

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“EFICIENCIA DE MOTO-REDUCTORES PARA EL TRANSPORTE  
DE MINERALDE LA EMPRESA CORI PUNO SAC - 2021”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL  
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**AUTOR:  
PEDRO CÉSAR MEMBRILLO ORÉ**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Pedro César Membrillo Oré', written on a light blue background.

**Callao, 2021**

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Pedro César Membrillo Oré', written on a light beige background.

**PERÚ**



## Document Information

---

<b>Analyzed document</b>	TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL - MEMBRILLO ORE.docx (D178464816)
<b>Submitted</b>	11/10/2023 5:43:00 PM
<b>Submitted by</b>	
<b>Submitter email</b>	investigacion.fime@unac.pe
<b>Similarity</b>	0%
<b>Analysis address</b>	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

---

### Entire Document

---

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

“EFICIENCIA DE MOTO-REDUCTORES PARA EL TRANSPORTE DE MINERALDE LA EMPRESA CORI PUNO SAC - 2021”

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

PEDRO CÉSAR MEMBRILLO ORÉ

Callao, 2021 PERÚ JORGE LUIS ILQUIMICHE MELLY PEDRO CÉSAR MEMBRILLO ORÉ Asesor

ÍNDICE

ÍNDICE 2

I. ASPECTOS GENERALES 3

1.1. Objetivos 3

1.1.1. Objetivo General 3

1.1.2. Objetivos Específicos 3

1.2. Organización de la empresa o institución 4

1.2.1 Identificación de la Empresa 4

1.2.2 Declaraciones Estratégicas 4

1.2.3 Descripción de Funciones: 5

1.2.4 Organigrama Corporativo 6

1.2.5 Organigrama de la Empresa SM Cyclo de Perú SAC 6

II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL 7

2.1 Justificación 7

2.2 Marco teórico 7

2.2.1 Antecedentes 7

2.2.2 Introducción 9

2.2.3 Definiciones 11

2.3 Descripción de las actividades desarrolladas. 13

III. APORTES REALIZADOS 43

3.1. Montaje Directo al eje 43

(Resolución N°063-2021-C.F. del 14 de abril de 2021)

**ACTA N° 029 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL DEL II CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 077 ACTA N° 029 DE EXPOSICIÓN DE INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

A los 16 días del mes de Julio del año 2021, siendo las 20:16 horas, se reunieron, en la Sala Meet, <https://meet.google.com/ftc-bvra-wuh>, el JURADO DE EXPOSICIÓN DEL INFORME DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL para la obtención del Título Profesional de INGENIERO MECÁNICO de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- |  |                     |
|--|---------------------|
| ▪ <b>Dr. José Hugo Tezén Campos</b>            | <b>: Presidente</b> |
| ▪ <b>Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci</b>        | <b>: Secretario</b> |
| ▪ <b>Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez</b>       | <b>: Vocal</b>      |
| ▪ <b>Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias</b> | <b>: Suplente</b>   |

Se dio inicio al acto de exposición del Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional del Bachiller **MEMBRILLO ORE, PEDRO CESAR**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico, sustenta el Informe Titulado: **"EFICIENCIA DE MOTO-REDUCTORES PARA EL TRANSPORTE DE MINERAL DE LA EMPRESA CORI PUNO SAC - 2021"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid-19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N° 039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativo superior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **Aprobado** con la escala de calificación cualitativa **BUENO** y calificación cuantitativa **15 (Quince)**, la presente exposición, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 245-2018-CU del 30 de Octubre del 2018.

Se dio por cerrado la Sesión a las **20:48** horas del día **16** de **Julio** del **2021**.

Dr. José Hugo Tezén Campos  
Presidente de Jurado

Ing. Lucio Carlos Lozano Ricci  
Secretario de Jurado

Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez  
Vocal

Mg. Esteban Antonio Gutierrez Hervias  
Suplente

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE</b> .....	2
<b>I. ASPECTOS GENERALES</b> .....	3
1.1. Objetivos .....	3
1.1.1. Objetivo General .....	3
1.1.2. Objetivos Específicos .....	3
1.2. Organización de la empresa o institución .....	4
1.2.1 Identificación de la Empresa.....	4
1.2.2 Declaraciones Estratégicas .....	4
1.2.3 Descripción de Funciones:.....	5
1.2.4 Organigrama Corporativo .....	6
1.2.5 Organigrama de la Empresa SM Cyclo de Perú SAC.....	6
<b>II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL</b> .....	7
2.1 Justificación.....	7
2.2 Marco teórico.....	7
2.2.1 Antecedentes .....	7
2.2.2 Introducción.....	9
2.2.3 Definiciones.....	11
2.3 Descripción de las actividades desarrolladas.....	13
<b>III. APORTES REALIZADOS</b> .....	43
3.1. Montaje Directo al eje.....	43
3.2. Back stop o antiretorno .....	44
<b>IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....	46
<b>V. RECOMENDACIONES</b> .....	49
<b>ANEXOS</b> .....	51

## **I. ASPECTOS GENERALES**

El sector minero ejecuta una actividad fundamental en el proceso de desarrollo de nuestro país, en la planta de procesos y dentro del proceso de conminución se requiere garantizar el transporte de material.

Poder medir la eficiencia de los moto-reductores en fajas transportadoras brindara confianza de su correcta operación. Con la selección del reductor más conveniente, podremos incrementar la capacidad de carga si la demanda lo amerita. Para esto se requiere conocer la eficiencia de los reductores que más allá de su buen funcionamiento, nos brinde un mayor respaldo. En la actualidad el mercado nos exige ingresar equipos a operación que sobrepasen las expectativas y para ello conocer la eficiencia nos será de mucha utilidad.

### **1.1. Objetivos**

#### **1.1.1. Objetivo General**

Evaluar la eficiencia de los motor-reductores en las fajas transportadoras de la empresa de Cori Puno SAC-2021.

#### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Seleccionar la potencia del motor bajo norma NEMA a recomendar para la aplicación en las fajas transportadoras de Cori Puno SAC.
- Evaluar la aplicación de reductores de velocidad bajo Norma AGMA a recomendar para la selección en las fajas transportadoras de Coripuno SAC.
- Determinar la combinación del motor-reductor para la aplicación en fajas transportadoras de Coripuno SAC
- Diseñar planos de montaje de los motor-reductores para ensamble con las fajas transportadoras de Coripuno SAC

## 1.2. Organización de la empresa o institución

### 1.2.1 Identificación de la Empresa

SM Cyclo de Perú SAC, es una empresa subsidiaria de Sumitomo Machinery of America como Casa Matriz para América de Sumitomo Heavy Industries de Japón. El rubro recae directamente en la fabricación y comercialización de equipos para transmitir potencia como son los moto-reductores de velocidad.

Los datos de la Empresa son:

- Razón Social: SM Cyclo de Perú SAC
- RUC: 20602869963
- Dirección: Jr. Monte Rosa 255. Of. 702 Chacarilla. Surco. Lima

### 1.2.2 Declaraciones Estratégicas

#### Misión

Combinando conocimiento, experiencia, e innovación, Sumitomo Machinery Corporation of América tiene una herencia orgullosa y valores inigualables. Como parte del Grupo Sumitomo estamos comprometidos al seguimiento de los principios del negocio establecidos hace 400 años que nos guían como un líder global en la Industria de Transmisión de Potencia.

#### Visión

Ser la primera opción en soluciones de transmisión de potencia otorgando una incomparable experiencia a los clientes.

## Nuestros Valores

Escuchar la voz del cliente, siendo profesionales disciplinados. Abrazar los cambios para mejorar de manera continua, siendo proactivos. Cuidar la salud financiera, siendo hábiles para la venta estratégica tomando decisiones basados en datos corroborando nuestro trabajo en equipo.

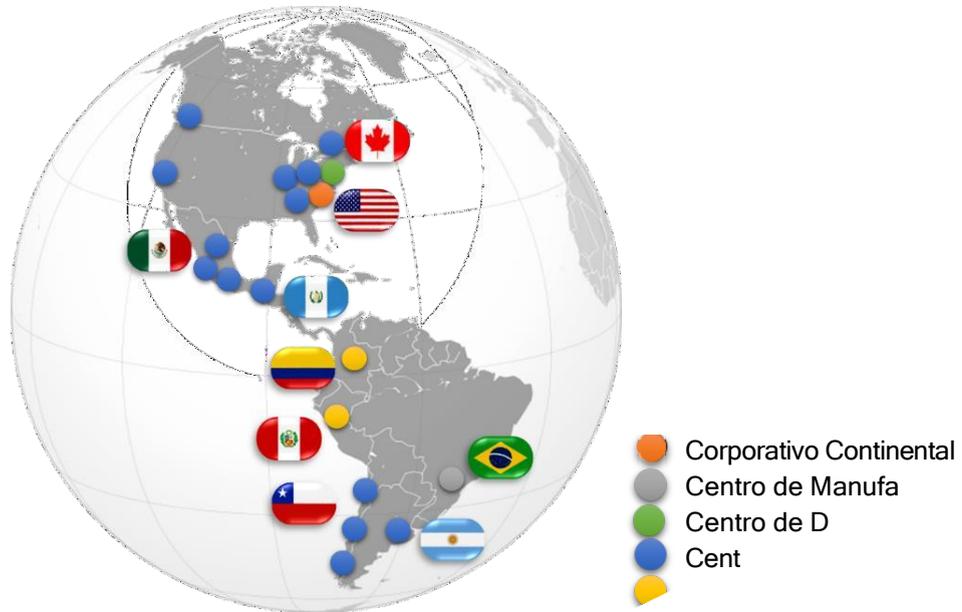
### 1.2.3 Descripción de Funciones:

SM Cyclo de Perú SAC, como Oficina Subsidiaria de Sumitomo, nace con el propósito de brindar atención directa a los Proyectos de Inversión que se desarrollan en el mercado peruano. Es decir, vincularse directamente con las oficinas de Ingeniería y usuarios del sector industrial para atender sus necesidades de transmisión de potencia.

