



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Diseño de soporte para evitar deterioro prematuro de rodamientos, sellos mecánicos, poleas y fajas, por excesiva vibración en motor de bomba warman, en Minera Yanacocha, 2019.

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Br. Quiliche Chatilán, Joel (ORCID:0000-0001-5773-2999)

ASESOR:

Mg. Deciderio Enrique Díaz Rubio (ORCID:0000-0001-5900-2260)

LINEA DE INVESTIGACION:

“Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos”

CHICLAYO – PERU

2019

DEDICATORIA

No hay otro ser que no sea el altísimo omnipresente, omnipotente el creador del universo, DIOS, al que dedico y rindo todo mi agradecimiento, por darme la inteligencia, sabiduría para poder elegir este camino, por darme el trabajo y las fuerzas para sacar a mi familia adelante, sin él todas mis metas con respecto a la carrera que elegí no se hubieran cumplido.

A mi esposa Deysi Sofía, por comprenderme, valorar mis esfuerzos y apoyarme incondicionalmente, durante este tiempo ella transformo con sus manos y sabiduría en abundancia el amor y lo que ingresaba al hogar para poder sustentarnos.

JOEL QUILICHE CHATILAN

AGRADECIMIENTO

A mis hijos Santiago, jazmín, Rebeca y el pequeño Mateo, porque les quite parte de su tiempo que les correspondía, porque comprendieron los motivos que nos alejaron cierto tiempo de nuestras vidas.

A mi madre Rosa que me inculco desde niño buenos valores, y luchar por nuestros esfuerzos, me dio todo lo necesario para poder desenvolverme en mi vida a pesar que lucho sola.

A mis hermanos por el apoyo moral, que me permitió seguir adelante y perseguir mis sueños y poder alcanzarlos.

JOEL QUILICHE CHATILAN

PAGINA DEL JURADO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ACTA DE SUSTENTACION

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 10:00 horas del día 06 de julio del 2019, de acuerdo a los dispuesto por la resolución de dirección académica N° 1210-2019/UCV-CH, de fecha 04 de julio de 2019, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada: **"DISEÑO DE SOPORTE PARA EVITAR DETERIORO PREMATURO DE RODAMIENTOS, SELLOS MECÁNICOS, POLEAS Y FAJAS, POR EXCESIVA VIBRACIÓN EN MOTOR DE BOMBA WARMAN, EN MINERA YANACOCCHA, 2018"**, presentado por el(la) (los) bachiller **QUILICHE CHATILAN, JOEL**, con la finalidad de obtener el título de ingeniero mecánico electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

Presidente : Ing. Aníbal Jesús Salazar Mendoza
Secretario : Ing. Edilbrando Vega Calderón
Vocal : Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR MAYORIA

Siendo las 10:45 del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 06 de julio de 2019



Ing. Aníbal Jesús Salazar Mendoza
Presidente

Ing. Edilbrando Vega Calderón
Secretario

Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio
Vocal

CAMPUS CHICLAYO
Carretera Pimentel Km. 3.5
Tel: (074) 481 616 Anx.: 6514

fb/UCVPERU
@UCV_PERU
#SALIR ADELANTE
ucv.edu.pe

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

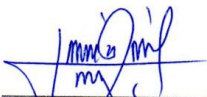
Yo, Quiliche Chatilan Joel, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, identificado con DNI 41897670, con la tesis titulada “**DISEÑO DE SOPORTE PARA EVITAR DETERIORO PREMATURO DE RODAMIENTOS, SELLOS MECÁNICOS, POLEAS Y FAJAS, POR EXCESIVA VIBRACIÓN EN MOTOR DE BOMBA WARMAN, EN MINERA YANACOCCHA, 2018**”

Declaro que:

- La tesis veraz de mi propia autoría.
- He respetado las normas, el ISO para las referencias. Por tanto este proyecto de tesis es totalmente autentica.
- En los procedimientos realizados no ha tenido un auto plagio, es decir, un duplicado de otra tesis.
- Los correspondientes datos de los resultados son verdaderos, acorde a la realidad investigativa.

De tal manera si se identificara alguna falla, auto plagio y falsedad me someto a las normas establecidas vigentes de la Universidad César vallejo.

Chiclayo, 25 de julio de 2019



Quiliche Chatilan Joel
DNI: 41897670

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
INDICE.....	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. Introducción.....	11
1.1 Realidad problemática.....	11
1.1.1 A nivel internacional.....	11
1.1.2 A nivel nacional.....	11
1.1.3 Realidad local	12
1.2 Trabajos Previos	12
1.2.1 A nivel internacional.....	12
1.2.2 A nivel local.....	12
1.3 Teorías relacionadas al tema:	12
1.3.1 Introducción a la teoría de los Elastómeros	12
1.3.2 Vibración	14
1.3.3 La frecuencia	14
1.3.4 La amplitud	14
1.3.5 Dinámica de Sistemas Mecánicos.....	16
1.3.6 Monitoreo de vibraciones en la Maquinaria Industrial.	16
1.3.7 Técnicas de mantenimiento predictivo	17
1.3.8 Análisis de Vibraciones	17
1.3.9 Programa de mantenimiento predictivo	17
1.3.10 El spike energy o energía de impulsos	18
1.3.11 Movimiento armónico sencillo	18
1.3.12 Régimen de carga y velocidad variable	19
1.3.13 Materiales y métodos	19
1.3.14 Normas internacionales de vibraciones	20
1.3.15 Medición de la vibración.....	21
1.3.16 Organización el programa de mantenimiento predictivo.....	24
1.3.17 Reconocimiento de la planta.....	24
1.3.18 Selección de las máquinas.....	24
1.3.19 Seleccionar la maquinaria según su nivel de criticidad y su importante en el campo.	24

1.3.20	Elección de técnicas óptimas para verificar	24
1.3.21	La mejor alternativa de efectuar las maneras para realizar las medidas.	24
1.3.22	Implantación del predictivo.....	24
1.3.23	Fijación y revisión de datos y límites de condición aceptable.....	24
1.3.24	Mediciones de referencia	25
1.3.25	Recopilación, registro y análisis de las tendencias.....	25
1.3.26	Análisis de la condición de la máquina	25
1.3.27	Antecedentes sobre aisladores sísmicos.....	25
1.3.28	Fórmulas para Diseñar un Aislador.....	26
1.4	Formulación del problema	27
1.5	Justificación del estudio.....	27
1.5.1	Justificación económica.....	27
1.5.2	Justificación social.....	27
1.5.3	Justificación ambiental.	28
1.6	Hipótesis	28
1.7	Objetivos	28
1.7.1.	Objetivo General	28
1.7.2.	Objetivos Específicos.....	28
II.	MÉTODO	28
2.1	Diseño de Investigación	28
2.2	Variable, Operacionalización.....	29
2.3	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	31
2.1.	Métodos de análisis de datos	31
2.2.	Aspectos éticos.....	31
III.	RESULTADOS	32
3.1	Identificar los problemas actuales de mantenimiento de los componentes de las bombas de lodos de minera Yanacocha, originados por las excesivas vibraciones.	32
3.1.1	Motor eléctrico	39
3.1.2	El Estator	39
3.1.3	El rotor	39
3.1.4	Tapa.....	40
3.1.5	bujes	40
3.1.6	bujes de deslizamiento	40
3.1.7	Rodajes.....	41
3.2	Calcular la fuerza tangencial transmitida a los soportes del motor y bomba.	41
3.3	Con los datos del control del diseño del soporte.....	48
3.3.1	Capacidad resistente de la goma a compresión	48
3.3.2	Rigidez horizontal de aislador (<i>Kh</i>).....	49

3.3.3	Desplazamiento horizontal máximo.....	49
3.3.4	Carga horizontal máxima (FH)	50
3.4	Evaluar los costos de la implementación del soporte diseñado	59
IV.	Discusión	61
V.	Conclusiones.....	62
VI.	recomendaciones	63
VII.	Referencias bibliográficas.....	64
ANEXOS	66
	Cálculos del Aislador de caucho.....	67
	Diseño del soporte para la transmisión de motor eléctrico – bomba.....	71
	Soporte de Bomba.....	72
	Elastómero de caucho.....	73
	Ficha Técnica de Elastómero de caucho.....	75
	Costos de repuestos.....	76
	Ficha de recolección de datos.....	78
	Validación de Ficha de Recolección de datos.....	79
	Acta de Aprobación de originalidad de tesis.....	80
	Formulario de autorización de la publicación electrónica de la tesis.....	81
	Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....	82

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación con título: “Diseño de soporte para evitar deterioro prematuro de rodamientos, sellos mecánicos, poleas y fajas, por excesiva vibración en motor de bomba Warman, en minera Yanacocha, 2018”. Se desarrolla con el objetivo de incrementar la vida útil de los elementos de bombas y motores en el área de procesos, y disminuir costos por piezas prematuras deterioradas, horas hombre, que ocasionan pérdidas en el proceso.

En el capítulo I, se presenta la realidad problemática, teniendo como consideración la importancia del mantenimiento predictivo a través de los monitoreos de vibraciones a equipos que sufren serias averías si estas no se realizan con debido tiempo y conocimiento. Se realiza un análisis y resumen de trabajos realizados anteriormente con respecto a los diseños de soportes para evitar vibraciones mecánicas, también se alcanza las teorías relacionadas a las causas de vibración.

El problema es enunciado para posteriormente hacer la justificación de la investigación realizada, presentando hipótesis con los objetivos claros de la investigación. En el capítulo II, nos muestra el diseño de la investigación, describiendo las variables y su Operacionalización, tanto como la población y muestra obtenida para su desarrollo, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, que se han utilizado para la investigación, también nos muestra los métodos de análisis de datos. En el capítulo III, nos da el alcance de forma clara los resultados obtenidos, en el capítulo V y VI, se presenta las recomendaciones y conclusiones para la mejora continua. En el capítulo VII, todas las referencias bibliográficas que se han obtenido para la investigación y poder desarrollar la presente tesis.

Palabras Clave: Rodamientos, sellos mecánicos, poleas, fajas, vibración, motor de bomba Warman.

ABSTRACT

In the present work of investigation with title: "Design of support to avoid premature deterioration of bearings, mechanical seals, pulleys and strips, by excessive vibration in motor of Warman pump, miner Yanacocha, 2018". It is developed in order to increase to the useful life of the elements of the pump and motor in the area of processes, and to desminuir costs by aggravated premature pieces, hours man, that ocasionan lost in the process.

In chapter I, the problematic reality appears, having like consideration the importance of the predictive maintenance through the monitorings of vibrations to equipment that undergoes serious failures if these are not realized with due time and knowledge. An analysis becomes and summarize of the previous works with respect to the designs of supports to avoid mechanical vibrations, also is reached the related theories to the vibration causes.

The problem is enunciated later to make the justification of the realized investigation, presenting/displaying hypothesis with the clear objectives of the investigation. In chapter II, it shows to the design of the investigation, describing the variables to us and its Operationalisation, as much as the population and shows obtained for its development, the techniques and instruments of data collection, that has been used for the investigation, also show the methods to us of data analysis. In chapter III, it gives to the reach of clear form the obtained results us, in chapter V and I SAW, one appears the recommendations and conclusions for the continuous improvement. In chapter VII, all the bibliographical references that have obtained investigation and power to develop the present thesis to it.

