Toneladas	,879	,631	1,000
Sig. (unilateral)	Desgaste	.	,000	,000
	Horas	,000	.	,014
	Toneladas	,000	,014	.
N	Desgaste	12	12	12
	Horas	12	12	12
	Toneladas	12	12	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

Elaboración propia

Al analizar las correlaciones de las variables se tiene existe una correlación fuerte y positiva entre el desgaste y las horas con un valor de 0.846 indicando que se presenta un mayor desgaste cuando se tienen más horas antes del cambio del forro. En



relación con las toneladas se tiene que a mayor tonelaje procesado mayor desgaste con una correlación de 0.879.

### Hipótesis específica 1

Modelo matemático para realiza el cálculo de las ecuaciones matemáticas a través de métodos estadísticos multivariados es necesario realizar el cálculo de la normalidad de los datos, con la finalidad de determinar si se emplearan métodos paramétricos o no paramétricos para el desarrollo de la ecuación que aporte un mayor ajuste a los desgastes en función de las horas y las toneladas procesadas. Se realizó el cálculo de una ecuación por molino, ya que cada uno de ellos es independiente.

#### 4.2.1.1. Prueba de normalidad molino 8x8 A

**Tabla 23:** Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8” A

*Pruebas de normalidad*

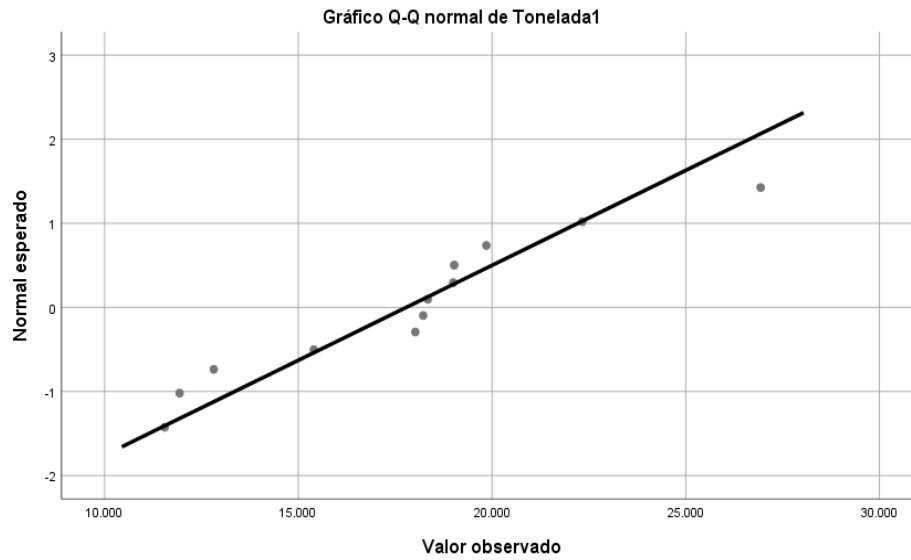
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Horas	,191	12	,200*	,861	12	,051
Tonelada	,188	12	,200*	,935	12	,434
Desgaste	,141	12	,200*	,918	12	,271

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

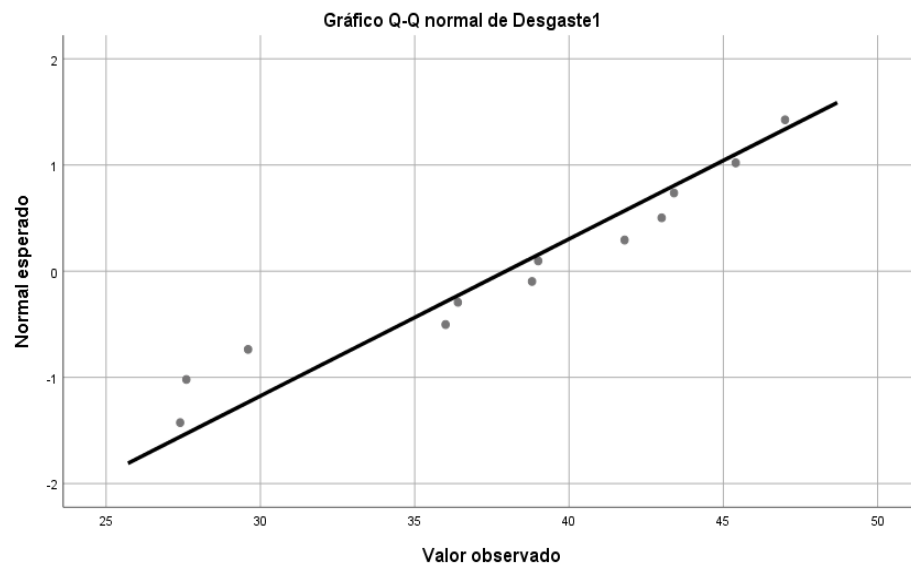
Elaboración propia

**Figura 31:** Normalidad de la variable tonelada en el molino 8x8” A



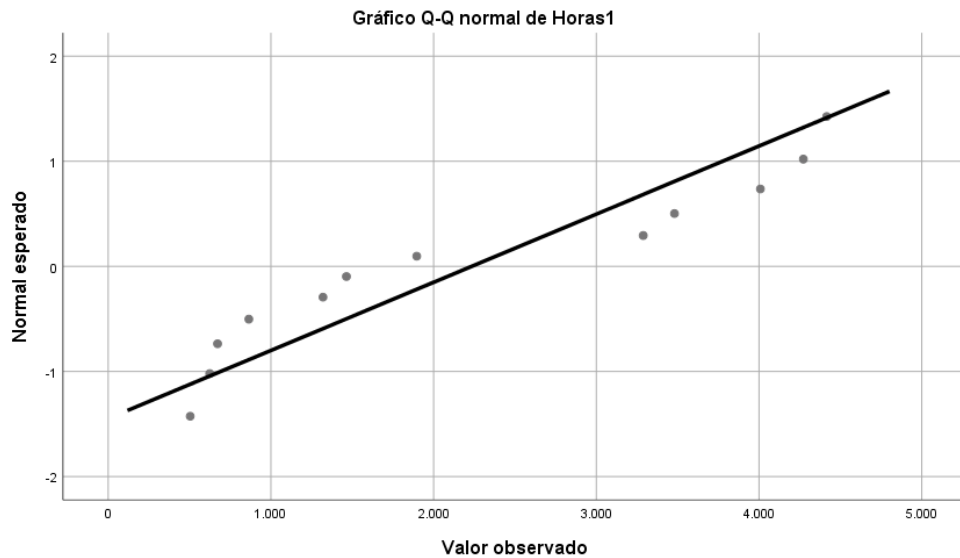
Elaboración propia

**Figura 32:** Normalidad de la variable desgaste en el molino 8x8” A



Elaboración propia

**Figura 33:** Normalidad de la variable horas en el molino 8x8” A



Elaboración propia

Al analizar la prueba de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilk ya que son menos de 50 datos y obtener un p-valor en las variables mayor a 0.05, se puede afirmar que los datos son normales. Por lo tanto, se deben aplicar métodos paramétricos para calcular la ecuación.

**Tabla 24:** Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8” A

*Estadísticos descriptivos<sup>a</sup>*

	Raíz de la media		N
	Media <sup>b</sup>	cuadrática	
Desgaste	37,9500	38,49896	12
Horas	2234,0000	2677,97237	12
Tonelada	17786,0000	116359,01197	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

b. Se imprime la media observada

Elaboración propia

Al analizar los estadísticos del molino 8x8” A, se obtuvo que el promedio del desgaste fue de 37.95 mm, mientras que el promedio de horas trabajadas fue de 2234 y el promedio de toneladas procesadas fue de 17786.00.

**Tabla 25:** Resumen del modelo del molino 8x8” A*Resumen del modelo<sup>c,d</sup>*

Modelo	R	R cuadrado <sup>b</sup>	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,970 <sup>a</sup>	,941	,929	10,28192	,941	79,120	2	10	,000

a. Predictores: Tonelada1, Horas1

c. Variable dependiente: Desgaste1

d. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

Se obtuvo R<sup>2</sup> ajustado con un valor de 0.941, lo que significa que el modelo predice el 94%, lo que lo hace un buen modelo para proyectar el desgaste en los forros, haciéndolo significativo ya que se obtuvo un p-valor menor a 0.05

**Tabla 26:** ANOVA del modelo del molino 8x8” A*ANOVA<sup>a,b</sup>*

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	16728,861	2	8364,430	79,120	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	1057,179	10	105,718		
	Total	17786,040 <sup>d</sup>	12			

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

b. Predictores: Tonelada, Horas

Elaboración propia

Al analizar los valores obtenidos en el ANOVA el p-valor es menor 0.05, lo que hace que el modelo sea significativo y aporte una buena proyección en las variables





**Tabla 27:** Coeficientes del modelo del molino 8x8” A

*Coeficientes<sup>a,b</sup>*

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		95.0% intervalo de confianza para B		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	Horas	,501	,002	,059	,477	,044	-,003	,005
	Tonelada	,012	,000	,923	7,505	,000	,001	,003

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

El modelo que predecirá el desgaste en el molino 8x8 A queda de la siguiente forma:

$$Y (\text{Desgaste}) = \text{Horas} * 0.501 + \text{Toneladas} * 0.012$$

#### 4.2.1.2. Prueba de normalidad molino 8 x 8 B

**Tabla 28:** Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8” B

*Pruebas de normalidad*

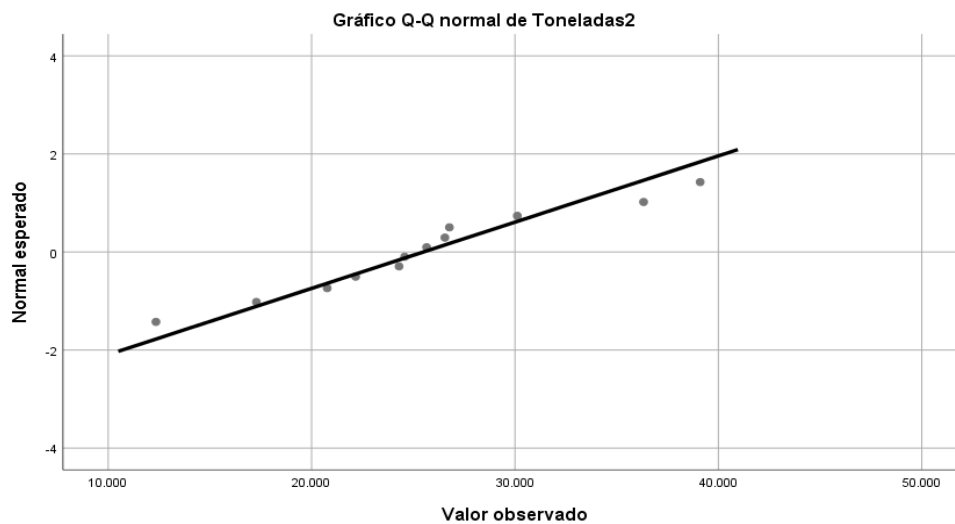
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Horas	,191	12	,200*	,861	12	,051
Toneladas	,182	12	,200*	,968	12	,883
Desgaste	,180	12	,200*	,873	12	,070

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

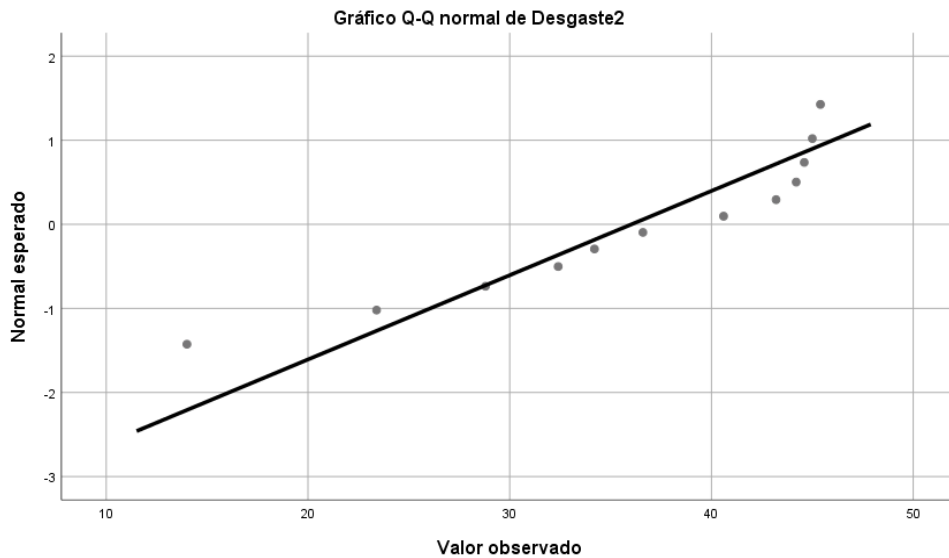
Elaboración propia

**Figura 34:** Normalidad de la variable tonelada en el molino 8x8” B



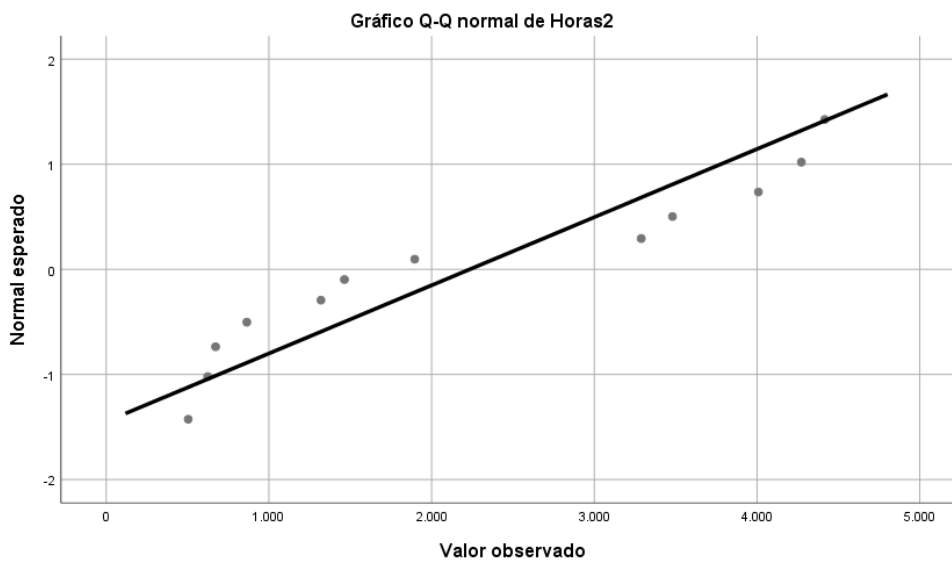
Elaboración propia

**Figura 35:** Normalidad de la variable desgaste en el molino 8x8” B



Elaboración propia

**Figura 36:** Normalidad de la variable horas en el molino 8x8” B



Elaboración propia

Al analizar la prueba de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilk ya que son menos de 50 datos y obtener un p-valor en las variables mayor a 0.05, se puede afirmar que los datos son normales. Por lo tanto, se deben aplicar métodos paramétricos para calcular la ecuación.

**Tabla 29:** Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 8x8” B

*Estadísticos descriptivos<sup>a</sup>*

	Media <sup>b</sup>	Raíz de la media cuadrática	N
Desgaste	36,0333	37,27770	12
Horas	2234,0000	2677,97237	12
Toneladas	25497,2500	26463,79348	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

b. Se imprime la media observada

Elaboración propia

Al analizar los estadísticos del molino 8x8” B, se obtuvo que el promedio del desgaste fue de 36.03 mm, mientras que el promedio de horas trabajadas fue de 2234 y el promedio de toneladas procesadas fue de 25497.25.

**Tabla 30:** Resumen del modelo del molino 8x8” B

*Resumen del modelo<sup>c,d</sup>*

Modelo	R	R cuadrado <sup>b</sup>	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,961 <sup>a</sup>	,924	,908	11,27709	,924	60,562	2	10	,000

a. Predictores: Toneladas, Horas

b. Para la regresión a través del origen (el modelo sin intersección), R cuadrado mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente sobre el origen explicado por la regresión. Esto NO SE PUEDE comparar con el R cuadrado para los modelos que incluyen intersección.

c. Variable dependiente: Desgaste

d. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

Se obtuvo  $R^2$  ajustado con un valor de 0.908, lo que significa que el modelo predice el 90%, lo que lo hace un buen modelo para proyectar el desgaste en los forros, haciéndolo significativo ya que se obtuvo un p-valor menor a 0.05

**Tabla 31:** ANOVA del modelo del molino 8x8” B

*ANOVA<sup>a,b</sup>*

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	15403,793	2	7701,896	60,562	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	1271,727	10	127,173		
	Total	16675,520	12			

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

c. Predictores: Toneladas, Horas

Elaboración propia

Al analizar los valores obtenidos en el ANOVA el p-valor es menor 0.05, lo que hace que el modelo sea significativo y aporte una buena proyección en las variables

**Tabla 32:** Coeficientes del modelo del molino 8x8” B

*Coeficientes<sup>a,b</sup>*

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		95.0% intervalo de confianza para B		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	Horas	,071	,002	,061	,471	,048	-,003	,005
	Toneladas	,001	,000	,916	7,100	,000	,001	,002

a. Variable dependiente: Desgaste2

b. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

El modelo que predecirá el desgaste en el molino 8x8 A queda de la siguiente forma:

$$Y (\text{Desgaste}) = \text{Horas} * 0.071 + \text{Toneladas} * 0.001$$

#### 4.2.1.3. Prueba de normalidad Molino de bolas 5 x 10” DENVER

**Tabla 33:** Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5 x 10”

*Pruebas de normalidad*

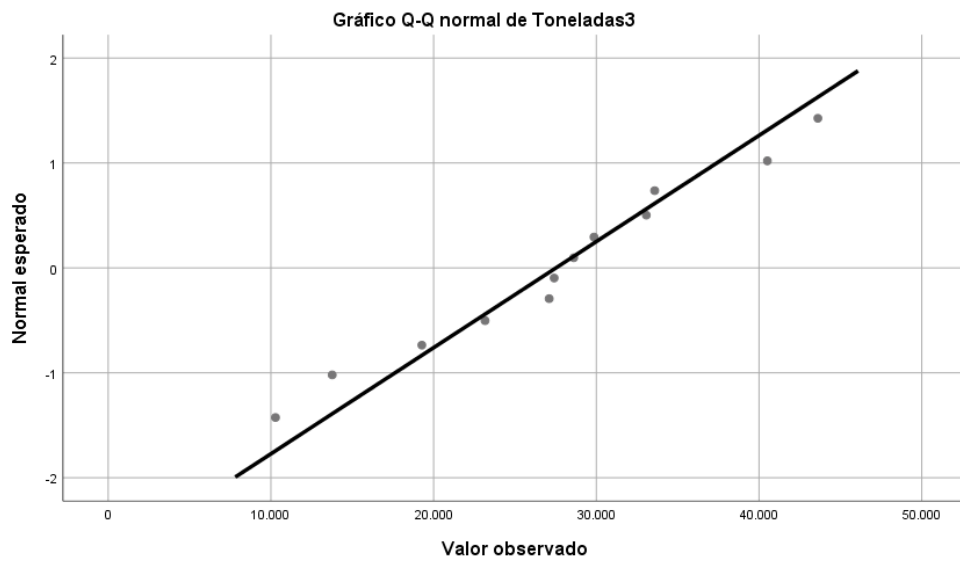
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Horas3	,191	12	,200*	,861	12	,051
Toneladas3	,150	12	,200*	,974	12	,947
Desagaste3	,176	12	,200*	,915	12	,244

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

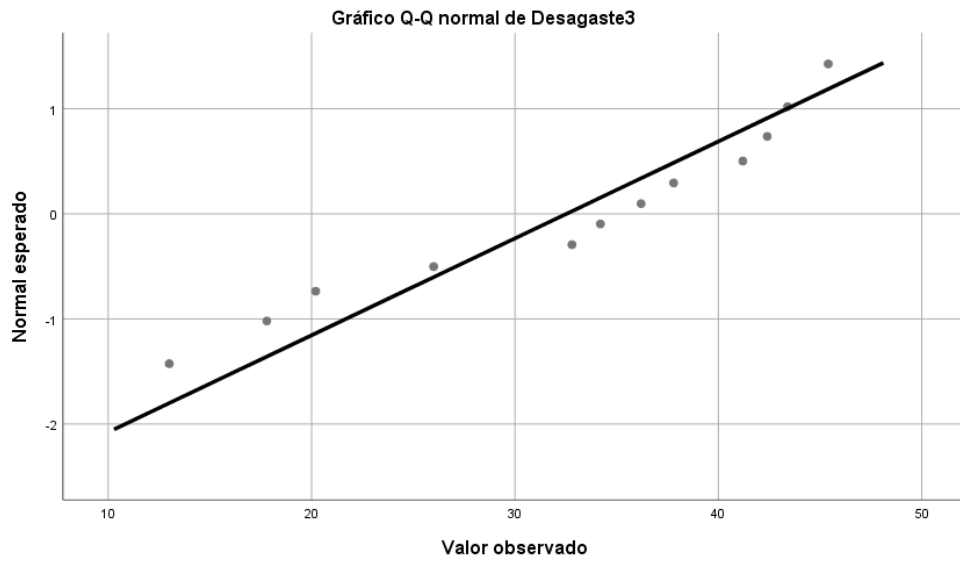
Elaboración propia

**Figura 37:** Normalidad de la variable tonelada en el molino 5 x 10”



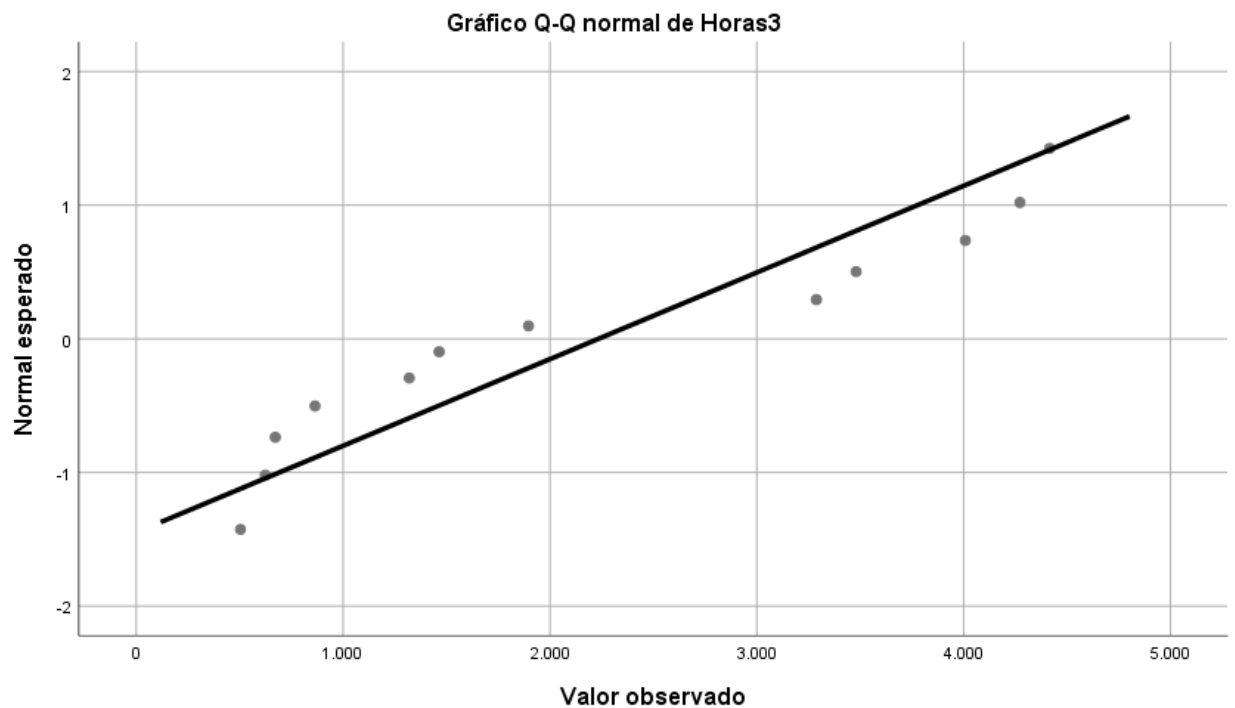
Elaboración propia

**Figura 38:** Normalidad de la variable desgaste en el molino 5 x 10''



Elaboración propia

**Figura 39:** Normalidad de la variable horas en el molino 5 x 10''



Elaboración propia

Al analizar la prueba de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilk ya que son menos de 50 datos y obtener un p-valor en las variables mayor a 0.05, se

puede afirmar que los datos son normales. Por lo tanto, se deben aplicar métodos paramétricos para calcular la ecuación.