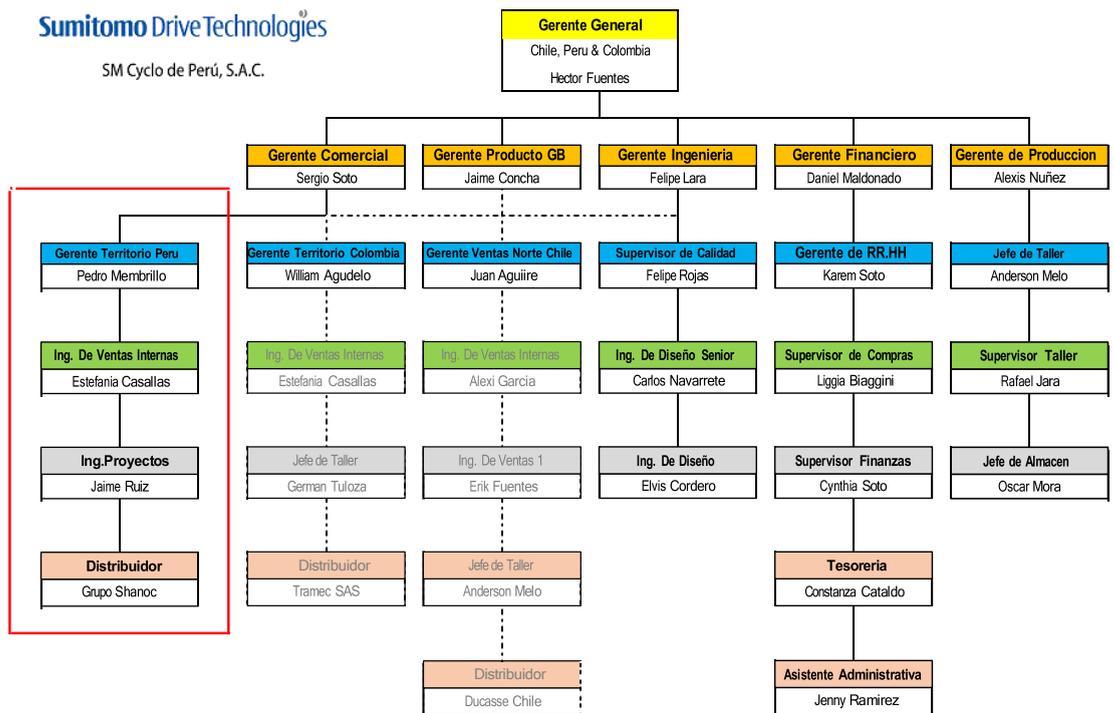
#### **Gerente Territorial Perú**

- Administración integral de la Oficina Regional de Perú.
- Gerenciamiento técnico comercial en la atención de Proyectos de inversión en el rubro de transmisión de potencia.
- Difusión de las nuevas tecnologías en avanzada de los reductores de velocidad
- Evaluar, seleccionar y proponer los componentes de un Sistema de transmisión: motor, reductores de velocidad, acoples, frenos y anti-retornos.

## 1.2.4 Organigrama Corporativo



## 1.2.5 Organigrama de la Empresa SM Cyclo de Perú SAC



## II. FUNDAMENTACIÓN DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

### 2.1 Justificación

Basado en la necesidad de aprovechamiento de mineral con granulometría específica para procesamiento mediante sistema **Ore Sorting** surge el requerimiento de seleccionar y recomendar los moto-reductores más convenientes para las fajas transportadoras del circuito de chancado.

La vida útil de esta planta de chancado que integra el circuito de fajas transportadoras es de 20 años de operación. Con la cual debemos prever la eficiencia de moto-reductores técnicamente superiores. Es también fundamental sustentar con el Departamento de Ingeniería y Proyectos de Coripuno SAC sobre el resultado de la evaluación de los reductores con base a la Norma AGMA (American Gear Manufactures Association) y en el caso de motores lo desarrollaremos con base a la norma NEMA MG

Desde el punto de vista técnico los moto-reductores deben cumplir con asegurar la productividad de la planta, basado en la eficiencia de los moto-reductores esto es fundamental. Al mismo tiempo es relevante el hecho que la lubricación de los equipos se adhieren a normas que evitan o dañen el medio ambiente en el lugar geográfico donde se ocupa la planta con los moto-reductores.

### 2.2 Marco teórico

#### 2.2.1 Antecedentes

##### **Antecedentes Internacionales**

C. V. Beltrán Valero, "*Desarrollo de Metodología para evaluar la pérdida de energía en el des-alineamiento y desbalance de un sistema motor reductor de baja potencia*", Tesis de posgrado para Optar el Grado de Magister, en la Universidad San Andrés de Bolivia, 2018. Se refiere a

parámetros como variación de corriente como un medio que no alerta el incremento de las condiciones de desalineamiento o desbalance.

F. A. Rojas Valdés, *“Plan de Mantenimiento Integrado preventivo para cintas transportadoras en Cementos BIO BIO”*, Tesis de para optar el título de Ingeniero Ejecución Mecánico en Procesos y Mantenimiento Industrial. Universidad Técnica Federico Santa María. Chile, 2018. Sobre el Plan de Mantenimiento Predictivo, indica que se encarga de identificar los elementos sobre los que se deben hacer análisis, para identificar y extender su funcionamiento en el tiempo, sin necesidad de detener los equipos, a fin de mantener la productividad,

G. Villareal Alfaro, *“Propuesta de Conversión de Sistema Motriz de una Banda Transportadora a Tecnología Mecatrónica para Optimización de su Consumo Energético”* Informe de Práctica de especialidad para optar el título de Ingeniero en Mantenimiento Industrial. Costa Rica. Tecnológico de Costa Rica. 2019. El informe recomienda realizar la medición de potencia y torque requeridos para cada una de las diferentes aplicaciones durante un periodo de producción completo para asegurar el registro de la mayor demanda de energía.

### **Antecedentes Nacionales**

W. Y. Gonzales Jiménez, *“Análisis de fallas de los Mecanismos de Fajas Transportadoras en la Empresa Concretos Supermix S.A Mediante un Programa de Mantenimiento Productivo”*. Tesis para Optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista. Perú. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Puno. Perú. 2018. Basado en su informe, es recomendable implementar dentro del plan Mantenimiento productivo la revisión permanente de los componentes de las fajas transportadoras.

C. A. Herrera Igreja, *“Dimensionamiento y Selección de Equipos para una Planta Concentradora de Cobre, Plomo y Zinc con una Capacidad de 4800 TMPD”*. Tesis para Optar el Título de Ingeniero Mecánico. Perú.

Pontifica Universidad Católica del Perú. Lima. Perú. 2016. En el documento se concluye sobre los métodos para la obtención de mineral, se remarca la necesidad de utilizar una chancadora especial tipo cónica debido principalmente a la granulometría final esperada del mineral para su ingreso a la etapa de molienda. Esto es fundamental para el proceso Ore Sorting.

### 2.2.2 Introducción

SM Cyclo de Perú SAC brinda Asesoría Técnica Comercial, acompaña también servicios de Ingeniería de sistemas de transmisión y como miembro del grupo Corporativo Sumitomo recibe el respaldo de experiencia como fabricante mundial de reductores de velocidad, presente en diversas aplicaciones del sector industrial.

El presente proyecto desarrollado para la empresa minera Cori Puno SAC, empresa peruana dedicada a labores de exploración, explotación y metalurgia de minerales auríferos. Está ubicada a una altura de 4,950 m.s.n.m, en la localidad de Untuca, distrito de Quiaca, provincia de Sandía, departamento de Puno en la sierra sur del Perú.



*Fuente. [www.coripunosac.com](http://www.coripunosac.com)*

La temperatura ambiente promedio fluctúa entre (2.6/5.6°C), indicada en las referencias técnicas del Proyecto.

GENERAL					MATERIAL			
TRANSPORTADOR DE FAJA NUMERO	UBICACION	ALTITUD MSNM	TEMPERATURA MINIMA/MAXIMA °C	PORCENTAJE DE HUMEDAD Min/Max	MATERIAL A TRANSPORTAR	DENSIDAD APARENTE (kg/m <sup>3</sup> )	ANGULO DE REPOSO °	GRANULOMETRIA MAXIMA EN pulgadas
F10	SANDIA PUNO	4800	2.6/5.6	2.5	MINERAL	1520	37.87	4

Fuente. Hoja de datos P18012-1-ET-000-05-001\_Rev.1

Para el Proyecto Ore Sorting de Untuca, la empresa de ingeniería elegida por Cori Puno SAC fue PENTATECH Ingeniería y Construcción quienes nos remitieron las hojas técnicas por el circuito de fajas transportadoras que consta de 15 transmisiones completas con moto-reductores. La capacidad de diseño es para procesar 4800 TMPD, considera 280TPH a 16 horas de trabajo diario. Todas se muestran en la siguiente planilla como datos de entrada.

Item	Long C-C ( m )	Inclinacion (°)	TAG	Velocidad ( m/s)	Cap Nominal (TPH) @ 4800	Ø Polea motriz (mm)	Potencia Nominal Motor (HP)
1	34.7	0	Faja 1	<b>1.3</b>	203.8	610	40
2	9.9	16	Faja 2	<b>0.75</b>	35.5	458	7.5
3	54.4	17	Faja 3	<b>0.75</b>	36.3	508	20
4	29.3	16	Faja 4	<b>0.75</b>	29.0	508	15
5	48.1	17	Faja 5	<b>0.75</b>	35.4	508	15
6	48.1	17	Faja 6	<b>0.75</b>	106.4	508	30
7	5	0	Faja 7	<b>0.9</b>	82.7	454	7.5
8	16.2	17	Faja 8	<b>0.75</b>	33.9	457	10
9	17.8	7	Faja 9	<b>0.9</b>	82.2	457	15
10	29.3	7	Faja 10	<b>0.75</b>	46.5	457	10
11	32.2	7	Faja 11	<b>0.9</b>	69.7	508	15
12	32.6	11	Faja 12	<b>0.75</b>	46.5	508	15
13	28.2	7	Faja 13	<b>0.9</b>	69.7	508	15
14	17	0	Faja 14	<b>0.75</b>	36.4	457	7.5

*Fuente propia. Datos resumen de entrada*

### 2.2.3 Definiciones y términos

El desarrollo de nuestro trabajo está fundamentado en las siguientes definiciones técnicas.

**Moto-reductor de Velocidad:** se designa así a un sistema de engranajes diseñados que conforman una sola unidad de transmisión y cuyo propósito es brindar torque para el movimiento o traslación de materiales, siendo accionados con un motor de tipo eléctrico, combustión, entre otros.

**Eficiencia de moto-reductores:** significa poder obtener un nivel de funcionamiento óptimo de los componentes internos del conjunto moto-reductor, los cuales están sometidos a fricción, como son los rodamientos, engranajes y elementos mecánicos de sujeción que generen vibración.

Tipo de moto-reductores: califica a las diferentes formas que adquieren los equipos cuando se trata de recomendar una aplicación en particular. Basado en la disposición de ejes, estos pueden ser: coaxial o concéntrico, en ángulo recto, de ejes paralelos y planetario. Pero si atendemos su forma de montaje: horizontal con patas, montado al eje, vertical con brida o en voladizo. Para nuestra materia nos enfocaremos en los de tipo montado al eje.

Relación de reducción (ratio): es el valor del cociente de dividir la velocidad de entrada en un reductor de engranajes por la velocidad a la salida de la transmisión. También aplica para una relación en poleas de transmisión.

Ore Sorting (Clasificación de minerales): La clasificación de minerales es un proceso para seleccionar mejor la calidad de mineral que está contenido en la roca. La tecnología actual proporciona dos tipos de clasificación de mineral: a granel y en partículas. Esto significa que mediante sensores podemos identificar y aumentar la cantidad de mineral que se transportan hacia el proceso de trituración y de esta forma producimos menos desechos a la siguiente etapa del proceso de extracción [1].

Los minerales generalmente se clasifican para aumentar la eficiencia de otros procesos de refinación, al reducir la cantidad de material a procesar y al mismo tiempo aumentamos su pureza.

Motor eléctrico trifásico: maquina capaz de transformar la energía eléctrica captada de la corriente alterna trifásica en energía mecánica rotacional.

NEMA (National Electrical Manufacturers Association): organización de normalización en EE.UU., que publica una serie de estándares técnicos de electricidad, ella misma no ensaya ni certifica productos. [2].

AGMA (American Gears Manufacturers of Association): la asociación está acreditada por el American National Standards Institute (ANSI) y establece todos los estándares de Estados Unidos en lo que concierne a fabricación de engranajes. La asociación está acreditada por el American National Standards Institute (ANSI). [3].

Decibel (dB): unidad adimensional que sirve para expresar la décima parte de Bel (B), que mide la unidad de presión sonora.