Key words: Mechanical bearings, seals, pulleys, strips, vibration, motor of Warman pump.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

1.1.1 A nivel internacional

En una planta de relaves de mineral de cobre en Chile iba incrementando su caudal de agua en razón de un 50%, de 3000 m³/h a 4500 m³/h, la cual se tenía que construir cuarto de bombas para poder impulsar el fluido de trabajo. Se instalaron tres bombas nuevas la cual sumaban 8 con las 5 bombas anteriores, cuando se procedió al trabajo de estas tres nuevas bombas se produjo unas vibraciones excesivas en las máquinas optando por poner en para los equipos, esto generó una pérdida en los relaves de minerales. (Albayay, 2015, p. 4)

En una cervecería en Zacatecas S.A. cuentan con dos turbogeneradores que alimentan de energía a dicha planta, produciendo vapor y a la vez tiene un fin de embotellar y fabricar sus productos. Al dar arranque a estos dos equipos y al llegar una revolución nominal de 6020 rpm, se realizaron las pruebas requeridas con análisis de vibraciones para dar con las anomalías de venían causando en los equipos. En la tubería de succión y descarga del aceite de la bomba principal se encuentran en sus frecuencias que coinciden en los dos sistemas esto produce en la máquina una vibración de 40 mm/s, suficiente para poder predecir que el equipo está en peligro. (Rivera, 2010, p. 22)

1.1.2 A nivel nacional

En Arequipa se realizaron los monitoreos de vibraciones a tres bombas C1, C2, C3. En las bombas se definen los criterios de edición de RMS, durante eventos transitorios C2 operando sola, operando simultáneamente C2, C1 y operando los tres equipos a laves C1, C2, C3.

Hubo un problema en el cual algunas señales no se guardaron en el equipo, pero los transductores instalados en la cámara de bombas nos dieron resultados de vibraciones excesivas especialmente trabajando los dos equipos y cuando están funcionando las tres bombas la amplificación aumenta, la condición de operación de estas bombas es crítica por lo que se debe parar para evitar daños a los equipos.

(Pacombia, 2017, p. 84)

1.1.3 Realidad local

Las bombas de lodos de la planta de aguas acidas en la empresa minera Yanacocha, tienen una vibración que provoca que los equipos tengan fallas como rupturas de fajas, cambios prematuros en rodamientos.

Estas bombas están en la clasificación III de la norma ISO, Se lleva a cabo el monitoreo de vibraciones para encontrar los supuestos fallos que provocan que el equipo no esté en sus vibraciones normales, donde las mediciones realizadas dieron como resultados la falta de rigidez en el soporte de la turbomáquina (bomba).

1.2 Trabajos Previos

1.2.1 A nivel internacional

En la estación CAYAGAMA ubicada en Ecuador, se implementó un sistema de monitoreo para las máquinas, ya que anteriormente no se ordenaban, registraban ni analizaban los datos que se obtenían. A partir de la implementación de la metodología nueva de monitoreo de vibraciones las paradas no programadas disminuyeron 65%, por paradas de equipo un 35%, y los costos del mantenimiento correctivo a un 35%. En conclusión, estos sistemas son muy productivos para larga vida útil de los equipos. (Miranda, 2016, p. 11)

1.2.2 A nivel local

En Minera Yanacocha, se implementó este sistema de mantenimiento predictivo para dar una satisfacción a la operación minera, ahorrando costos por paradas no programadas, minimizó compras de elementos y piezas de las máquinas. Con este método de análisis de vibraciones se detectan problemas futuros que le podría ocasionar a los equipos y estos son atendidos a su debido tiempo, especialmente en los soportes que algunos equipos necesitan para sus correctos funcionamientos especialmente motores de clase III Y IV.

1.3 Teorías relacionadas al tema:

1.3.1 Introducción a la teoría de los Elastómeros

Elaborar un diseño sismo resistente es importante debido a sus principios de reforzamiento de los elementos, así mismo la liberación de la energía

que se produce producto de un sismo lo que impide su deformación o rotura.

Dentro de los métodos existentes para que una estructura logre incrementar su propio periodo y poder reducir su celeridad, es aumentar la flexibilidad que tiene en su base por medio de la aislación. De esta forma cuando se realice la instalación de un elemento flexible en sus bases, se aislará las aceleraciones producidas en el suelo; esto logrará minimizar en gran escala los daños a los civiles y equipos que estén dentro del edificio. Si bien es una buena solución, esta debe contar con alguna forma de amortiguación para propagar la energía que emite, esto con el fin de que no colapse el edificio producto de la amplificación de las ondas oscilatorias. A inicios de los años 1940 se han realizado estudios en distintas partes del mundo, como por ejemplo Japón, Francia, EE. UU., entre otros. Dichos estudios tienen como conclusión que la goma es un elemento que aporta gran flexibilidad para aumentar el rango de la capacidad de resistencia y firmeza, cuando se trata de cargas verticales tiene que aplicarse pegamento alternadamente entre las placas metálicas.

Así mismo se hicieron distintos dispositivos que ayudan en la amortiguación, entre ellos tenemos: Resortes hidráulicos, mecánicos; núcleos de plomo, entre otros. No obstante, el material por el que la mayoría opta es por la goma, debido a sus diversas ventajas como lo son su facilidad para fabricar e instalar, su bajo costo y por último que no necesita mucho mantenimiento.

Al comienzo del presente estudio, se utilizó un método que consiste en aislar la base de 100 estructuras, en donde 49 fueron puentes, 31 laboratorios de investigación, viviendas y edificios de oficina, 6 construcciones de energía nuclear y finalmente 10 edificios industriales.

El fin del proyecto es lograr una implementación de los modelos aislantes sísmicos que integrarán una técnica de aislantes a nivel natural de una edificación de cuatro niveles. La investigación abarcó la metodología necesaria para una prueba real empezando con el diseño y terminando con la fabricación del dispositivo del ensayo.

1.3.2 Vibración

Se debe tener una breve descripción de los diferentes tipos que existen de vibración, por lo que a continuación se mencionan algunos:

Se conoce a la vibración como el desplazamiento obtenido mediante la oscilación de los diferentes elementos que forman parte de un mecanismo, como también las causas potenciales que lo pueden originar como son los desgastes, daños, inestabilidad y finalmente las fallas electrónicas. (Royo, Rabanaque, Torres, 2015, p.2)

1.3.3 La frecuencia

Así mismo es importante considerar el concepto de frecuencia, el cual queda definido como:

Cantidad de periodos cumplidos en un tiempo determinado, en donde su unidad de medición es el CPM cuyas siglas significan ciclo por minuto. La concordancia que existe entre los CPM y los RPM (revoluciones por minuto), nos posibilitará saber cuál o cuáles componentes son los que originan la vibración. Cabe resaltar que cada modelo, independientemente de cuál sea, presentará distintos niveles de frecuencia de vibración, los cuales pueden alcanzar la resonancia.

1.3.4 La amplitud

La amplitud nos permitirá localizar la gravedad del problema y a la vez darnos referencias de estado en que se encuentra el mecanismo. Mediante esta, es posible obtener mediciones de aceleraciones, amplitud del desplazamiento y velocidad. Dentro del cálculo para hallar la velocidad de propagación de la vibración se toma en cuenta la frecuencia y el desplazamiento, esto lo transforma en un indicador de vibración, para ello es necesario medir la aceleración, desplazamiento y finalmente la velocidad.

Para hallar la severidad de la vibración se opta por tomar la velocidad, aceleración o el desplazamiento, de esta forma si se desea amenorar la frecuencia a un rango menor a 600 rpm, se debe medir el desplazamiento.

Dentro del rango de 600 y 60.000 revoluciones por minuto, se obtiene velocidad, y si se desea elevadas frecuencias a 60.000 rpm, se debe tener en cuenta las aceleraciones. La siguiente gráfica muestra el comportamiento de la velocidad.

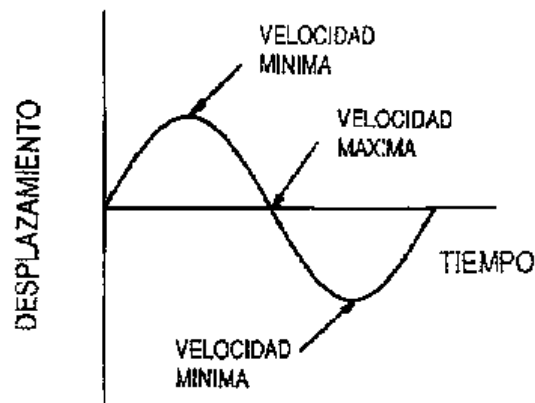


Figura 1 Gráfica de la velocidad de un objeto que vibra.
Royo, Rabanaque & Torres (2010)

La figura número uno, muestra la velocidad en su punto más alto en el transcurso que realiza el elemento de la vibración en milímetros por segundo. Dichas aceleraciones que se logran registrar realizan cambios en la aceleración.

La velocidad tiene una relación directa con la severidad de vibración, por este motivo es el parámetro que siempre se mide. Las vibraciones que tienen lugar entre 600 y 60.000 CPM se analizan teniendo en cuenta el valor de la velocidad.

La aceleración está relacionada con la fuerza que provoca la vibración, algunas de ellas se producen a altas frecuencias, aunque velocidad y desplazamiento sean pequeños En la figura 2, se puede ver la aceleración de vibración. (Royo, Rabanaque, Torres, 2015, p.4)

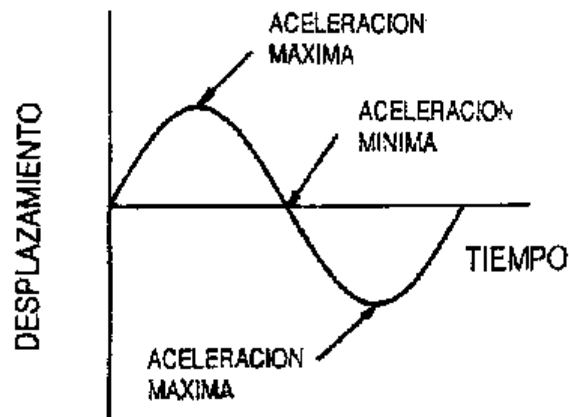


Figura 2 Gráfica de la aceleración de un objeto que vibra.
Royo, Rabanaque & Torres (2010)

1.3.5 Dinámica de Sistemas Mecánicos

En cuanto el análisis de Sistemas Mecánicos, se tiene que:

Si se toma como ejemplo un elemento de mármol, si externamente aplicamos una fuerza este se moverá, sin embargo si no existiera esta fuerza el mármol se quedará en reposo, por lo que, según la Ley de Newton, si el elemento está sujeto a una fuerza externa, su velocidad será directamente proporcional a dicha fuerza. Esta situación cambia con los sistemas mecánicos, ya que al ser sometidos a una fuerza serán desplazados completamente. Tomemos como ejemplo las máquinas rotativas, que las conforman distintos grados de flexibilidad funcionando a variadas frecuencias.. (White, 2010, p.19)

1.3.6 Monitoreo de vibraciones en la Maquinaria Industrial.

En este tipo de monitoreos se tiene dos formas, estas están en constante dependencia con su magnitud, ellas pueden ser de distintos tipos, como, por ejemplo: Medición acústica y de superficie, dando como resultados de la potencia que causan los elementos de una máquina y las vibraciones generadas por esta, así mismo en la zona de sus piezas externas varía la posición. (Palomino, 1997, p.25)

1.3.7 Técnicas de mantenimiento predictivo

En los tiempos actuales, una de las principales técnicas de mantenimiento predictivo, es el análisis vibracional de máquinas rotatorias:

1.3.8 Análisis de Vibraciones

Este método se basa en las alteraciones de niveles de vibración en el comportamiento de los equipos. Estos pueden aumentar, lo que quiere decir que necesitan una revisión. Para tener una inspección válida, es necesario tener conocimiento de diversos datos de entrada, como por ejemplo la velocidad de giro, los tipos de cojinetes que usa, de correas, de brazos, entre otros. Adicional a esto, también será de necesidad saber cuáles son los puntos en los que se deben hacer estas mediciones y qué componentes utilizar. (Olarte, Botero, Cañon, 2010, p. 2)

1.3.9 Programa de mantenimiento predictivo

Los procesos a tomarse en cuenta para realizar el mantenimiento predictivo los presenta el siguiente proceso:

Este mantenimiento trata de seguir una serie de pasos, en donde se inicia por detectar el problema, luego se analiza las causas, identifica y finalmente se plantean diferentes soluciones, su secuencia a seguir es la siguiente:

- Detección
- Análisis.
- Corrección.