**Tabla 34:** Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5 x 10”

*Estadísticos descriptivos<sup>a</sup>*

	Media <sup>b</sup>	Raíz de la media cuadrática	N
Desgaste	32,5333	34,14987	12
Horas	2234,0000	2677,97237	12
Toneladas	27519,3333	29102,04884	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

b. Se imprime la media observada

Elaboración propia

Al analizar los estadísticos del molino 5 x 10”, se obtuvo que el promedio del desgaste fue de 32.533 mm, mientras que el promedio de horas trabajadas fue de 2234 y el promedio de toneladas procesadas fue de 27519.33.

**Tabla 35:** Resumen del modelo del molino 5 x 10”

*Resumen del modelo<sup>c,d</sup>*

Modelo	R	R cuadrado <sup>b</sup>	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,943 <sup>a</sup>	,890	,868	12,42549	,890	40,321	2	10	,000

a. Predictores: Toneladas, Horas

c. Variable dependiente: Desgaste

d. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

Se obtuvo R<sup>2</sup> ajustado con un valor de 0.868, lo que significa que el modelo predice el 86%, lo que lo hace un buen modelo para proyectar el desgaste en los forros, haciéndolo significativo ya que se obtuvo un p-valor menor a 0.05



**Tabla 36:** ANOVA del modelo del molino 5x10''

*ANOVA<sup>a,b</sup>*

Modelo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	12450,632	2	6225,316	40,321	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	1543,928	10	154,393		
	Total	13994,560	12			

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

d. Predictores: Toneladas, Horas

Elaboración propia

Al analizar los valores obtenidos en el ANOVA el p-valor es menor 0.05, lo que hace que el modelo sea significativo y aporte una buena proyección en las variables

**Tabla 37:** Coeficientes del modelo del molino 5x10''

*Coeficientes<sup>a,b</sup>*

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		95.0% intervalo de confianza para B		
		B	Desv. Error	Beta	t	Límite inferior	Límite superior	
1	Horas	,031	,002	,088	,577	,577	-,003	,005
	Toneladas	,015	,000	,877	5,736	,000	,001	,001

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

El modelo que predecirá el desgaste en el molino 5x10'' queda de la siguiente forma:

$$Y (\text{Desgaste}) = \text{Horas} * 0.031 + \text{Toneladas} * 0.015$$

#### 4.2.1.4. Prueba de normalidad Molino de bolas 5 x 6''

**Tabla 38:** Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5 x 6''

*Pruebas de normalidad*

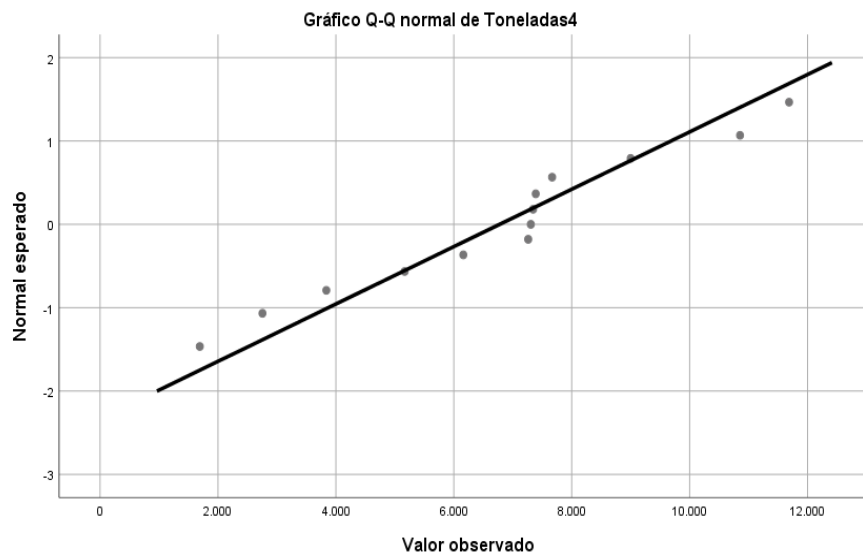
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Horas	,192	13	,200*	,850	13	,658
Toneladas	,181	13	,200*	,959	13	,746
Desgaste	,160	13	,200*	,927	13	,310

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

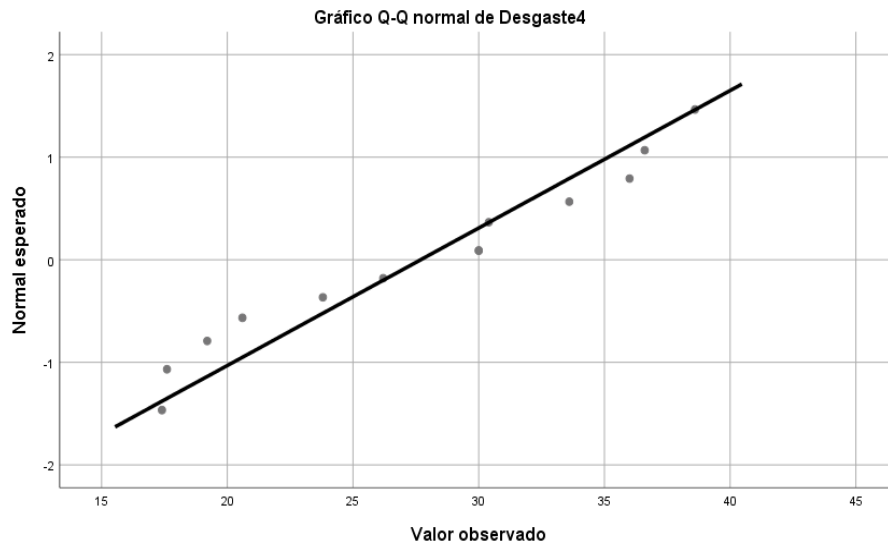
Elaboración propia

**Figura 40:** Normalidad de la variable tonelada en el molino 5 x 6''



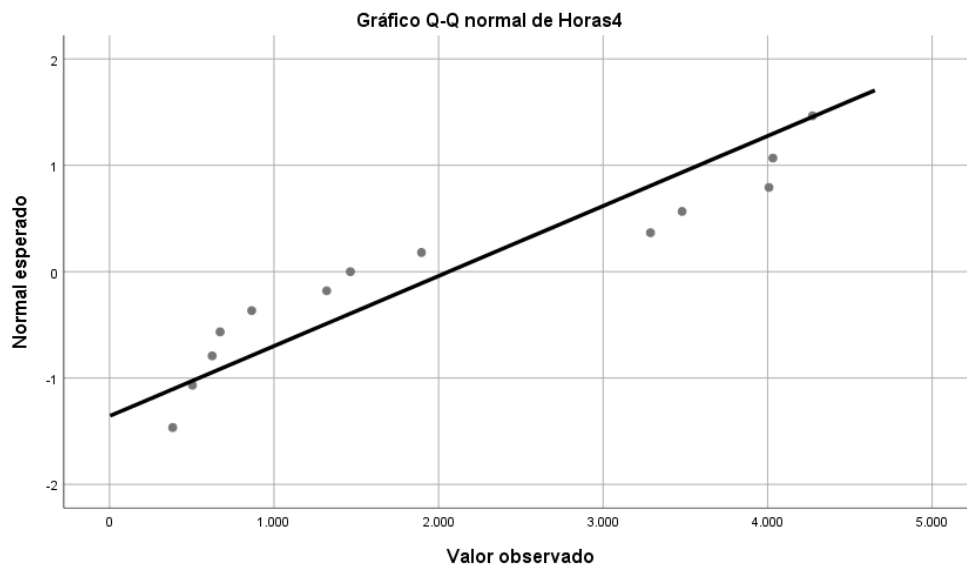
Elaboración propia

**Figura 41:** Normalidad de la variable desgaste en el molino 5 x 6''



Elaboración propia

**Figura 42:** Normalidad de la variable horas en el molino 5 x 6''



Elaboración propia

Al analizar la prueba de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilk ya que son menos de 50 datos y obtener un p-valor en las variables mayor a 0.05, se puede afirmar que los datos son normales. Por lo tanto, se deben aplicar métodos paramétricos para calcular la ecuación.

**Tabla 39:** Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 5 x 6”

*Estadísticos descriptivos<sup>a</sup>*

	Media <sup>b</sup>	Raíz de la media cuadrática	N
Desgaste	27,6923	28,60479	13
Horas	2062,1538	2526,19897	13
Toneladas	6778,0000	7330,49441	13

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

b. Se imprime la media observada

Elaboración propia

Al analizar los estadísticos del molino 5 x 6”, se obtuvo que el promedio del desgaste fue de 27.6923 mm, mientras que el promedio de horas trabajadas fue de 2062.15 y el promedio de toneladas procesadas fue de 6778.00.

**Tabla 40:** Resumen del modelo del molino 5 x 6”

*Resumen del modelo<sup>c,d</sup>*

Modelo	R	R cuadrado <sup>b</sup>	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,879 <sup>a</sup>	,773	,732	14,82147	,773	18,711	2	11	,000

a. Predictores: Toneladas, Horas

b. Para la regresión a través del origen (el modelo sin intersección), R cuadrado mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente sobre el origen explicado por la regresión. Esto NO SE PUEDE comparar con el R cuadrado para los modelos que incluyen intersección.

c. Variable dependiente: Desgaste

d. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

Se obtuvo R<sup>2</sup> ajustado con un valor de 0.732, lo que significa que el modelo predice el 73%, lo que lo hace un buen modelo para proyectar el desgaste en los forros, haciéndolo significativo ya que se obtuvo un p-valor menor a 0.05

**Tabla 41:** ANOVA del modelo del molino 5x6”

*ANOVA<sup>a,b</sup>*

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	8220,606	2	4110,303	18,711	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	2416,434	11	219,676		
	Total	10637,040 <sup>d</sup>	13			

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

c. Predictores: Toneladas, Horas

Elaboración propia

Al analizar los valores obtenidos en el ANOVA el p-valor es menor 0.05, lo que hace que el modelo sea significativo y aporte una buena proyección en las variables

**Tabla 42:** Coeficientes del modelo del molino 5x6”

*Coeficientes<sup>a,b</sup>*

Modelo	B	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		95.0% intervalo de confianza para B		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	Horas4	,040	,002	,321	1,551	,149	-,002	,009
	Toneladas4	,012	,001	,620	2,999	,012	,001	,004

a. Variable dependiente: Desgaste4

b. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

El modelo que predecirá el desgaste en el molino 5x6” queda de la siguiente forma:

$$Y (\text{Desgaste}) = \text{Horas} * 0.040 + \text{Toneladas} * 0.012$$

#### 4.2.1.5. Prueba de normalidad Molino de bolas 4 x 4” COMESA:

**Tabla 43:** Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 4 x 4”

*Pruebas de normalidad*

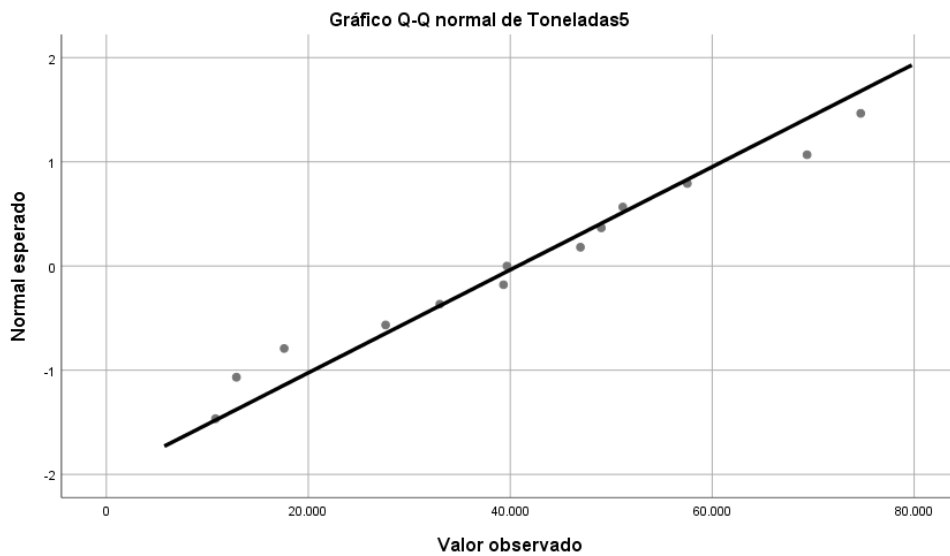
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Horas	,204	13	,142	,891	13	,502
Toneladas	,104	13	,200*	,965	13	,822
Desgaste	,194	13	,194	,924	13	,280

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

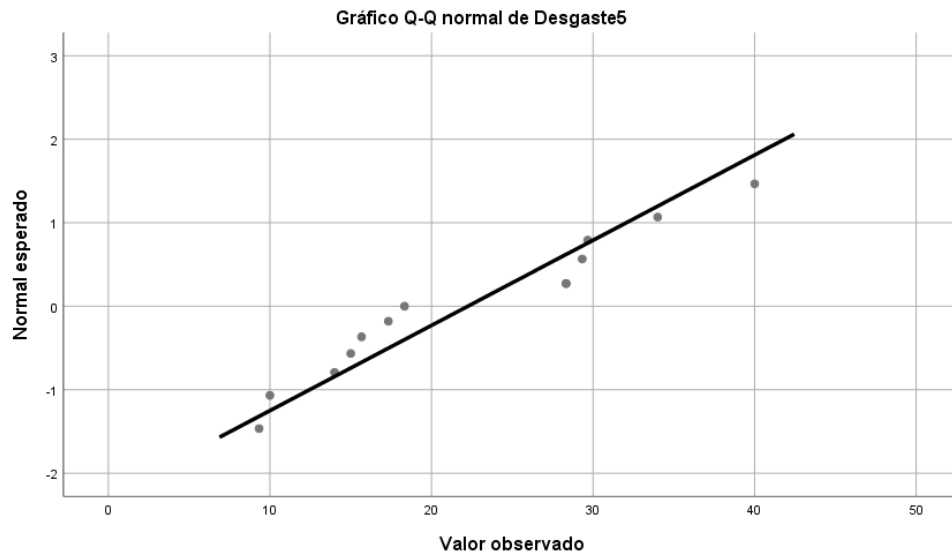
Elaboración propia

**Figura 43:** Normalidad de la variable tonelada en el molino 4 x 4”



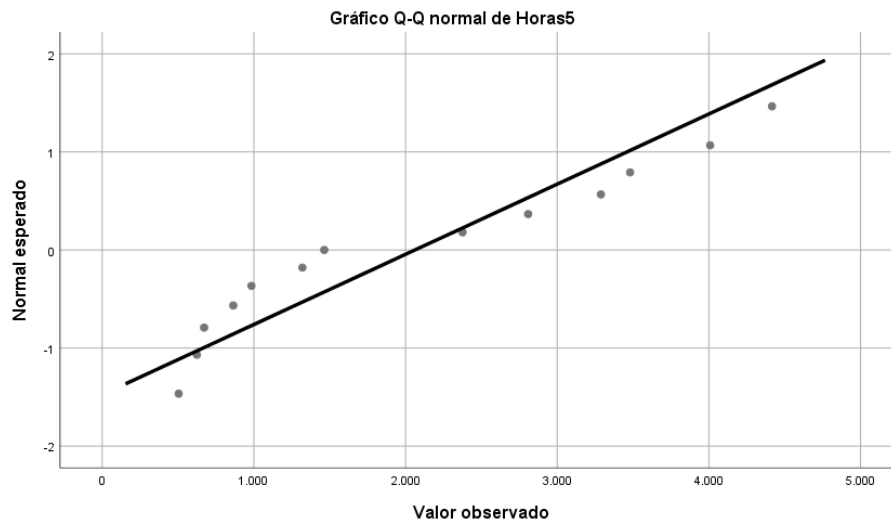
Fuente: (Elaboración propia)

**Figura 44:** Normalidad de la variable desgaste en el molino 4 x 4''



Elaboración propia

**Figura 45:** Normalidad de la variable horas en el molino 4 x 4''



Elaboración propia

Al analizar la prueba de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilk ya que son menos de 50 datos y obtener un p-valor en las variables mayor a 0.05, se puede afirmar que los datos son normales. Por lo tanto, se deben aplicar métodos paramétricos para calcular la ecuación.

**Tabla 44:** Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 4 x 4”

*Estadísticos descriptivos<sup>a</sup>*

	Media <sup>b</sup>	Raíz de la media cuadrática	N
Desgaste5	22,2554	24,16554	13
Horas5	2062,1538	2460,64607	13
Toneladas5	40745,8462	45145,83768	13

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

b. Se imprime la media observada

Elaboración propia

Al analizar los estadísticos del molino 4 x 4”, se obtuvo que el promedio del desgaste fue de 22.2554 mm, mientras que el promedio de horas trabajadas fue de 2062.15 y el promedio de toneladas procesadas fue de 40745.8462.

**Tabla 45:** Resumen del modelo del molino 4 x 4”

*Resumen del modelo<sup>c,d</sup>*

Modelo	R	R cuadrado <sup>b</sup>	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,852 <sup>a</sup>	,725	,675	13,77247	,725	14,512	2	11	,001

a. Predictores: Toneladas, Horas

c. Variable dependiente: Desgaste

d. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

Se obtuvo R<sup>2</sup> ajustado con un valor de 0.675, lo que significa que el modelo predice el 67%, lo que lo hace un buen modelo para proyectar el desgaste en los forros, haciéndolo significativo ya que se obtuvo un p-valor menor a 0.05



**Tabla 46:** ANOVA del modelo del molino 4x4''

*ANOVA<sup>a,b</sup>*

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	5505,160	2	2752,580	14,512	,001 <sup>c</sup>
	Residuo	2086,492	11	189,681		
	Total	7591,651	13			

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

c. Predictores: Toneladas, Horas

Elaboración propia

Al analizar los valores obtenidos en el ANOVA el p-valor es menor 0.05, lo que hace que el modelo sea significativo y aporte una buena proyección en las variables

**Tabla 47:** Coeficientes del modelo del molino 4x4''

*Coeficientes<sup>a,b</sup>*

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		95.0% intervalo de confianza para B		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	Horas	,023	,002	,317	1,352	,204	-,002	,008
	Toneladas	,010	,000	,591	2,523	,028	,000	,001

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

El modelo que predecirá el desgaste en el molino 5x6'' queda de la siguiente forma:

$$Y (\text{Desgaste}) = \text{Horas} * 0.023 + \text{Toneladas} * 0.010$$

#### 4.2.1.6. Prueba de normalidad Molino de bolas 7 x 8” COMESA

**Tabla 48:** Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7 x 8”

*Pruebas de normalidad*

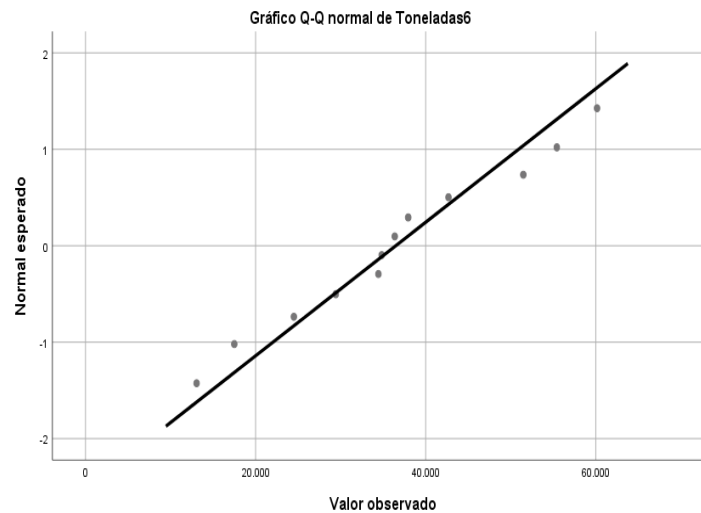
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Horas	,201	12	,196	,879	12	,085
Toneladas	,126	12	,200*	,971	12	,922
Desgaste	,170	12	,200*	,937	12	,464

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

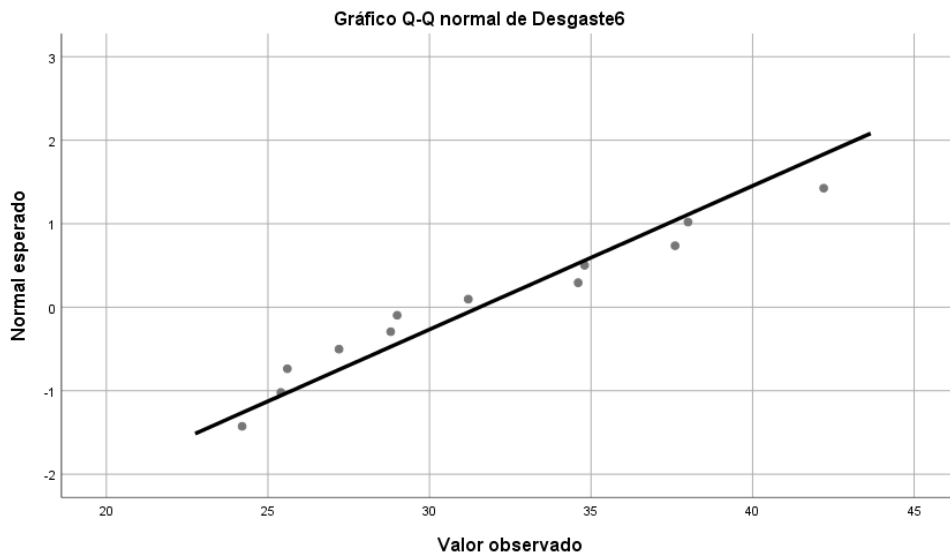
Elaboración propia

**Figura 46:** Normalidad de la variable tonelada en el molino 7 x 8”



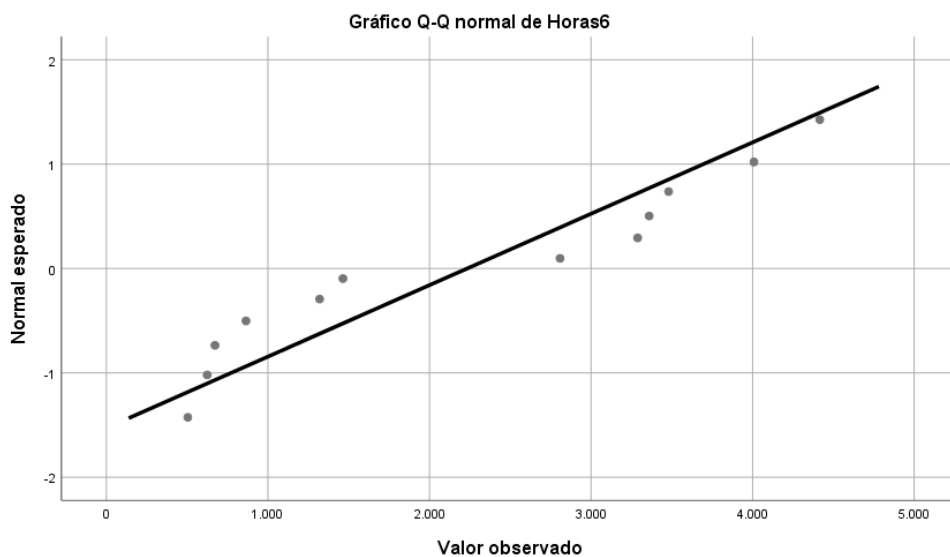
Elaboración propia

**Figura 47:** Normalidad de la variable desgaste en el molino 7 x 8''



Elaboración propia

**Figura 48:** Normalidad de la variable horas en el molino 7 x 8''



Elaboración propia

Al analizar la prueba de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilk ya que son menos de 50 datos y obtener un p-valor en las variables mayor a 0.05, se puede afirmar que los datos son normales. Por lo tanto, se deben aplicar métodos paramétricos para calcular la ecuación.