### 2.3 Descripción de las actividades desarrolladas.

#### Fase 1. Revisión y verificación de potencias de motor.

La información recibida como datos de ingreso de parte de PENTATECH es con base al resultado del cálculo de ingeniería para obtener las potencias de los motores asíncronos trifásicos bajo la Norma NEMA elegida para el Proyecto, estas potencias al estar normalizadas se pueden atender en diferentes marcas bajo las siguientes características:

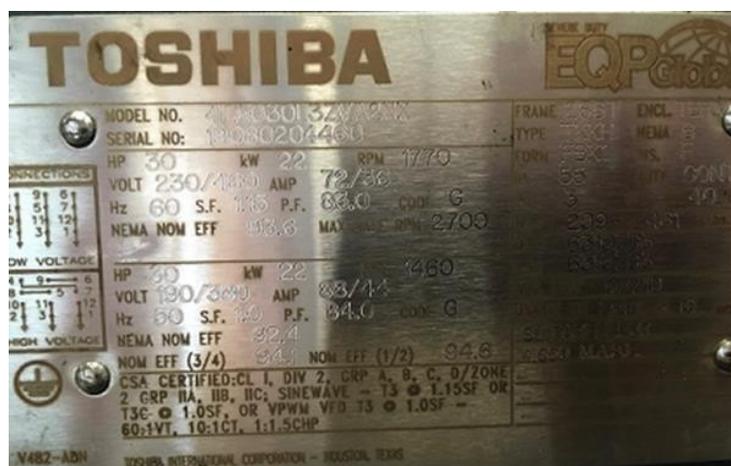
- Totally Enclosed Fan Cooled (TEFC)
- NEMA Premium Efficiency
- IV polos ó 1800 rpm
- Voltage, frequency: 460 V, 60 Hz
- Insulation: Clase F
- Temperature Rise: NEMA B
- Altitude: Up to 4850 masl (meters above sea level)
- Ambient Temperature: 25° C to 40° C
- S.F: 1.15 DOL
- Enclosure: IP55

*Fuente. Catalogo Toshiba LV EQP Global Series. [4]*

La marca y tipo de motores elegida por nosotros fue Toshiba EQP GLOBAL en baja tensión bajo norma NEMA con las condiciones requeridas y llevaran en placa de origen todas sus características, incluido su porcentaje de torque y eficiencia La demanda de energía de la red eléctrica que entregara CORIPUNO SAC como parte de su responsabilidad es de 460V y 60 Hz.

MOTOR						
MARCA WEG, BALDOR, TOSHIBA, MARATHON						
NO. REQUERIDO	POTENCIA EFECTIVA EN HP. A 4800MSNN	R.P.M. SINCRONICA/CARGA	FRAME NEMA	FACTOR DE SERVICIO	TENSION AISLAMIENTO	LIMITE DE TORQUE % MIN/MAX. DIAMETRO DEL EJE PULG. PESO kg.
1	30 4800	1800		1.15	IV POLDS/60HZ/3Ø/460 V PROT.3PW55 AISLAMIENTO F NEMA PREMIUM	

Fuente. Hoja de datos (PL-PL18012-1-100-05-HD-005)



Fuente propia. Foto de placa de motor existente.



La serie de motores EQP Global® es el producto NEMA Premium® insignia de Toshiba, diseñado para aplicaciones industriales de uso general. La serie está diseñada con materiales de alta calidad, proporcionando alto rendimiento y durabilidad bajo las condiciones de uso más severas.

Fuente. EQP Global Series SPANISH

### Pruebas de Calidad

Toshiba realiza pruebas de rutina bajo norma NEMA® MG1 a cada motor que es despachado de su fábrica bajo estrictos controles de calidad.

### MOTORES SERIE EQP GLOBAL



Fuente. EQP Global Series SPANISH

### Fase 2. Revisión y verificación del reductor

Con la planilla completa de cada una de las transmisiones procedemos a verificar el reductor acorde para la transmisión. Además, es mandatorio que todos los motores se suministren de IV polos o 1800 rpm de velocidad nominal. Cabe resaltar que para la selección del reductor es

necesario identificar primero el factor de servicio o tipo de clase, esto se logra contando con:

- Potencia de motor (HP)
- Horas de operación por día (h/d)

Para nuestra selección utilizamos el catálogo de Sumitomo para reductores tipo HSM Shaft Mount [5], del cual extraemos el cuadro adjunto.

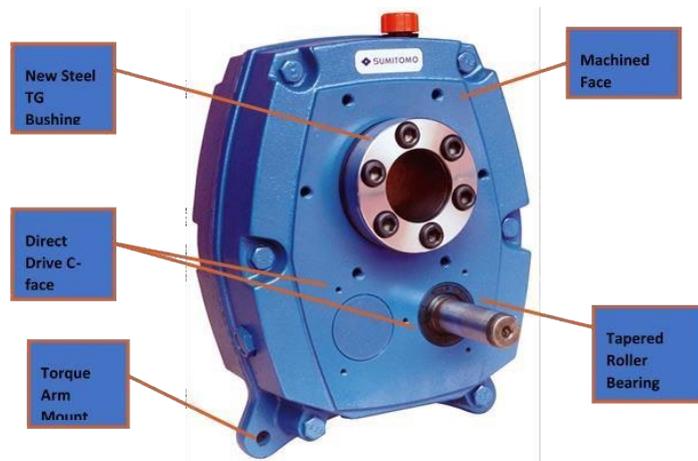
## AGMA Load Classification Tables

APPLICATION	CLASS NUMBERS		
	Up to 3 Hrs per Day	3-10 Hrs per Day	Over 10 Hrs per Day
<b>CONVEYORS – GENERAL PURPOSE</b> Includes Apron, Assembly, Belt, Bucket, Chain, Flight, Oven and Screw	I	I	II
Uniformly Loaded or Fed	I	II	II
Heavy Duty – Not Uniformly Fed	II	III	III
Severe Duty – Reciprocating or Shaker	II	III	III

**Note:** The selection table ratings are based on a starting load or momentary overload of:  
 2 times for Class I  
 2-3 times for Class II  
 4 times for Class III

*Tabla No.1. Factores de Carga para selección AGMA*

En consecuencia, para nuestro proyecto con fajas transportadoras uniformemente cargadas vs el número de arranques y paradas se determinó utilizar **Class II**, lo cual significa desde el punto de vista de medición de eficiencia poder transportar en forma continua la carga de mineral en roca con moto-reductores que garanticen la operación. Además, verificamos que todos los reductores tendrán una relación de reducción estándar 25:1



Fuente. Vista Isométrica del reductor HSM Sumitomo

### Fase 3. Selección.

Una vez ratificada la **potencia de motor, rpm de salida** en el reductor y con la información de **Clase II** del reductor, podemos identificar en el catálogo HSM. (Ver pag.23), el modelo de reductor a utilizar en todas y cada una de las transmisiones. A continuación, mostramos la selección para la faja transportadora No.6.

MOTOR						REDUCTOR																
MARCA WEG, BALDOR, TOSHIBA, MARATHON						MARCA SUMITOMO																
ND. REQUERIDO	POTENCIA EFECTIVA EN Hp. A 4800MIN	R.P.M. SINCRONICA/CARGA	FRAME NEMA	FACTOR DE SERVICIO	TENSION AISLAMIENTO	LIMITE DE TORQUE % MIN/MAX.	DIAMETRO DEL EJE pulg.	PESO kg.	ND. REQUERIDO	POTENCIA MECANICA NOMINAL hp.	POTENCIA TERMICA hp.	MODELO No.	REDUCCION NOMINAL/EXACTO	ARREGLO	CONFIGURACION	RPM A LA ENTRADA	DIAMETRO DEL EJE ENTRADA pulg.	RPM A LA SALIDA	DIAMETRO DEL EJE SALIDA pulg.	FACTOR DE SERVICIO MECANICO	FACTOR DE SERVICIO TERMICO	PESO kg.
1	30 4800	1800		1.5	IV POLDS/60HZ/3Ø/460 V PROT.3PWSS AISLAMIENTO F NEMA PREMIUM				1	30 4800	30 4800	SHAFT MOUNT EJE HUECO TAPER GRIP	25	MONTADO AL EJE DE LA POLEA MOTOR FIJADO SOBRE EL REDUCTOR		758		30.3		1.5	1.5	

Fuente. Hoja de datos (PL-PL18012-1-100-05-HD-005)

Con los datos de entrada para esta transmisión: potencia de motor: 30 HP y RPM a salida requerida: 30.3 rpm a la siguiente tabla.

## CLASS II HSM Speed Reducer Selection Chart

30 HP Motor			
10 - 12	HSM608M-25	10.0	—
	HSM608M-20	11.5	—
	HSM608M-14	17.5	—
13 - 15	HSM507L-25	5.0	—
	HSM507L-20	6.3	—
	HSM507L-14	9.3	—
16 - 21	HSM507L-25	5.0	—
	HSM507L-20	6.3	—
	HSM507L-14	9.0	—
22 - 23	HSM415K-25	4.1	—
	HSM415K-20	4.7	—
	HSM415K-14	7.1	—
24 - 25	HSM415K-25	4.2	—
	HSM415K-20	4.7	—
	HSM415K-14	7.2	—
26 - 28	HSM415K-25	4.4	—
	HSM415K-20	4.9	—
	HSM415K-14	7.2	—
29 - 30	HSM407S-25	3.6	—
	HSM407S-20	4.0	—
	HSM407S-14	5.7	—

Tabla No. 2. Selección de reductor de velocidad HSM

De la tabla del catálogo HSM (Ver pág. 31) con 30.3 rpm nos arroja el modelo *HSM407S-25*. Además, obtenemos la referencia de Ø polea mínimo de 3.6 pulg.

#### Fase 4. Revisión del ensamble moto-reductor.

En esta fase nos ocupamos de atender los elementos mecánicos de transmisión que utilizaremos para el proceso de convertirlo en un sistema monoblock, es decir realizar el ensamble a moto-reductor, pero además cuidando que su montaje sobre el eje de la polea motriz se mantenga dentro de lo recomendado por Sumitomo.

Nuestro trabajo determina la implementación de un sistema independiente para cada moto-reductor, unidos mediante un juego de poleas y respectivas correas que permitan la transmisión de torque entre motor y reductor. A continuación, mostramos la selección para transmisión por poleas y correas en V para la faja transportadora No.6. Los datos de entrada para esta transmisión son:

- Potencia de motor (HP)
- Velocidad de motor o velocidad de entrada (rpm)

- Velocidad de salida o velocidad que entrega reductor (rpm)
- Diámetro mínimo de polea motor (*catálogo HSM Sumitomo*).

Debemos considerar que las fajas en V o trapezoidales son elementos flexibles y por fricción permiten transmitir potencia de una fuente motriz a otro equipo o máquina a mover. Sumitomo recomienda su uso dado que posee un mejor esfuerzo normal sobre ambas caras de la polea, permitiendo que la resistencia de transmisión se soporte en una adecuada selección. Para nuestro proyecto utilizaremos de los fabricantes mundiales de fajas en V las estandarizadas para secciones : 3V, 5V y 8V.