El primer paso a seguir es detectar el problema, para ello se necesita un seguimiento de las vibraciones en distintos intervalos de tiempo, este seguimiento dependerá del equipo que estemos usando, usualmente se hace cada dos meses.

Los lugares óptimos para realizar las lecturas de vibración son zonas donde se hallen rodamientos, engranes, uniones u ventiladores, ya que estos puntos cuentan con grandes cantidades de aceleración, desplazamiento o velocidad, teniendo en cuenta las circunstancias

del equipo. El dispositivo utilizado para tal fin es un recolector de información junto conectado a una base de datos que almacena los valores obtenidos en la revisión de día a día en los componentes de la fábrica. Se comienza revisando el historial para detectar fallas o anomalías si los valores de vibración aumentan o bajan.

Cuando se ha detectado los lugares o puntos causantes de la falla, se identificarán sus causas potenciales.

Para terminar, se hace la corrección de la falla tomando en cuenta que esta no afecte el proceso del resto de la planta. (Royo, Rabanaque, Torres, 2015, p. 2)

1.3.10 El spike energy o energía de impulsos

Debemos de tener en cuenta además al spike energy, de acuerdo a la siguiente definición:

Se encargará de tomar mediciones de los impulsos de energía de vibración en un pequeño lapso de tiempo y, por tanto de alta frecuencia. Estos impulsos pueden ser originados por:

- Defectos en la superficie de elementos de rodamientos o engranajes.
- Rozamiento, impacto, contacto entre metal-metal en máquinas rotativas.
- Fugas de vapor o de aire a alta presión.
- Cavitación debida a turbulencia en fluidos.

Si este parámetro es muy difícil detectar defectos en engranajes o rodamientos. Esta es una medida de aceleración y tiene como unidad g-SE". (Royo, Rabanaque, Torres, 2015, p. 5).

1.3.11 Movimiento armónico sencillo

También cobra mucha importancia la definición de Movimiento armónico sencillo o simple, con la definición:

El movimiento más sencillo que pueda existir es el movimiento en una dirección, de una masa controlada por un resorte único. Este

sistema mecánico se denomina también sistema resorte-masa, con un grado único de libertad. (White, 2010, p.18)

1.3.12 Régimen de carga y velocidad variable

Se deben definir, también los regímenes de carga y velocidad variable, de cada uno de los elementos de acuerdo a:

La señal de vibración presenta transitorios cortos, estas indican la presencia de una falla naciente, que si detectan con tiempo aumentarán el tiempo de vida útil de la máquina manteniendo su óptimo rendimiento. Con base en lo anterior, el procesamiento digital de señales se ha enfocado en detectar esta clase de transitorios, y evitar que el diagnóstico esté afectado por variaciones de carga y/o velocidad, ya sea programadas o inesperadas.

En este sentido, las representaciones TF permiten realizar un análisis paralelo en el dominio del tiempo y la frecuencia, realizando la información espectral para identificar fallas en máquinas rotativas. Así, se encuentran numerosas contribuciones académicas que aplican la transformada Wavelet, tanto en su forma continua como en la discreta. Partiendo de la CWT, es utilizado el escalograma reasignado, con el fin que sea geométricamente simétrica la distribución de energía en el mapa tiempo-escala, ya que la resolución de la CWT es no lineal. De igual forma, es utilizado el mapa tiempo-escala para diferenciar las formas de falla en motores de combustión interna, siendo este análisis, de los primeros aportes en este tipo de máquinas. (Olarte, Botero, Cañon, 2010)

1.3.13 Materiales y métodos

Son también importantes las definiciones de materiales y métodos:

“El desarrollo de la investigación parte del conocimiento básico sobre vibraciones mecánicas y el del grupo de elementos y también en las diferentes herramientas que se utilizan en el diseño de la estructura de un sistema de medición. Una vibración mecánica se conceptualiza como un movimiento de vaivén de un equipo o

elementos que puede ser en una dirección al azar del espacio a partir de su punto de equilibrio. Los movimientos que están estructurados en forma de vaivén, entonces necesitan ser medidos por un dispositivo que reciba la potencia de un sistema mecánico, también llamado transductor. Entre los más implementados debido a sus grandes ventajas y características, se encuentra el acelerómetro. Este instrumento como transductor permite cuantificar los movimientos oscilatorios de la máquina, en unidades “g” (gravedad) o aceleración. Por tanto, se debe acoplar dicho instrumento a la máquina de alguna manera; entre los más recomendados y prácticos se encuentran los imanes de neodimio, que por sus características de construcción, lo componen potentes aditivos encima de plataformas metálicas.”. (Olarte, Botero, Cañon, 2010)

1.3.14 Normas internacionales de vibraciones

Para seleccionar el grado de gravedad de vibración que tiene una máquina se toman en cuenta la velocidad y el desplazamiento, en esto tienen mucho que ver en que normativas se hayan basado, por eso a continuación se mencionan algunas:

- Análisis del estado vibracional de un dispositivo o máquina, que se encuentra en el rango de 10 a 1.000 Hz.
- Para analizar un movimiento armónico simple, el estudio puede realizarse midiendo valores pico a pico, o valores RMS, del desplazamiento en vibración.
- En máquinas rotativas con velocidad de giro de rango de 600 a 12.000 RPM, el valor RMS de las amplitudes de la velocidad de vibración suele corresponderse bastante bien con el nivel de severidad de la vibración.

La International Standards Organization (ISO) define como “severidad de la vibración” como el mayor valor RMS de la amplitud de velocidad de vibración obtenido en la banda de frecuencia 10 – 1.000 Hz.

1.3.15 Medición de la vibración

Las etapas seguidas para medir y/o analizar una vibración, que constituyen la cadena de medición, son: - Etapa transductora - Etapa de acondicionamiento de la señal - Etapa de análisis y/o medición - Etapa de registro.

El transductor es el primer componente a medir, y debería reproducir exactamente las características de la magnitud que se desea medir, este es un dispositivo electrónico que censa una magnitud física como vibración y la convierte en una señal eléctrica (voltaje) proporcional a la magnitud medida. Existen cuatro tipos de sensores o transductores de vibraciones:

- Sensor de desplazamiento relativo sin contacto
- Sensor de desplazamiento relativo con contacto
- Sensor de velocidad o velocímetro
- Sensor de aceleración o acelerómetro.

Para medir la vibración exterior de las máquinas y en las estructuras se utilizan fundamentalmente los acelerómetros, este tiene la ventaja de ser más pequeño con respecto al velocímetro, además de poseer mejor rango de frecuencia, e integrar la señal para conseguir velocidad o desplazamiento vibratorio. (Nelson, s.f., p. 1)

Análisis de vibraciones La aparición de fallas en rodamientos ha llevado a los especialistas a realizar numerosas investigaciones, de las cuales han surgido gran cantidad de métodos de detección predictiva de fallas incipientes, sin embargo, sólo uno de ellos ha encontrado gran implementación, al menos en el ámbito industrial en el que se requieren métodos de costos reducidos y de resultados satisfactorios.

Este método, denominado Análisis de Vibraciones, se basa en el análisis de las velocidades y aceleraciones mecánicas adicionales que aparecen en el motor cuando éste se encuentra en condiciones de falla. Para llevar a cabo las mediciones de vibraciones, es necesario instalar sobre la carcasa del motor en cuestión al menos un sensor, que envía la señal a un registrador para luego ser analizada. Si bien este método es directo y de alta confiabilidad en la detección de alteraciones, es necesario tener acceso y estar en contacto directo con el motor para efectuar las mediciones. Esto representa serios inconvenientes cuando se trata de motores instalados en ambientes especiales, como es el caso de las bombas de refrigeración de reactores nucleares, que pueden estar expuestas a radiación, o las bombas empleadas para impulsar arrabio, situadas en ambientes, de elevada temperatura”. (Castellino, Donolo, Bossio, De Angelo, García, 2007, p. 1)

La suspensión activa es una alternativa para el balanceo de máquina rotatoria, debido a que el precio no es muy alto y su consumo de energía no supera los 2.5 watt por lo que son útiles para el control de maquinaria que son manipuladas por motores de 746 a más watts. (Beltrán, Silva, Arias, 2014, p. 2)

Para que tenga validez el diseño, se deben tomar en cuenta los parámetros que se muestran a continuación:

- Funcional: Tiene que cumplir con las perspectivas del cliente y cumplir para el objetivo para el cual ha sido creado.
- Seguridad: Tiene que contar con medidas preventivas siempre y cuando funcione con sistemas que no sean posible eliminar.
- Confiable: Tiene que contar con una duración de un largo periodo de tiempo con un buen funcionamiento.
- Competitivo: Tener competitividad en comparación al resto.
- Útil: que sea amigable al usuario

- Se puede Fabricar: Tener accesibilidad para poder producirse en serie.
- Se puede Comercializar.

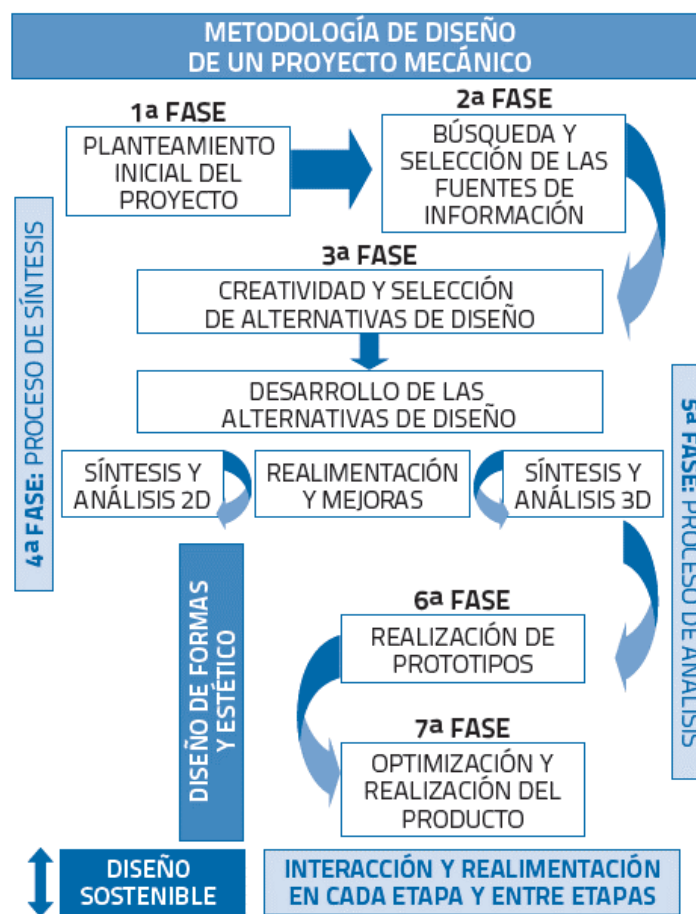


Figura 3 Metodología de diseño
Fuente: Cortizo J. (2013)

1.3.16 Organización el programa de mantenimiento predictivo

Este mantenimiento se realiza conforme al seguimiento que se realiza constantemente a las vibraciones, así mismo de acuerdo a estos resultados su programación y planificación. Este mantenimiento ofrecerá que la máquina esté operativa y disponible la mayor parte del tiempo.