**Tabla 49:** Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7 x 8”

*Estadísticos descriptivos<sup>a</sup>*

	Media <sup>b</sup>	Raíz de la media cuadrática	N
Desgaste	31,5500	32,03732	12
Horas	2234,0000	2636,09712	12
Toneladas	36480,4167	39011,92924	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

b. Se imprime la media observada

Elaboración propia

Al analizar los estadísticos del molino 7 x 8”, se obtuvo que el promedio del desgaste fue de 31.5500 mm, mientras que el promedio de horas trabajadas fue de 2234.00 y el promedio de toneladas procesadas fue de 36480.4167.

**Tabla 50:** Resumen del modelo del molino 7 x 8”

*Resumen del modelo<sup>c,d</sup>*

Modelo	R	R cuadrado <sup>b</sup>	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,948 <sup>a</sup>	,899	,879	11,13463	,899	44,672	2	10	,000

a. Predictores: Toneladas, Horas

c. Variable dependiente: Desgaste

d. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

Se obtuvo  $R^2$  ajustado con un valor de 0.879, lo que significa que el modelo predice el 87%, lo que lo hace un buen modelo para proyectar el desgaste en los forros, haciéndolo significativo ya que se obtuvo un p-valor menor a 0.05

**Tabla 51:** ANOVA del modelo del molino 7x8''

*ANOVA<sup>a,b</sup>*

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	11076,879	2	5538,440	44,672	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	1239,801	10	123,980		
	Total	12316,680 <sup>d</sup>	12			

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

c. Predictores: Toneladas, Horas

Elaboración propia

Al analizar los valores obtenidos en el ANOVA el p-valor es menor 0.05, lo que hace que el modelo sea significativo y aporte una buena proyección en las variables

**Tabla 52:** Coeficientes del modelo del molino 7x8''

*Coeficientes<sup>a,b</sup>*

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		95.0% intervalo de confianza para B	
		B	Desv. Error	Beta	t	Límite inferior	Límite superior
1	Horas	,036	,002	,487	3,498	,002	,010
	Toneladas	,018	,000	,544	3,912	,000	,001

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

El modelo que predecirá el desgaste en el molino 5x6'' queda de la siguiente forma:

$$Y (\text{Desgaste}) = \text{Horas} * 0.036 + \text{Toneladas} * 0.018$$

#### 4.2.1.7. Prueba de normalidad Molino de bolas 7 x 12”

**Tabla 53:** Prueba de normalidad de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7 x 12”

*Pruebas de normalidad*

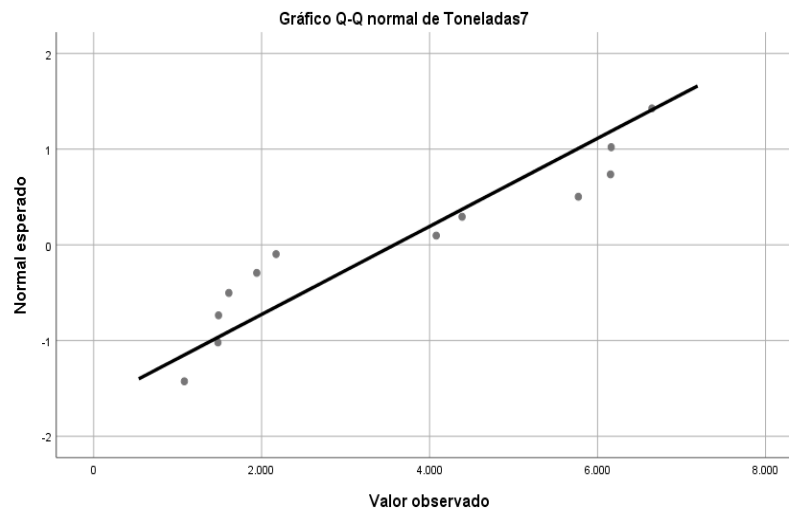
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Horas	,153	12	,200*	,950	12	,631
Toneladas	,242	12	,052	,849	12	,076
Desgaste	,098	12	,200*	,971	12	,921

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

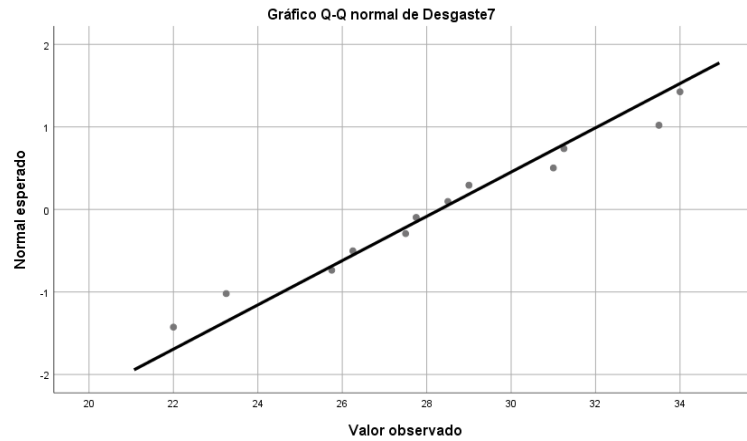
Elaboración propia

**Figura 49:** Normalidad de la variable tonelada en el molino 7 x 12”



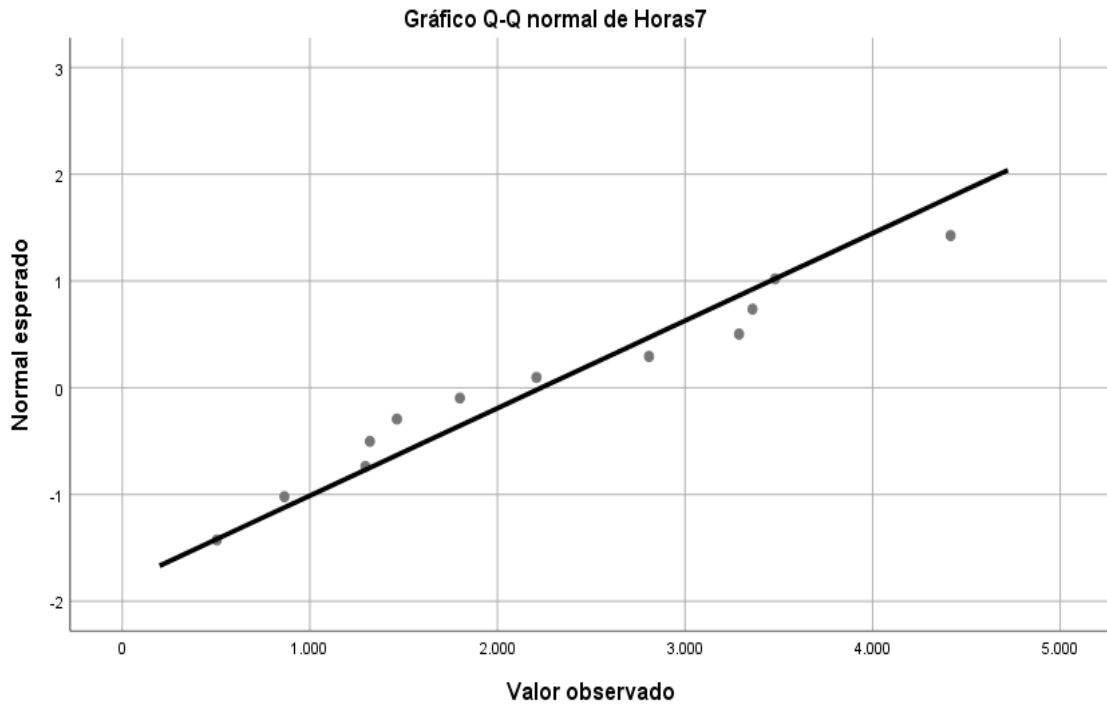
Elaboración propia

**Figura 50:** Normalidad de la variable desgaste en el molino 7 x 12”



Elaboración propia

**Figura 51:** Normalidad de la variable horas en el molino 7 x 12”



Elaboración propia

Al analizar la prueba de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilk ya que son menos de 50 datos y obtener un p-valor en las variables mayor a 0.05, se puede afirmar que los datos son normales. Por lo tanto, se deben aplicar métodos paramétricos para calcular la ecuación.

**Tabla 54:** Estadísticos descriptivos de las variables: desgaste de los forros, horas y toneladas tratado en el molino 7 x 12”

*Estadísticos descriptivos*

	Media <sup>b</sup>	Raíz de la media cuadrática	N
Desgaste	28,3125	28,53662	12
Horas	2234,0000	2521,20923	12
Toneladas	3580,9167	4141,87998	12

a. Los coeficientes se han calculado a través del origen.

b. Se imprime la media observada

Elaboración propia

Al analizar los estadísticos del molino 7 x 12”, se obtuvo que el promedio del desgaste fue de 28.3125 mm, mientras que el promedio de horas trabajadas fue de 2234.00 y el promedio de toneladas procesadas fue de 3580.9167.

**Tabla 55:** Resumen del modelo del molino 7 x 12”

*Resumen del modelo<sup>c,d</sup>*

Modelo	R	R cuadrado <sup>b</sup>	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,956 <sup>a</sup>	,914	,897	9,16742	,914	53,138	2	10	,000

a. Predictores: Toneladas7, Horas7

b. Para la regresión a través del origen (el modelo sin intersección), R cuadrado mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente sobre el origen explicado por la regresión. Esto NO SE PUEDE comparar con el R cuadrado para los modelos que incluyen intersección.

c. Variable dependiente: Desgaste7

d. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

Se obtuvo  $R^2$  ajustado con un valor de 0.897, lo que significa que el modelo predice el 89%, lo que lo hace un buen modelo para proyectar el desgaste en los forros, haciéndolo significativo ya que se obtuvo un p-valor menor a 0.05



**Tabla 56:** ANOVA del modelo del molino 7x 12”

*ANOVA<sup>a,b</sup>*

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	8931,646	2	4465,823	53,138	,000 <sup>c</sup>
	Residuo	840,416	10	84,042		
	Total	9772,063	12			

a. Variable dependiente: Desgaste

b. Regresión lineal a través del origen

b. Predictores: Toneladas, Horas

Elaboración propia

Al analizar los valores obtenidos en el ANOVA el p-valor es menor 0.05, lo que hace que el modelo sea significativo y aporte una buena proyección en las variables

**Tabla 57:** Coeficientes del modelo del molino 7x12

*Coeficientes<sup>a,b</sup>*

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		95.0% intervalo de confianza para B		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.	Límite inferior	Límite superior
1	Horas	,005	,001	,485	4,056	,002	,002	,008
	Toneladas	,004	,001	,573	4,799	,001	,002	,006

a. Variable dependiente: Desgaste

c. Regresión lineal a través del origen

Elaboración propia

El modelo que predecirá el desgaste en el molino 7126” queda de la siguiente forma:

$$Y (\text{Desgaste}) = \text{Horas} * 0.005 + \text{Toneladas} * 0.004$$



## **Hipótesis específica 2**

Las clases de material empleado en la fabricación influye en el desgaste de forros en molinos de bolas en la unidad minera San Rafael – Minsur

Las aleaciones ferrosas han sido el principal material de revestimiento en molinos de bolas.

Se puede seleccionar una composición o tipo adecuado para cumplir con los requisitos de casi cualquier condición de molienda, con la posible excepción de ciertos molinos, se debe evitar el producto molido por hierro o revestimientos. Donde la contaminación de los elementos de aleación en los aceros y el hierro, actualmente utilizados en revestimientos de molinos puede clasificarse en seis familias

FAMILIA Nro. 1 - Hierro blanco alto en cromo

Dichas aleaciones tienen una microestructura de carburos de cromo eutécticos discontinuos del tipo  $M_7C_3$  con dureza de 1200/1600 vickers en una matriz de martensita y/o austenita con carburo secundario pequeño, globular y disperso.

Debido a que la fase continua es martensita o austenita en lugar de carburo (que es dura y frágil), estas aleaciones presentan una resistencia al impacto razonable a pesar de su dureza.

En general, esta es la aleación de la familia más utilizada para revestimientos de fresado, ya que no se utilizan solo en casos donde el requisito de impacto no lo permite.

FAMILIA Nro. 2 - Cr Y Ni hierro blanco.

Estas aleaciones tienen una microestructura similar a la familia 1, pero los carburos son predominantemente del tipo  $M_3C$ , con dureza de 800/1000 vickers y están: en fase continua. Por lo tanto, estas aleaciones tienen menor resistencia tanto al impacto como a la abrasión que la familia 1. Además, al tener un alto contenido en níquel también son más caras que la familia 1.



### FAMILIA Nro. 3 - acero martensítico alto en cromo

Son aleaciones con pequeños carburos globulares dispersos en una matriz martensítica.

Son muy similares al acero para herramientas y son menos resistentes a la abrasión que las aleaciones de la familia 1, pero son muy resistentes al impacto, lo que las hace indicadas para revestimientos de cabezales Rod Mil de tamaño Larue.

Debido a que el costo de producción es bastante alto, los usa principalmente cuando la demanda de impacto es muy alta. Liga con la familia 1 aleaciones y cuando la condición de abrasión es demasiado severa para las aleaciones de la familia 4.

### FAMILIA Nro. 4 - acero martensítico Cr-Mo de alto carbono

Son aleaciones microestructurales martensíticas que presentan buena resistencia al impacto ya la abrasión moderada.

Son la alternativa más económica para las aleaciones de la familia 3 y se recomiendan para condiciones de abrasión.

### FAMILIA Nro. 5 - acero perlítico Cr-Mo de alto carbono

Son aleaciones microestructurales perlíticas más resistentes al impacto que la familia 4, pero presentan menor resistencia a la abrasión.

### FAMILIA Nro. 6 - Acero austenítico al manganeso

El acero austenítico al 12 % de manganeso fue probablemente el material de revestimiento más popular utilizado durante los años en que los molinos de bolas y de barras se generalizaron por primera vez.

Este grado de acero combina una resistencia a la abrasión moderadamente buena con una excelente tenacidad y resistencia al impacto. La superficie de desgaste del acero tiende a endurecerse por trabajo hasta un máximo de alrededor de 500 BHN cuando se expone al impacto repetido de los medios de molienda. Este efecto de endurecimiento por trabajo va acompañado de cierto flujo plástico y expansión del volumen del metal,

que producen desgaste o tensiones internas elevadas en las piezas fundidas del revestimiento. Esto, a su vez, puede causar grandes tensiones y, en ocasiones, la rotura del perno de revestimiento. También las placas de revestimiento estrechamente ajustadas se han expandido en algunas ocasiones lo suficiente en servicio como para sobrecargar y agrietar la carcasa del molino.

Los resultados de la prueba de desgaste con probetas compactadas a diferentes presiones se muestran. Aunque a menor presión de compactación hay mayor pérdida en peso, no existe una gran diferencia en el desgaste.

A continuación, se detalla especificaciones físico químicas de forros usados en los molinos de bolas.

**Tabla 58:** Propiedad de forros de acero

<b>Nombre</b>	AMC-28			
<b>Categoría de material</b>	Acero al cromo molibdeno			
<b>Normas relacionadas</b>	ASTM A148			
<b>Materiales equivalentes</b>	ASTM A 148 GR. 160-150			
	Resistencia a la tracción mín. (ksi)	Punto de fluencia (ksi)	Dureza (B.H.N.)	
<b>PROPIEDADES FISICAS</b>	160	150	380-480	
	<b>ELEMENTRO</b>	<b>SIMBOLO</b>	<b>Porcentaje(%)</b>	
<b>COMPOSICION QUIMICA</b>	Carbono	C	0.6	0.75
	Silicio	Si	0.3	0.7
	Manganeso	Mn	1.2	1.6
	Cromo	Cr	2.2	2.7
	Níquel	Ni	-	-
	Molibdeno	Mo	0.45	0.55
	Vanadio	V	-	-
	Fosforo	P	0.05	0.05
	Azufre	S	0.05	0.05
	Cobre	Cu	-	-
	Aluminio	Al	0.03	0.08
	Estaño	Sn	-	-
	Otros			
<b>RECOMENDACIONES PARA EL USO</b>				
<b>Comportamiento Frente Al Calor</b>		El Oxidación Puede Producir Grietas		



Resistencia A La Rotura Por Golpes	Regular / Frágil
Maquinabilidad	Difícil

Fuente: (Propiedades fabricante Comesa)



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERO:** Se llega comprender el comportamiento de los forros en cada uno de los molinos en las diferentes secciones en la sección de jigs y molienda se cuenta dos molinos de 8 x 8", en la sección mesas y remolienda se cuenta con molinos de 5 x 10", 7 x 8" y 7 x 12", en la sección de filtrado y flotación ultra finos se cuenta con molino de 5 x 6", 4 x 4" respectivamente, para lo cual se determinó un modelo matemático a través de métodos estadísticos multivariantes con el cálculo de la normalidad de los datos con la finalidad de no afectar la producción de la empresa minera.

**SEGUNDO:** De acuerdo con las propiedades químicas de los materiales empleado en la fabricación de los forros de los molinos de bolas de la empresa proveedora y con las características de dureza de 380-480 B.H.N. el material usado es uno de los más recomendable es continuar usando el acero martensítico al Cromo molibdeno de alto carbono los cuales tienen resistencia al impacto y la abrasión.



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERO:** Se recomienda seguir investigando de manera más profunda y buscar otros métodos matemáticos para poder predecir el tiempo de desgaste de los forros, de la misma manera utilizar otras tecnologías de medición con mayor precisión y de tal forma obtener datos más confiables e integrar más variables para su mayor análisis

**SEGUNDO:** Se recomienda analizar el material del proceso para determinar propiedades de abrasión y de la misma forma también se recomienda usar otro material como prueba con otras aleaciones que contengan en su matriz carburo de cromo y cementita lo cual les hace mayor resisten al impacto y al desgaste abrasivo.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmadzadeh, F., & Lundberg, J. (2013). Remaining useful life prediction of grinding mill liners using an artificial neural network. (M. Engineer, Ed.) *Minerals Engineering* 53, 1-8.
- Alcántara Valladares, J. R. (2008). *Diseño Práctico de un Molino de Bolas*. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Arratia Henríquez, M. (2006). *Modelo matemático para la estimación de la Vida útil de revestimientos en molinos Semiautógenos*. Santiago: Universidad Austral de Chile.
- Babbie, E. (2014). *Fundamento de la Investigación Social*. México: International Thomsom editores.
- Carbusystem. (2021). *Molino de Bolas*. Obtenido de <https://carbosystem.com/como-funciona-un-molino-de-bolas/>
- Cromtek, & Ciencia Analítica tecnológica. (2021). *Molinos de Bolas*. Obtenido de <https://www.cromtek.cl/2021/01/13/usos-y-aplicaciones-de-un-molino-de-bolas/>
- Cuadra, P. (2017). *Molienda*. Obtenido de [https://www.codelcoeduca.cl/procesos\\_productivos/escolares\\_chancado\\_y\\_molienda.a](https://www.codelcoeduca.cl/procesos_productivos/escolares_chancado_y_molienda.a)
- Czichos, H. (1978). *A systems analysis data sheet for friction and wear tests and an outline for simulative testing*.
- David. (2016). *Diseño de Molinos de Bolas y de barras*. Obtenido de : <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/diseño-de-molinos-de-bolas-y-de-barras/>





- David. (2021). *Capacidad de Molino de Bolas uso y funcionalidad*. Obtenido de <https://www.911metallurgist.com/metalurgia/molino-a-bolas/>
- EF, C. (2021). *Rubber linings for ball mills: New designs and production technologies*. Ucrania: Mekhanobr. doi:10.17580/gzh.2021.11.05
- Facsol. (2021). *Molino de bolas*. Obtenido de <https://facsol.com.pe/molino-de-bolas/>
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2018). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico: Mc Graw Hill.
- Husni , Usman; Syarizal , Fonna; Sulaiman , Thalib;. (2021). A review on current mill liner design and performance. *ICECME*, 931(11). doi:10.1088/1757-899X/931/1/012016
- J. D., Gates; M.S. , Dargusch; J.J. , Walsh; S.L. , Field; M.J.P. , Hermandb; B.G. , Delaup; J.R. , Saad. (2008). Effect of abrasive mineral on alloy performance in the ball mill abrasion test. *ElServier*(265), 865-870. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043164808000203>
- M.S. , Powell; N.S. , Weerasekara; S. , Cole; R.D. , LaRoche; J. , Favier;. (1 de Febrero de 2011). DEM modelling of liner evolution and its influence on grinding rate in ball mills. *ElSevier*, 341-351.
- Ministerio de energía y minas . (2021). *Ministerio de energía y minas* . Obtenido de Ministerio de energía y minas: [https://www.minem.gob.pe/\\_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu=sub149&idCateg=159#:~:text=Destacados%20de%20la%20Industria%20Minera,de%20dep%C3%B3sitos%20minerales%20del%20mundo.](https://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=1&idTitular=159&idMenu=sub149&idCateg=159#:~:text=Destacados%20de%20la%20Industria%20Minera,de%20dep%C3%B3sitos%20minerales%20del%20mundo.)
- Ngonidzashe, C., & Marray M., B. (12 de Noviembre de 2020). Exploring the end-liner forces using DEM software. (R. C. Institute of the Development of Energy for



- African Sustainability (IDEAS), Ed.) *Minerals*, 10, 1-12.  
doi:10.3390/min10121047
- Nicomedes Teodoro, E. N. (2018). Tipos de Investigacion. *Universidad Santo Domingo de Guzman*, 4. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- Noriega Ríos, A. (2013). *Resistencia al desgaste abrasivo de recargues duros fabricados con electrodos con 5% de FeTi y contenido variable de FeV*. Pontificia universidad Católica del Perú. Lima: Tesis Ingenieria Mecanica PUCP.
- Peng, Y., Yin, Z., Zhu, Z., Ni, X., Zou, S., & Chen, G. (2020). Experimental Study on Multibody Friction and Wear Properties of Liner in Ball Mills. (T. Transactions, Ed., & J. K. • School of Mechatronic Engineering, Trad.) 1-10.  
doi:10.1080/10402004.2020.1831120
- Rodríguez Hernández, J. (2014). *Desgaste erosivo en cajas de corazones usadas en la industria automotriz*. San Nicolás de los Garza: Universidad Autónoma de Nueva Leon.
- Rodríguez Mancha, J. (2018). *Planeamiento y control de equipos críticos en planta concentradora Unidad Minera San Rafael – MINSUR S.A*. Puno: Universidad Nacional Del Altiplano - Puno.
- Santos, E., Yanque D., J., Rojas L., O., & Rosales U., V. (2001). Acerca del ensayo de dureza. *Industrila Data*, 73-80.
- Tovar Gutiérrez, F. A. (2007). *Análisis de criticidad y formulación de un plan de mantenimiento rutinario para los molinos de bolas*. Venezuela: Universidad Simón Bolívar.
- Treviño Acevedo, A. M. (2004). *Desarrollo de una Metodología para Pruebas de Erosión*. México: Universidad Autonoma de Nueva leon.



Unidad Minera San Rafael. (2018).