TRANSMISION DE MOTOR A REDUCTOR												
PASO DE POLEAS EN V												
NO. REQUERIDO	RPM A LA ENTRADA	RPM A LA SALIDA	RATIO DE POLEAS	DIAMETRO POLEA CONDUCTORA mm.	DIAMETRO POLEA CONDUCCIDA mm.	TIPO DE POLEAS EN V	MANGUITO CONICO	TIPO DE CORREA	NO. DE CANALES	CANT. DE CORREAS	NO. DE CORREA	FACTOR DE SERVICIO
1	1760	758	2.3			8D						2

Fuente. Hoja de datos (PL-PL18012-1-100-05-HD-005)

### Calculo de poleas en V

Los datos para iniciar la selección son los siguientes:

- Potencia de motor: 30 HP
- Velocidad de polea conductora: 1770 rpm
- Diámetro mínimo de polea motriz: 3.6pulg. (ver catálogo HSM)
- Distancia entre centros de poleas: 30.75" - 39.00" (ver tabla 5)
- Tipo de polea: 3V, 5V o 8V

### **Factor de Servicio**

De la tabla No.3 para transportadora de faja y servicio continuo, tenemos:

*Tabla No.3. Factores de Servicio para transmisiones de fajas en V*

$$f_s = 1.2 + 0.1 = 1.3$$

### **Potencia de diseño:**

$$HP_d = 30 \times 1.3 = 39 \text{ HP}$$

$$\text{Luego } HP_d > HP_{\text{motor}} = 30 \text{ HP}$$

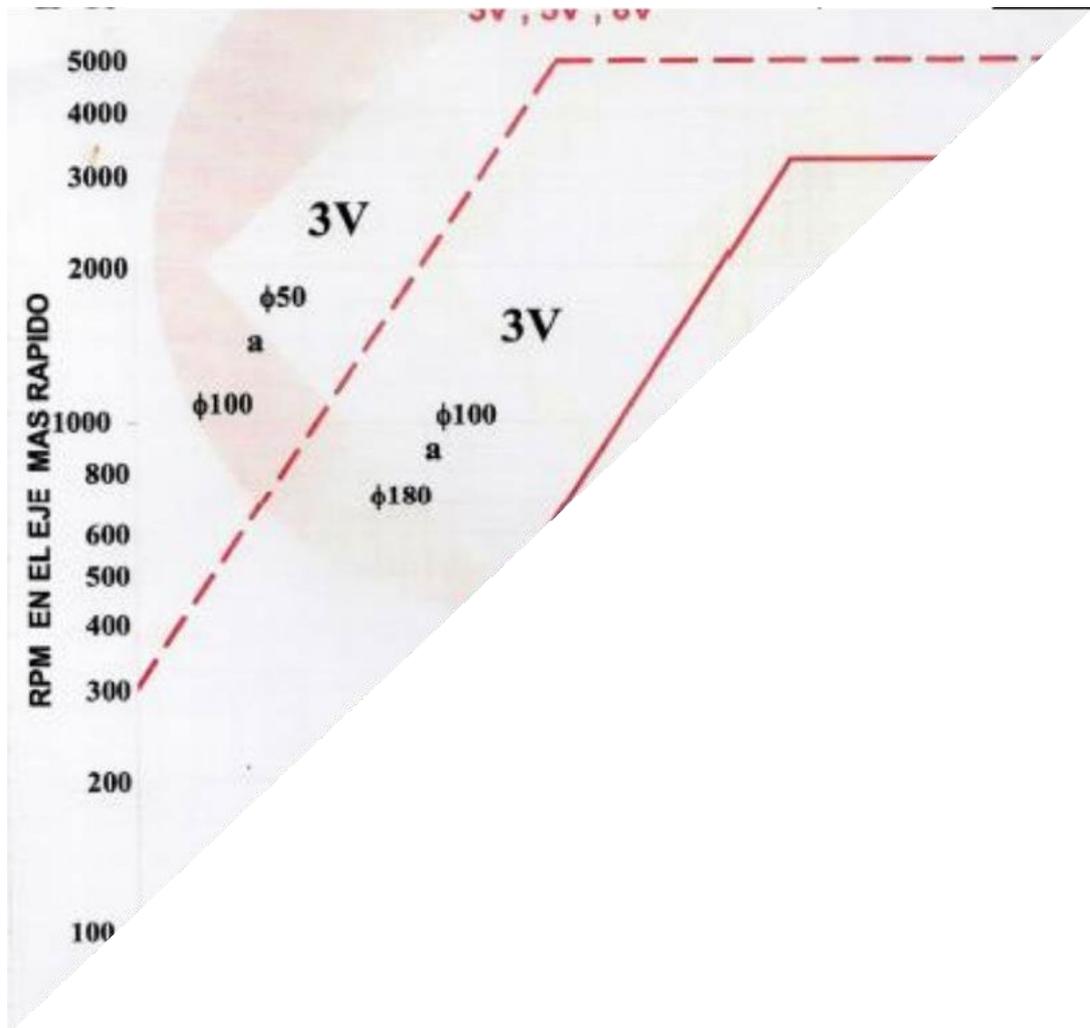


Figura 1. Selección de Fajas en V, Tipos 3V, 5V y 8V.

**Sección de la faja:**

De la figura No.1 con 39 HP y 1770 rpm, obtenemos:

Faja sección 5V con polea de menor Ø entre 180 y 250 mm

**RPM a la entrada al reductor:**

Se logra con el producto de dos factores:

ratio de reductor = 25

RPM a la salida requerida = 30.3

Entonces obtenemos:  $25 \times 30.3 = 758 \text{ rpm}$

**Relación de transmisión:**

$$m = (\text{RPM motor} / \text{RPM de ingreso al reductor})$$

$$m = 1770 / 758 = 2.335$$

**Diámetro de las poleas:**

De la tabla No.4 para sección 5V, obtenemos:

$\emptyset$  min. = 178 mm y rango recomendado de  $180\text{mm} \leq de \leq 250$  mm

*Tabla No 4. Sección de fajas y diámetros recomendados [6]*

Esto debe contrastarse con  $\emptyset$  min. recomendado = 3.6pulg (91.44 mm). Además, de la tabla No.4 para nuestro tamaño de reductor HSM407S-25.la distancia entre centros es: 30.75 pulg – 39 pulg, del catálogo HSM de Sumitomo.

$$\Delta = de - d = De - D = 2.54$$

$$\text{Tomando } C \text{ min. } 30.75'' = 781 \text{ mm}$$

$$d_{\text{max}} = (D_{\text{max}} - \Delta) / m + \Delta$$

$$d_{\text{max}} = (781-2.54) / 2.335 + 2.54 = 335.93 \text{ mm}$$

Por lo tanto:  $180\text{mm} \leq de \leq 335.93$  mm

Usamos  $de = 200\text{mm}$ , el diámetro exterior de la polea conducida seria:

$$De = m. (de - \Delta) + \Delta = 2.335x (200-2.54) + 2.54 = 463.61$$

En resumen, se decide por:  $de = 200$  mm y  $De = 464$  mm

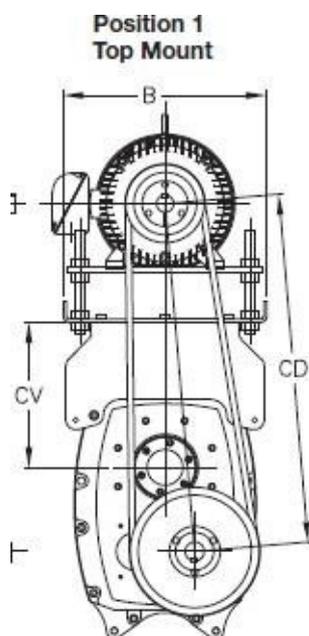
Entonces, los diámetros de paso de las poleas son:

$$d = d_e - \Delta = 200 - 2.54 = 199.46 \text{ mm}$$

$$D = D_e - \Delta = 464 - 2.54 = 461.46 \text{ mm}$$

**Relación de transmisión corregida:**

$$m = 461.46 / 199.46 = 2.31$$



**Dimensions (Inch)**

Model	NEMA Frame Size	CD TOP MOUNT		CD SIDE MOUNT		B	CV	CH	D Max.	Weight (lb)
		Min.	Max.	Min.	Max.					
107C	56-184T	16.75	21.00	15.25	19.00	13.62	7.87	8.15	5.40	40
115D	56-215T	17.75	23.00	16.50	21.25	14.63	8.62	9.25	6.38	52
203E	56-215T	20.50	25.50	18.50	23.00	14.63	10.31	11.02	5.86	55
207F	56-215T	22.25	27.25	20.00	24.75	14.63	11.36	12.20	4.76	56
215G	143T-286T	24.50	32.00	22.00	29.25	18.62	12.40	13.31	11.07	130
307H	143T-286T	25.00	32.25	22.25	29.50	18.62	12.09	13.31	9.33	129
315J	143T-326T	27.75	36.00	24.00	32.25	20.50	13.50	14.65	10.57	144
407S	143T-326T	30.75	39.00	25.00	33.25	20.50	13.94	14.80	9.61	138
415K	213T-365T	38.25	47.75	34.50	44.00	25.20	18.09	21.02	11.95	265
507L	254T-405T	39.00	44.50	-	-	31.50	28.19	-	14.86	206
608M	254T-445T	43.00	48.50	-	-	33.07	31.54	-	18.01	239

*Tabla No.5. Distancia entre centros de poleas recomendadas para HSM Sumitomo*

### Distancia entre centros:

Con la recomendación de Sumitomo para una de distancia mínima de 30.75pulg. (781 mm), y considerando  $C_{min} \geq D_e = 464$  mm.

$$C_{min} = (464 + 3 \times 200) / 2 = 532 \text{ mm}$$

$$C_{max} = 3 \times (464 + 200) = 1992 \text{ mm}$$

Tomaremos como base  $C = 800$  mm

$$L = 2 \times 800 + 1.65 \times (464 + 200) = 2695.6 \text{ mm}$$

De la tabla No.6, se escogerá:

Faja 5V1060 que tiene una longitud de 2692.4 mm, con  $K_L = 0.97$

SECCION 3V			SECCION 5V		
FAJA N°	LONG. FAJA mm	$K_L$	FAJA N°	LONG. FAJA mm	$K_L$
3V250	635.0	0.83	5V500	1270.0	0.85
3V265	673.1	0.84	5V530	1346.2	0.86
3V280	711.2	0.85	5V560	1422.4	0.87
3V300	762.0	0.86	5V600	1524.0	0.88
3V315	800.1	0.87	5V630	1600.2	0.89
3V335	850.9	0.88	5V670	1701.8	0.90
3V355	901.7	0.89	5V710	1803.4	0.91
3V375	952.5	0.90	5V750	1905.0	0.92
3V400	1016.0	0.92	5V800	2032.0	0.93
3V425	1079.5	0.93	5V850	2159.0	0.94
3V450	1143.0	0.94	5V900	2286.0	0.95
3V475	1206.5	0.95	5V950	2413.0	0.96
3V500	1270.0	0.96	5V1000	2540.0	0.96
3V530	1346.2	0.97	5V1060	2692.4	0.97
3V560	1422.4	0.98	5V1120	2844.8	0.98