En la organización del mantenimiento predictivo son importantes los siguientes nueve pasos:

1.3.17 Reconocimiento de la planta

Se debe reconocer los equipos que serán evaluados.

1.3.18 Selección de las máquinas

1.3.19 Seleccionar la maquinaria según su nivel de criticidad y su importante en el campo.

1.3.20 Elección de técnicas óptimas para verificar

1.3.21 La mejor alternativa de efectuar las maneras para realizar las medidas.

1.3.22 Implantación del predictivo

El programa de implantación del predictivo debe contener:

- Maquinaria a evaluar.
- tomar medida de los datos y analizarlos
- Obtener datos y luego compararlos.
- Contar con conocimiento de los diferentes tipos de mantenimiento y como obtener la información.

1.3.23 Fijación y revisión de datos y límites de condición aceptable

Para obtener esta información será necesario tener en mano datos del historial, previamente hechos por mediciones.

Estas medidas pueden informarnos del máximo nivel de aceptación que existe en los diferentes lugares donde previamente se hizo la medición.

Al comienzo, si no se cuenta con un historial de datos, se tendrá en cuenta los datos que estipula el fabricante en su ficha de datos o en sus gráficas.

1.3.24 Mediciones de referencia

Cada una de las medidas tomadas deben ser comparadas con otra de referencia, de esta forma se comprobará si está dentro del rango de valores establecidos o permitidos.

1.3.25 Recopilación, registro y análisis de las tendencias.

Aquí se tratará de detectar un posible defecto en la máquina.

1.3.26 Análisis de la condición de la máquina

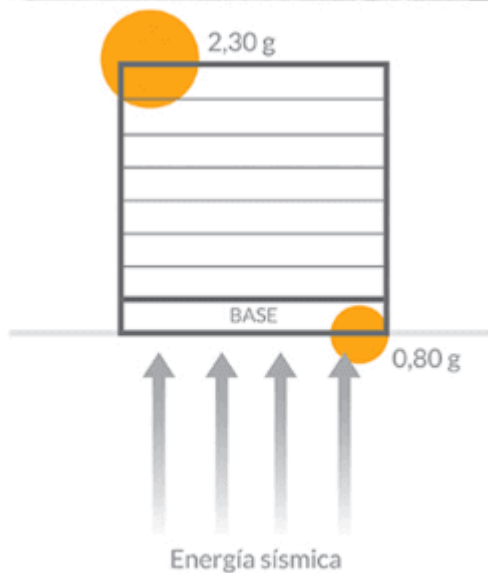
En este apartado se verificará si hay fallas en el sistema, de ser así, se determinarán sus causas y cuál será el proceso que tendrá que pasar para poder erradicarla o mejorar el sistema.

1.3.27 Antecedentes sobre aisladores sísmicos

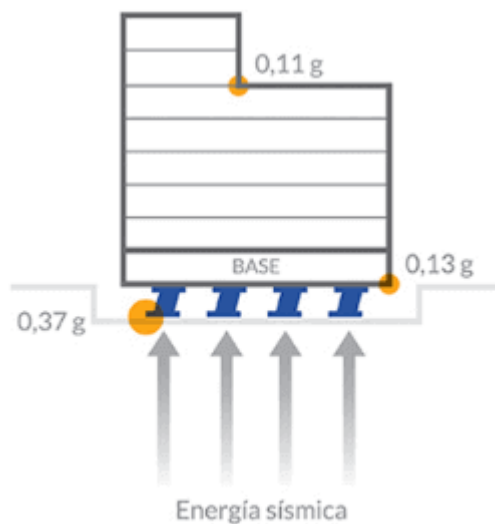
Dynamic Isolation Systems, comparó distintos tipos de edificaciones que contaban con aisladores de núcleo de plomo, en dicha comparación se encontró que en un terremoto que estos aisladores amenoran las vibraciones y deformaciones de la estructura existente. La siguiente imagen muestra el comportamiento de las edificaciones en el estudio.

● Aceleración recibida por la edificación

Hospital Olive View
NO UTILIZÓ AISLADORES



Centro médico USC
SÍ UTILIZÓ AISLADORES DIS



Fuente: CDVPERU Ingeniería Antisísmica 2018

Los aisladores sísmicos cuentan con un bajo costo lo que aumenta la posibilidad de fabricarlos y montarlos, teniendo esto como ventaja se le suma su alta efectividad. Así mismo, estudios demuestran que tienen larga duración cuando son aplicadas en puentes. Diferentes revisiones e inspecciones comprueban que luego de 50 años de ser usados, estos conservan sus propiedades.

1.3.28 Fórmulas para Diseñar un Aislador.

Antes de diseñar necesitaríamos determinar parámetros necesarios para un aislador térmico:

- Capacidad a la resistencia.

- Desplazamientos.
- Rigidez Vertical alta
- Estabilidad
- Desplazamiento

1.4 Formulación del problema

¿Es posible diseñar un soporte que absorba las vibraciones disminuyendo el desgaste prematuro de los componentes mecánicos de bombas de lodo en la minera Yanacocha SRL?

1.5 Justificación del estudio

Este proyecto se justifica por disponer y establecer tecnológicas para el diseño de un nuevo tipo de soporte donde el principal objetivo es disminuir el deterioro prematuro en los soportes y componentes mecánicos de una bomba de lodos aumentando su utilidad económica

A su vez el motivo económico es mediante la disminución de tiempo al momento de realizar las actividades dentro del mantenimiento correctivo y el cambio de componentes que fallan por el exceso de vibración, evitando accidentes

debido a las vibraciones, entonces, de esta forma se evitará el riesgo a accidentes y la seguridad de los usuarios en las características de la instalación industrial.

1.5.1 Justificación económica.

En lo económico las vibraciones generan un alto recurso económico y pérdidas en el proceso, con esta investigación se logró disminuir drásticamente estos gastos excesivos.

1.5.2 Justificación social.

Con este diseño y esta investigación lograremos contribuir a la sociedad aledaña a la empresa minera, puesto que el impacto que tiene estas bombas

en la comunidad y al estar en mantenimiento correctivo no abastece en la cantidad necesaria.

1.5.3 Justificación ambiental.

Para su fabricación se tendrá en cuenta el control de calidad, para así disminuir el impacto, y teniendo de manera positiva un buen resultado, para el control de residuos químicos utilizaremos una pintura en forma de 2".

1.6 Hipótesis

Si se logra implementar un diseño de soporte anti vibración, se mejorará la vida útil de los equipos e implementos mecánicos de las bombas de lodo de la Minera Yanacocha.

1.7 Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Diseñar un soporte anti vibración que permita evitar el deterioro prematuro de rodamientos, sellos mecánicos, poleas y fajas

1.7.2. Objetivos Específicos

- Identificar los problemas actuales de mantenimiento de los componentes de las Bombas de lodos de Minera Yanacocha, originados por las excesivas vibraciones.
- Diseñar nuevos soportes, que minimicen estas vibraciones y permitan optimizar la vida útil de los componentes mecánicos de una bomba de lodos.
- Evaluar los factores que controlan el diseño del soporte.
- Evaluar los costos de la implementación del soporte diseñado.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de Investigación

Aplicada, estos resultados tendrán solución a nuestros problemas de manera directa.

No experimental, las variables se podrá modificar las variables .

2.2 Variable, Operacionalización

Variable independiente: Diseñar un sistema de soporte anti vibraciones para su utilización en bombas de lodos en la minera Yanacocha

Variable dependiente: Deterioro prematuro de rodamientos, sellos mecánicos, poleas y fajas.

2.2.1. Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Variable Independiente Diseño de soporte anti vibración en Bombas de lodo	Los Nuevos soportes anti vibración, permiten mejorar la vida útil económica de los componentes de la bomba de lodos	Determinar los parámetros de evaluación	Mantener condiciones de operación	Nominal
			Mantener duración de los elementos	Nominal
Variable dependiente Deterioro prematuro de rodamientos, sellos mecánicos poleas y fajas.	El proceso de mantenimiento hace recuperar la duración de los elementos	Determinar tipo de diseño anti vibración	Características Recuperadas	Nominal
		Determinar tipo de proceso	Máquinas necesarias	Nominal

Fuente: Elaboración propia

POBLACIÓN Y MUESTRA:

Población: Teniendo en cuenta el concepto de población, el cual hace alusión a un grupo de sujetos con características únicas que serán estudiados. (Fuentelsaz Gallego, y otros, p. 2006)

Aquí es donde se tomará en cuenta las muestras de la población a las distintas bombas de lodo con las que cuenta la planta Acid Water Treatment Plant (AWTP) de la reconocida minera Yanacocha.

Muestra: Basándonos en su definición, esta se considera como la cantidad de personas o individuos cuyo fin será ser estudiados.. (Fuentelsaz Gallego, y otros, p. 2006).

En la investigación, se determina que la muestra son el conjunto de bombas de lodos que presentan mayor frecuencia de desgaste durante el periodo Enero a Julio del año 2018, bombas registradas con los siguientes códigos:

- Bomba de lodos 1: Código PU 8110
- Bomba de lodos 2: Código PU 8152
- Bomba de lodos 3: Código PU 8111
- Bomba de lodos 4: Código PU 8153

Considerando que es un sub conjunto de la población total.

2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

- a. Revisión Documental: Esta revisión no será estructurada, dicho esto se hará uso de guías de observación, y los datos registrarán de acuerdo a la necesidad de la investigación. La revisión documental contribuirá con el conocimiento de los problemas iniciales relacionados con las bombas ubicadas en la planta Acid Water Treatment Plant (AWTP).

2.1. Métodos de análisis de datos

Descriptivo, debido a la complejidad de lo investigado se tomará en cuenta el diseño del soporte en base a información extraída de fuentes primarias.

La información recolectada será evaluada empleando fórmulas matemáticas, por otro lado la simulación se realizará utilizando el software de diseño mecánico denominado INVENTOR.

2.2. Aspectos éticos.

Confidencialidad: Los datos obtenidos de la empresa se mantendrán como valores cercanos.

Derechos de autor: no se realizará plagio bajo ninguna circunstancia, la información de otros autores se ubicará en referencias bibliográficas de acuerdo a lo establecido en los manuales de redacción.

Respeto: En la minera Yanacocha se acatará el manual de seguridad y salud.

III. RESULTADOS

- 3.1 Identificar los problemas actuales de mantenimiento de los componentes de las bombas de lodos de minera Yanacocha, originados por las excesivas vibraciones.