Wu, W., Che, H., & Hao, Q. (2020). *Research on non-uniform wear of liner in sag mill*


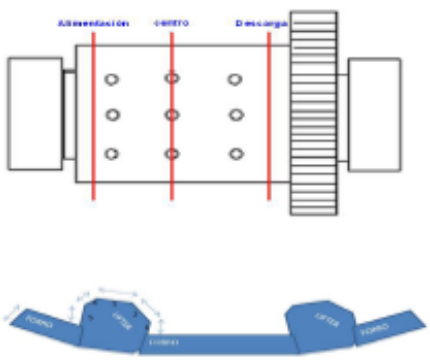
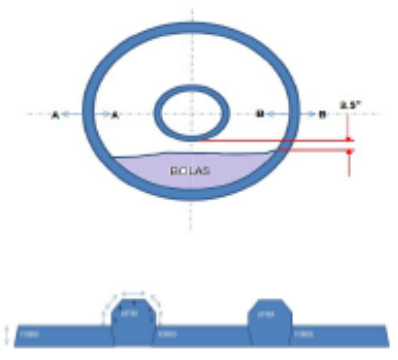
(Artículo Journal ed.). (C. S. • College of Mechanical and Electrical

Engineering, Ed.) doi:10.3390/pr8121543



## ANEXOS

### Anexo A: Check list medición de forros molino

DIVISIÓN MINERA BRECA							
				REGISTRO: CHECK LIST MEDICION DE FORROS MOLINOS			
				Codigo: F-SR-MTO-07		Version: V-01	
Tipo de Documento: Reporte Operacional				Página: 1 de 1			
Macro Proceso: Procesos Operativos				Proceso: Planta Concentradora			
Instrumento de Medición:							
INSPECCIONADO POR:				FECHA:			
INSPECCIONADO POR:				FECHA:			
MOLINO							
MEDICION DE CILINDRO - MOLINO				MEDICION DE TAPA - MOLINO			
TIPO DE MATERIAL DEL FORRO				TIPO DE MATERIAL DEL FORRO			
							
ESPOSOR NOMINAL			MM	ESPOSOR NOMINAL			MM
ITEM	ALIMENTACION	CENTRO	DESCARGA	MM	ITEM	ALIMENTO	DESCARGA
MEDICION 1				MM	MEDICION 1		
MEDICION 2				MM	MEDICION 2		
MEDICION 3				MM	MEDICION 3		
MEDICION 4				MM	MEDICION 4		
OBSERVACIONES				OBSERVACIONES			

Supervisor

Ingeniero Supervisor

**Anexo B:** Especificaciones técnicas del molino de bolas 8 x 8 A

INFORMACIÓN	Denominación	8' x 8' A
Datos Generales	Marca	Comesa
	Tipo	De bolas
	Tamaño	8'Ø x 8' longitud
	Modelo	Horizontal
	Potencia – HP	300
Motor eléctrico	Marca	General electric
	Modelo	5M8208AR301
	Serie	280045
	Potencia – HP	300
	Peso – kg	
	RPM	1180
	Frecuencia – Hz	60
	Nº Fases	3
	Voltaje	440
	Volt. secundario	507
	Amperaje	370
	Amp. Secundario	273
	Frame	8208S
	F.S.	1
	Rodamiento. D.E	6321/C3
Rodam. N-D.E.	6324/C3	
Lubricación	Grasa Nº 2	
Reductor	Marca	Comesa
	Modelo	EP-470-A - Ejes paralelos
	Serie	
	RPM Entrada	1180
	Nº Dientes	22
	Gear Mesh	25960
	RPM Salida	212
	Nº Dientes	130
	Ratio	5.585 / 1
	F.S.	1.5
	Lubr. Recomendado.	Meropa 150
Cantidad	56 lts	
Contraeje	Eje NP	
	Chumaceras	
	Rodamientos	23034
	Velocidad rpm	
Acoplamiento M-R	Marca	FALK



	Tipo	Rejilla steelflex
	Modelo	1110T
Acoplamiento R-C	Marca	FALK
	Tipo	Rejilla steelflex
	Modelo	1140T
Piñón	Tipo	Helicoidal
	RPM	198
	N° Dientes	17
Catalina	Gear Mesh	3366
	Tipo	Helicoidal
	RPM	19
	N° Dientes	172

**Anexo C:** Especificaciones técnicas del molino de bolas 8 x 8 B

INFORMACIÓN	Denominación	8' x 8' B
Datos Generales	Marca	Comesa
	Tipo	De Bolas
	Tamaño	8'Ø x 8'
	Modelo	Horizontal
	Potencia – HP	300
Motor eléctrico	Marca	General electric
	Modelo	5M8208AR301
	Serie	280045
	Potencia – HP	300
	Peso – kg	
	RPM	1180
	Frecuencia - Hz	60
	N° Fases	3
	Voltaje	440
	Volt. secundario.	507
	Amperaje	370
	Amp. Secundario.	273
	Frame	8208S
	F.S.	1
	Rodamiento. D.E	6321/C3
Rodamiento. N-D.E.	6324/C3	
Lubricación	Grasa N° 2	
Reductor	Marca	COMESA
	Modelo	EP-470-A - Ejes paralelos
	Serie	



	RPM Entrada	1180
	N° Dientes	22
	Gear Mesh	25960
	RPM Salida	212
	N° Dientes	130
	Ratio	5.585 / 1
	F.S.	1.5
	Lubricante Recomendado	Meropa 150
	Cantidad	56 lts
Contraeje	Eje NP	
	Chumaceras	
	Rodamientos	23034
	Velocidad rpm	
Acoplamiento M-R	Marca	FALK
	Tipo	Rejilla steelflex
	Modelo	1110T
Acoplamiento R-C	Marca	FALK
	Tipo	Rejilla steelflex
	Modelo	1140T
Piñón	Tipo	Helicoidal
	RPM	198
	N° Dientes	17
Catalina	Gear Mesh	3366
	Tipo	Helicoidal
	RPM	19
	N° Dientes	172

**Anexo D:** Especificaciones técnicas del molino de bolas 7 x 12

INFORMACIÓN	Denominación	7' x 12'
Datos Generales	Marca	COMESA
	Tipo	De Bolas
	Tamaño	7'Ø x 12'
	Serie	221-94
Motor eléctrico	N° Identificación	
	Marca	ASEA
	Modelo	MAF 450L
	Serie	6226154
	Potencia – HP	335
	Peso – kg	2200



	RPM	1182
	Frecuencia – Hz	60
	N° Fases	3
	Voltaje	440
	Volt. secund.	567
	Amperaje	406
	Amp. Secund.	267
	Frame	450L
	Tmáx - °C	
	Rodam. D.E	6314
	Rodam. N-D.E.	6320
	Reductor	Marca
Modelo		405A2-CR
Serie		12-066801-01
RPM Entrada		1170
N° Dientes		22/41
Gear Mesh		26004
RPM Salida		209.3
N° Dientes		14/42
Ratio		5.591
F.S.		2.31
Lubr. Recom.		Meropa 150
Cantidad		8 GALS
Contraeje	Eje NP	1116-201
	Chumaceras	Chumacera Doble
	Rodamientos	
	Velocidad rpm	199.69
Acoplamiento M-R	Marca	FALK
	Tipo	Rejilla Steelflex
	Modelo	1110T
Acoplamiento R-C	Marca	FALK
	Tipo	Rejilla Steelflex
	Modelo	1140T
Piñón	Tipo	Helicoidal
	RPM	211
	N° Dientes	18
Catalina	Gear Mesh	3798
	Tipo	Helicoidal
	RPM	21
	N° Dientes	170



**Anexo E:** Especificaciones técnicas del molino de bolas 7 x 8

INFORMACIÓN	CÓDIGO ANTIGUO	7' x 8'
Datos Generales	Marca	COMESA
	Tipo	De bolas
	Tamaño	7' Ø x 8'
	Modelo	Horizontal
	Potencia – HP	350
Motor eléctrico	Marca	ASEA
	Modelo	MAK 355M
	Serie	7066024
	Potencia – HP	230KW
	Peso – kg	
	RPM	1775
	Frecuencia – Hz	60
	Nº Fases	3
	Voltaje	440
	Volt. secund.	
	Amperaje	387
	Amp. Secund.	
	Frame	
	F.S.	
	Rodam. D.E	
Rodam. N-D.E.		
Lubricación		
Reductor	Marca	COMESA
	Modelo	EP-470 - Ejes paralelos
	Serie	1004-065-94
	RPM Entrada	1175
	Nº Dientes	25
	Gear Mesh	44375
	RPM Salida	213.13
	Nº Dientes	126
	Ratio	5.04 / 1
	F.S.	1.5
	Lubr. Recom.	Meropa
	Cantidad	45 LTS
Contraeje	Eje NP	
	Chumaceras	
	Rodamientos	22228C/W33
	Velocidad rpm	
Acoplamiento M-R	Marca	FALK
	Tipo	Rejilla Steelflex



	Modelo	1110T
Acoplamiento R-C	Marca	FALK
	Tipo	Rejilla Steelflex
	Modelo	1140T
Piñón	Tipo	Helicoidal
	RPM	234
	N° Dientes	18
Catalina	Gear Mesh	4212
	Tipo	Helicoidal
	RPM	22
	N° Dientes	188

**Anexo F:** Especificaciones técnicas del molino de bolas 5 x 10

INFORMACIÓN	Denominación	5' x 10'
Datos Generales	Marca	DENVER
	Tipo	De bolas
	Tamaño	5'Ø x 10'
	Modelo	Horizontal
	Potencia – HP	167
Motor eléctrico	Marca	ASEA
	Modelo	MAK 315-S-90-6
	Serie	500901
	Potencia – HP	167
	Peso – kg	
	RPM	1170
	Frecuencia – Hz	60
	N° Fases	3
	Voltaje	440
	Volt. secund.	
	Amperaje	215
	Amp. Secund.	
	Frame	
	F.S.	
	Rodam. D.E	
Rodam. N-D.E.		
Lubricación		
Polea Conducida	Diámetro	59½"
	Nro de canchales	8
	Tipo	D
Polea motriz	Diámetro	
	Nro de canchales	5



	Tipo	V
Faja de transmisión	Tipo	D-270
Contraeje (C)	Rodamientos	22228CCKW33
	Velocidad rpm	
Piñón	Tipo	Paralelo
	RPM	241
	N° Dientes	17
Catalina	Gear Mesh	4097
	Tipo	Paralelo
	RPM	25
	N° Dientes	180

**Anexo G:** Especificaciones técnicas del molino de bolas 5 x 6

INFORMACIÓN	Denominación	5' x 6'
Datos Generales	Marca	COMESA
	Tipo	De Bolas
	Tamaño	5'Ø x 5'
	Modelo	Horizontal - 1180
	Potencia – HP	69
Motor eléctrico	Marca	ASEA
	Modelo	MAK 2505
	Serie	7036 – 026
	Potencia – HP	69
	Peso – kg	350
	RPM	1150
	Frecuencia – Hz	60
	N° Fases	3
	Voltaje	440
	Volt. secund.	450
	Amperaje	90
	Amp. Secund.	70
	Frame	
	F.S.	
	Rodam. D.E	
Rodam. N-D.E.		
Lubricación		
Polea Conducida	Diámetro	58"
	Nro de canchales	5
	Tipo	5v 2120
Polea motriz	Diámetro	11.76 "
	Nro de canchales	5



	Tipo	5v 2120
Faja de transmisión	Tipo	
Contraeje (C)	Rodamientos	22222
	Velocidad rpm	233
Piñón	Tipo	Paralelo
	RPM	238
	N° Dientes	15
Catalina	Gear Mesh	3570
	Tipo	Paralelo
	RPM	25
	N° Dientes	138

**Anexo H:** Especificaciones técnicas del molino de bolas 4 x 4

INFORMACIÓN	Denominación	4' x 4'
Datos Generales	Marca	COMESA
	Tipo	De Bolas
	Tamaño	4'Ø x 4'
	Modelo	Horizontal
	Potencia – HP	
Motor eléctrico	Marca	COMESA
	Modelo	
	Serie	15876
	Potencia – HP	60HP
	Peso – kg	
	RPM	1165
	Frecuencia – Hz	60
	N° Fases	3
	Voltaje	440
	Volt. secund.	76 <sup>a</sup>
	Amperaje	
	Amp. Secund.	
	Frame	
	F.S.	
	Rodam. D.E	
Rodam. N-D.E.		
Lubricación		
Polea Conducida	Diámetro	49"
	Nro de caneles	
	Tipo	
Polea motriz	Diámetro	11.58"
	Nro de caneles	



	Tipo	
Faja de transmisión	Tipo	
Contraeje (C)	Rodamientos	1318
	Velocidad rpm	
Piñón	Tipo	Paralelo
	RPM	274
	N° Dientes	14
Catalina	Gear Mesh	3836
	Tipo	Paralelo
	RPM	26.6
	N° Dientes	144



## Anexo I: Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2016



### Reporte de Medición de forros de molinos de planta concentradora

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molinos	Instrumento:	Check line TI-40N

#### Resumen de trabajos pendientes – Próxima parada de planta Abril y/o Mayo 2016

##### Molino 8x8 A

- Programar cambio de lifter de tapa lado alimentación, Parada planta abril y/o mayo 2016.
- Programar cambio de lifter de tapa lado descarga por pérdida de altura. Parada planta abril y/o mayo 2016.
- Presenta 1 forro con espesor de 21mm. programara su cambio en parada planta abril y/o mayo 2016.

##### Molino 8x8 B

- Lifter de tapa lado alimentación, Se recomienda giro de lifter a 180° próxima parada planta abril 2016.
- Se recomienda programar cambio de lifter de cilindro, puede trabajar 2 meses más, evaluar su cambio y tomar decisiones si se cambia en la parada planta abril y/o mayo 2016.

##### Molino 9.5x13

- Programar cambio de lifter cilindro.

##### Molino 7x12

- Ninguno.

##### Molino 7x8

- Se recomienda programar cambio de forro cilindro, se pronostica desgaste de forro cilindro para la parada de abril y/o mayo 2016 un estimado a 16 mm, según ratio de desgaste de forros al mes gasta 2 mm y puede trabajar 2 meses más (mayo y junio), evaluar su cambio y tomar decisiones si se cambia en la parada planta abril y/o mayo 2016.
- Programar cambio de lifter de tapa lado alimentación y descarga, parada planta abril 2016.

##### Molino 5x10

- Evaluar posibilidad de pedir forros con alma metálica para las tapas alimentación y descarga, los forros actuales se llenan de carga en la parte posterior y se inflan por ser muy espaciados al tener solo 6 lifter para sujetarlo.

##### Molino 5x6.

- Se recomienda cambio de forros de cilindro, se pronostica desgaste de forro cilindro para la parada de abril y/o mayo 2016 un estimado a 17mm, según ratio de desgaste de forros al mes gasta 2mm y puede trabajar 2 meses más (mayo y junio), evaluar su cambio y tomar decisiones se si cambio en la parada planta abril y/o mayo 2016.

##### Molino 4x4

- Ninguno

##### Molino Vertical.

- No se realizó trabajos en molino.

Técnico: Royder Flores / Willinton Pacori

Fecha: 11/04/2016

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	<b>Planta Concentradora</b>	Área:	<b>Molienda</b>
Equipo:	<b>Molino 4x4</b>	Instrumento:	<b>Medidor de Espesores</b>



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	43 mm
Lifter Tapa	--- mm

**Comentario:**  
En buenas condiciones

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	42 mm
Lifter	--- mm

**Comentario:**  
En buenas condiciones

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	27 mm
Forro cilindro lado centro	30 mm
Forro cilindro lado descarga	30 mm

**Comentario:**  
En buenas condiciones

#### Recomendaciones:

Ninguno

Técnico: **Royder Flores / Willinton Pacori**

Fecha: 11/04/2016

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	<b>Planta Concentradora</b>	Área:	<b>Molienda</b>
Equipo:	<b>Molino 5x6</b>	Instrumento:	<b>Medidor de Espesores</b>

		<b>FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN</b>	
		Forro Tapa	21 mm
		Lifter Tapa	60-60-60 mm
		<b>Comentario:</b> En buenas condiciones	

		<b>FORRO TAPA LADO DESCARGA</b>	
		Forro Tapa	24 mm
		Lifter	50-90-45 mm
		<b>Comentario:</b> En buenas condiciones	

		<b>FORRO CILINDRO (fucsa)</b>	
		Forro cilindro lado Aliment.	35 mm
		Forro cilindro lado centro	35 mm
		Forro cilindro lado descarga	35 mm
		<b>Comentario:</b> Se recomienda cambio de forros de cilindro en la parada planta de abril y/o mayo, espesor estimado 18mm, puede trabajar 2 meses más evaluara su cambio y tomar decisiones se si cambio en la parada planta abril y/o mayo 2016.	

**Recomendaciones:**

- Se recomienda cambio de forros de cilindro en la parada planta de abril y/o mayo, espesor estimado 18mm, puede trabajar 2 meses más evaluara su cambio y tomar decisiones se si cambio en la parada planta abril y/o mayo 2016

Técnico:	<b>Royder Flores / Willinton Pacori</b>	Fecha:	11/04/2016
----------	---	--------	------------



## Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	<b>Planta Concentradora</b>	Área:	<b>Molienda</b>
Equipo:	<b>Molino 7x8</b>	Instrumento:	<b>Medidor de Espesores</b>



Tapa lado Alimentación

28.03.2016



Tapa lado Descarga

28.03.2016



Forro Cilindro

28.03.2016

### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	35 mm
Lifter Tapa	25-50-95-26 mm

#### Comentario:

Programar cambio de lifter en la parada planta abril y/o mayo 2016

### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	34 mm
Lifter	25-50-100-20 mm

#### Comentario:

Programar cambio de lifter en la parada planta abril y/o mayo 2016.

### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	21 mm
Forro cilindro lado centro	19 mm
Forro cilindro lado descarga	19 mm

#### Comentario:

Se recomienda programar cambio de forro cilindro, se pronostica desgaste de forro cilindro para la parada de abril y/o mayo 2016 a 16 mm, pudiendo trabajar 2 meses más, evaluar su cambio y tomar decisiones si se cambia en la parada planta abril y/o mayo 2016.

#### Recomendaciones:

1. Se recomienda programar cambio de forro cilindro, se pronostica desgaste de forro cilindro para la parada de abril y/o mayo 2016 a 16 mm, pudiendo trabajar 2 meses más, evaluar su cambio y tomar decisiones si se cambia en la parada planta abril y/o mayo 2016.
2. Programar cambio de lifter en parada planta abril y/o mayo 2016.

Técnico: Royder Flores / Willinton Pacori

Fecha: 11/04/2016

## Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	<b>Planta Concentradora</b>	Área:	<b>Molienda</b>
Equipo:	<b>Molino 7x12</b>	Instrumento:	<b>Medidor de Espesores</b>



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa Exterior	20 mm
Lifter Tapa Ext.	25-30-60-35-30 mm
Forro Tapa Interior	40 mm
Lifter Tapa Int.	25-50-85-35-20 mm

#### Comentario:

1. En buenas condiciones.

### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa Exterior	19 mm
Lifter Tapa Ext.	25-40-80-35-25 mm
Forro Tapa Interior	30 mm
Lifter Tapa Int.	25-50-70-50-25 mm

#### Comentario:

1. En buenas condiciones.

### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	40 mm
Forro cilindro lado centro	40 mm
Forro cilindro lado descarga	40 mm

#### Comentario:

1. Se cambió forros cilindros nuevos en la parada planta marzo2016.

#### Recomendaciones:

Ninguno

Técnico: **Royder Flores / Willinton Pacori**

Fecha: 11/04/2016

## Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 5x10	Instrumento:	Medidor de Espesores



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	38 mm
Lifter Tapa	55-35-80-45-25 mm

**Comentario:**  
Parte posterior de forros de tapa está llenando de carga.

### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	35 mm
Lifter Tapa	55-75-45-20 mm

**Comentario:**  
Parte posterior de forros de tapa está llenando de carga.

### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	45 mm
Forro cilindro lado centro	47 mm
Forro cilindro lado descarga	47 mm

**Comentario:**  
1. Forro cilindro, espesor inicial 55mm

### Recomendaciones:

Ninguna

Técnico: Royder Flores / Willinton Pacori

Fecha: 11/04/2016

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	<b>Planta Concentradora</b>	Área:	<b>Molienda</b>
Equipo:	<b>Molino 8x8 B</b>	Instrumento:	<b>Medidor de Espesores</b>

<b>FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN</b>	
Forro Tapa	39 mm
Lifter Tapa	45-110-30-45 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Lifter alimentación, Se recomienda giro de lifter a 180° próxima parada planta abril y/o mayo 2016.	

<b>FORRO TAPA LADO DESCARGA</b>	
Forro Tapa	40 mm
Lifter	45-35-75-45 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno	

<b>FORRO CILINDRO</b>	
Forro cilindro lado Aliment.	49 mm
Forro cilindro lado centro	48 mm
Forro cilindro lado descarga	48 mm
Lifter	45-110-35-30 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se recomienda programar cambio de juego de lifter parada de abril y/o mayo 2016.	

Técnico:	<b>Royder Flores / Willinton Pacori</b>	Fecha:	11/04/2016
----------	---	--------	------------



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

## Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	<b>Planta Concentradora</b>	Área:	<b>Molienda</b>
Equipo:	<b>Molino 8x8 A</b>	Instrumento:	<b>Medidor de Espesores</b>

<b>FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN</b>	
Forro Tapa- 50mm (nuevo)	42 mm
Lifter Tapa	40-30-80-30-50 mm
<b>Comentario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presenta 1 forro con espesor de 21mm. programara su cambio en parada planta abril y/o mayo 2016.</li> <li>2. Programar cambio de lifter de tapa lado alimentación, Parada planta abril y/o mayo 2016.</li> </ol>	

<b>FORRO TAPA LADO DESCARGA</b>	
Forro Tapa	33 mm
Lifter	65-80-60 mm
<b>Comentario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programar su cambio para la parada planta abril y/o mayo 2016., por perdida de altura.</li> </ol>	

<b>FORRO CILINDRO</b>	
Forro cilindro lado Aliment.	45 mm
Forro cilindro lado centro	44 mm
Forro cilindro lado descarga	45 mm
Lifter	--- mm
<b>Comentario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Forro cilindro, se instaló forros metálicos nuevos, espesor inicial 55mm.</li> </ol>	

Tapa lado Alimentación	
Tapa lado descarga	
Forro Cilindro	

Técnico:	<b>Royder Flores / Willinton Pacori</b>	Fecha:	11/04/2016
----------	---	--------	------------



## Anexo J: Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2017



### Reporte de Medición de forros de molinos de planta concentradora Parada Enero 2017

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molinos	Instrumento:	Check line TI-40N

#### Resumen de trabajos pendientes – Próxima parada de planta 2017

##### Molino 8x8 A

- Se recomienda cambio de forro muñón lado descarga por desgaste de helicoidales, en la próxima parada de planta.

##### Molino 8x8 B

- Forro de cilindro con 34mm de espesor, se estima que llegue a 25mm, se programara su cambio previa evaluación en próxima parada de Planta.

##### Molino 9.5x13

- Se recomienda cambio de forro de cilindro en la próxima parada de planta espesor actual 43mm se estima que llegue a 31mm.
- Programar cambio de lifter de cilindro.

##### Molino 7x12

- Ninguno

##### Molino 7x8

- Ninguno

##### Molino 5x10

- Forro de cilindro, se definirá su cambio previa evaluación próxima parada, se estima que llegue con 24 mm

##### Molino 5x6.

- Programar cambio de forro tapa lado alimentación
- Programar cambio de lifter tapa lado alimentación.
- Programar cambio de forro tapa lado descarga.
- Programar cambio de lifter tapa lado descarga
- Programar cambio de forro de cilindro.

##### Molino 4x4

- Ninguno

##### Molino Vertical.

- No se hizo nada en esta parada planta enero 2017.