Tabla No.6. Longitud de Faja y factor de Longitud de faja

**Distancia entre centro corregida:**

$$L = 2 \cdot C + \frac{\pi}{2} \cdot (D + d) + \frac{(D-d)^2}{4 \cdot C}$$

Con los datos de L= 2695.6 mm ; D=464 ; d=200,

Obtenemos C corregido: C = 815 mm

**Potencia por faja:**

De la Tabla No.7, para 1770 rpm de motor y Ø polea motor = 200mm

RPM (°)	HP POR FAJA REFERIDO A LA POLEA DE MENOR DIAMETRO											
	Ø178	Ø180	Ø190	Ø200	Ø210	Ø220	Ø230	Ø240	Ø250	Ø260	Ø270	Ø280
100	1.33	1.36	1.47	1.60	1.73	1.85	1.98	2.10	2.22	2.34	2.46	2.59
200	2.46	2.51	2.75	2.98	3.22	3.46	3.69	3.93	4.17	4.40	4.63	4.86
300	3.51	3.59	3.94	4.29	4.63	4.98	5.32	5.66	6.00	6.34	6.68	7.02
400	4.52	4.62	5.08	5.53	5.98	6.42	6.87	7.31	7.75	8.20	8.64	9.08
500	5.48	5.61	6.16	6.72	7.27	7.82	8.37	8.91	9.46	10.0	10.5	11.1
600	6.42	6.56	7.22	7.87	8.52	9.17	9.81	10.4	11.1	11.7	12.3	13.0
700	7.32	7.48	8.24	8.99	9.74	10.5	11.2	12.0	12.7	13.4	14.1	14.8
800	8.19	8.38	9.23	10.1	10.9	11.7	12.6	13.4	14.2	15.1	15.9	16.6
900	9.05	9.25	10.2	11.1	12.1	13.0	13.9	14.8	15.7	16.6	17.5	18.4
1000	9.86	10.1	11.1	12.1	13.2	14.2	15.1	16.2	17.1	18.1	19.1	20.0
1100	10.7	10.9	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	17.5	18.5	19.5	20.6	21.6
1200	11.4	11.7	12.8	14.1	15.3	16.4	17.6	18.7	19.9	20.9	22.0	23.2
1300	12.2	12.5	13.7	15.0	16.3	17.5	18.7	19.9	21.1	22.3	23.4	24.6
1400	12.9	13.2	14.5	15.9	17.2	18.5	19.8	21.0	22.3	23.6	24.8	26.0
1500	13.6	13.9	15.3	16.7	18.1	19.5	20.9	22.2	23.5	24.8	26.0	27.3
1600	14.2	14.6	16.1	17.6	19.0	20.4	21.9	23.2	24.6	25.9	27.2	28.5
1700	14.9	15.2	16.8	18.3	19.9	21.3	22.8	24.2	25.6	27.0	28.3	29.6
1800	15.5	15.8	17.5	19.1	20.7	22.2	23.7	25.1	26.5	28.0	29.3	30.6
1900	16.1	16.4	18.1	19.8	21.4	23.0	24.5	26.0	27.4	28.9	30.3	31.8
2000	16.6	17.0	18.8	20.4	22.1	23.7	25.3	26.8	28.2	29.7	31.1	32.4

Tabla No 7. Potencia que pueden transmitir las fajas sección 5V

Nos resulta: HP / faja = 19.1

**Factor de corrección por ángulo de contacto:**

De la figura 2, con:

$(D - d) / C = (464 - 200) / 815 = 0.32$  ; Se obtiene:  $K_{\theta} = \underline{0.96}$

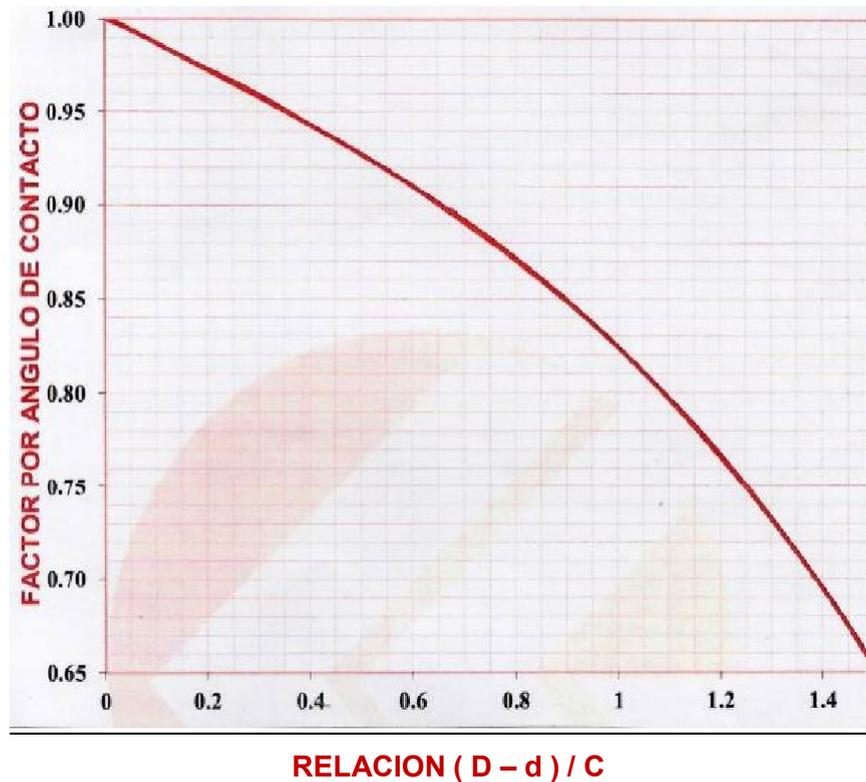


Figura No 2. Factor por ángulo de contacto

**Factor de corrección por longitud de faja:**

De la tabla 6, se obtiene para faja 5V1060  $K_L = \underline{0.97}$

**Potencia adicional por relación de transmisión:**

De la tabla No.8, para  $m = 2.31$  y faja sección 5V, se obtiene:

RELACION DE TRANSMISION	SECCION 3V	SECCION 5V	SECCION 8V
1.00 a 1.01	0.00000	0.00000	0.0000
1.02 a 1.05	0.00181	0.00963	0.0469
1.06 a 1.11	0.00494	0.0262	0.1277
1.12 a 1.18	0.00860	0.0457	0.2227
1.19 a 1.26	0.01171	0.0622	0.3030
1.27 a 1.38	0.01419	0.0754	0.3673
1.39 a 1.57	0.01663	0.0884	0.4305
1.58 a 1.94	0.01871	0.0994	0.4843
1.95 a 3.38	0.02040	0.1084	0.5279
> 3.38	0.02160	0.1148	0.5590

Nota: Los valores de la tabla deberán ser multiplicados por # RPM / 100

Tabla No 8. Factor por ángulo de contacto

Factor 0.1048, luego hallamos HP ad ( HP adicional )

$$\text{HP ad.} = 0.1048 \times 1770 / 100 = 1.85$$

**Potencia por faja corregida:**

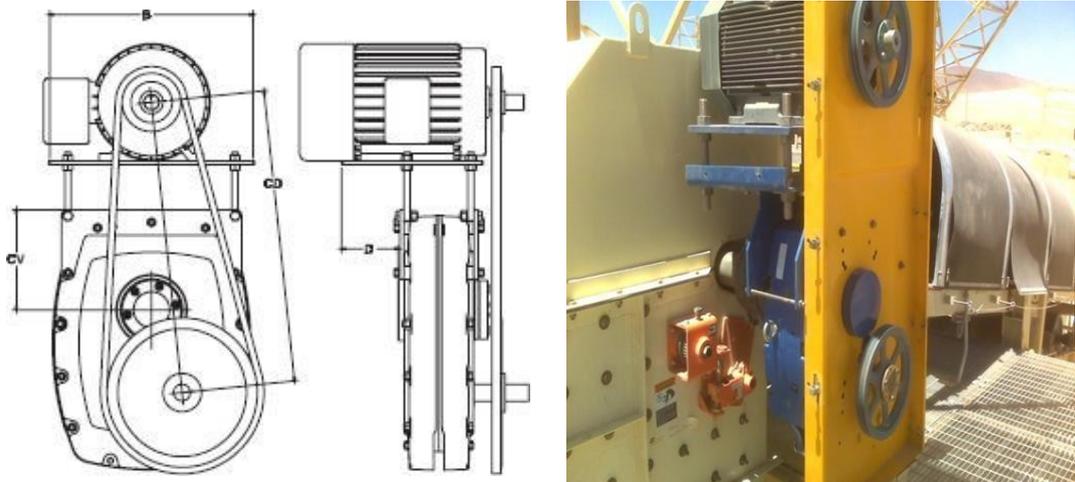
$$(\text{HP/faja}) = (19.1 + 1.85) \times 0.96 \times 0.97 = 19.2$$

**Numero de fajas:**

$$\text{HPd} / (\text{HP/faja}) = 39 / 19.48 = 2$$

Resultado:

*Usaremos 2 fajas 5V1060 con poleas de  $\varnothing 200\text{mm}$  y  $\varnothing 464\text{mm}$  y con una distancia entre centros de 950 mm*



*Fuente Propia. Esquema y foto de arreglo moto-reductor.*

## Nivel de Ruido

El nivel de potencia máxima que cada transmisión genera en el circuito, cuando todas se encuentran operando en condiciones normales, usualmente no debe ser mayor de 85 dBA, medidos a un metro de la fuente de ruido. De acuerdo con el estándar ISO 7574. Casos que superen este nivel se sugiere uso de protección auditiva. A la vez podemos señalar respecto al revisión del ruido que para Perú no existe norma de vigilancia obligatoria para el monitoreo de nivel de ruido, pero si se cuenta con 2 normas técnicas peruanas (NTP) emitidas por Indecopi que son: NPT 2006-1:2007 y NPT 2006-1:2008 [7]

## Capacidad Mecánica.

La capacidad de carga de los componentes está basada en los factores recomendados para la aplicación por Sumitomo, tomando como referencia que operará las 24 horas al día, los componentes se seleccionan para cargas de impacto moderada. El reductor de velocidad HSM Sumitomo recomendado se caracteriza por tener dientes de engrane endurecidos y con una geometría en el ángulo de presión del diente de 25°, lo que permite soportar cargas máximas y un torque elevado, esto le brinda una mayor capacidad nominal en el diseño más compacto.

## Capacidad Térmica.

La capacidad térmica se define como el número máximo real de potencia (Kw) que el reductor transmitirá de forma constante durante tres horas o más sin sufrir sobrecalentamiento.

## Condición que desfavorece la disipación térmica en el reductor HSM

- Coberturas para disminuir ruidos (no recomendada)
- Depósito de material sobre la carcasa del reductor.

- Radiación solar intensa.
- Excesivo nivel de aceite.
- Viscosidad del aceite demasiado elevada.

*Tabla No.9 Fuente Propia. Capacidad Térmica de reductor HSM*

Del cuadro se puede interpretar lo siguiente; para un equipo reductor por ejemplo el tamaño HSM307H-25 con una velocidad de salida de 30 RPM, la capacidad mecánica del reductor es 15.22 HP y su capacidad térmica 84.65 RPM. Y así para cualquier otro tamaño de reductor que se procede de la misma forma para validar sus propiedades reales en operación.

Cuadro comparativo entre los diferentes tipos de engranajes y su eficiencia.