Según datos observados directamente en motores donde operan AWTP, pudimos identificar que cuentan con una bomba de centrifugado Warman, esta realiza trabajos todo el día las 24h, esta bomba viene con un collarin de alivio, que se muestra en la siguiente figura

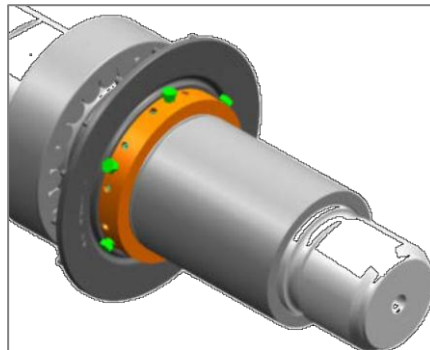


Imagen 1 collarín de alivio

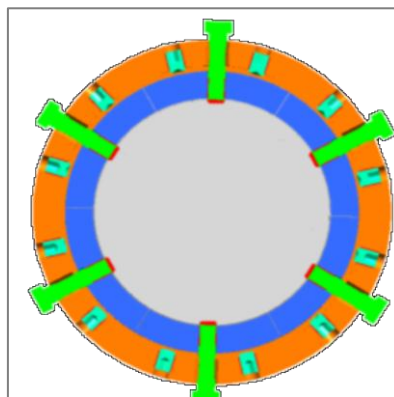


Imagen 2 collarín para liberar

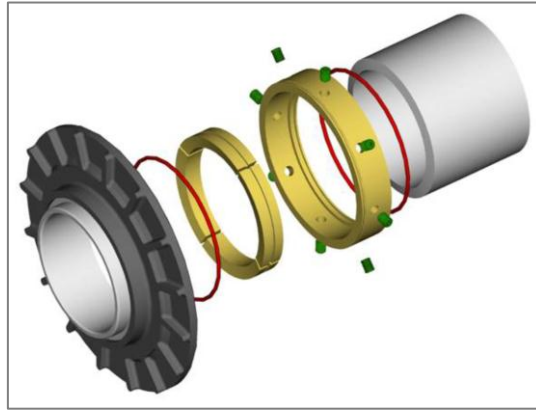


Imagen 3 Corta Gotas y cuñas internas

Se tomó como parte de un muestreo a cuatro bombas de centrifugado de la misma marca que las anteriores, donde pudimos identificar los sellos sufren mayores defectos a causa de las vibraciones por encima de los parámetros normales, donde la vida útil es de 24 meses aproximados, y debido a la vibración muy alta solo cumplen su tiempo de vida. De tal manera que los datos registrados de la empresa AWTP, durante los meses de enero hasta julio del año 2018 se pudo realizar reemplazos llegando estos hasta los 7 meses de vida, esto también acarrea un costo para el cambio de unos 2000 dólares por sellos y costos de mano de obra de aproximadamente 1000 dólares por que requieren mucha precisión al momento de ser instaladas.

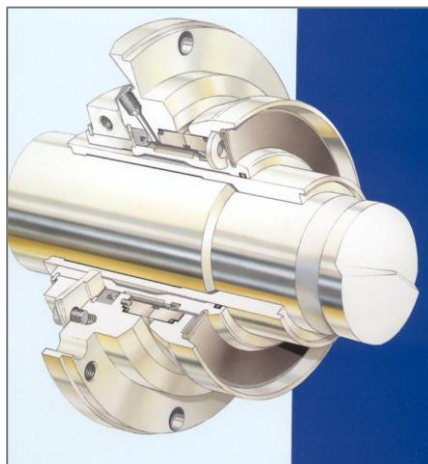


Imagen 4 sellos de la bomba

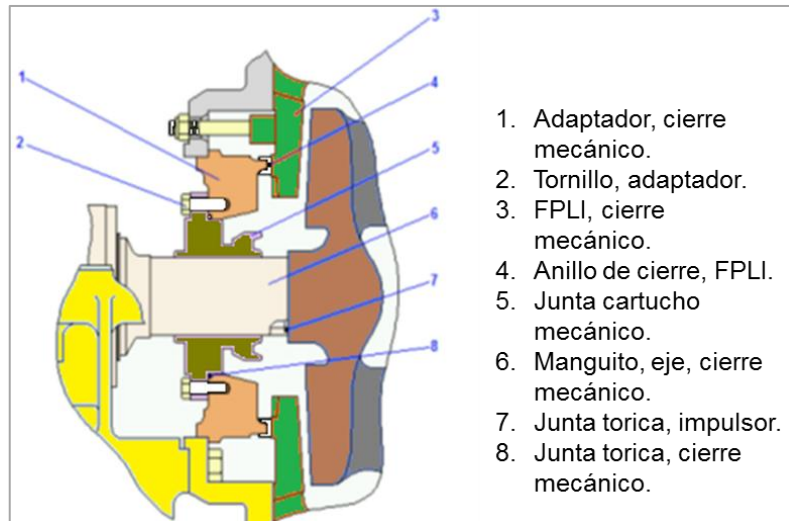


Imagen 5 despiece de una bomba

En la anterior imagen podemos apreciar un despiece que componen una bomba centrífugadora WARMAN.

Estas bombas también llevan acopladas uniones por poleas, fajas y otros implementos, que cada uno cumplen una parte del rol importantes al momento de transmitir ciertos movimientos de la polea motriz que conduce la bomba. Los ingenieros que fabrican estas poleas nos mencionan que su tiempo de vida es de aproximadamente 18 meses, pero según datos de la empresa AWTP son de 6 meses el tiempo de vida por motivos de las vibraciones altas, el costo de cada uno es de aproximadamente unos 100 dólares por la faja trasmisora, una bomba se compone por 6 fajas que de fallar una se deberá reemplazar la totalidad.

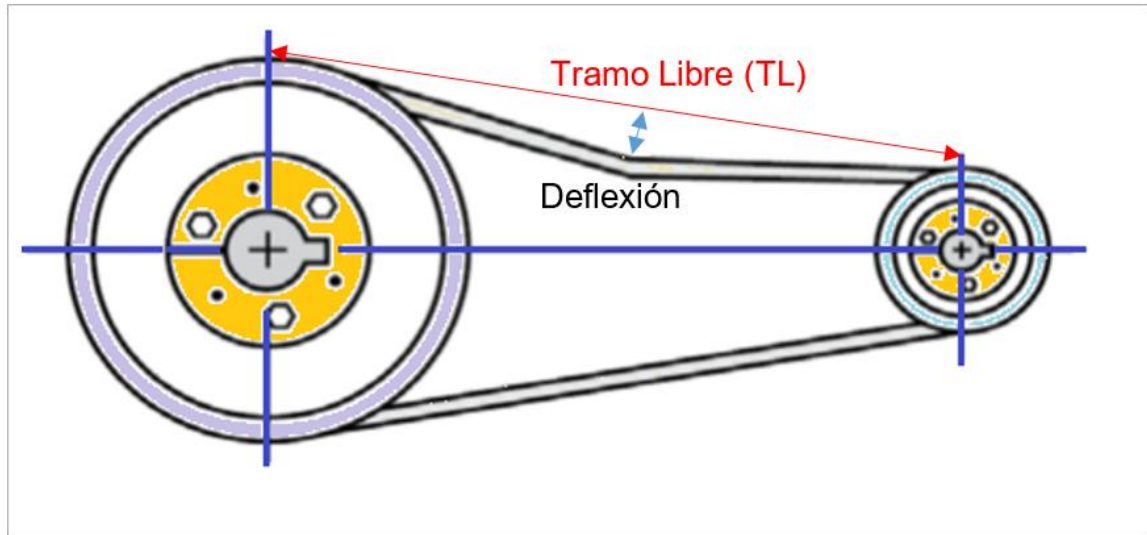


Imagen 6 faja en mal estado

Por efectos de las altas vibraciones pueden generar desalineamientos, deflexiones y flexiones que ocasionan fatiga en los elementos.

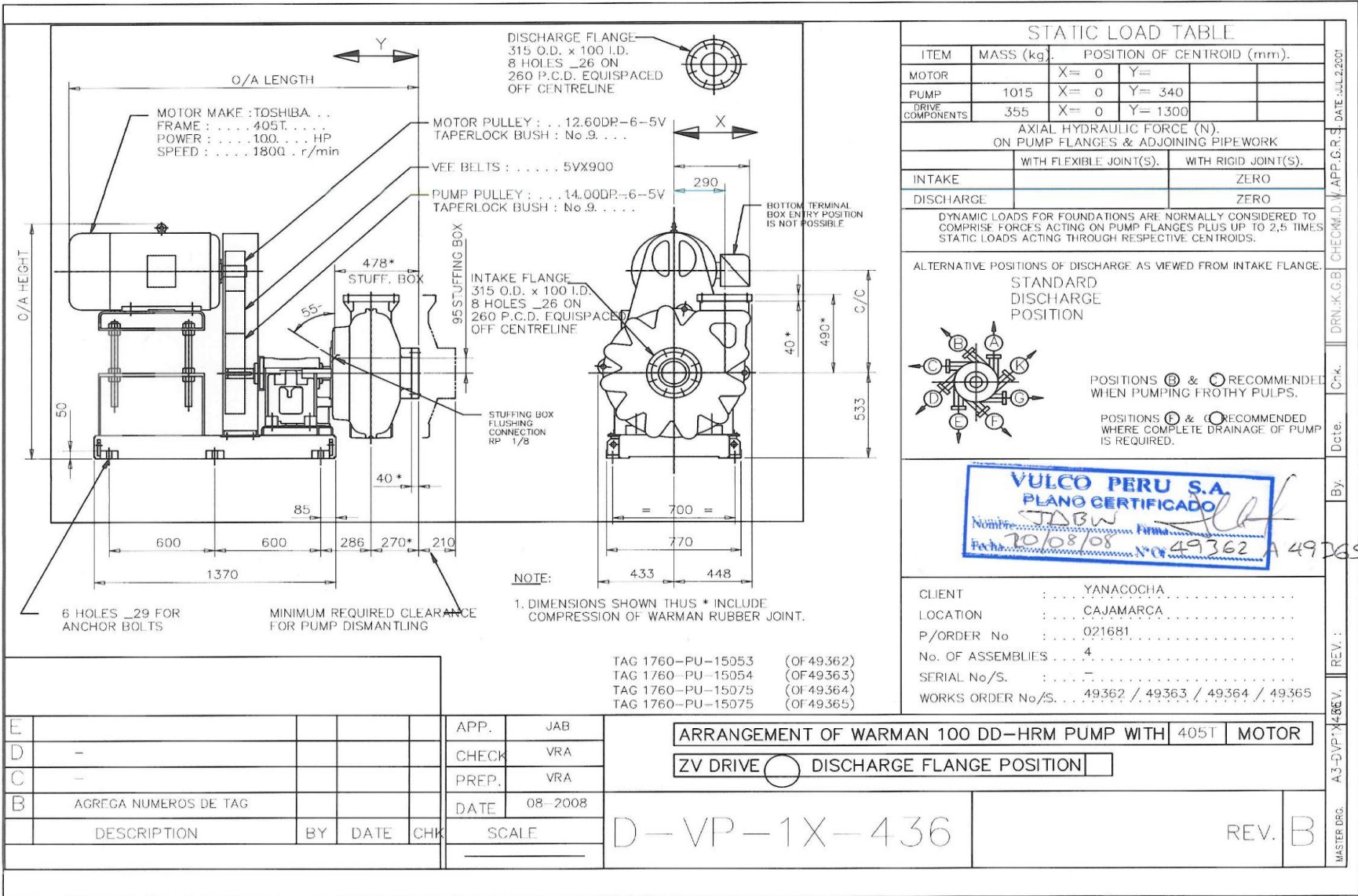
De otra manera, la polea que aloja todas las fajas se afectan de manera directa por estas altas vibraciones que originan los motores, al ser de un material muy resistente como el acero no sufren mucho desgaste, de otra manera si no se logra corregir el problema de la banda de la polea esta tendrá un desgaste en el transcurso de los meses y la banda de la faja no se montará en la ranura, ocasionando un error que llevará a otras fallas.