Técnico: Jaime Espinoza / Royder Flores

Fecha: 20/01/2017

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 4x4	Instrumento:	Medidor de Espesores
Técnico:	Jaime Espinoza / Royder Flores	Fecha:	20/01/17



Tapa lado Alimentación

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	---	mm
Exterior	32	mm
Medio	25	mm
Interior	32	mm
Lifter Tapa	---	mm

#### Comentario:

En buenas condiciones



Tapa lado descarga

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	---	mm
Exterior	31	mm
Medio	40	mm
Interior	40	mm
Lifter	---	mm

#### Comentario:

En buenas condiciones



Forro Cilindro

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	33	mm
Forro cilindro lado centro	37	mm
Forro cilindro lado descarga	35	mm

#### Comentario:

1. Ninguno

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 5x6	Instrumento:	Medidor de Espesores
Técnico:	Jaime Espinoza / Royder Flores	Fecha:	20/01/17



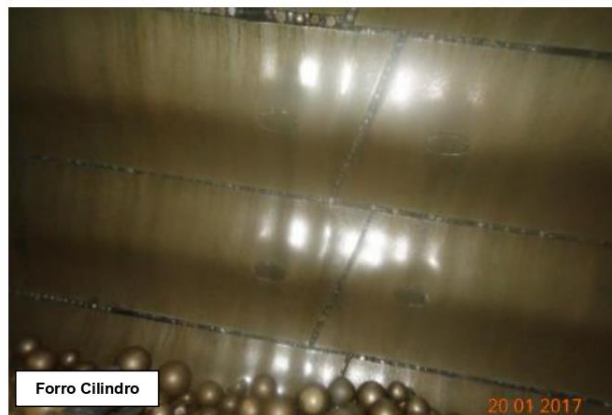
Tapa lado Alimentación

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa	16 mm
Lifter Tapa	70-40-55 mm
<b>Comentario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programar cambio de forro tapa lado alimentación</li> <li>2. Programar cambio de lifter tapa lado alimentación.</li> </ol>	



Tapa lado descarga

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa	16 mm
Lifter	70-50-45 mm
<b>Comentario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programar cambio de forro tapa lado descarga.</li> <li>2. Programar cambio de lifter tapa lado descarga.</li> </ol>	



Forro Cilindro

FORRO CILINDRO (fucsa)	
Forro cilindro lado Aliment.	22 mm
Forro cilindro lado centro	21 mm
Forro cilindro lado descarga	23 mm
<b>Comentario:</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Programar cambio de forro de cilindro.</li> </ol>	



### Reporte de Medición de forros de molino

<b>Ubicación:</b>	Planta Concentradora	<b>Área:</b>	Molienda
<b>Equipo:</b>	Molino 7x8	<b>Instrumento:</b>	Medidor de Espesores
<b>Técnico:</b>	Jaime Espinoza / Royder Flores	<b>Fecha:</b>	20/01/17



Tapa lado Alimentación

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa	34 mm
Lifter Tapa	25-55-85-45-30 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno	



Tapa lado Descarga

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa	33 mm
Lifter	25-55-85-40-40 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno	



Forro Cilindro

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	41 mm
Forro cilindro lado centro	41 mm
Forro cilindro lado descarga	41 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno.	

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 7x12	Instrumento:	Medidor de Espesores
Técnico:	Jaime Espinoza / Royder Flores	Fecha:	20/01/17



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa Exterior	21 mm
Lifter Tapa Ext.	25-90-20-30 mm
Forro Tapa Interior	33 mm
Lifter Tapa Int.	25-50-70-50-20 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno.	

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa Exterior	21 mm
Lifter Tapa Ext.	25-40-80-35-25 mm
Forro Tapa Interior	29 mm
Lifter Tapa Int.	25-50-70-60-15 mm
<b>Comentario:</b>	
2. Ninguno	

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	11 mm
Forro cilindro lado centro	12 mm
Forro cilindro lado descarga	16 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambiaron forros nuevos de cilindro.	

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 5x10	Instrumento:	Medidor de Espesores
Técnico:	Jaime Espinoza / Royder Flores	Fecha:	20/01/17



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	35 mm
Lifter Tapa	90--80-30-30 mm

#### Comentario:

Parte posterior de forros de tapa está llenando de carga e inflados.

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	34 mm
Lifter Tapa	75-90-35-30 mm

#### Comentario:

Parte posterior de forros de tapa está llenando de carga e inflados.

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	31 mm
Forro cilindro lado centro	31 mm
Forro cilindro lado descarga	33 mm

#### Comentario:

- Se definirá su cambio previa evaluación próxima parada, se estima que llegue con 24 mm

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 8x8 B	Instrumento:	Medidor de Espesores
Técnico:	Jaime Espinoza / Royder Flores	Fecha:	20/01/17



Tapa lado Alimentación

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa	38 mm
Lifter Tapa	70-40-80 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió lifter nuevo.	



Tapa lado descarga

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa	31 mm
Lifter	80-40-60 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió lifter nuevo.	
2. Se cambió forro muñón lado descarga.	



Forro Cilindro

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	34 mm
Forro cilindro lado centro	34 mm
Forro cilindro lado descarga	34 mm
Lifter	50-110-30-30 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió lifter de cilindro.	
2. Se programara su cambio previa evaluación en próxima parada.	

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 8x8 A	Instrumento:	Medidor de Espesores
Técnico:	Jaime Espinoza / Royder Flores	Fecha:	20/01/17



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa- 50mm (nuevo)	40 mm
Lifter Tapa	50-120-30-45 mm

#### Comentario:

1. Un forro presentaba espesor de 15 mm se comunicó para su cambio.

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	30 mm
Lifter	50-130-35-50 mm

#### Comentario:

1. Se recomienda programar cambio de forros muñón lado descarga por desgaste de helicoidales, próxima parada de planta.

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	42 mm
Forro cilindro lado centro	42 mm
Forro cilindro lado descarga	40 mm
Lifter	--- mm

#### Comentario:

1. Ninguno.



## Anexo K: Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2018



### Reporte de Medición de espesor de forros de molinos de planta concentradora Parada Enero 2018

Ubicación:	<b>Planta Concentradora</b>	Área:	<b>Molienda</b>
Equipo:	<b>Molinos</b>	Instrumento:	<b>Check line TI-40N</b>
<b>Resumen de trabajos pendientes – Próxima parada de Planta Mayo 2018</b>			
<b>Molino 8x8 A</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar cambio de lifter tapa lado alimentación.</li> <li>• Programar cambio de forro tapa lado descarga</li> <li>• Programar cambio de lifter tapa lado descarga.</li> </ul>			
<b>Molino 8x8 B</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>			
<b>Molino 9.5x13</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar cambio de lifter de cilindro.</li> <li>• Programar cambio de forro muñón de tapa lado descarga. (existe uno en almacén)</li> </ul>			
<b>Molino 5x10</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar cambio de lifter tapa lado alimentación.</li> <li>• Programar cambio de lifter tapa lado descarga.</li> </ul>			
<b>Molino 7x12</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tapa lado alimentación: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Cambio de forro tapa anillo exterior.</li> <li>* Giro de lifter de tapa anillo exterior.</li> <li>* Cambio de lifter de forro de tapa interior.</li> </ul> </li> <li>• Tapa lado descarga: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Cambio de forro tapa anillo exterior</li> <li>* Cambio de lifter de tapa anillo exterior.</li> </ul> </li> <li>• Cambio de forros de cilindro en parada planta enero 2018.</li> </ul>			
<b>Molino 7x8</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>			
<b>Molino 5x6.</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingresar a inspeccionar forros de cilindro para evaluar su desgaste y tomar acción.</li> <li>• Está programado cambio de forro muñón tapa lado descarga, no pudo ser extraído en parada setiembre 2017, se reprograma.</li> <li>• Presente diferencia en forro muñón lado descarga: <ul style="list-style-type: none"> <li>* Actual: 4 pernos de amarre de tromel.</li> <li>* Stand by: 2 pernos de amarre a tromel</li> </ul> </li> </ul>			
<b>Molino 4x4</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>			
Técnico: <b>Royder Flores / Jaime Espinoza</b>			Fecha: <b>27/01/2018</b>

### Reporte de Medición de forros de molino

<b>Ubicación:</b>	Planta Concentradora	<b>Área:</b>	Molienda
<b>Equipo:</b>	Molino 4x4	<b>Instrumento:</b>	Medidor de Espesores
<b>Técnico:</b>	Jaime Espinoza / Royder Flores	<b>Fecha:</b>	27/01/18



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	---	mm
Exterior	45	mm
Medio	45	mm
Interior	45	mm
Lifter Tapa	---	mm

#### Comentario:

1. Se cambió forro nuevo
2. Sale con 7mm

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	---	mm
Exterior	45	mm
Medio	45	mm
Interior	45	mm
Lifter	---	mm

#### Comentario:

1. Se cambió forro nuevo
2. Sale con 7mm

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	30	mm
Forro cilindro lado centro	29	mm
Forro cilindro lado descarga	30	mm

#### Comentario:

1. Ninguno

### Reporte de Medición de forros de molino

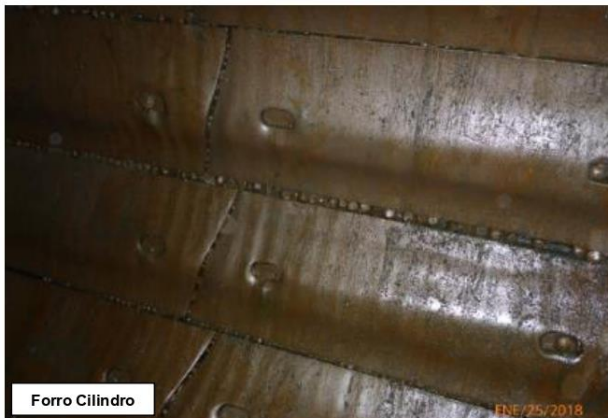
<b>Ubicación:</b>	Planta Concentradora	<b>Área:</b>	Molienda
<b>Equipo:</b>	Molino 5x6	<b>Instrumento:</b>	Medidor de Espesores
<b>Técnico:</b>	Jaime Espinoza / Royder Flores	<b>Fecha:</b>	27/01/18



Tapa lado Alimentación



Tapa lado Descarga



Forro Cilindro

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa	37 mm
Lifter Tapa	40-45-45-80-40 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno	

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa	33 mm
Lifter	30-45-80-30-35 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno.	

FORRO CILINDRO (fucsa)	
Forro cilindro lado Aliment.	21 mm
Forro cilindro lado centro	20 mm
Forro cilindro lado descarga	20 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Programar cambio de forro de cilindro en parada planta mayo 2018.	



### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 7x8	Instrumento:	Medidor de Espesores
Técnico:	Jaime Espinoza / Royder Flores	Fecha:	27/01/18



Tapa lado Alimentación

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa	32 mm
Lifter Tapa	20-50-85-40-30 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno.	



Tapa lado Descarga

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa	31 mm
Lifter	20-130-35-30 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno.	



Forro Cilindro

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	20 mm
Forro cilindro lado centro	21 mm
Forro cilindro lado descarga	17 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Forro de lateral de manhole se encontró con 8 mm solo un punto, se decide cambia forro de manhole para que proteja el forro.	
2. Programar cambio de forro del cilindro en parada planta mayo 2018	

### Reporte de Medición de forros de molino

<b>Ubicación:</b>	Planta Concentradora	<b>Área:</b>	Molienda
<b>Equipo:</b>	Molino 7x12	<b>Instrumento:</b>	Medidor de Espesores
<b>Técnico:</b>	Jaime Espinoza / Royder Flores	<b>Fecha:</b>	27/01/18



Tapa lado Alimentación

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa Exterior	50 mm
Lifter Tapa Ext.	mm
Forro Tapa Interior	50 mm
Lifter Tapa Int.	mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió forro de tapa y lifter completo.	



Tapa lado descarga

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa Exterior	50 mm
Lifter Tapa Ext.	mm
Forro Tapa Interior	50 mm
Lifter Tapa Int.	mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió forro de tapa y lifter completo.	



Forro Cilindro

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	40 mm
Forro cilindro lado centro	40 mm
Forro cilindro lado descarga	40 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió forro de cilindro.	
2. Forro sale con 3mm.	

### Reporte de Medición de forros de molino

<b>Ubicación:</b>	Planta Concentradora	<b>Área:</b>	Molienda
<b>Equipo:</b>	Molino 5x10	<b>Instrumento:</b>	Medidor de Espesores
<b>Técnico:</b>	Jaime Espinoza / Royder Flores	<b>Fecha:</b>	27/01/18



Tapa lado Alimentación

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	32 mm
Lifter Tapa	80-80-35-15 mm

#### Comentario:

1. Parte posterior de forros de tapa está llenando de carga e inflados dando mala lectura de medición.
2. Se cambió lifter nuevo



Tapa lado descarga

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	32 mm
Lifter Tapa	90-70-35-20 mm

#### Comentario:

1. Parte posterior de forros de tapa está llenando de carga e inflados dando mala lectura de medición.
2. Se cambió lifter nuevo



Forro Cilindro

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	42 mm
Forro cilindro lado centro	42 mm
Forro cilindro lado descarga	41 mm

#### Comentario:

1. Ninguno.

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 8x8 B	Instrumento:	Medidor de Espesores
Técnico:	Jaime Espinoza / Royder Flores	Fecha:	27/01/18



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	29 mm
Lifter Tapa	60-100-30-40 mm

**Comentario:**  
1. Ninguno.

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	20 mm
Lifter	40-60-70-30-45 mm

**Comentario:**  
1. Programar cambio de lifter en parada de planta mayo 2018.

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	25 mm
Forro cilindro lado centro	21 mm
Forro cilindro lado descarga	21 mm
Lifter	mm

**Comentario:**  
1. Programar cambio de forro de cilindro en parada de planta mayo 2018.  
2. Programar cambio de lifter en parada planta mayo 2018, ratio de desgaste de lifter es de 10 meses

### Reporte de Medición de forros de molino

<b>Ubicación:</b>	Planta Concentradora	<b>Área:</b>	Molienda
<b>Equipo:</b>	Molino 8x8 A	<b>Instrumento:</b>	Medidor de Espesores
<b>Técnico:</b>	Jaime Espinoza Quilca / Royder Flores	<b>Fecha:</b>	27/01/18



Tapa lado Alimentación

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa- 50mm (nuevo)	29 mm
Lifter Tapa	80-70-50 mm

#### Comentario:

1. Se comunicó que cambien 2 forros de tapa lado alimentación con espesor de 21mm.
2. Se cambió lifter nuevo



Tapa lado descarga

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	50 mm
Lifter	70-80-50 mm

#### Comentario:

1. Se cambiaron forros nuevos
2. Se cambió lifter nuevo
3. Forro sale con 17mm



Forro Cilindro

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	45 mm
Forro cilindro lado centro	44 mm
Forro cilindro lado descarga	45 mm
Lifter	--- mm

#### Comentario:

1. Ninguno



## Anexo L: Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2019



### Reporte de Medición de espesor de forros de molinos de planta concentradora Parada 28 al 30 Enero 2018

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molinos	Instrumento:	

Resumen de trabajos pendientes – Próxima parada de Planta 2019	
<b>Molino 8x8 A</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar cambio de lifter de tapa lado alimentación</li> <li>• Programar cambio de lifter de tapa lado descarga</li> </ul>
<b>Molino 8x8 B</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar cambio de lifter de tapa lado alimentación.</li> <li>• Programar cambio de lifter de cilindro.</li> </ul>
<b>Molino 9.5x13</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar cambio de forro de cilindro.</li> <li>• Programar cambio de Lifter.</li> </ul>
<b>Molino 5x10</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>
<b>Molino 7x12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar giro de lifter en 180° de anillo periférico exterior tapa lado alimentación.</li> <li>• Cambiar anillo central por no contar con base de sujeción de tapa lado alimentación.</li> <li>• Programar giro de lifter en 180° de anillo periférico exterior tapa lado descarga.</li> <li>• Programar cambio de forro de cilindro en la próxima parada de planta.</li> </ul>
<b>Molino 7x8</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ninguno</li> </ul>
<b>Molino 5x6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Giro de lifter próxima parada de planta tapa lado alimentación.</li> <li>• Giro de lifter próxima parada de planta tapa lado descarga.</li> <li>• Cambio forro de tapa lado descarga.</li> </ul>
<b>Molino 4x4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar cambio de forro muñón lado alimentación.</li> <li>• Programar cambio de forro tapa lado alimentación</li> <li>• Programar cambio de forro tapa lado descarga.</li> </ul>

Técnico: Jaime Espinoza Q. / Willinton Pacori	Fecha: 30 Enero 19
---	--------------------

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 4x4	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – W. Pacori	Fecha:	28 al 30 enero de 2019



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	31 mm
Exterior	34 mm
Medio	32 mm
Interior	31 mm
Lifter Tapa	--- mm

#### Comentario:

1. Programar cambio de forro muñón lado alimentación.
2. Programar cambio de forro tapa lado alimentación.

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	35 mm
Exterior	35 mm
Medio	40 mm
Interior	38 mm
Lifter	--- mm

#### Comentario:

1. Programar cambio de forro tapa lado descarga.

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	15 mm
Forro cilindro lado centro	15 mm
Forro cilindro lado descarga	15 mm

#### Comentario:

1. Se cambió forros nuevos (Comesa 40mm).

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 5x6	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – W. Pacori	Fecha:	28 al 30 enero de 2019



Tapa lado Alimentación

ENE/29/2019



Tapa lado Descarga

ENE/28/2019



Forro Cilindro

ENE/29/2019

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa	26 mm
Lifter Tapa	42-100-74 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Giro de lifter para la próxima parada de planta.	

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa	22 mm
Lifter	60-80-70-30-40 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Giro de lifter para la próxima parada de planta.	
2. Cambio forro de tapa lado descarga.	

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	19 mm
Forro cilindro lado centro	19 mm
Forro cilindro lado descarga	19 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió forros nuevos (Comesa 50mm)	



### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 7x8	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – W. Pacori	Fecha:	28 al 30 enero de 2019



Tapa lado Alimentación

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	30	mm
Lifter Tapa	20-130-35-25	mm

**Comentario:**  
1. Ninguno.



Tapa lado Descarga

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	30	mm
Lifter	25-125-20-30	mm

**Comentario:**  
1. Ninguno.



Forro Cilindro

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	20	mm
Forro cilindro lado centro	21	mm
Forro cilindro lado descarga	27	mm

**Comentario:**  
1. Se cambió forros nuevos (Comesa 38mm)

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 7x12	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – W. Pacori	Fecha:	28 al 30 enero de 2019



Tapa lado Alimentación

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa Exterior	38 mm
Lifter Tapa Ext.	25-35-60-30-28 mm
Forro Tapa Interior	40 mm
Lifter Tapa Int.	23-55-83-53-18 mm

**Comentario:**

1. Se encontró anillo periférico fuera de su posición no tiene base de sujeción, está fijado con clavos de acero.
2. Programar giro de lifter en 180° de anillo periférico exterior.
3. Cambiar anillo central por no contar con base de sujeción.



Tapa lado descarga

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa Exterior	36 mm
Lifter Tapa Ext.	134-75-27-30 mm
Forro Tapa Interior	39 mm
Lifter Tapa Int.	26-52-80-55-22 mm

**Comentario:**

1. Programar giro de lifter en 180° de anillo periférico exterior



Forro Cilindro

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	27 mm
Forro cilindro lado centro	28 mm
Forro cilindro lado descarga	30 mm

**Comentario:**

1. Programar cambio de forro de cilindro en la próxima parada de planta.

### Reporte de Medición de forros de molino

<b>Ubicación:</b>	Planta Concentradora	<b>Área:</b>	Molienda
<b>Equipo:</b>	Molino 5x10	<b>Instrumento:</b>	
<b>Técnico:</b>	J. Espinoza – W. Pacori	<b>Fecha:</b>	28 al 30 enero de 2019



Tapa lado Alimentación

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	10 mm
Lifter Tapa	50-50-100-50-20 mm

#### Comentario:

1. Se cambió forro de tapa entra con 35mm.
2. Se cambió lifter nuevo.



Tapa lado Descarga

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	10 mm
Lifter Tapa	50-50-185-20 mm

#### Comentario:

1. Se cambió forro de tapa entra con 35mm
2. Se cambió lifter nuevo.



Forro Cilindro

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	15 mm
Forro cilindro lado centro	15 mm
Forro cilindro lado descarga	16 mm

#### Comentario:

1. Se cambia forro nuevo (Comesa 50mm)

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 8x8 B	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – W. Pacori	Fecha:	28 al 30 enero de 2019



Tapa lado Alimentación

ENE/28/2019



Tapa lado descarga

ENE/28/2019



Forro Cilindro

ENE/28/2019

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	44 mm
Lifter Tapa	60-80-45-15 mm

#### Comentario:

1. Programar cambio de lifter de tapa lado alimentación.

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	47 mm
Lifter	60-40-70-40-50 mm

#### Comentario:

1. Ninguno

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	45 mm
Forro cilindro lado centro	40 mm
Forro cilindro lado descarga	45 mm
Lifter	Nuevo mm

#### Comentario:

1. Se cambió lifter nuevo.

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 8x8 A	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – W. Pacori	Fecha:	28 al 30 enero de 2019



Tapa lado Alimentación

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa	49 mm
Lifter Tapa	70-80-60 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Programar cambio de lifter tapa lado alimentación.	



Tapa lado descarga

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa	35 mm
Lifter	70-95-70 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Programar cambio de lifter de tapa lado descarga en próxima parada.	



Forro Cilindro

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	20 mm
Forro cilindro lado centro	20 mm
Forro cilindro lado descarga	21 mm
Lifter	--- mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambiaron forros nuevos COMESA entra con 52 mm.	



## Anexo M: Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2020



### Reporte de Medición de espesor de forros de molinos de planta concentradora Parada 11 Febrero 2020

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molinos	Instrumento:	

#### Resumen de trabajos pendientes – Próxima parada de Planta agosto 2020

##### Molino 8x8 A

- Ningún cambio en parada planta agosto 2020

##### Molino 8x8 B

- Programar cambio de Lifter tapa descarga en parada planta agosto 2020
- Programar Giro de lifter de tapa lado alimentación a 180° en parada planta agosto 2020.

##### Molino 9.5x13

- Programar cambio de Lifter, en agosto 2020, según ratio de desgaste es de 3.5mm por mes y una altura mínima es de 30 mm de cara superior de forro hacia la altura superior del lifter. (Duración estima de 6 meses).
- Programara cambio de forro cilindro del molino en parada planta agosto 2020.
- Programar cambio de forro tapa lado descarga y alimentación en parada planta agosto 2020 por desgaste de agujeros de fijación desgastados y pernos de fijación desgastado por recirculación de carga entre tapa y forro tapa del molino.
- Colocar caucho entre forro y forro para romper el flujo de recirculación de carga detrás de los forros de tapa, alimentación y descarga que origina el desgaste de pernos de fijación de los forros.
- Cambiar pernos de fijación de forro de forro trunnion lado alimentación, se colocaron pernos de menor diámetro en el arranque de planta en el mes de mayo 2020.

##### Molino 5x10

- Programara cambio de forro cilindro del molino en parada planta agosto 2020.
- Se observa hinchado los forros por carga acumulada detrás entre forro y tapa lado alimentación y descarga.

##### Molino 7x12

- Programar cambio de forros de cilindro en parada planta agosto 2020.

##### Molino 7x8

- Programar cambio de Lifter tapa alimentación en parada planta agosto 2020.
- Programar cambio de Lifter tapa descarga en parada planta agosto 2020.

##### Molino 5x6

- Ningún cambio en parada planta agosto 2020

##### Molino 4x4

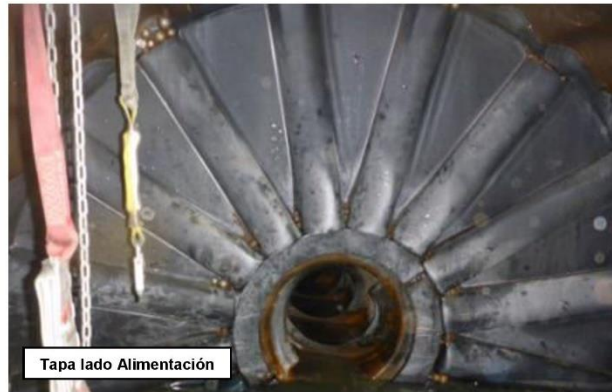
- Posible cambio de forros de cilindro, el cambio de forro no está condicionado por espesor crítico, está condicionado por desgaste de la loma del forro que sufre mayor desgaste, como resultado hay desgaste de cabeza de perno de fijación y se sueltan lo pernos de forro cilindro.