Tipo	Engranaje	Eficiencia Aprox.	Rango de ratios nominales	Cargas que soportan los rodamientos	Notas
Paralelos	Recto externo	97 - 99 %	1:1 - 5:1	Radial	Bajo costo, 20° & 25° son los ángulos más comunes
	Recto interno	97 - 99 %	1:5 - 7:1	Radial	Bajo costo, 20° & 25° son los ángulos más comunes
	Helicoidal Externo	97 - 99 %	1:1 - 10:1	Radial & Axial	Operación silenciosa, Grandes cargas Hélice nominal ~ 20°
	Helicoidal Interno	97 - 99 %	1:5 - 10:1	Radial & Axial	Operación silenciosa, soporta grandes cargas, Hélice nominal ~ 20°
	Helicoidal doble externo	97 - 99 %	1:1 - 20:1	Radial	No genera cargas Axiales, gran resistencia a la carga

*Fuente Sumitomo. Datos de eficiencia para engranajes.*

En nuestro caso los equipos están conformados por doble tren de engranajes tipo helicoidal externo con una eficiencia mínima del 97 % en cada tren, para nuestro caso con ratio 25:1 el factor 0.97 es aplicable 2 veces



**Helicoidal Externo**

## Procedimiento de Montaje

1. Instalar el reductor sobre el eje de la polea motriz del reductor.



*Fuente propia. Montaje de reductor sobre eje de polea motriz.*

Para el suministro de la polea motriz se indicó a nuestro cliente Cori Puno SAC que comunique a su proveedor de poleas que no se requiere que el eje sea maquinado con canal y chaveta, dado que el reductor se instala con TGB (Taper Grip Bushing) y no se requiere, nosotros brindaremos las medidas con tolerancias.

### **Taper-Grip® Bushing Bore Sizes**

Use this table to verify compatibility of Unit Size and Bushing Bore Size

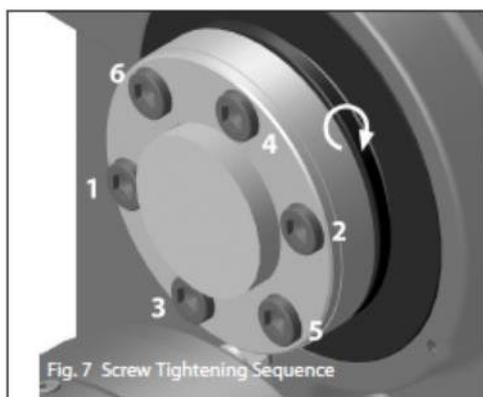
**Note:** A range of output shaft bores are available in both the Taper-Grip bushing and keyed hollow bore shafts. CONSULT FACTORY.

**For screw torques and shaft tolerances, see page 33.**

Unit Size	Max.	Med.	Min.
107C	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub>
115D	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
203E	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
207F	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
215G	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
307H	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
315J	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	2 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
407S	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
415K	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	3 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
507L	5 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>
608M	6 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	5 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>	4 <sup>1</sup> / <sub>8</sub>

*Tabla No 10. Dimensiones de diámetro de agujeros.*

2. Ajuste del TGB sobre el eje del tambor motriz. Los valores descritos en la tabla No.10 nos muestra la forma como ajustar los pernos para cada modelo de reductor.

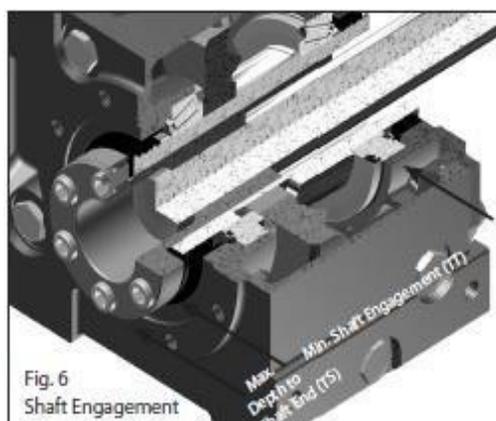


HSM Model	Cyclo® BBB4 Model	Cap screws (JIS Grade 12.9)		Cap screw Torque	
		Qty.	Size	Nm	Lb.Ft.
107C		6	M10x14	50	37
115D		6	M10x14	55	41
203E	A	6	M12x16	75	56
207F	B	6	M12x16	140	104
215G	C	6	M16x20	250	185
307H	D	6	M16x20	300	223
315J	E	8	M16x20	300	223
407S	F	10	M16x20	300	223
415K		10	M16x35	300	223
507L		12	M16x35	300	223
608M		16	M16x35	300	223

Tabla No 11. Torque para ajuste de pernos del TGB

Los ajustes siempre en el sentido de las agujas del reloj e intermitente a posiciones diametralmente opuestos.

Para el efecto de longitud de eje que ocupa el reductor cuando está montado solo es necesario seguir la siguiente recomendación del fabricante. Los ajustes siempre en el sentido de las agujas del reloj e intermitente a posiciones diametralmente opuestos.



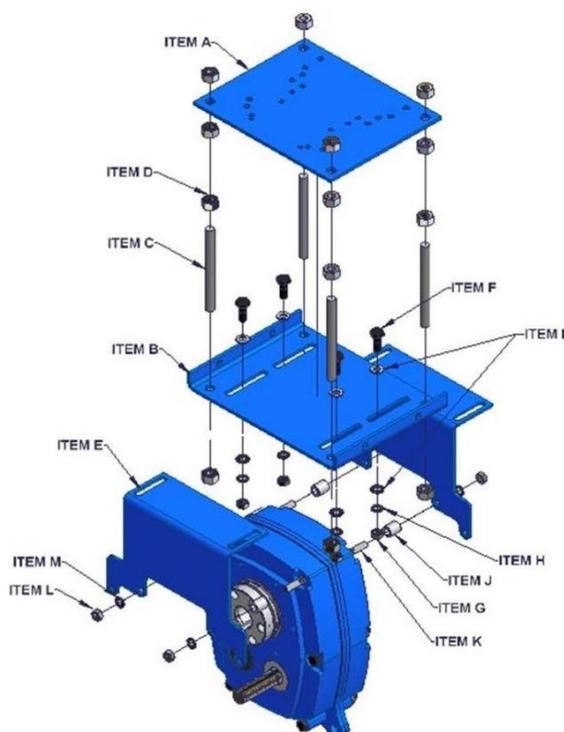
HSM Model	Minimum Shaft Engagement		Cyclo® HBB Model	Minimum Shaft Engagement	
	mm	in.		mm	in.
107C	119.5	4.70	Z	113.5	
115D	127.5	5.02			
203E	136	5.35	A		
207F	153	6.02	B		
215G	183	7.20			
307H	205	8.07			
315J	215				
407S	219				
415K					
507L					
608M					

Tabla No. 12. Medida de profundidad mínima para ingreso de eje en reductor HSM

3. Completar la base de motor sobre el soporte inferior que ya debe estar instalación en el cuerpo del reductor. ( como Item 1)



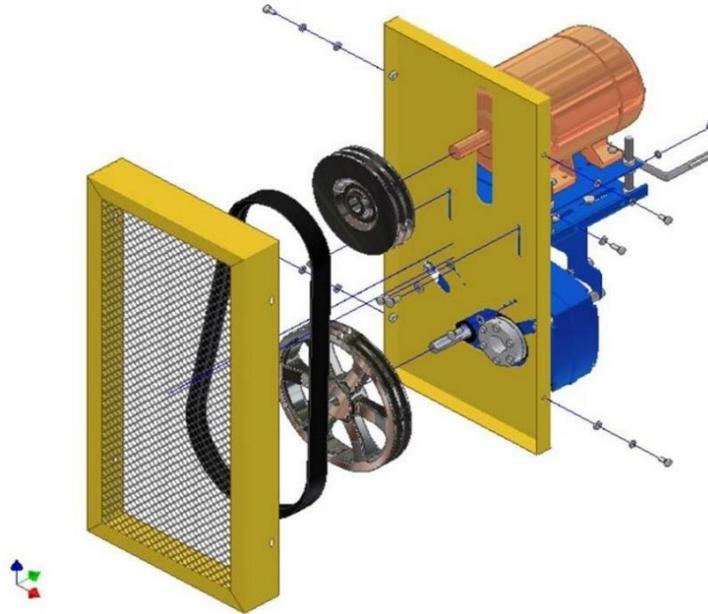
Fuente propia. Reductor HSM con Base de motor ensamblado



Item	Descripción
A	Base para montaje de motor
B	Base fondo para montaje motor
C	Esparrago para ensamble base motor
D	tuercas para esparragos
E	Tope de base motor
F	Pernos cabeza hexagonal
G	tuercas cabeza hexagonal
H	arandela de presión
I	arandela plana
J	buje distanciador
K	buje guiador para esparrago
L	tuercas cabeza hexagonal
M	arandela de presión

Fuente propia. Reductor HSM en Sub ensamble

4. Montar el motor sobre la base superior, haciendo coincidir los agujeros de la base.



*Fuente propia. Reductor HSM en Sub ensamble*

5. Fijar el brazo de torque o torsión, en la parte inferior del reductor. Esto se logra fijando los pernos a una de las orejas en el reductor y otra fija en la estructura de la faja transportadora.



### **Objetivo de Lubricación:**

- Separa las superficies en movimiento de los engranajes con una película de aceite o grasa para reducir la fricción y minimizar el desgaste.
- Ayuda a amortiguar y absorber el choque entre los dientes.
- Absorbe y elimina el calor generado en el área de engrane mediante la circulación de aceite en el engrane.
- Cubre Componentes, tales como engranajes y rodamientos para evitar la formación de óxido y la corrosión ayudando a preservar las partes internas.

### **Tipo de lubricante**

#### Sintéticos (Polifenoles)

Hecho por el hombre a partir de plásticos y otros compuestos químicos, no se extrae de una base de petróleo.

Beneficios: gran rango de temperaturas operación, mejor estabilidad a la oxidación, mejorado índice de viscosidad, menor coeficiente de fricción, incrementa la eficiencia, incrementa la resistencia a la corrosión y larga vida comparada con los minerales.

Limitaciones: más caro que los minerales, no compatible con algunos materiales de sellos y con ciertos tipos de pintura.

#### Extrema Presión (EP)

Lubricantes minerales o sintéticos que contienen aditivos químicos o compuestos solubles como el azufre fosforoso para impedir que las superficies que se deslizan se agarren en condiciones de presión extremas. Los aditivos se combinan químicamente con el metal para proporcionar una película superficial que previene soldadura y picaduras prematuras.

Beneficios: los aditivos EP aumentan la capacidad de carga del lubricante.

Limitaciones: aditivos como el azufre sulfuroso puede atacar engranajes de bronce a temperaturas por encima de 110°C.

Splash o lubricación por salpicadura

El método utilizado para suministrar lubricante a engranajes y rodamientos del reductor HSM recomendado es llenando parcialmente con aceite a un nivel donde uno o más engranajes levantan aceite que se esparce bañando los engranes y rodamientos. Generando un ciclo tipo vasos comunicantes.

**MINERAL OIL**

		13:1 AND 20:1 & 25:1 RATIO GEARBOX						
		0-20 rev/min		21-50 rev/min	51-120 rev/min		0-50 rev/min	51-80 rev/min
		107-415	107-203	207-415	107-203	207-415	507-608	
ISO. Visc Grade	-10 to +5	150	150	150	100	100	100	100
	6 to 25	680	680	460	460	320	320	220
	26 to 40	800	800	800	680	460	460	320

When using the table above, Sumitomo Drive Technologies recommends:

- Mobil Mobilgear & SHC mineral oils
- Mobil SHC X 620 synthetic oil as suitable for all ambient temperatures and all input speeds
- Other approved oils for HSM:
- BP – Energol GR-XP
- Castrol – Alphazan ORSP
- Shell – Omala
- Texaco – Meropa
- Exxon – Spartan

*Tabla No. 13. Lubricantes recomendados para uso en reductor HSM*

### Evaluación de la eficiencia.

Con el propósito de poder medir la eficiencia energética de nuestras transmisiones, basados en los diferentes indicadores y normas establecidos en este ámbito. Podemos comparar la eficiencia desde el punto de vista energía eléctrica entregada por el motor hasta la energía mecánica traducida en torque al eje para mover las fajas transportadoras de nuestro proyecto. Para evaluar la eficiencia de la transmisión en general podemos empezar con validar la potencia entregada por el motor.