Imagen 7 Polea de bomba exterior PU8110 Yanacocha



Imagen 8 Polea de bomba exterior PU8110 Yanacocha



STATIC LOAD TABLE

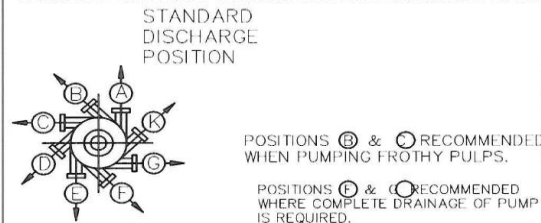
ITEM	MASS (kg)	POSITION OF CENTROID (mm)	
		X=	Y=
MOTOR		X= 0	Y=
PUMP	1015	X= 0	Y= 340
DRIVE COMPONENTS	355	X= 0	Y= 1300

AXIAL HYDRAULIC FORCE (N),
ON PUMP FLANGES & ADJOINING PIPEWORK

	WITH FLEXIBLE JOINT(S)	WITH RIGID JOINT(S)
INTAKE		ZERO
DISCHARGE		ZERO

DYNAMIC LOADS FOR FOUNDATIONS ARE NORMALLY CONSIDERED TO COMPRISE FORCES ACTING ON PUMP FLANGES PLUS UP TO 2.5 TIMES STATIC LOADS ACTING THROUGH RESPECTIVE CENTROIDS.

ALTERNATIVE POSITIONS OF DISCHARGE AS VIEWED FROM INTAKE FLANGE.



CLIENT	YANACOCCHA
LOCATION	CAJAMARCA
P/ORDER No	021681
No. OF ASSEMBLIES	4
SERIAL No/S.	
WORKS ORDER No/S.	49362 / 49363 / 49364 / 49365

DESCRIPTION	BY	DATE	CHK

APP.	JAB
CHECK	VRA
PREP.	VRA
DATE	08-2008
SCALE	

ARRANGEMENT OF WARMAN 100 DD-HRM PUMP WITH 405T MOTOR

ZV DRIVE DISCHARGE FLANGE POSITION

D-VP-1X-436

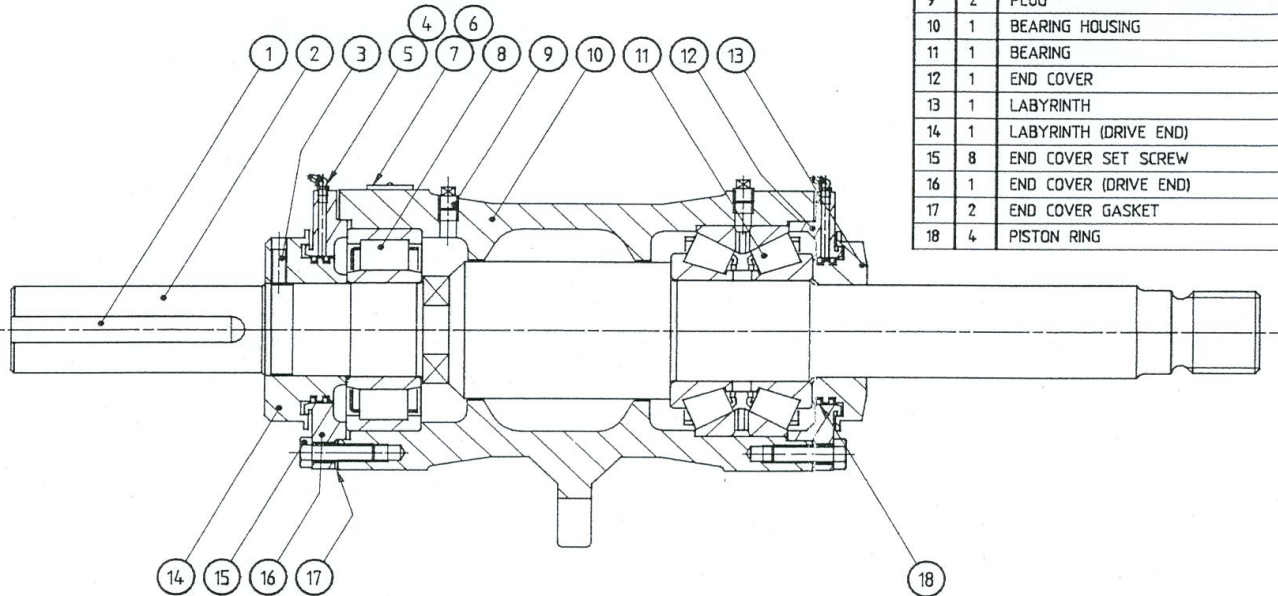
REV. B

DATE: JUL 2 2001
 CHECKED: W. APP. G. R. S.
 DRN.: K. G. B.
 Crk.
 Dcte.
 By.
 REV.:
 A3-DVP-1X-436V.



27 SEP 2000

00026



ITEM	QTY	DESCRIPTION	PART No.
1	1	SH. KEY	Q070
2	1	SHAFT	DDHRM073M
3	2	LABYRINTH SOCKET SET SCREW (CUP POINT)	M10A2-25H
4	2	GREASE CAP	A365
5	2	GREASE NIPPLE	M6L73-Z
6	1	NAMEPLATE S32	
7	2	NAMEPLATE RIVET TLFD424BS	
8	1	BEARING (DRIVE END)	Q009D
9	2	PLUG	WP4P1-E
10	1	BEARING HOUSING	DD004
11	1	BEARING	Q009
12	1	END COVER	DD024-10
13	1	LABYRINTH	DDHRM062
14	1	LABYRINTH (DRIVE END)	DDHRM062D
15	8	END COVER SET SCREW M12H2-40Z	DD27M
16	1	END COVER (DRIVE END)	DD024D-10
17	2	END COVER GASKET	DD025
18	4	PISTON RING	YC108

© WARMAN INTERNATIONAL LTD. 1991. WARMAN INTERNATIONAL LTD. is the owner of the copyright subsisting in this drawing and these designs, specifications and instructions. They must not be used, reproduced or copied in whole or in part, in any form or by any means, nor may the information therein be disclosed to WARMAN INTERNATIONAL LTD. be disclosed to any person, without the prior written consent of WARMAN INTERNATIONAL LTD. The drawing has been delivered and received on the express conditions that it may be used only for the specific purpose for which it has been provided, may not be used in any way which may injure or cause loss directly or indirectly to WARMAN INTERNATIONAL LTD. or any related corporation and will be returned to WARMAN INTERNATIONAL LTD. immediately on completion of the task for which it has been provided, or on demand.

4			
3			
2			
1	LABYRINTH PART NUMBERS REVISED. BEARING SEAL DELETED.	DRS/MS	OCT.19,1992
No.	DESCRIPTION	BY	DATE
REVISIONS			

APP.	
CHECK	
DRN.	
DATE	MAY.24,1991

WARMAN PUMP
BEARING ASSEMBLY DDHRM005M
COMPONENTS DIAGRAM

WARMAN INTERNATIONAL LTD.

OFFICE OF ORIGIN : CAN-CAD-CAN
SYDNEY

REV.	1
A3-110-0-125183	

3.1.1 Motor eléctrico

Un motor convierte la electricidad en una rotación mecánica o energía mecánica, por medio de sus componentes que giran y forman un campo magnético porque tienen ambos polos tanto el norte como el sur.

Un motor eléctrico es la base primordial para dar movilidad a una bomba de lodo en la minería peruana como es la de Yanacocha, estos motores tienen una potencia de 100hp, son motores AC trifásicos, también se forman por muchos elementos que detallaremos posteriormente y son los primeros que sufren las consecuencias de las vibraciones mecánicas durante su funcionalidad.

3.1.2 El Estator

Es un elemento estático ya que al generar un campo magnético produce la rotación que se compone de material de cilicio acerado y laminado en un pack, lo que da paso a moverse rápidamente en el flujo magnético, este elemento no genera movilidad mecánica, pero si encontramos moviéndose a los electrones que ocasionan el magnetismo. Estos los encontramos en 2 grupos de polos un saliente y otro ranurado.

3.1.3 El rotor

El rotor es un componente electromecánico que se encuentra en el estator y es capaz de derivar movimientos mecánicos eso porque se convierte la energía eléctrica por medio del magnetismo, lo conforman principalmente un paquete de láminas de silicio, pueden ser ranurados o de polos salientes y jaula de ardilla.

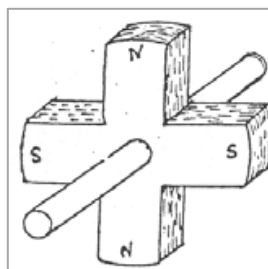


Imagen 9 polos salientes

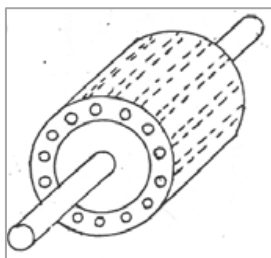


Imagen 10 jaula de ardilla

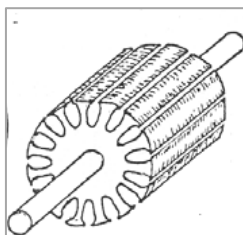


Imagen 11 rotor ranurado

3.1.4 Tapa

Una tapa o varias, son componentes capaces de acoger los cojinetes o rodajes que accionan al rotor.

3.1.5 bujes

Son llamados rodajes y son elementos que van a soportar cargas radial, axial o tangencial del eje del rotor en movimiento esto es muy útil para disminuir el rozamiento y la potencia.

3.1.6 bujes de deslizamiento

son los encargados de soportar ejes en movimiento, para dar paso a una fina capa de aceite entre ellos para poder lubricar esas partes en movimiento.

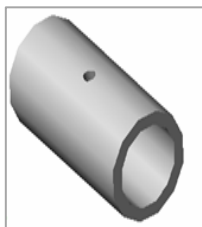


Imagen 12 buje o cojinete de deslizamiento

3.1.7 Rodajes

Los rodajes o llamados rodamientos con componentes primordiales en un motor eléctrico ya que es el encargado de reducir el rozamiento al momento del giro, aumentando su tiempo de vida en comparación a los bujes, así mismo su mantenimiento es más sencillo.



Imagen 13 Rodajes

3.2 Calcular la fuerza tangencial transmitida a los soportes del motor y bomba.

La imagen muestra como la fuerza vertical aplicada logra comprimir los componentes con los que cuenta la bomba.



Imagen 14 Motor de planta AWTP



Imagen 15 motor electrico



Imagen 16 Soportes de motores

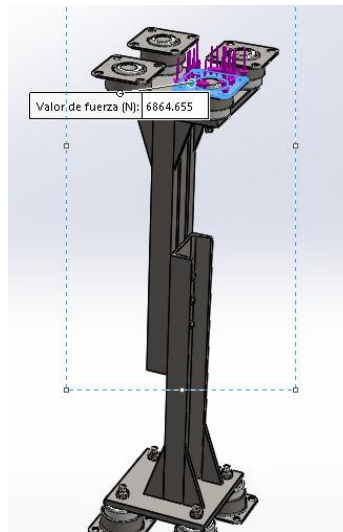


Imagen 17 soporte de fuerza tangencial

$$P_{motor} = 100HP$$

$$1HP = 746 \frac{Nm}{seg}$$

$$P = T \cdot \omega$$

$$\omega = \frac{2 \times (3.1416) (1784)}{60}$$

$$100HP = T \cdot \left[\frac{2 \times (3.1416) (1784)}{60} \right]$$

$$T = 399.10 N \cdot m = 40.69 kg^{-1} \cdot m$$

$$T = F_r \cdot r_{polea} \dots \dots \dots r_{polea} = 1.165m$$

$$F_r = \frac{T}{r_{polea}} = \frac{40.69 kg^{-1} \cdot m}{0.165m} = 246.6kg$$

$$F_r = F_t \cdot Tang20$$

$$F_t = \frac{F_r}{Tang20} = \frac{246.6kg}{Tang20} = 677kg$$

$$F_t = 677kg$$

El resultado la dividiremos en la cantidad de aisladores elásticos de caucho.

$$\frac{677kg}{4} = 169kg$$

Con la anterior formula hemos podido hallar que debe soportar 169 kg.