Técnico: Jaime Espinoza Quilca / Royder Flores Mamani

Fecha: 11 Febrero 2020

### Reporte de Medición de forros de molino

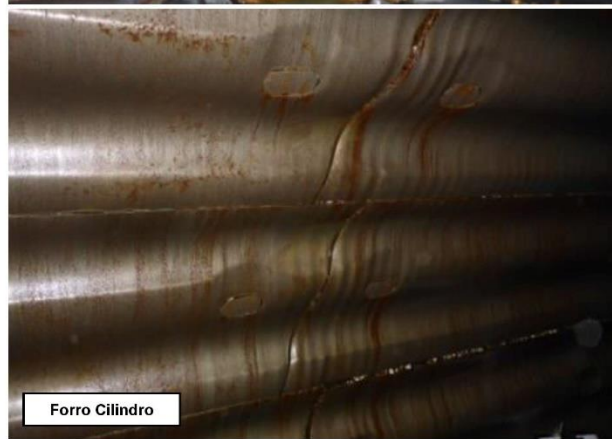
Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 7x8	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – R. Flores	Fecha:	11 Febrero de 2020



Tapa lado Alimentación



Tapa lado Descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	30	mm
Lifter Tapa	57 mm altura	mm

#### Comentario:

1. Programar cambio de Lifter en parada planta agosto 2020.

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	29	mm
Lifter Tapa	40 mm altura	mm

#### Comentario:

1. Programar cambio de Lifter en parada planta agosto 2020.

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	38 ( Nuevo)	mm
Forro cilindro lado centro	38 ( Nuevo)	mm
Forro cilindro lado descarga	38 ( Nuevo)	mm

#### Comentario:

1. Se cambió forros nuevos en parada planta febrero 2020 entra con un espesor de 38mm, sale con un espesor de 13 y 14mm.

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 4x4	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – R. Flores	Fecha:	11 Febrero de 2020



Tapa lado Alimentación



Tapa lado Descarga



Forro Cilindro

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN		
Forro Tapa	38	mm
Lifter Tapa	---	mm
<b>Comentario:</b>		
1. Ninguno		

FORRO TAPA LADO DESCARGA		
Forro Tapa	36	mm
Lifter Tapa	---	mm
<b>Comentario:</b>		
1. Ninguno		

FORRO CILINDRO		
Forro cilindro lado Aliment.	32	mm
Forro cilindro lado centro	30	mm
<b>Comentario:</b>		
1. Posible cambio de forros de cilindro, el cambio de forro no está condicionado por espesor crítico, está condicionado por desgaste de la loma del forro que sufre mayor desgaste, como resultado hay desgaste de cabeza de perno de fijación y se sueltan lo pernos de forro cilindro.		



### Reporte de Medición de forros de molino

<b>Ubicación:</b>	Planta Concentradora	<b>Área:</b>	Molienda
<b>Equipo:</b>	Molino 5x6	<b>Instrumento:</b>	
<b>Técnico:</b>	J. Espinoza – R. Flores	<b>Fecha:</b>	11 Febrero de 2020



Tapa lado Alimentación



Tapa lado Descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	37	mm
Lifter Tapa	73 mm altura	mm

**Comentario:**  
1. Ninguno

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	33	mm
Lifter Tapa	73 mm altura	mm

**Comentario:**  
1. Ninguno

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	50 ( Nuevo)	mm
Forro cilindro lado centro	50 ( Nuevo)	mm
Forro cilindro lado descarga	50 ( Nuevo)	mm

**Comentario:**  
1. Se cambió forros de cilindro nuevo en parada planta febrero 2020 con un espesor de 50mm, sale con 11, 12,15mm.

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 7x12	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – R. Flores	Fecha:	11 Febrero de 2020



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

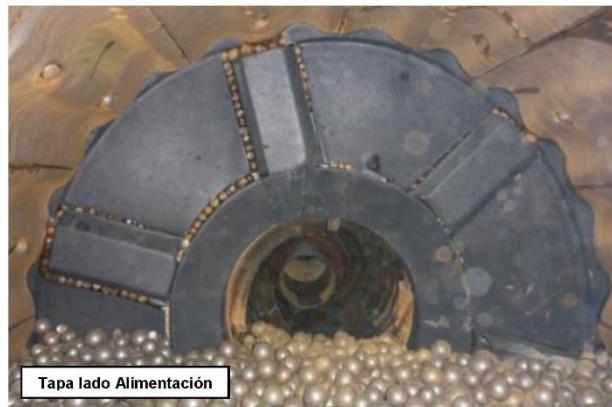
FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa Exterior	31 mm
Lifter Tapa Ext.	60 mm altura mm
Forro Tapa Interior	35 mm
Lifter Tapa Int.	70 mm altura mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno	

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa Exterior	28 mm
Lifter Tapa Ext.	60 mm altura mm
Forro Tapa Interior	37 mm
Lifter Tapa Int.	70 mm altura mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno	

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	22 mm
Forro cilindro lado centro	23 mm
Forro cilindro lado descarga	21 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Programar cambio de forros de cilindro en parada planta agosto 2020.	

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 5x10	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – R. Flores	Fecha:	11 Febrero de 2020



Tapa lado Alimentación



Tapa lado Descarga



Forro Cilindro

#### FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN

Forro Tapa	30	mm
Lifter Tapa	75 mm altura	mm

#### Comentario:

1. Se observa hinchado los forros por carga acumulada detrás de los forros de tapa.

#### FORRO TAPA LADO DESCARGA

Forro Tapa	28	mm
Lifter Tapa	75 mm altura	mm

#### Comentario:

1. Se observa hinchado los forros por carga acumulada detrás de los forros de tapa.

#### FORRO CILINDRO

Forro cilindro lado Aliment.	32	mm
Forro cilindro lado centro	34	mm
Forro cilindro lado descarga	34	mm

#### Comentario:

1. Programara cambio de forro cilindro del molino en parada planta agosto 2020.

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 9.5x13	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – R. Flores	Fecha:	11 Febrero de 2020



Tapa lado Alimentación



Tapa lado Descarga



Forro Cilindro

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa (Espesor crítico)	45 mm
Exterior	65 mm
Centro	55 mm
Interior	40 mm
Lifter Tapa	X Mm
Forro De Forro Muñón	27 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Programar cambio de forro tapa lado descarga y alimentación en parada planta agosto 2020 por desgaste de agujeros de fijación desgastados y pernos de fijación desgastado por recirculación de carga entre tapa y forro tapa del molino.	

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa (espesor crítico)	52 mm
Exterior	58 mm
Centro	58 mm
Interior	50 mm
Lifter Tapa	X mm
Forro Muñón	23 mm
<b>Comentario:</b>	
Programar cambio de forro tapa lado descarga y alimentación en parada planta agosto 2020.	

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	54 mm
Forro cilindro lado centro	57 mm
Forro cilindro lado descarga	54 mm
Lifter	----- mm
<b>Comentario:</b>	
1. Programar cambio de Lifter, en agosto 2020, según ratio de desgaste es de 3.5mm por mes y una altura mínima es de 30 mm de cara superior de forro hacia la altura superior del lifter. (Duración estima de 6 meses).	
2. Programara cambio de forro cilindro del molino en parada planta agosto 2020.	

### Reporte de Medición de forros de molino

Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 8x8 B	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – R. Flores	Fecha:	11 Febrero de 2020



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Forro Tapa	33 mm
Lifter Tapa	75 mm altura mm
<b>Comentario:</b>	
1. Programar Giro de lifter de tapa lado alimentación a 180°, próxima parada planta agosto 2020.	

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Forro Tapa	32 mm
Lifter	60 mm altura mm
<b>Comentario:</b>	
1. Programar cambio de lifter en próxima parada planta agosto 2020.	

FORRO CILINDRO	
Forro cilindro lado Aliment.	60 (nuevo) mm
Forro cilindro lado centro	60 (nuevo) mm
Forro cilindro lado descarga	60 (nuevo) mm
Lifter	30-70-100-50-35 mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió forros nuevos con 60mm, sale con 10mm con agujero, en parada planta 11 de febrero 2020.	
2. Se cambió Lifter nuevos con altura de 75 mm en parada planta febrero 2020.	

### Reporte de Medición de forros de molino

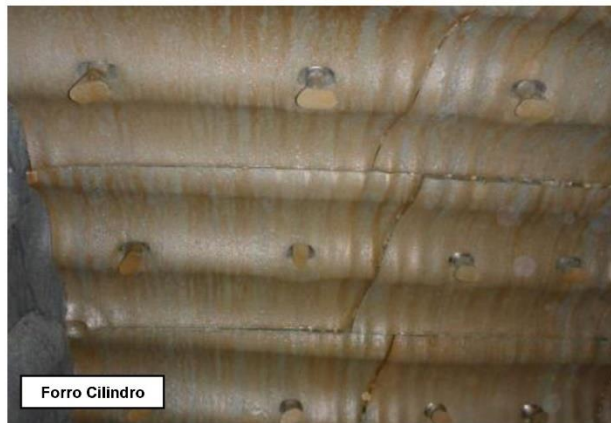
Ubicación:	Planta Concentradora	Área:	Molienda
Equipo:	Molino 8x8 A	Instrumento:	
Técnico:	J. Espinoza – R. Flores	Fecha:	11 Febrero de 2020



Tapa lado Alimentación



Tapa lado descarga



Forro Cilindro

FORRO TAPA LADO ALIMENTACIÓN	
Ferro Tapa	36 mm
Lifter Tapa	75 mm altura mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno.	

FORRO TAPA LADO DESCARGA	
Ferro Tapa	25 mm
Lifter	80 mm altura mm
<b>Comentario:</b>	
1. Ninguno.	

FORRO CILINDRO	
Ferro cilindro lado Aliment.	55 mm
Ferro cilindro lado centro	55 mm
Ferro cilindro lado descarga	55 mm
Lifter	--- mm
<b>Comentario:</b>	
1. Se cambió forros nuevos con 55mm, sale con 8,10 y12mm, en parada planta 11 de febrero 2020.	



## Anexo N: Informe de medición de espesores de forros de molinos de bolas 2020



R. N°: 1616

# INFORME TÉCNICO

[Inspección NDT integral de desgaste de componentes de Molinos]

Cliente: Minsur S.A.  
Para: Planeamiento  
Ubicación: Unidad Minera – San Rafael  
Fecha: Parada planta 08 al 10 de julio del 2019



**MINSUR S.A.**

10 de julio, 2019



PR-1616-2019



## 1. INTRODUCCIÓN

A solicitud del cliente MINSUR S.A. Se realizó la inspección de medición de espesores de liner y estructura de molinos, liner trunnion, bocina de trunnion, dichos componente se encontraron vacíos con residuos remanente de material en su interior.

Los componentes en inspección no han tenido una inspección previa, la medición de espesores se llevó a cabo durante la parada programada del 08 al 10 de julio del 2019, para la ejecución fueron bajo aprobación de Minsur.

- ✓ Cliente : MINSUR S.A.
- ✓ Lugar de Inspección : UNIDAD MINERA – SAN RAFAEL
- ✓ Empresa Inspectoradora : OVERALL SOLUTIONS S.A.C.
- ✓ Elemento Inspeccionado : Elementos de desgaste y estructura del Molinos

Ítem	Equipo	Descripción
1	Molino 8x8-A	Molino de bolas
2	Molino 9 1/2 X13	Molino de barras
3	Molino 8x8 -B	Molino de bolas
4	Molino 7x12	Molino de bolas
5	Molino 7x8	Molino de bolas
6	Molino Vertimill	Molino de bolas
7	Molino 5 x 10	Molino de bolas
8	Molino 5 x 6	Molino de bolas
9	Molino 4x4	Molino de bolas

## 2. OBJETIVO DE LA INSPECCION.

La presente evaluación tiene como objetivo determinar el espesor remanente de liner, estructura de molinos, liner trunnion, bocina de trunnion, recubrimiento interior, mediante la técnica de ultrasonido además de la integridad estructural de los molinos y bocina de trunnion, para la detección de discontinuidades internas producto del proceso de operación.

## 3. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS.

La forma de los componentes, en sus zonas de mayor desgaste posible, y las características de las discontinuidades esperadas determinan la aplicación de los siguientes métodos de ensayo:

### a. Inspección Visual (VT).

Detección de desgastes excesivos en superficie interna, así como la presencia de discontinuidades internas y externas tales como, picaduras por corrosión, deformaciones, abolladuras, desprendimiento de material, fisuras, etc., El procedimiento utilizado se encuentra de acuerdo con:

- B & PV ASME Code 2007 Sec. V, Art. 9 - Visual Testing.(referencial)

### b. Inspección por Ultrasonido (UT)

Medición y reporte de áreas más afectadas por desgaste utilizando la técnica de haz normal en vistas A-Scan, según requerimiento del cliente. El procedimiento utilizado se encuentra de acuerdo con:

- ASTM E797 - Standard Practices for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method.



#### 4. EQUIPOS Y MATERIALES.

- Equipo ultrasonido SIUI Smartor, Gel acoplante Sonatest.
- Flexometro.
- Trapo Industrial.
- Pie de Rey.
- Linterna.
- Cámara.

#### 5. FORMA DE INSPECCION:

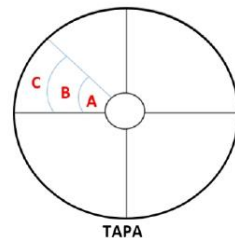
##### 5.1. LINER DE SHELL

Para la inspección de liners del Shell se tomó como muestras dos filas de liners distanciadas cada 180° una de la otra, comenzando desde primer anillo (anillo de alimentación) hacia el ultimo anillo (anillo de descarga), en cada liner se realiza la medición de espesor en Lifter (parte más alta) y placa (parte más baja).



##### 5.2. FORROS DE TAPAS

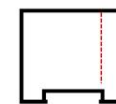
Para la inspección de forros en tapas de alimentación y descarga se tomó como muestras lifter y placa, tomando el sentido de medición desde la zona interior (Zona A) hacia la zona exterior (zona C)



TAPA  
ALIMENTACION - DESCARGA



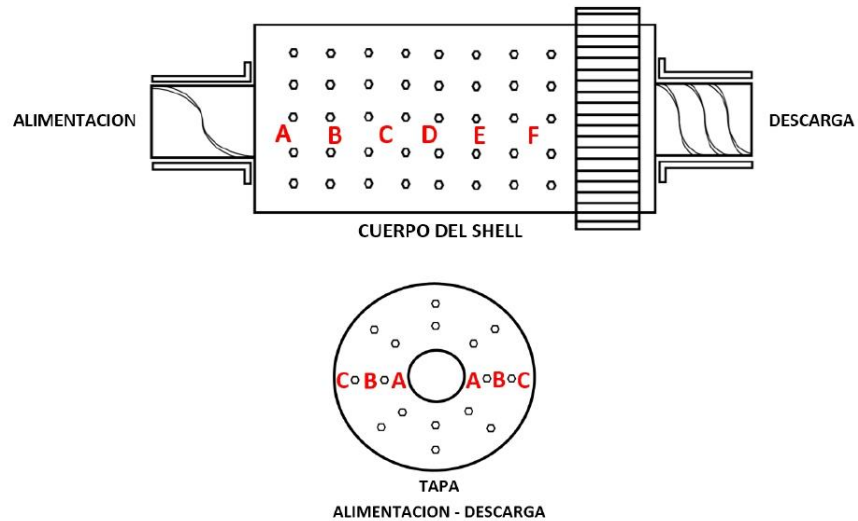
PLACA DE TAPAS



LIFTER DE TAPAS

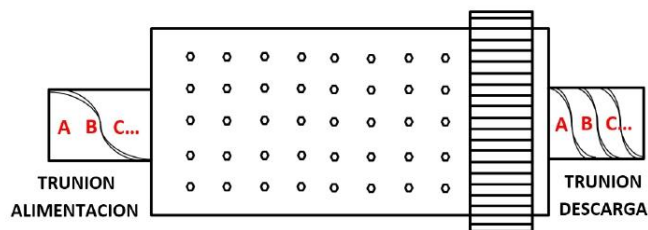
### 5.3. ESTRUCTURA

Para la inspección del Shell se ha tomado muestras de forma lineal por ambos lados de Shell (lado izquierdo y derecho) el sentido de puntos de medición es desde la alimentación, hacia la descarga (Zona A, Zona B, Zona C, Zona D...). Para la inspección en tapas de alimentación y descarga se tomó el sentido de medición desde la zona interior (Zona A) hacia la zona exterior (zona C).



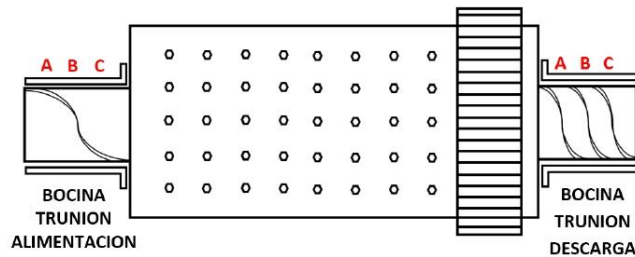
### 5.4. LINER TRUNNION

Para la inspección del revestimiento de Trunnion de alimentación y descarga se ha tomado muestras de forma lineal, tomando como punto inicial la zona más cercana a la alimentación (Zona A) y como punto final la zona más alejada (Zona C), se presentaron casos donde la zona no era accesible a medición por presencia de Wearing.



### 5.5. BOCINA DE TRUNNION

Para la inspección de la bocina de alimentación y descarga se ha tomado muestras de forma lineal, tomando como punto inicial la zona más cercana a la alimentación (Zona A) y como punto final la zona más alejada (Zona C), la medición fue tomada por tapa de inspección en muñón, se presentaron casos donde la zona no era accesible a medición por presencia abundante de grasa.



### 5.6. NORMAS, CODIGOS Y ESPECIFICACIONES

Norma / Especificación / Código	NOMBRE	COMENTARIO
ASTM E-797	Standard Practices for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method.	MÉTODO DE CONTACTO PARA MEDIR ESPESORES ULTRASONIDO PULSO-ECO
ASTM E-317	Standard Practice for Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Examination Instruments and Systems without the Use of Electronic Measurement Instruments	EVALUACION DE FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS DE ULTRASONIDO
ASME BPVC SECTION V	NONDESTRUCTIVE EXAMINATION	ARTICULO 4 Y 5
PLANOS DE INTALACION	PLANOS DE DETALLE DE ENSAMBLE - CHUTES	DIMENSIONES

## 6. RESULTADOS

Los resultados de la inspección de liner, estructura de molinos, liner trunnion, bocina de trunnion (mediante ultrasonido) se dan a continuación:

#### INSPECCION VISUAL

- Mediante Inspección Visual se encontraron forros de tapas abiertos donde evidencia ingreso de bolas (Molino 5x10, tapa de alimentación).
- Mediante Inspección Visual se observa zonas de mayor desgaste en lado de levante de lifter de Liners de Shell y lifter de tapas

#### INSPECCION CON ULTRASONIDO

- Mediante el ensayo de ultrasonido en la inspección de Liners y forros de tapas se evidencia mayor desgaste en el primer anillo de Shell (Zona de alimentación) y en la zona externa en el caso de tapas de alimentación y descarga.

- Mediante el ensayo de ultrasonido se encontró en condiciones normales los espesores y ausencia de fallas en estructura de los molinos inspeccionados.
- Mediante el ensayo de ultrasonido en bocinas se evidencia mayor desgaste en zonas más próximas a tapa (zona más cercana a cuerpo de molino).

Ítem	Equipo	Descripción	Observaciones
1	Molino 8x8-A	Molino de bolas	Liner tapa Alimentación Superficie desgaste normal, espesor min 36 mm
			Liner Shell Superficie desgaste normal, espesor min 40.3 mm
			Liner Tapa descarga Superficie desgaste normal, espesor min 35 mm
2	Molino 8x8 -B	Molino de bolas	Liner tapa Alimentación Superficie desgaste normal, espesor min 38.5 mm
			Liner Shell Superficie desgaste normal, espesor min 33.1 mm
			Liner Tapa descarga Superficie desgaste normal, espesor min 39.6 mm
3	Molino 7x12	Molino de bolas	Liner tapa Alimentación Superficie desgaste normal, espesor min 33mm
			Liner Shell Superficie desgaste normal, espesor min 16.6 mm en la placa
			Liner Tapa descarga Superficie desgaste normal, espesor min 39 mm
4	Molino 7x8	Molino de bolas	Liner tapa Alimentación Superficie desgaste normal, espesor min 38 mm
			Liner Shell Superficie desgaste normal, espesor min 34.6 mm
			Liner Tapa descarga Superficie desgaste normal, espesor min 34 mm
5	Molino 5 x 10	Molino de bolas	Liner tapa Alimentación Superficie desgaste normal, espesor min 31 mm
			Liner Shell Superficie desgaste normal, espesor min 45.5 mm en la placa
			Liner Tapa descarga Superficie desgaste normal, espesor min 32 mm
6	Molino 5 x 6	Molino de bolas	Liner tapa Alimentación Superficie desgaste normal, espesor min 28 mm en la placa
			Liner Shell Superficie desgaste normal, espesor min 36.8 mm
			Liner Tapa descarga Superficie desgaste normal, espesor min 24.4 mm en la placa
7	Molino 4x4	Molino de bolas	Liner tapa Alimentación Superficie desgaste normal, espesor min 17.3 mm
			Liner Shell Superficie desgaste normal, espesor min 38.5 mm
			Liner Tapa descarga Superficie desgaste normal, espesor min 17.5 mm

- Mediante el ensayo de ultrasonido en revestimiento de trunnion de alimentación y descarga se encontró niveles normales de desgaste.

## 7. CONCLUSIONES

- Se pudo realizar mediante el ensayo de ultrasonido la inspección de Liners y forros de tapas en la cual se evidencia mayor desgaste en el primer anillo de Shell (Zona de alimentación) y en la zona externa en el caso de tapas de alimentación y descarga.
- Se realizó mediante el ensayo de ultrasonido la inspección de estructuras de los molinos, en dichas inspecciones se encontraron condiciones normales de espesores y ausencia de fallas.
- Se realizó mediante el ensayo de ultrasonido la inspección en bocinas en las cuales se evidencia mayor desgaste en zonas más cercana a cuerpo de molino.
- Se pudo realizar la inspección en revestimientos de trunnion de alimentación y descarga encontrándose niveles normales de desgaste.
- Se realizó la inspección visual en distintos componentes de desgaste, encontrándose condiciones normales de desgaste.

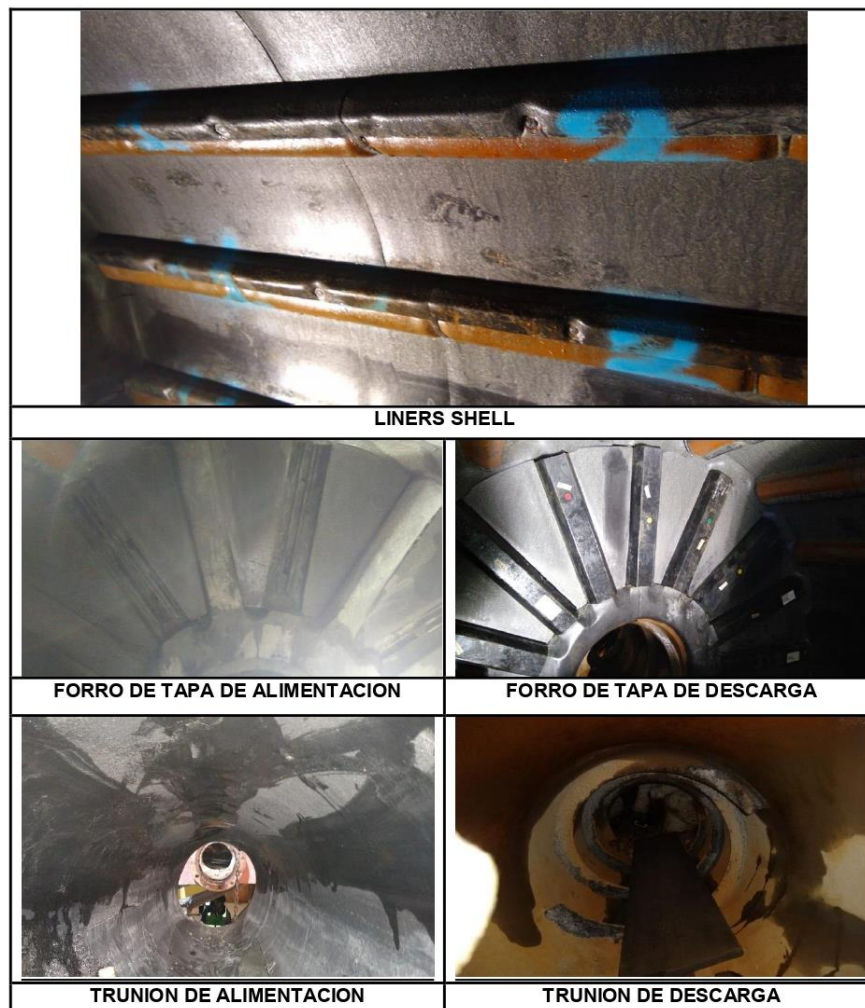
## 8. RECOMENDACIONES

- Considerar para una próxima parada la inspección integral de componentes de desgaste en molinos para el seguimiento adecuado y toma de decisiones oportunas de mantenimiento.
- Considerar la presencia de planos de los distintos componentes de desgaste a fin de saber diversas características de los mismos como: medidas, composición, entre otros.