Potencia de motor:  $P_m$

Eficiencia de motor: 93.6 % (dato de placa)

Potencia de motor:  $P_e$

$$P_e = P_m \times \eta$$

Con  $P_m = 30$  HP y  $\eta = 93.6\%$  ->  $P_e = 28.08$  HP

Item	Long C-C ( m )	TAG	Cap Nominal (TPH) @ 4800	RPM polea	Voltaje ( V )	Corriente ( I )	Potencia Nominal Motor (HP)	Potencia Calculada con placa motor (HP)	% Eficiencia motor nominal
							A	A x C	C
1	34.7	Faja 1	203.8	<b>40.7</b>	440	34.6	40	37.64	0.941
2	9.9	Faja 2	35.5	<b>31.3</b>	440	5.66	7.5	6.89	0.918
3	54.4	Faja 3	36.3	<b>28.2</b>	440	12.97	20	18.66	0.933
4	29.3	Faja 4	29.0	<b>28.2</b>	440	12.70	15	13.89	0.926
5	48.1	Faja 5	35.4	<b>28.2</b>	440	12.79	15	13.89	0.926
6	48.1	Faja 6	106.4	<b>30.3</b>	440	24.92	30	28.08	0.936
7	5	Faja 7	82.7	<b>36.2</b>	440	4.98	7.5	6.89	0.918
8	16.2	Faja 8	33.9	<b>31.3</b>	440	8.45	10	9.18	0.918
9	17.8	Faja 9	82.2	<b>37.6</b>	440	13.15	15	13.89	0.926
10	29.3	Faja 10	46.5	<b>28.2</b>	440	7.32	10	9.40	0.940
11	32.2	Faja 11	69.7	<b>33.8</b>	440	9.83	15	13.89	0.926
12	32.6	Faja 12	46.5	<b>28.2</b>	440	13.24	15	13.89	0.926
13	28.2	Faja 13	69.7	<b>32.3</b>	440	12.57	15	13.89	0.926
14	17	Faja 14	36.4	<b>30.3</b>	440	5.87	7.5	6.89	0.918

Tabla No 14. Fuente propia. Potencias basadas en eficiencia constructiva por motor.

Con la ayuda de la tabla No 14 iniciaremos la evaluación para obtener valores de consumo que nos permitan determinar indicadores de eficiencia.

Luego aplicamos el mismo principio con la potencia entregada por motor cuando es transmitida al reductor. De esta forma podemos evaluar la potencia directa al eje de polea motriz, afectada por su eficiencia de diseño e incluida la perdida por resbalamiento en las correas de transmisión.

Criterio	Plana	Trapezoidal	Eslabonada	Dentada	Poly V	Redonda
Carga en los árboles	muy grande	pequeña	pequeña	minima	grande	muy grande
Trabajo a V = 25 m/s	aceptable	aceptable	malo	bueno	aceptable	regular
Resistencia a los choques	muy buena	bueno	regular	aceptable	muy buena	bueno
Eficiencia %	97 ... 98	96 ... 97	95 ... 96	98 ... 99	96 ... 97	96 ... 95
Longitud de correa	libre	normalizada	libre	dependiente	normalizada	libre
Tolerancia a la desalineación	pequeña	grande	grande	pequeña	pequeña	muy grande
Nivel de ruido	muy bajo	muy bajo	bajo	bajo	bajo	bajo
Sincronismo	no	no	no	si	no	no
Costo inicial	bajo	bajo	bajo	moderado	moderado	minimo
Necesidad de control del tensado	alguna	escasa	alguna	escasa	alguna	alguna
Facilidad de montaje entre apoyos	si	no	si	no	no	si
Ancho reducido	no	si	si	si	no	si
Diámetro reducido	si	no	no	no	si	no

Tabla No 15. Comportamiento de los tipos de correas en el mercado industrial

Entonces en nuestro resumen siempre con el ejemplo en la faja No.6 tendremos:

Potencia de motor: P<sub>m</sub>

Eficiencia de polea trapezoidal: 0.96 (De tabla No. 15)

Eficiencia del reductor HSM: 0.90

Potencia directa: P<sub>d</sub>

$$P_d = P_m \times 0.96 \times 0.90$$

Con P<sub>m</sub>=28.08 HP -> P<sub>d</sub> = 24,26 HP

Este resultado nos sirve de indicador ejemplo y nos permite analizar el patrón de comportamiento de eficiencia del resto de transmisiones, sin dejar de considerar que, si el usuario desea en algún momento aumentar la

capacidad de carga en las fajas transportadoras, estas se pueden evaluar y considerar favorable en su implementación con las nuevas capacidades.

Con los datos suministrados por Cori Puno SAC, de corriente de consumo y concedores que todos los motores están conectados a una red de 440 V, preparamos el siguiente cuadro.

Item	TAG	Cap Nominal (TPH) @ 4800	Voltaje (V)	Corriente medida (I)	Potencia Nominal Motor (HP)	Potencia Calculada con datos Operación (HP)	% Potencia ( Absorvida / Nominal )	Potencia Calculada con placa motor (HP)	% Eficiencia motor nominal
					A	$B = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$	B / A	A x C	C
1	Faja 1	203.8	440	28.60	40	29.03	0.73	37.64	0.941
2	Faja 2	35.5	440	5.66	7.5	5.75	0.77	6.89	0.918
3	Faja 3	36.3	440	12.97	20	13.16	0.66	18.66	0.933
4	Faja 4	29.0	440	10.43	15	10.59	0.71	13.89	0.926
5	Faja 5	35.4	440	11.37	15	11.55	0.77	13.89	0.926
6	Faja 6	106.4	440	24.92	30	25.29	0.84	28.08	0.936
7	Faja 7	82.7	440	4.98	7.5	5.05	0.67	6.89	0.918
8	Faja 8	33.9	440	8.15	10	8.27	0.83	9.18	0.918
9	Faja 9	82.2	440	12.15	15	12.33	0.82	13.89	0.926
10	Faja 10	46.5	440	6.11	10	6.20	0.62	9.40	0.940
11	Faja 11	69.7	440	8.82	15	8.95	0.60	13.89	0.926
12	Faja 12	46.5	440	11.24	15	11.41	0.76	13.89	0.926
13	Faja 13	69.7	440	10.97	15	11.13	0.74	13.89	0.926
14	Faja 14	36.4	440	4.87	7.5	4.93	0.66	6.89	0.918

*Tabla No 16. Fuente propia. Eficiencia de potencia y capacidad*

Los datos obtenidos de la tabla No. 16 nos refleja que los equipos se encuentran trabajando por debajo de su Potencia Nominal, brindando torque suficiente a las fajas transportadoras y basado en los datos de consumo de corriente traducida en potencia (Kw) están por debajo de lo esperado comparado con el % de eficiencia nominal cuando trabaje a plena carga.

## Evaluación de transmisión con moto-reductor coaxial y transmisión por cadena.

Para el caso de una transmisión con un esquema de moto-reductor de eje coaxial con eje de motor, realizaremos el ejercicio para determinar su eficiencia operativa y de esa manera poder comparar con los modelos HSM o montados al eje directo.



*figura No 3. Motoreductor Sumitomo Coaxial*

La transmisión en general para velocidades relativas al proyecto, la tenemos que evaluar con base a la potencia entregada por el reductor coaxial a la salida, es decir:

Potencia de motor:  $P_m$

Eficiencia de reductor ciclo coaxial: 95 %

Potencia entregada por el reductor:  $P_e$

$$P_e = P_m \times 0.95$$

Con  $P_m = 30 \text{ HP}$  ->  $P_e = \underline{28.5 \text{ HP}}$

Realizamos ahora la evaluación para la misma transmisión, pero utilizando piñón y cadena. Para ellos debemos considerar los mismos datos de ingreso, los cuales son:

- Potencia de motor: 28.5 HP
- Velocidad de salida requerida: 30.3 rpm

En nuestro caso consideramos una relación de transmisión entre 1.5 a 2.0 como valores nominales entre piñón motriz y catalina conducida. Luego aplicamos el mismo principio con la potencia entregada del reductor cuando es transmitida por medio de la transmisión por cadena. De esta forma podemos evaluar la potencia directa al eje de polea motriz.

Potencia de motor:  $P_e$

Eficiencia de transmisión con cadena: 88% (fuente Sumitomo)

Potencia directa:  $P_d$

$$P_d = P_e \times 0.88$$

Con  $P_e = 28.5 \text{ HP}$   $\rightarrow P_d = 25.08 \text{ HP}$

En resumen, podemos presentar el siguiente cuadro solo para la faja 6 que fue tomado como base de estudio.

*Tabla No. 17. Comparativo de potencias*

A propósito de los resultados obtenidos podemos interpretar que, si bien los datos numéricos de potencia para ambos modelos de reductores se encuentran muy próximos 25.29 vs 25.08, esto se debe a que el moto-reductor coaxial cyclo al poseer una eficiencia del 95% con diseño único transmite una potencia directa al eje bastante óptima. Pero recordando que la transmisión es con cadena y los puntos en contra son el ruido de la transmisión de cadena, permanente revisión de lubricación, desgaste de partes debido al par producto de la transmisión. Adicional a ello el reductor

solo es capaz de brindar una velocidad de salida y la variación de velocidad a una más lenta se logra aumentando la relación de transmisión de piñón y cadena manteniendo los mismos criterios de mantenimiento. En esta instancia es inevitable los incrementos de costos para dichas modificaciones.

Ahora basado en un análisis general de toda la energía eléctrica que no es requerida por el reductor para transmitir torque podemos mostrar la tabla No.18.