Ejemplo de soportes tabulados

Tabla 2 Amortiguadores anti vibratorios tabulados por resistencia

Ref / Art.Nr	Dimensiones / dimensions / abmessungen						Compresión / compression druckbelastung		Cizalla / shear / cisaillement / scherkraft		Gráfico de selección
	Sh	ØA	B	D	C	I	Carga / load charge / last	Flecha/ deflection fleche / federweg	Carga/ load charge/ last	Flecha / deflection fleche / federweg	
mm.						Kg.	mm.	Kg.	mm.		
MR 1610	60	16	10	M-05	12	5	20	1.5±0.5	2	2.0±0.5	
MR 1615	60	16	15	M-05	12	5	15	2.5±0.5	2	3.0±0.5	
MR 1620	60	16	20	M-05	12	5	15	3.5±1.0	2	4.0±0.5	
MR 1625	60	16	25	M-05	12	5	15	4.5±1.0	2	5.0±0.5	
MR 2015	60	20	15	M-06	15	5	35	3.0±0.5	3.5	3.0±0.5	
MR 2020	60	20	20	M-06	15	5	30	4.0±1.0	2.5	4.0±0.5	
MR 2025	60	20	25	M-06	15	5	25	5.0±1.0	2.5	5.0±1.0	
MR 2030	60	20	30	M-06	15	5	25	6.0±1.0	2.5	6.0±1.0	
MR 2520	50	25	20	M-08	20	6	50	4.0±0.5	8	4.0±0.5	
MR 2525	50	25	25	M-08	20	6	45	5.0±1.0	6	5.0±1.0	
MR 2530	50	25	30	M-08	20	6	40	6.0±1.0	5	6.0±1.0	
MR 4020	50	40	20	M-10	25	7	175	4.0±0.5	20	4.0±0.5	
MR 4028M8X 30	50	40	28	M-08	30	6	125	5.5±1.0	16	5.5±1.0	
MR 4028M8X 20	50	40	28	M-08	20	6	125	5.5±1.0	16	5.5±1.0	
MR 4028	50	40	28	M-10	25	7	125	5.5±1.0	16	5.5±1.0	
MT 4035	50	40	35	M-10	25	7	100	7.0±1.0	16	7.0±1.0	
MR 4040M8X 20	50	40	40	M-08	20	6	100	8.0±1.0	16	8.0±1.0	
MR 5035	50	50	35	M-10	25	7	160	7.0±1.0	25	7.0±1.0	
MR 5040	50	50	40	M-10	25	7	155	8.0±1.0	25	8.0±1.0	→
MR 5045	50	50	45	M-10	25	7	150	9.0±1.0	25	9.0±1.0	
MR 5060	50	50	60	M-10	25	7	130	12.0±1.5	25	12.0±1.5	
MR 6025	50	60	25	M-10	25	7	400	5.0±1.0	35	5.0±1.0	
MR 6035	50	60	35	M-10	25	7	300	7.0±1.0	35	7.0±1.0	
MR 6045	50	60	45	M-10	25	7	250	9.0±1.0	35	9.0±1.0	→
MR 6060	50	60	60	M-10	25	7	225	12.0±1.5	35	12.0±1.5	
MR 7035M10 X25	50	70	35	M-10	25	9	450	7.0±1.0	55	7.0±1.0	

Fuente: Lesol (2019)

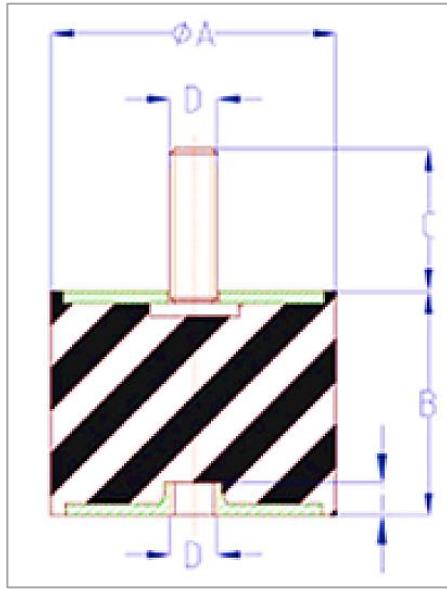


Imagen 18 amortiguador antivibración

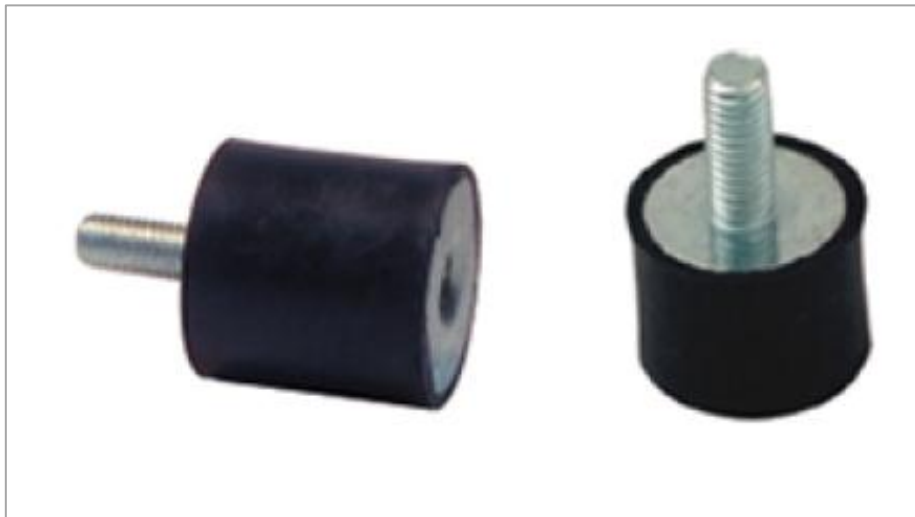


Imagen 19 amortiguador antivibración

Con el diseño hemos podido someter a una simulación de frecuencia donde le aplicamos una masa de 200kg con ese resultado la amplitud nos dio de 5.2mm.

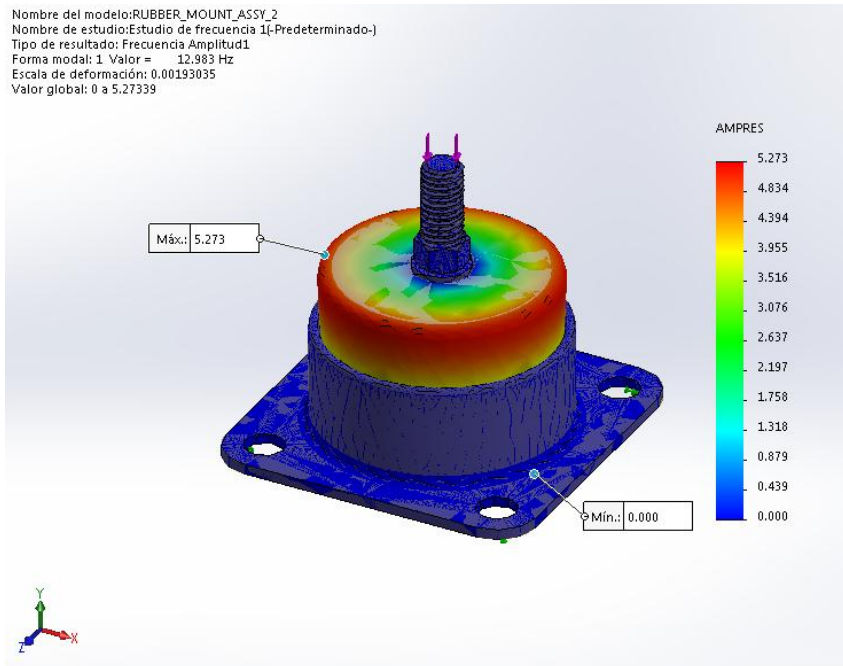


Imagen 20 simulación de frecuencia

Resultado de la Amplitud en Y

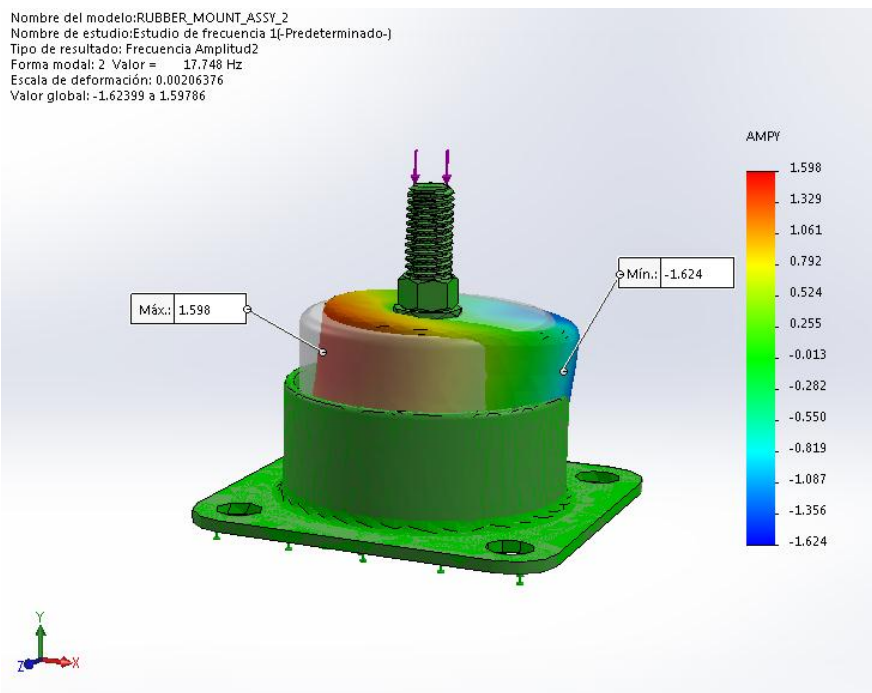


Imagen 21 simulación de amplitud

Resultado de amplitud en X, con una masa aplicada de 200kg

Nombre del modelo: RUBBER_MOUNT_ASSY_2
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud3
 Forma modal: 3 Valor = 17.813 Hz
 Escala de deformación: 0.00205665
 Valor global: -0.0451947 a 4.92353