- Realizar coordinaciones pertinentes para limpieza de componentes a inspeccionar a fin de evitar inconveniente a la hora de toma de mediciones.

## 9. ANEXOS

### 9.1. REGISTRO FOTOGRAFICO





**ESTRUCTURA DEL SHELL**



**TAPA DE ALIMENTACION**



**TAPA DE DESCARGA**



**LINERS SHELL**

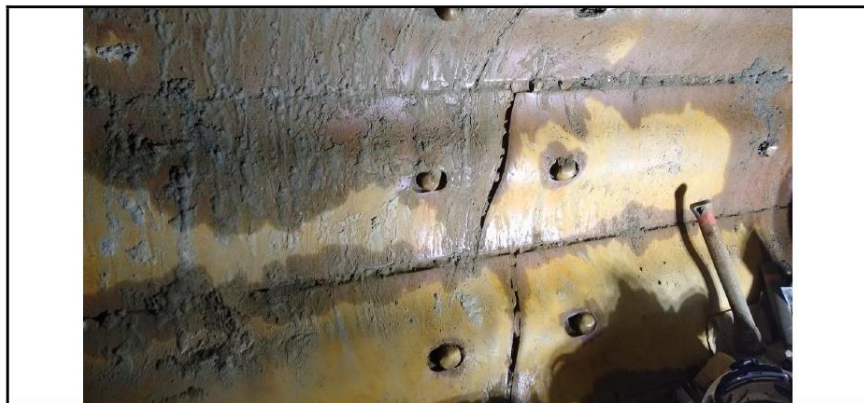


TAPA DE DESCARGA

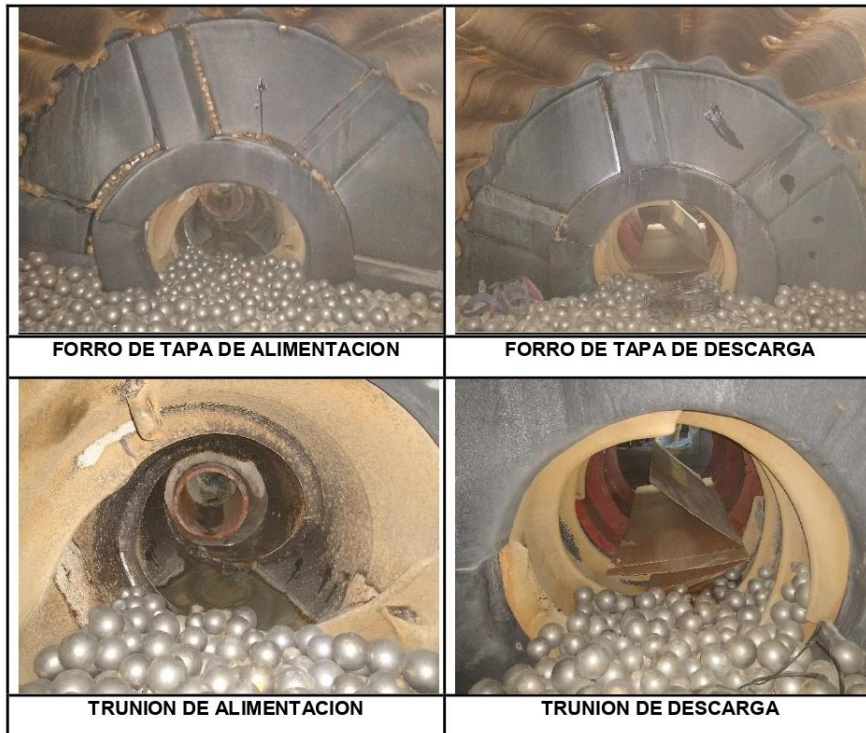


BOCINA DE ALIMENTACION

BOCINA DE DESCARGA



LINERS SHELL







**FORRO DE TAPA DE DESCARGA**



**TRUNION DE ALIMENTACION**



**TRUNION DE DESCARGA**



**ESTRUCTURA DEL SHELL**





LINERS SHELL



FORRO DE TAPA DE ALIMENTACION



ESTRUCTURA DEL SHELL



**TAPA DE ALIMENTACION**



**TAPA DE DESCARGA**



**BOCINA DE ALIMENTACION**



**BOCINA DE DESCARGA**



	<b>REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO</b>			<b>Oversolt</b>		
				OS NDT	1 de 1	
				REPORTE N°	UT-307	
				APROBADO	DA	
				REV.	1	
<b>CLIENTE</b>	MINSUR S.A.					
<b>COMPONENTE</b>	Molino					
<b>DESCRIPCION</b>	4x4					
<b>MATERIAL A</b>	Metal					
<b>PROCEDIMIENTO</b>	ASTM E797					
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>			
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - Caucho			
<b>DATOS DE RECURSOS</b>						
<b>EQUIPO</b> : ULTRASONIDO			<b>ACOPLANTE</b> : SONATEST			
<b>MARCA</b> : Siui			<b>APLICACION POR MEDIO</b> : Palpador			
<b>MODELO</b> : Smartor			<b>RANGO</b> : 0 A 200 mm			
<b>FRECUENCIA</b> : 1 MHz / 5MHZ			<b>METODO EMPLEADO</b> : Pulso Eco			
<b>ANGULO</b> : N/A			<b>BLOQUE PATRON</b> : Material de las mismas características			
<b>MODO DE INSPECCION</b> : A-SCAN			<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL</b> : Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s			
	<b>LINER DE SHELL</b>					
	<b>FILA 1</b>		<b>FILA 2</b>		<b>FILA 3</b>	
	PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER
<b>ANILLO 1</b>	38.5 mm	54.7 mm	---	---	---	---
<b>ANILLO 2</b>	37.4 mm	56.09 mm	---	---	---	---
<b>ANILLO 3</b>	---	---	---	---	---	---
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>			
<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	
PLACA	PLACA	PLACA	PLACA	PLACA	PLACA	
37.4 mm	17.3 mm	24.89 mm	35.87 mm	17.54 mm	23.22 mm	
<b>OBSERVACIONES</b> : No se pudo realizar la inspeccion de trunion de alimentacion y descarga por la presencia de personal realizando mantenimiento						
Responsable:  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Responsable:  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Fecha de inspección:  8 y 9 de julio 2019		

PR-1616-2019

Services Support

1



OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt	
				OS NDT	1 de 1
		REPORTE N°	UT-309		
		APROBADO	DA		
		REV.	1		
<b>CLIENTE</b>	MINSUR S.A.				
<b>COMPONENTE</b>	Molino				
<b>DESCRIPCION</b>	5x6				
<b>MATERIAL A</b>	Metal				
<b>PROCEDIMIENTO</b>	ASTM E797				
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>		
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - Caucho		
<b>DATOS DE RECURSOS</b>					
<b>EQUIPO</b> : ULTRASONIDO		<b>ACOPLANTE</b> : SONATEST			
<b>MARCA</b> : Siui		<b>APLICACION POR MEDIO</b> : Palpador			
<b>MODELO</b> : Smartor		<b>RANGO</b> : 0 A 200 mm			
<b>FRECUENCIA</b> : 1 MHz / 5MHZ		<b>METODO EMPLEADO</b> : Pulso Eco			
<b>ANGULO</b> : N/A		<b>BLOQUE PATRON</b> : Material de las mismas características			
<b>MODO DE INSPECCION</b> : A-SCAN		<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL</b> : Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s			
<b>LINER DE SHELL</b>					
<b>TRUNION</b>					
<b>FILA 1</b>		<b>FILA 2</b>		<b>FILA 3</b>	
PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	ALIMENTACION	DESCARGA
<b>ANILLO 1</b>	37 mm	72 mm	---	---	---
<b>ANILLO 2</b>	36.8 mm	70 mm	---	---	---
<b>ANILLO 3</b>	---	---	---	---	---
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>		
<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>
PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER
37.5/85.5mm	28.8mm/75mm	26mm/76mm	39.5mm/80m	28.2mm/74.4	24.4mm/77.6m
<b>OBSERVACIONES</b> : Trunion de alimentacion y descarga revestidos con Wearing , por tal motivo no se pudo realizar mediciones.					
Responsable:		Responsable:		Fecha de inspección:	
 Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		 Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		8 y 9 de julio 2019	

Services Support

1

© Overall Solutions 2016 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

		<b>REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO</b>		Oversolt						
				OS NDT	1 de 1					
		REPORTE N°	UT-308							
		APROBADO	DA							
		REV.	1							
<b>CLIENTE</b>	MINSUR S.A.									
<b>COMPONENTE</b>	Molino									
<b>DESCRIPCION</b>	4x4									
<b>MATERIAL A</b>	Metal									
<b>PROCEDIMIENTO</b>	ASTM E797									
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>							
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - Caucho							
<b>DATOS DE RECURSOS</b>										
<b>EQUIPO : ULTRASONIDO</b>			<b>ACOPLANTE : SONATEST</b>							
<b>MARCA: Siii</b>			<b>APLICACIÓN POR MEDIO: Palpador</b>							
<b>MODELO: Smartor</b>			<b>RANGO: 0 A 200 mm</b>							
<b>FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ</b>			<b>METODO EMPLEADO: Pulso Eco</b>							
<b>ANGULO: N/A</b>			<b>BLOQUE PATRON: Material de las mismas características</b>							
<b>MODO DE INSPECCION: A-SCAN</b>			<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s</b>							
		<b>CARCASA DEL SHELL</b>				<b>BOCINA DEL TRUNION</b>				
		A	B	C	D	E	F	<b>ALIMENTACION</b>		
<b>FILA 1</b>		12.14 mm	12.4 mm	11.9 mm	10.5 mm	13 mm	---	ZONA A	ZONA B	ZONA C
<b>FILA 2</b>		12 mm	11 mm	11.5 mm	11 mm	13 mm	---	---	---	---
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>			<b>DESCARGA</b>				
ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C		
27.57 mm	27.52 mm	---	24.7 mm	22.7 mm	---	---	---	---		
25.37 mm	24.7 mm	---	24.7 mm	22.5 mm	---	---	---	---		
OBSERVACIONES: Bocina de alimentacion y descarga no se pudo medir por presencia de grasa.										
Responsable:		Responsable:				Fecha de inspección:				
 Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		 Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)				8 y 9 de julio 2019				

PR-1616-2019

		<b>REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO</b>		Oversolt						
				OS NDT	1 de 1					
		REPORTE N°	UT-310							
		APROBADO	DA							
		REV.	1							
<b>CLIENTE</b>	MINSUR S.A.									
<b>COMPONENTE</b>	Molino									
<b>DESCRIPCION</b>	5x6									
<b>MATERIAL A</b>	Metal									
<b>PROCEDIMIENTO</b>	ASTM E797									
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>							
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - Caucho							
<b>DATOS DE RECURSOS</b>										
<b>EQUIPO : ULTRASONIDO</b>			<b>ACOPLANTE : SONATEST</b>							
<b>MARCA: Siii</b>			<b>APLICACIÓN POR MEDIO: Palpador</b>							
<b>MODELO: Smarlor</b>			<b>RANGO: 0 A 200 mm</b>							
<b>FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ</b>			<b>METODO EMPLEADO: Pulso Eco</b>							
<b>ANGULO: N/A</b>			<b>BLOQUE PATRON: Material de las mismas características</b>							
<b>MODO DE INSPECCION: A-SCAN</b>			<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s</b>							
		<b>CARCASA DEL SHELL</b>				<b>BOCINA DEL TRUNION</b>				
		A	B	C	D	E	F	<b>ALIMENTACION</b>		
<b>FILA 1</b>		16.27 mm	16.33 mm	16.23 mm	16.28 mm	16.18 mm	---	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>
<b>FILA 2</b>		16.28 mm	16.38 mm	16.24 mm	16.48 mm	16.32 mm	---	---	---	---
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>			<b>DESCARGA</b>				
		ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C
		38.77 mm	39,8 mm	37 mm	41.6 mm	40.49 mm	37.18 mm	---	---	---
		38.1 mm	36.4 mm	37.5 mm	40.38 mm	41.08 mm	41.33 mm			
<b>OBSERVACIONES:</b> Bocina de alimentacion y descarga no se pudo medir por presencia de grasa.										
		<b>Responsable:</b>  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)			<b>Responsable:</b>  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)			<b>Fecha de inspección:</b>  8 y 9 de julio 2019		

PR-1616-2019



OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt																																																																																																	
				OS NDT	1 de 1																																																																																																
		REPORTE N°	UT-311																																																																																																		
		APROBADO	DA																																																																																																		
		REV.	1																																																																																																		
CLIENTE	MINSUR S.A.																																																																																																				
COMPONENTE	Molino																																																																																																				
DESCRIPCION	5x10																																																																																																				
MATERIAL A	Metal																																																																																																				
PROCEDIMIENTO	ASTM E797																																																																																																				
CODIGO DE EXAMINACION	CODIGO DE ACEPTACION	MATERIAL APORTE	CLASE DE MATERIAL																																																																																																		
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - Caucho																																																																																																		
<b>DATOS DE RECURSOS</b>																																																																																																					
EQUIPO : ULTRASONIDO		ACOPLANTE : SONATEST																																																																																																			
MARCA: Siii		APLICACION POR MEDIO: Palpador																																																																																																			
MODELO: Smartor		RANGO: 0 A 200 mm																																																																																																			
FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ		METODO EMPLEADO: Pulso Eco																																																																																																			
ANGULO: N/A		BLOQUE PATRON: Material de las mismas características																																																																																																			
MODO DE INSPECCION: A-SCAN		VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s																																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="4">LINER DE SHELL</th> <th colspan="4">TRUNION</th> </tr> <tr> <th colspan="2">FILA 1</th> <th rowspan="2">ANILLO</th> <th colspan="2">FILA 1</th> <th colspan="2">ALIMENTACION</th> <th colspan="2">DESCARGA</th> </tr> <tr> <th>PLACA</th> <th>LIFTER</th> <th>PLACA</th> <th>LIFTER</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>A</th> <th>B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ANILLO 1</td> <td>46.30 mm</td> <td>80.6 mm</td> <td>ANILLO 4</td> <td>50.38 mm</td> <td>81.63 mm</td> <td>B</td> <td>26.8 mm</td> <td>B</td> <td>25.65 mm</td> </tr> <tr> <td>ANILLO 2</td> <td>45.56 mm</td> <td>81.26 mm</td> <td>ANILLO 5</td> <td>51.27 mm</td> <td>85.32 mm</td> <td>C</td> <td>23.6 mm</td> <td>C</td> <td>27.57 mm</td> </tr> <tr> <td>ANILLO 3</td> <td>48.51 mm</td> <td>82.78 mm</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>D</td> <td>---</td> <td>D</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td colspan="3">TAPA DE ALIMENTACION</td> <td colspan="3">TAPA DE DESCARGA</td> <td>E</td> <td>---</td> <td>E</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>ZONA A</td> <td>ZONA B</td> <td>ZONA C</td> <td>ZONA A</td> <td>ZONA B</td> <td>ZONA C</td> <td>F</td> <td>---</td> <td>F</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>33mm/91mm</td> <td>32mm/90mm</td> <td>31mm/83mm</td> <td>35mm/96mm</td> <td>32mm/95mm</td> <td>36mm/95mm</td> <td colspan="4"></td> </tr> </tbody> </table>							LINER DE SHELL				TRUNION				FILA 1		ANILLO	FILA 1		ALIMENTACION		DESCARGA		PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	A	B	A	B	ANILLO 1	46.30 mm	80.6 mm	ANILLO 4	50.38 mm	81.63 mm	B	26.8 mm	B	25.65 mm	ANILLO 2	45.56 mm	81.26 mm	ANILLO 5	51.27 mm	85.32 mm	C	23.6 mm	C	27.57 mm	ANILLO 3	48.51 mm	82.78 mm	---	---	---	D	---	D	---	TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			E	---	E	---	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	F	---	F	---	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER					33mm/91mm	32mm/90mm	31mm/83mm	35mm/96mm	32mm/95mm	36mm/95mm				
	LINER DE SHELL				TRUNION																																																																																																
	FILA 1		ANILLO	FILA 1			ALIMENTACION		DESCARGA																																																																																												
	PLACA	LIFTER		PLACA	LIFTER	A	B	A	B																																																																																												
ANILLO 1	46.30 mm	80.6 mm	ANILLO 4	50.38 mm	81.63 mm	B	26.8 mm	B	25.65 mm																																																																																												
ANILLO 2	45.56 mm	81.26 mm	ANILLO 5	51.27 mm	85.32 mm	C	23.6 mm	C	27.57 mm																																																																																												
ANILLO 3	48.51 mm	82.78 mm	---	---	---	D	---	D	---																																																																																												
TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			E	---	E	---																																																																																												
ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	F	---	F	---																																																																																												
PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER																																																																																																
33mm/91mm	32mm/90mm	31mm/83mm	35mm/96mm	32mm/95mm	36mm/95mm																																																																																																
OBSERVACIONES:																																																																																																					
Responsable:  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Responsable:  Delfo Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Fecha de inspección:  8 y 9 de julio, 2019																																																																																																	

PR-1616-2019

Services Support

1

© Overall Solutions 2016 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

	<b>REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO</b>						<b>Oversolt</b>					
							OS NDT			1 de 1		
							REPORTE N°			UT-312		
							APROBADO			DA		
REV.			1									
<b>CLIENTE</b>			MINSUR S.A.									
<b>COMPONENTE</b>			Molino									
<b>DESCRIPCION</b>			5x10									
<b>MATERIAL A</b>			Metal									
<b>PROCEDIMIENTO</b>			ASTM E797									
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>			<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>		<b>MATERIAL APORTE</b>		<b>CLASE DE MATERIAL</b>					
Requerimiento del Cliente			N/A		N/A		Metal - Caucho					
<b>DATOS DE RECURSOS</b>												
<b>EQUIPO : ULTRASONIDO</b>					<b>ACOPLANTE : SONATEST</b>							
<b>MARCA: Siii</b>					<b>APLICACIÓN POR MEDIO: Palpador</b>							
<b>MODELO: Smarlor</b>					<b>RANGO: 0 A 200 mm</b>							
<b>FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ</b>					<b>METODO EMPLEADO: Pulso Eco</b>							
<b>ANGULO: N/A</b>					<b>BLOQUE PATRON: Material de las mismas características</b>							
<b>MODO DE INSPECCION: A-SCAN</b>					<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s</b>							
<b>CARCASA DEL SHELL</b>							<b>BOCINA DEL TRUNION</b>					
							<b>ALIMENTACION</b>					
<b>FILA 1</b>		19.61 mm	19.55 mm	19.36 mm	19.49 mm	19.79 mm	19.5 mm	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>		
<b>FILA 2</b>		19.64 mm	19.35 mm	19.31 mm	19.45 mm	19.46 mm	19.6 mm	40.63 mm	43.2 mm	44.57 mm		
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>			<b>DESCARGA</b>						
<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>				
32.8 mm	28.61 mm	---	27.70 mm	28.7 mm	---	43.18 mm	41.17 mm	38.46 mm				
32.4 mm	29 mm	---	28.83 mm	29.42 mm	---							
<b>OBSERVACIONES:</b>												
<b>Responsable:</b>  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)				<b>Responsable:</b>  Duito Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)				<b>Fecha de inspección:</b>  8 y 9 de julio, 2019				

PR-1616-2019



OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt		
				OS NDT	1 de 1	
		REPORTE N°	UT-313			
		APROBADO	DA			
		REV.	1			
CLIENTE	MINSUR S.A.					
COMPONENTE	Molino					
DESCRIPCION	7x12					
MATERIAL A	Metal					
PROCEDIMIENTO	ASTM E797					
CODIGO DE EXAMINACION	CODIGO DE ACEPTACION	MATERIAL APORTE	CLASE DE MATERIAL			
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - Caucho			
<b>DATOS DE RECURSOS</b>						
EQUIPO : ULTRASONIDO		ACOPLANTE : SONATEST				
MARCA: Siui		APLICACION POR MEDIO: Palpador				
MODELO: Smartor		RANGO: 0 A 200 mm				
FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ		METODO EMPLEADO: Pulso Eco				
ANGULO: N/A		BLOQUE PATRON: Material de las mismas características				
MODO DE INSPECCION: A-SCAN		VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s				
<b>LINERS DE SHELL</b>						
<b>SHELL</b>						
<b>FILA 1</b>		<b>FILA 2</b>		<b>FILA 3</b>		
PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	
ANILLO 1	16.6 mm	27.7 mm	17.6 mm	29.3 mm	18.4 mm	32.5 mm
ANILLO 2	17.5 mm	28.2 mm	17.9 mm	28.2 mm	19.6 mm	31.9 mm
ANILLO 3	16.9 mm	28.7 mm	18.1 mm	29.7 mm	18.7 mm	32.5 mm
<b>ANILLO INTERIOR</b>						
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>			
ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	
LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	
98mm/42mm	96 mm/38mm	95 mm/39mm	95mm/40mm	93 mm/39mm	92 mm/41mm	
<b>ANILLO EXTERIOR</b>						
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>			
ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	
LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	LIFTER/PLACA	
86mm/40mm	87mm/33mm	87mm/48mm	88mm/35mm	85mm/37mm	87mm/36mm	
OBSERVACIONES:						
Responsable:  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Responsable:  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Fecha de inspección: 8 y 9 de julio, 2019		

PR-1616-2019

Services Support

1

© Overall Solutions 2016 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.

OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO				Oversolt			
						OS NDT	1 de 1		
						REPORTE N°	UT-314		
						APROBADO	DA		
						REV.	1		
<b>CLIENTE</b>		MINSUR S.A.							
<b>COMPONENTE</b>		Molino							
<b>DESCRIPCION</b>		7x12							
<b>MATERIAL A INSPECCIONAR</b>		Metal							
<b>PROCEDIMIENTO</b>		ASTM E797							
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>						
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal						
<b>DATOS DE RECURSOS</b>									
<b>EQUIPO : ULTRASONIDO</b>			<b>ACOPLANTE : SONATEST</b>						
<b>MARCA: Siui</b>			<b>APLICACIÓN POR MEDIO: Palpador</b>						
<b>MODELO: Smartor</b>			<b>RANGO: 0 A 200 mm</b>						
<b>FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ</b>			<b>METODO EMPLEADO: Pulso Eco</b>						
<b>ANGULO: N/A</b>			<b>BLOQUE PATRON: Material de las mismas características</b>						
<b>MODO DE INSPECCION: A-SCAN</b>			<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s</b>						
<b>CARCARA DE SHELL</b>							<b>BOCINA DEL TRUNNION</b>		
<b>FILA A</b>	27.7 mm	26.3 mm	25.1 mm	24.7 mm	23.7 mm	22.2 mm	<b>ALIMENTACION</b>		
<b>FILA B</b>	27.2 mm	26.7 mm	25.3 mm	24.3 mm	24.1 mm	23.1 mm	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>				38.7 mm	37.3 mm	37.1 mm
<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	<b>DESCARGA</b>			
51.8mm	51.4mm	50.8mm	46.6 mm	52.1 mm	53.3 mm	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
<b>OBSERVACIONES:</b>									
<b>Responsable:</b>  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)			<b>Responsable:</b>  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)			<b>Fecha de inspección:</b>  8 y 9 de julio, 2019			

PR-1616-2019

OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversoft					
				OS NDT	1 de 1				
		REPORTE N°	UT-316						
		APROBADO	DA						
		REV.	1						
CLIENTE	MINSUR S.A.								
COMPONENTE	Molino								
DESCRIPCION	7x8								
MATERIAL A	Metal								
PROCEDIMIENTO	ASTM E797								
CODIGO DE EXAMINACION	CODIGO DE ACEPTACION	MATERIAL APORTE	CLASE DE MATERIAL						
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal						
<b>DATOS DE RECURSOS</b>									
EQUIPO : ULTRASONIDO			ACOPLANTE : SONATEST						
MARCA: Siui			APLICACION POR MEDIO: Palpador						
MODELO: Smartor			RANGO: 0 A 200 mm						
FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ			METODO EMPLEADO: Pulso Eco						
ANGULO: N/A			BLOQUE PATRON: Material de las mismas características						
MODO DE INSPECCION: A-SCAN			VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s						
CARCASA DEL SHELL			BOCINA DEL TRUNION						
	A	B	C	D	E	F	ALIMENTACION		
FILA 1	19.1 mm	18.8 mm	18.5 mm	18.6 mm	18.9 mm	19 mm	ZONA A	ZONA B	ZONA C
FILA 2	19.2 mm	19.1 mm	18.6 mm	18.5 mm	18.7 mm	18.8 mm	38.9 mm	38.7 mm	37.9 mm
TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			DESCARGA			
ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	
50.5mm	46.8mm	47.7mm	48.1 mm	50.1 mm	52.2 mm	---	---	---	
---	---	---	---	---	---				
OBSERVACIONES:									
Responsable:  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)			Responsable:  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)			Fecha de inspección: 8 y 9 de julio, 2019			

PR-1616-2019



OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt																																																																																																													
				OS NDT	1 de 1																																																																																																												
		REPORTE N°	UT-315																																																																																																														
		APROBADO	DA																																																																																																														
		REV.	1																																																																																																														
CLIENTE	MINSUR S.A.																																																																																																																
COMPONENTE	Molino																																																																																																																
DESCRIPCION	7x8																																																																																																																
MATERIAL A INSPECCIONAR	Metal -Caucho																																																																																																																
PROCEDIMIENTO	ASTM E797																																																																																																																
CODIGO DE EXAMINACION	CODIGO DE ACEPTACION	MATERIAL APORTE	CLASE DE MATERIAL																																																																																																														
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - Caucho																																																																																																														
DATOS DE RECURSOS																																																																																																																	
EQUIPO : ULTRASONIDO		ACOPLANTE : SONATEST																																																																																																															
MARCA: Siui		APLICACION POR MEDIO: Palpador																																																																																																															
MODELO: Smartor		RANGO: 0 A 200 mm																																																																																																															
FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ		METODO EMPLEADO: Pulso Eco																																																																																																															
ANGULO: N/A		BLOQUE PATRON: Material de las mismas características																																																																																																															
MODO DE INSPECCION: A-SCAN		VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s																																																																																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="6">LINER DE SHELL</th> <th colspan="4">TRUNION</th> </tr> <tr> <th colspan="2">FILA 1</th> <th colspan="2">FILA 2</th> <th colspan="2">FILA 3</th> <th colspan="2">ALIMENTACION</th> <th colspan="2">DESCARGA</th> </tr> <tr> <th>PLACA</th> <th>LIFTER</th> <th>PLACA</th> <th>LIFTER</th> <th>PLACA</th> <th>LIFTER</th> <th>A</th> <th></th> <th>A</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ANILLO 1</td> <td>34.4 mm</td> <td>71.4 mm</td> <td>39.1 mm</td> <td>70.3 mm</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>B</td> <td>23.1 mm</td> <td>B</td> <td>23.5 mm</td> </tr> <tr> <td>ANILLO 2</td> <td>35.1 mm</td> <td>70.5 mm</td> <td>38.6 mm</td> <td>72.2 mm</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>C</td> <td>23.6 mm</td> <td>C</td> <td>23.7 mm</td> </tr> <tr> <td>ANILLO 3</td> <td>34.6 mm</td> <td>71.6 mm</td> <td>40-3 mm</td> <td>71.1 mm</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>D</td> <td>24.2 mm</td> <td>D</td> <td>24.9 mm</td> </tr> <tr> <td colspan="3">TAPA DE ALIMENTACION</td> <td colspan="3">TAPA DE DESCARGA</td> <td>E</td> <td>24.2 mm</td> <td>E</td> <td>25.1 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ZONA A</td> <td>ZONA B</td> <td>ZONA C</td> <td>ZONA A</td> <td>ZONA B</td> <td>ZONA C</td> <td>F</td> <td>25.1 mm</td> <td>F</td> <td>25.5 mm</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td>PLACA/LIFTER</td> <td colspan="5"></td> </tr> <tr> <td>41mm/91mm</td> <td>38mm/70mm</td> <td>44mm/81mm</td> <td>41mm/78mm</td> <td>34mm/68mm</td> <td>39mm/61mm</td> <td colspan="5"></td> </tr> </tbody> </table>							LINER DE SHELL						TRUNION				FILA 1		FILA 2		FILA 3		ALIMENTACION		DESCARGA		PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	A		A		ANILLO 1	34.4 mm	71.4 mm	39.1 mm	70.3 mm	---	---	B	23.1 mm	B	23.5 mm	ANILLO 2	35.1 mm	70.5 mm	38.6 mm	72.2 mm	---	---	C	23.6 mm	C	23.7 mm	ANILLO 3	34.6 mm	71.6 mm	40-3 mm	71.1 mm	---	---	D	24.2 mm	D	24.9 mm	TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			E	24.2 mm	E	25.1 mm		ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	F	25.1 mm	F	25.5 mm		PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER						41mm/91mm	38mm/70mm	44mm/81mm	41mm/78mm	34mm/68mm	39mm/61mm					
	LINER DE SHELL						TRUNION																																																																																																										
	FILA 1		FILA 2		FILA 3		ALIMENTACION		DESCARGA																																																																																																								
	PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	PLACA	LIFTER	A		A																																																																																																								
ANILLO 1	34.4 mm	71.4 mm	39.1 mm	70.3 mm	---	---	B	23.1 mm	B	23.5 mm																																																																																																							
ANILLO 2	35.1 mm	70.5 mm	38.6 mm	72.2 mm	---	---	C	23.6 mm	C	23.7 mm																																																																																																							
ANILLO 3	34.6 mm	71.6 mm	40-3 mm	71.1 mm	---	---	D	24.2 mm	D	24.9 mm																																																																																																							
TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			E	24.2 mm	E	25.1 mm																																																																																																								
ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	F	25.1 mm	F	25.5 mm																																																																																																								
PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER	PLACA/LIFTER																																																																																																												
41mm/91mm	38mm/70mm	44mm/81mm	41mm/78mm	34mm/68mm	39mm/61mm																																																																																																												
OBSERVACIONES:																																																																																																																	
Responsable:  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Responsable:  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Fecha de inspección:  8 y 9 de julio, 2019																																																																																																													

Services Support

PR-1616-2019



OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt							
				OS NDT	1 de 1						
		REPORTE N°	UT-317								
		APROBADO	DA								
		REV.	1								
<b>CLIENTE</b>		MINSUR S.A.									
<b>COMPONENTE</b>		Molino									
<b>DESCRIPCION</b>		8x8 a									
<b>MATERIAL A INSPECCIONAR</b>		Metal -Caucho									
<b>PROCEDIMIENTO</b>		ASTM E797									
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>								
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - Caucho								
<b>DATOS DE RECURSOS</b>											
<b>EQUIPO</b> : ULTRASONIDO		<b>ACOPLANTE</b> : SONATEST									
<b>MARCA</b> : Siui		<b>APLICACION POR MEDIO</b> : Palpador									
<b>MODELO</b> : Smartor		<b>RANGO</b> : 0 A 200 mm									
<b>FRECUENCIA</b> : 1 MHz / 5MHZ		<b>METODO EMPLEADO</b> : Pulso Eco									
<b>ANGULO</b> : N/A		<b>BLOQUE PATRON</b> : Material de las mismas características									
<b>MODO DE INSPECCION</b> : A-SCAN		<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL</b> : Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s									
		<b>LINER DE SHELL</b>				<b>TRUNION</b>					
		<b>FILA 1</b>		<b>FILA 2</b>		<b>FILA 3</b>		<b>ALIMENTACION</b>		<b>DESCARGA</b>	
		<b>PLACA</b>	<b>LIFTER</b>	<b>PLACA</b>	<b>LIFTER</b>	<b>PLACA</b>	<b>LIFTER</b>	<b>A</b>	22.3 mm	<b>A</b>	23.3 mm
<b>ANILLO 1</b>	39.8 mm	79.4 mm	41.3 mm	80.3 mm	41-8 mm	84.1 mm	<b>B</b>	23.1 mm	<b>B</b>	23.5 mm	
<b>ANILLO 2</b>	41.5 mm	81.3 mm	42.6 mm	84.2 mm	42.1 mm	83.4 mm	<b>C</b>	23.6 mm	<b>C</b>	23.7 mm	
<b>ANILLO 3</b>	40.5 mm	80.4 mm	40-3 mm	82.3 mm	40.5 mm	82.5 mm	<b>D</b>	24.2 mm	<b>D</b>	24.9 mm	
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>				<b>TAPA DE DESCARGA</b>				<b>E</b>	24.2 mm	<b>E</b>	25.1 mm
<b>ZONA A</b>		<b>ZONA B</b>		<b>ZONA C</b>		<b>ZONA A</b>		<b>ZONA B</b>		<b>ZONA C</b>	
<b>PLACA/LIFTER</b>		<b>PLACA/LIFTER</b>		<b>PLACA/LIFTER</b>		<b>PLACA/LIFTER</b>		<b>PLACA/LIFTER</b>		<b>PLACA/LIFTER</b>	
36mm / 54.2mm		38mm /56.8mm		46 mm/59.3mm		38 mm/57.1mm		35 mm/59.1mm		46 mm/65.3mm	
<b>OBSERVACIONES:</b>											
Responsable:  Brian Fernandez Nivel II LASNT (SNT-TC-1A)				Responsable:  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)				Fecha de inspección:  8 y 9 de julio, 2019			

Services Support

PR-1616-2019

OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt						
				OS NDT	1 de 1					
		REPORTE N°	UT-318							
		APROBADO	DA							
		REV.	1							
<b>CLIENTE</b>		MINSUR S.A.								
<b>COMPONENTE</b>		Molino								
<b>DESCRIPCION</b>		8x8a								
<b>MATERIAL A</b>		Metal								
<b>PROCEDIMIENTO</b>		ASTM E797								
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>							
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal							
DATOS DE RECURSOS										
<b>EQUIPO</b> : ULTRASONIDO			<b>ACOPLANTE</b> : SONATEST							
<b>MARCA</b> : Siui			<b>APLICACION POR MEDIO</b> : Palpador							
<b>MODELO</b> : Smartor			<b>RANGO</b> : 0 A 200 mm							
<b>FRECUENCIA</b> : 1 MHz / 5MHZ			<b>METODO EMPLEADO</b> : Pulso Eco							
<b>ANGULO</b> : N/A			<b>BLOQUE PATRON</b> : Material de las mismas características							
<b>MODO DE INSPECCION</b> : A-SCAN			<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL</b> : Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s							
		CARCASA DEL SHELL					BOCINA DEL TRUNION			
		A	B	C	D	E	F	ALIMENTACION		
<b>FILA 1</b>		24.4 mm	25.7 mm	25.06 mm	25.45 mm	26.5 mm	27.1mm	ZONA A	ZONA B	ZONA C
<b>FILA 2</b>		26.13 mm	24.8 mm	25.03 mm	26.3 mm	26.8 mm	26.2mm	39.8 mm	38.7 mm	37.9 mm
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>			<b>TAPA DE DESCARGA</b>			<b>DESCARGA</b>				
<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>	<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>		
54.2mm	56.8mm	59.3mm	57.1 mm	59.1 mm	65.3 mm	---	---	---		
53.8mm	55.4mm	58.8mm	56.5 mm	58.5 mm	64.6 mm					
<b>OBSERVACIONES:</b>										
<b>Responsable:</b>  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)			<b>Responsable:</b>  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)			<b>Fecha de inspección:</b>  8 y 9 de julio, 2019				

PR-1616-2019

Services Support

1

© Overall Solutions 2016 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.





OVERALL SOLUTIONS™		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt							
				OS NDT	1 de 1						
		REPORTE N°	UT-319								
		APROBADO	DA								
		REV.	1								
<b>CLIENTE</b>		MINSUR S.A.									
<b>COMPONENTE</b>		Molino									
<b>DESCRIPCION</b>		8x8 b									
<b>MATERIAL A INSPECCIONAR</b>		Metal									
<b>PROCEDIMIENTO</b>		ASTM E797									
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>								
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal - caucho								
<b>DATOS DE RECURSOS</b>											
<b>EQUIPO : ULTRASONIDO</b>		<b>ACOPLANTE : SONATEST</b>									
<b>MARCA: Suii</b>		<b>APLICACIÓN POR MEDIO: Palpador</b>									
<b>MODELO: Smartor</b>		<b>RANGO: 0 A 200 mm</b>									
<b>FRECUENCIA: 1 MHz / 5MHZ</b>		<b>METODO EMPLEADO: Pulso Eco</b>									
<b>ANGULO: N/A</b>		<b>BLOQUE PATRON: Material de las mismas características</b>									
<b>MODO DE INSPECCION: A-SCAN</b>		<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL: Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s</b>									
<b>LINER DE SHELL</b>											
<b>TRUNION</b>											
		<b>FILA 1</b>		<b>FILA 2</b>		<b>FILA 3</b>		<b>ALIMENTACION</b>		<b>DESCARGA</b>	
		<b>PLACA</b>	<b>LIFTER</b>	<b>PLACA</b>	<b>LIFTER</b>	<b>PLACA</b>	<b>LIFTER</b>	<b>A</b>		<b>A</b>	
<b>ANILLO 1</b>		36.48 mm	97 mm	33.42 mm	96 mm	---	---	<b>B</b>	22.74 mm	<b>B</b>	27.3 mm
<b>ANILLO 2</b>		36.86 mm	98 mm	33.11 mm	99 mm	---	---	<b>C</b>	21.43 mm	<b>B</b>	30.5 mm
<b>ANILLO 3</b>		---	---	---	---	---	---	<b>C</b>	22.53 mm	<b>C</b>	24.7 mm
								<b>D</b>	20.34 mm	<b>D</b>	24.9 mm
<b>TAPA DE ALIMENTACION</b>				<b>TAPA DE DESCARGA</b>				<b>E</b>		<b>E</b>	26 mm
<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>		<b>ZONA A</b>	<b>ZONA B</b>	<b>ZONA C</b>		<b>F</b>		<b>F</b>	26 mm
<b>PLACA/LIFTER</b>	<b>PLACA/LIFTER</b>	<b>PLACA/LIFTER</b>		<b>PLACA/LIFTER</b>	<b>PLACA/LIFTER</b>	<b>PLACA/LIFTER</b>					
47.76mm/86mm	38.50mm/65mm	41.62mm/75mm		47.85mm/99mm	42.92mm/94mm	39.65mm/100mm					
<b>OBSERVACIONES:</b>											
<b>Responsable:</b>  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)				<b>Responsable:</b>  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)				<b>Fecha de inspección:</b> 8 y 9 de julio, 2019			

Services Support

PR-1616-2019

1



OVERALL SOLUTIONS™		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt																																																																												
				OS NDT	1 de 1																																																																											
		REPORTE N°	UT-320																																																																													
		APROBADO	DA																																																																													
		REV.	1																																																																													
<b>CLIENTE</b>		MINSUR S.A.																																																																														
<b>COMPONENTE</b>		Molino																																																																														
<b>DESCRIPCION</b>		8x8 b																																																																														
<b>MATERIAL A</b>		Metal																																																																														
<b>PROCEDIMIENTO</b>		ASTM E797																																																																														
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>																																																																													
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal																																																																													
DATOS DE RECURSOS																																																																																
<b>EQUIPO</b> : ULTRASONIDO			<b>ACOPLANTE</b> : SONATEST																																																																													
<b>MARCA</b> : Siui			<b>APLICACION POR MEDIO</b> : Palpador																																																																													
<b>MODELO</b> : Smartor			<b>RANGO</b> : 0 A 200 mm																																																																													
<b>FRECUENCIA</b> : 1 MHz / 5MHZ			<b>METODO EMPLEADO</b> : Pulso Eco																																																																													
<b>ANGULO</b> : N/A			<b>BLOQUE PATRON</b> : Material de las mismas características																																																																													
<b>MODO DE INSPECCION</b> : A-SCAN			<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL</b> : Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="6">CARCASA DEL SHELL</th> <th colspan="3">BOCINA DEL TRUNION</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th colspan="3">ALIMENTACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FILA 1</td> <td>24.4 mm</td> <td>25.7 mm</td> <td>25.06 mm</td> <td>25.45 mm</td> <td>26.5 mm</td> <td>---</td> <td>ZONA A</td> <td>ZONA B</td> <td>ZONA C</td> </tr> <tr> <td>FILA 2</td> <td>26.13 mm</td> <td>24.8 mm</td> <td>25.03 mm</td> <td>26.3 mm</td> <td>26.8 mm</td> <td>---</td> <td>38.96 mm</td> <td>38.98 mm</td> <td>37.45 mm</td> </tr> <tr> <th colspan="3">TAPA DE ALIMENTACION</th> <th colspan="3">TAPA DE DESCARGA</th> <th colspan="3">DESCARGA</th> </tr> <tr> <th>ZONA A</th> <th>ZONA B</th> <th>ZONA C</th> <th>ZONA A</th> <th>ZONA B</th> <th>ZONA C</th> <th>ZONA A</th> <th>ZONA B</th> <th>ZONA C</th> </tr> <tr> <td>70.5 mm</td> <td>68.94 mm</td> <td>65.69 mm</td> <td>62.4 mm</td> <td>61 mm</td> <td>59.22 mm</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>67 mm</td> <td>70.9 mm</td> <td>67.22 mm</td> <td>60.5 mm</td> <td>62.3 mm</td> <td>63.5 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							CARCASA DEL SHELL						BOCINA DEL TRUNION			A	B	C	D	E	F	ALIMENTACION			FILA 1	24.4 mm	25.7 mm	25.06 mm	25.45 mm	26.5 mm	---	ZONA A	ZONA B	ZONA C	FILA 2	26.13 mm	24.8 mm	25.03 mm	26.3 mm	26.8 mm	---	38.96 mm	38.98 mm	37.45 mm	TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			DESCARGA			ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	70.5 mm	68.94 mm	65.69 mm	62.4 mm	61 mm	59.22 mm	---	---	---	67 mm	70.9 mm	67.22 mm	60.5 mm	62.3 mm	63.5 mm			
	CARCASA DEL SHELL						BOCINA DEL TRUNION																																																																									
	A	B	C	D	E	F	ALIMENTACION																																																																									
FILA 1	24.4 mm	25.7 mm	25.06 mm	25.45 mm	26.5 mm	---	ZONA A	ZONA B	ZONA C																																																																							
FILA 2	26.13 mm	24.8 mm	25.03 mm	26.3 mm	26.8 mm	---	38.96 mm	38.98 mm	37.45 mm																																																																							
TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			DESCARGA																																																																										
ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C																																																																								
70.5 mm	68.94 mm	65.69 mm	62.4 mm	61 mm	59.22 mm	---	---	---																																																																								
67 mm	70.9 mm	67.22 mm	60.5 mm	62.3 mm	63.5 mm																																																																											
OBSERVACIONES:																																																																																
Responsable:		Responsable:		Fecha de inspección:																																																																												
 Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		 Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		8 y 9 de julio, 2019																																																																												

PR-1616-2019

Services Support

1

© Overall Solutions 2016 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.



OVERALL SOLUTIONS		REPORTE DE ENSAYOS POR ULTRASONIDO		Oversolt																																																																												
				OS NDT	1 de 1																																																																											
		REPORTE N°	UT-320																																																																													
		APROBADO	DA																																																																													
		REV.	1																																																																													
<b>CLIENTE</b>		MINSUR S.A.																																																																														
<b>COMPONENTE</b>		Molino																																																																														
<b>DESCRIPCION</b>		8x8 b																																																																														
<b>MATERIAL A</b>		Metal																																																																														
<b>PROCEDIMIENTO</b>		ASTM E797																																																																														
<b>CODIGO DE EXAMINACION</b>	<b>CODIGO DE ACEPTACION</b>	<b>MATERIAL APORTE</b>	<b>CLASE DE MATERIAL</b>																																																																													
Requerimiento del Cliente	N/A	N/A	Metal																																																																													
DATOS DE RECURSOS																																																																																
<b>EQUIPO</b> : ULTRASONIDO			<b>ACOPLANTE</b> : SONATEST																																																																													
<b>MARCA</b> : Siui			<b>APLICACION POR MEDIO</b> : Palpador																																																																													
<b>MODELO</b> : Smartor			<b>RANGO</b> : 0 A 200 mm																																																																													
<b>FRECUENCIA</b> : 1 MHz / 5MHZ			<b>METODO EMPLEADO</b> : Pulso Eco																																																																													
<b>ANGULO</b> : N/A			<b>BLOQUE PATRON</b> : Material de las mismas características																																																																													
<b>MODO DE INSPECCION</b> : A-SCAN			<b>VELOCIDAD DEL MATERIAL</b> : Caucho 1800 mm/s - Metal 5949 mm/s																																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="6">CARCASA DEL SHELL</th> <th colspan="3">BOCINA DEL TRUNION</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th colspan="3">ALIMENTACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>FILA 1</td> <td>24.4 mm</td> <td>25.7 mm</td> <td>25.06 mm</td> <td>25.45 mm</td> <td>26.5 mm</td> <td>---</td> <td>ZONA A</td> <td>ZONA B</td> <td>ZONA C</td> </tr> <tr> <td>FILA 2</td> <td>26.13 mm</td> <td>24.8 mm</td> <td>25.03 mm</td> <td>26.3 mm</td> <td>26.8 mm</td> <td>---</td> <td>38.96 mm</td> <td>38.98 mm</td> <td>37.45 mm</td> </tr> <tr> <th colspan="3">TAPA DE ALIMENTACION</th> <th colspan="3">TAPA DE DESCARGA</th> <th colspan="3">DESCARGA</th> </tr> <tr> <th>ZONA A</th> <th>ZONA B</th> <th>ZONA C</th> <th>ZONA A</th> <th>ZONA B</th> <th>ZONA C</th> <th>ZONA A</th> <th>ZONA B</th> <th>ZONA C</th> </tr> <tr> <td>70.5 mm</td> <td>68.94 mm</td> <td>65.69 mm</td> <td>62.4 mm</td> <td>61 mm</td> <td>59.22 mm</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>67 mm</td> <td>70.9 mm</td> <td>67.22 mm</td> <td>60.5 mm</td> <td>62.3 mm</td> <td>63.5 mm</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							CARCASA DEL SHELL						BOCINA DEL TRUNION			A	B	C	D	E	F	ALIMENTACION			FILA 1	24.4 mm	25.7 mm	25.06 mm	25.45 mm	26.5 mm	---	ZONA A	ZONA B	ZONA C	FILA 2	26.13 mm	24.8 mm	25.03 mm	26.3 mm	26.8 mm	---	38.96 mm	38.98 mm	37.45 mm	TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			DESCARGA			ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	70.5 mm	68.94 mm	65.69 mm	62.4 mm	61 mm	59.22 mm	---	---	---	67 mm	70.9 mm	67.22 mm	60.5 mm	62.3 mm	63.5 mm			
	CARCASA DEL SHELL						BOCINA DEL TRUNION																																																																									
	A	B	C	D	E	F	ALIMENTACION																																																																									
FILA 1	24.4 mm	25.7 mm	25.06 mm	25.45 mm	26.5 mm	---	ZONA A	ZONA B	ZONA C																																																																							
FILA 2	26.13 mm	24.8 mm	25.03 mm	26.3 mm	26.8 mm	---	38.96 mm	38.98 mm	37.45 mm																																																																							
TAPA DE ALIMENTACION			TAPA DE DESCARGA			DESCARGA																																																																										
ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C	ZONA A	ZONA B	ZONA C																																																																								
70.5 mm	68.94 mm	65.69 mm	62.4 mm	61 mm	59.22 mm	---	---	---																																																																								
67 mm	70.9 mm	67.22 mm	60.5 mm	62.3 mm	63.5 mm																																																																											
OBSERVACIONES:																																																																																
Responsable:  Brian Fernandez Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Responsable:  Dulio Aguilar Supervisor de Servicios Nivel II / ASNT (SNT-TC-1A)		Fecha de inspección:  8 y 9 de julio, 2019																																																																												

PR-1616-2019

Services Support

1

© Overall Solutions 2016 All rights reserved, including all rights relating to the use of this document or its contents.