Item	Long C-C ( m )	TAG	Velocidad ( m/s)	Modelo Reductor	Voltaje ( V )	Potencia Nominal Motor (HP)	Potencia Calculada con datos Operación (HP)	Ahorro de energía	Potencia Calculada con placa motor HSM (HP)
						<b>A</b>	<b>B = V.I √3</b>		<b>A x C</b>
1	34.7	Faja 1	<b>1.3</b>	HSM415K-25	440	40	29.03	27.43%	37.64
2	9.9	Faja 2	<b>0.75</b>	HSM215G-25	440	7.5	5.75	23.38%	6.89
3	54.4	Faja 3	<b>0.75</b>	HSM315J-25	440	20	13.16	34.20%	18.66
4	29.3	Faja 4	<b>0.75</b>	HSM315J-25	440	15	10.59	29.42%	13.89
5	48.1	Faja 5	<b>0.75</b>	HSM315J-25	440	15	11.55	23.02%	13.89
6	48.1	Faja 6	<b>0.75</b>	HSM407S-25	440	30	25.29	15.69%	28.08
7	5	Faja 7	<b>0.9</b>	HSM215G-25	440	7.5	5.05	32.62%	6.89
8	16.2	Faja 8	<b>0.75</b>	HSM307H-25	440	10	8.27	17.33%	9.18
9	17.8	Faja 9	<b>0.9</b>	HSM307H-25	440	15	12.33	17.78%	13.89
10	29.3	Faja 10	<b>0.75</b>	HSM307H-25	440	10	6.20	38.00%	9.40
11	32.2	Faja 11	<b>0.9</b>	HSM307H-25	440	15	8.95	40.36%	13.89
12	32.6	Faja 12	<b>0.75</b>	HSM307H-25	440	15	11.41	23.91%	13.89
13	28.2	Faja 13	<b>0.9</b>	HSM307H-25	440	15	11.13	25.78%	13.89
14	17	Faja 14	<b>0.75</b>	HSM215G-25	440	7.5	4.93	34.22%	6.89
<i>Promedio de ahorro de energía</i>								<b>27.37%</b>	

*Tabla No.18. Resultado de Ahorro de energía de todo el circuito de fajas*

El resultado refleja valores alentadores para el cliente dado que, se puede permitir aumentar la capacidad de carga de las fajas transportadoras si la operación lo demanda. A la fecha de la preparación del presente informe el precio del Oro mantiene un valor expectante y Cori Puno SAC, ya estudia la factibilidad de complementar con equipos de Ore Sorting que le permita incrementar la capacidad proyectada actual. Se espera que hacia fines del 2021 ya se tome una decisión al respecto.

### III. APORTES REALIZADOS

#### 3.1. Montaje directo al eje con Sistema TGB

Uno de los aportes más resaltantes es con referencia al método de sujeción entre el reductor y eje de la polea motriz provisto por el proveedor del cliente. El reductor HSM recomendado no se monta con canal chavetero y ajuste. Sino con el TGB (Taper Grip Bushing) o Buje de agarre cónico.



*Figura No.4. TGB (Taper Grip Bushing )*

El método de ajuste es por contracción directa al generarse tracción directa del buje, es decir su rosca exterior e interior del reductor sobre el eje de la polea motriz, fijando correctamente el conjunto. El buje o taper grip de Sumitomo nos permite un montaje y desmontaje muy fácil de realizar, recalcando que no requiere chaveta.

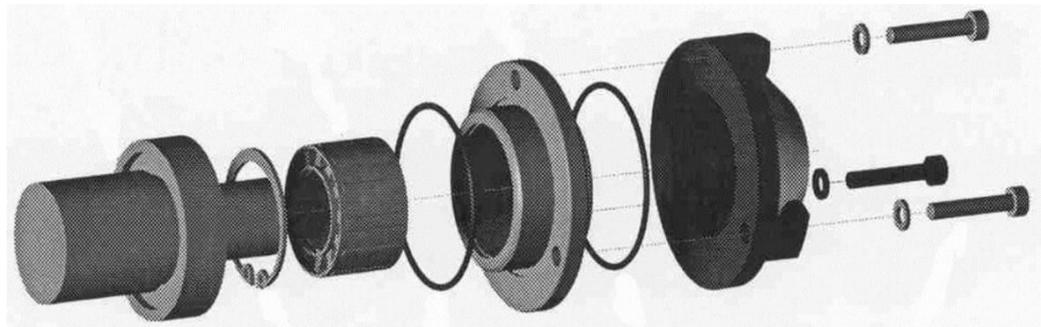


*Figura No.5. TGB (Taper Grip Bushing )*

### 3.2 Back stop o antiretorno

En lo que respecta a medidas para controlar que la carga sobre la faja tienda a regresar, dado que contamos con la mayoría de fajas transportadoras con pendientes entre  $7^\circ$  y  $23^\circ$ , se recomienda utilizar un método de anti retorno o de frenado. Antaño se usaba un freno mecánico tipo trinquete, frenos de disco o electromagnético. Para nuestro caso solo es necesario el uso de un componente back stop mecánico o sistema compacto de contramarcha, el cual posee múltiples trinquetes calculados para una capacidad de torque listada según demanda.

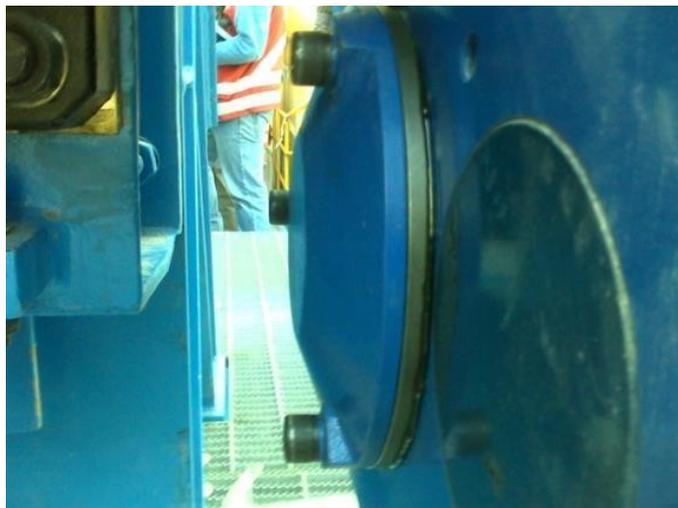
El back stop se instala del lado opuesto del Eje solido del reductor, se retira fácilmente solo sacando una tapa. Se puede invertir la posición del giro solo sacando la tapa sin herramientas especiales.



*Figura No.6. TGB ( Back stop en explosión )*

## MEDIDAS DE CAPACIDAD DE TORQUE – HSM

SHI	SMA/SMCN	Part #			
103B	107C	004B0110	21	252	28.5
107C	115D	004C0110	48	584	
115D	203E	004C0110	48	55	
203E	207F	004E0110	88		
207F	215G	004F0110			
215G	307H	004G0110			
307H	315J	004			
315J	407S				
407S	415K				
415K					
507L					



*Fuente propia. Back stop instalado.*

## IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### Discusión

Con base a uno de nuestros objetivos podemos expresar que los moto-reductores para fajas transportadoras de mineral desarrollan mejor eficiencia, cuando son utilizados con montaje directo al eje (Shaft Mounted), en comparación con transmisiones convencionales de moto-reductores coaxiales con transmisiones de piñón y cadena, que obligan a tener más puntos de lubricación sobre los elementos mecánicos de rotación. Esto obliga además al diseñador a utilizar factores que incrementan la potencia de diseño

Con respecto a la lubricación, cuando utilizamos correas no utilizamos lubricante, mientras que las transmisiones abiertas con cadenas requieren siempre lubricación. Para el caso del reductor podemos usar aceite sintético como primera opción y/o mineral recomendado. Pero no impactamos el medio ambiente.

En cuanto a la selección del motor, la norma NEMA EQP recomendada nos brinda motores listos para la altura de operación de 4800 msnm. En comparación con uno acondicionado para la altura (usualmente denominado derrateo), esto quiere decir que para que un motor estándar llevado a trabajo pesado y altura sobre 1000 msnm pueda trabajar en altura, tienden a usar un tamaño mayor de carcasa en su ensamblaje para mejorar la disipación de calor. Sin embargo, la mejor eficiencia se logra con un equipo que integre componentes y partes únicas en cada caso. Estas deben considerar un buen factor de potencia y garantizar su eficiencia.

Si bien es cierto la transmisión por correa no es aplicable para altos torques, los reductores HSM utilizan motores con potencia de hasta 60 HP y velocidades estándar a 1800 rpm con lo que disminuyen el riesgo de deslizamiento y en consecuencia apreciables pérdidas de potencia por fricción.

Nuestro arreglo de montaje optimiza el espacio sobre la estructura de la faja, alarga su vida útil y durabilidad. Esto debido a que no se requiere de construir una base estructural adicional para el montaje de la transmisión.

Dejamos constancia además que la transmisión por cadena solo se puede utilizar cuando los ejes son paralelos, se ubican en el mismo plano y preferiblemente horizontal. Además, son más costosas que las transmisiones por correas y se requiere un mantenimiento constante. Considerando además una limpieza permanente y lubricación dedicada.

## Conclusión

1. Los reductores HSM mantienen siempre una capacidad térmica superior a su capacidad mecánica, esto lo hace idóneo para su trabajo en altura como en las operaciones mineras. Significa que no alteran el desempeño mecánico del reductor manteniendo su eficiencia de diseño.
2. Las transmisiones por cadena tienen una vida inferior con respecto a los engranajes pues los puntos de contacto con el diente y cadena se desgastan producto de la articulación.
3. Es importante aprender a interactuar con los catálogos de los diversos fabricantes de reductores y componentes para que acompañen nuestros diseños de forma segura.
4. La cuadro resumen de comparación de eficiencia, nos refleja la ventaja sobre moto-reductor coaxiales con respecto a los de tipo montados al eje (HSM), la diferencia radica en el trabajo silencioso, menos contaminante y alta eficiencia mecánica y térmica. Esto se traduce en seguridad, cuidado del medio ambiente y eficiente.
5. Existen casos de aplicaciones de fajas reversibles donde si es más recomendable trabajar con reductores con ejes paralelos y transmisión por piñón y cadena.

## V. RECOMENDACIONES

1. La lubricación más conveniente para las condiciones climáticas vs condiciones de operación del reductor es utilizar aceite sintético ISO Grado 320 y como segunda opción aceite mineral grado ISO 150. Los reductores de velocidad no requiere de lubricación permanente, solo estándar en periodos establecidos de cambio de aceite.
2. El primer cambio de aceite, luego de la puesta en marcha es las 500 horas de operación, que en términos prácticos puede resultar desde iniciado el comisionamiento hasta la puesta en marcha de todo el circuito.
3. Los reductores HSM de Sumitomo disponen de una amplia rampa de velocidades, en caso requieran aumentar la capacidad de carga se puede lograr solo con verificar un nuevo motor y cambio de poleas.
4. El montaje no requiere de una estructura soporte adicional, ni soporte superior, ni estructura a piso de pasarela.
5. Brinda total confiabilidad, debido a su configuración mecánica y arreglo de montaje que separa el motor del reductor. Es decir, sin limitación para mantenimiento por separado.
6. Se utiliza sellos taconite en el cerramiento del reductor, estos poseen una composición de material acorde para un sellado hermético.
7. La instalación del back stop se recomienda verificarla también en obra, con respecto a su sentido de giro, previa a las pruebas en vacío de cada faja transportadora.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] S. Dykes, «American CuMo,» American CuMo Mining Corporation, 2020. [En línea]. Available: <https://cumoco.com/ore-sorting/>. [Último acceso: 2020].
- [2] NEMA, «[www.nema.org](http://www.nema.org),» 04 06 2021. [En línea]. Available: <https://www.nema.org/standards/view/motors-and-generators>.
- [3] AGMA, «[www.agma.org](http://www.agma.org),» [En línea]. Available: <https://www.agma.org/>. [Último acceso: 4 junio 2021].
- [4] T. I. Corporation, «[www.toshiba.com](http://www.toshiba.com),» [En línea]. Available: <https://www.toshiba.com/tic/motors-drives/low-voltage-motors>. [Último acceso: 4 Junio 2021].
- [5] S. C. o. America, «[www.sumitomodrive.com](http://www.sumitomodrive.com),» [En línea]. Available: <https://latam.sumitomodrive.com/es/product/hsm>. [Último acceso: 4 junio 2021].
- [6] J. Hori, «DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS,» Lima., 2018.
- [7] P. Pir, «Protocolo Nacional de Monitoreo de Ruido Ambiental,» Lima, 2012.

## **ANEXOS**