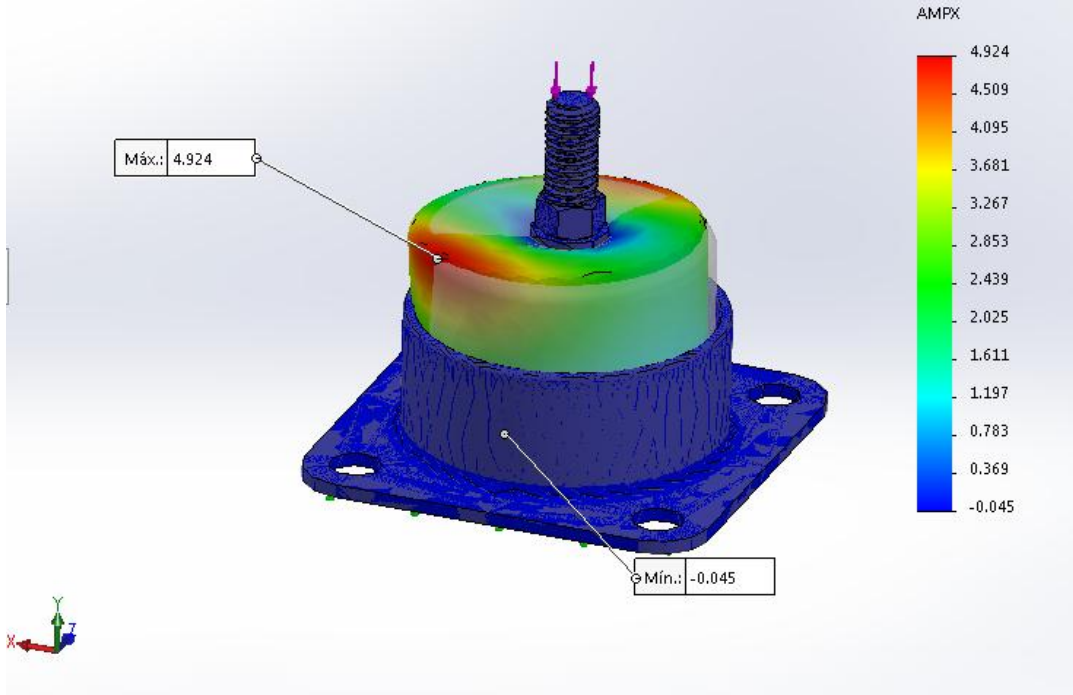
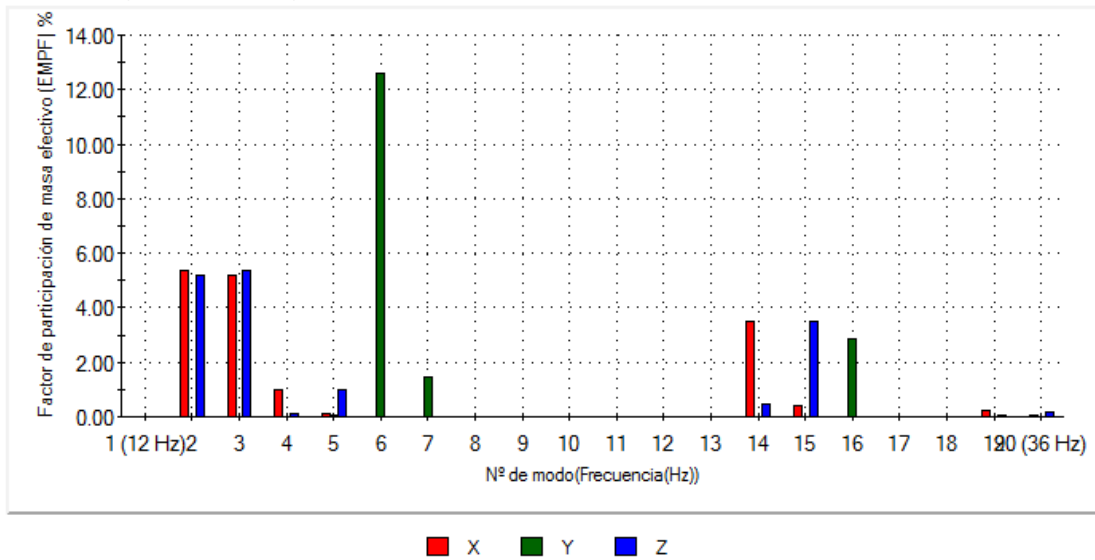


Imagen 22 simulación de frecuencia

La siguiente imagen muestra la máxima amplitud en el eje Y



11.9662, 14.4667

Imagen 23 resultado de la frecuencia EMPF

Lista de las mediciones de Frecuencias Resonantes

Nº de modo	Frecuencia(Rad/seg)	Frecuencia(Hertz)	Período(Segundos)
1	81.573	12.983	0.077026
2	111.51	17.748	0.056345
3	111.92	17.813	0.056139
4	145.54	23.163	0.043173
5	146.09	23.251	0.043009
6	146.43	23.305	0.042909
7	147.02	23.399	0.042737
8	147.33	23.449	0.042647
9	176.85	28.146	0.035529
10	176.95	28.163	0.035508
11	193.7	30.829	0.032437
12	194.34	30.93	0.032331
13	197.23	31.39	0.031857
14	221.43	35.242	0.028375
15	221.5	35.253	0.028367
16	224.74	35.769	0.027957
17	227.85	36.263	0.027576
18	227.96	36.281	0.027563
19	228.71	36.4	0.027473
20	228.77	36.41	0.027465

Imagen 24 lista de frecuencia

3.3 Con los datos del control del diseño del soporte

3.3.1 Capacidad resistente de la goma a compresión

La capa superficial con la que cuenta la goma debe resistir la carga mediante una goma sometida a compresiones que no esté confinada σ_g dicho valor ha sido obtenido previamente o brindado por el fabricante

$$\sigma_g = 110 \text{ kg/cm}^2$$

A el valor obtenido, se le sumará un factor de seguridad de dos, con el fin de crear un área con más resistencia y que logre estabilizar el movimiento como también el pandeo.

3.3.2 Rigidez horizontal de aislador (K_h)

Para obtener este dato, se tomará una rigidez parecida a la que se tienen cuando sucede el 50% de deformaciones máximas D .

$$K_h = K_{h50}$$

3.3.3 Desplazamiento horizontal máximo

Previamente se determinó que el sistema antisísmico presentará flexibilidad horizontal respecto a las cargas sísmicas, esto permitirá deformaciones horizontales. Así mismo, el aislador en el que recaerá la deformación, va a tener la capacidad para conservar su forma y estructura sin inclinarse.

La relación dice que el desplazamiento horizontal máximo D es:

$$D = \frac{10 * Z * N * S * T}{B}$$

Esta fórmula es producto del análisis de una estructura ubicada en un lugar definido de EEUU y su valor del amortiguamiento de 5% del amortiguamiento crítico.

Coefficientes:

- Z : Coeficiente indicador de zona puede tomar valores 0,3 o 0,4 siendo la zona con $Z = 0,4$ la zona próxima a la falla geológica
- N : Coeficiente numérico que relaciona la proximidad de la estructura a la falla activa

Tabla 3 Coeficiente numérico (N)

$d > 10\text{km.}$	$10\text{km} \geq d > 5\text{km}$	$d \leq 5\text{km}$
1.0	1.2	1.5

Fuente: Structural Engineers Association of Northern California" (SEAOOC)

- d : distancia a la falla activa
- S : Factor de suelo:
Valores 1.0, 1.5, 2.0 y 2.7.
- T : Periodo de la estructura considerando el sistema de aislación

- B : el coeficiente con sistemas aislantes de amortiguación diferente a 5 %, estos valores de amortiguación se deben determinar por estudios tanto en la goma como en el aislador

Coeficiente de aislamiento

Amortiguamiento	≤2	5	10	20	30	40	>50
Coeficiente B	0.8	1.0	1.2	1.5	1.7	1.9	2.0

Fuente: Structural Engineers Association of Northern California" (SEAOC)

3.3.4 Carga horizontal máxima (FH)

La FH se calculará el desplazamiento horizontal máximo sea igual a la deformación horizontal

$$FH = K_h \times D$$

Donde K_h : rigidez horizontal del aislador.

A. Altura de goma

La goma presente en el aislador será la encargada de soportar toda la deformación horizontal existente, así mismo basándonos en este principio, se procede a calcular la relación existente entre la tensión unitaria y la

deformación de corte, la siguiente ecuación detalla lo mencionado:

$$\sigma_c = \gamma_c G$$

Donde γ_c : Deformación de corte unitaria.

G : Módulo de corte.

σ_c : Tensión de corte.

Además,

$$\sigma_c = \frac{T}{A}$$

Donde T : Tensión de corte.

A : Sección transversal.

$$\gamma_c = \frac{d}{t}$$

Donde d : deformación de corte.

t : Altura de goma.

Por lo tanto, se obtiene:

$$\frac{T}{d} = \frac{G * A}{t}$$

Y como $\frac{T}{d} = K_h$

Entonces:

$$K_h = \frac{G * A}{t}$$

$$t = \frac{G * A}{K_h}$$

Aquí, t se puede hallar con la adición de los espesores de los cojinetes de goma. Es importante tomar en cuenta el valor que tiene el módulo de corte G con valores de deformación al corte de un 50%, esto se puede representar como G_{50}

A. Espesor de cada plancha de goma

Se puede definir como el Factor de forma S, al dividendo del área que carga cada cojinete y el área que se encuentra libre para confinamiento.

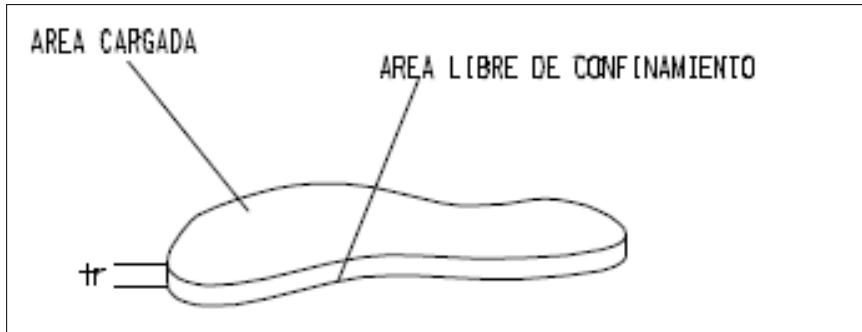


Imagen 25 Espesor de plancha de goma

Fuente: (Descouvieres, 2016, p. 11)

Si se trata de aisladores en forma de círculo, que cuenten con almohadillas de espesor t_r y un diámetro r , tenemos:

$$\text{Área cargada: } \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$\text{Área libre: } t_r * \pi * d$$

$$\text{Por lo tanto: } S = \frac{d}{4 * t_r}$$

Se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Secciones o áreas planas
- Comprensibilidad no tan alta.
- Una línea vertical conforma una parábola después de la deformación

Podemos calcularla por medio de la siguiente ecuación:

A: superficie de almohadilla

$$\nabla^2 p = \frac{-12 * G \varepsilon_c}{t^2}$$

$$P = \int_A p(x, y) dx dy$$

Siendo p : La tensión de compresión vertical del aislador.

ε_c : Desproporción unitaria media sobre el área A.

P : Presión integral sobre el área A.

El radio R se calcula de la siguiente manera:

$$\nabla^2 p = \frac{-12 * G \varepsilon_c}{t^2}$$

$$\frac{\delta^2 p}{\delta^2 r} + \frac{1}{r} * \frac{\delta p}{\delta r} = \frac{-12 * G * \varepsilon_c}{t^2} \quad P = 0 \text{ en } r = R$$

$$\frac{1}{r} * \frac{\delta}{\delta r} \left[\frac{\delta(rp)}{\delta r} \right] = \frac{-12 * G * \varepsilon_c}{t^2}$$

Se tiene:

$$p = \frac{3G}{t^2} * (R^2 - r^2) * \varepsilon_c$$

Cálculo de la Presión total

$$P = \frac{2\pi \int_0^R 3G(R^2 - r^2)r dr * \varepsilon_c}{t^2}$$

$$P = 2\pi \frac{3G R^4 \varepsilon_c}{t^2 4} \quad A = \pi * R^2$$

Así mismo $P = E_c * A * \varepsilon_c$ E_c : Módulo de compresión del cojinete.

$$E_c * \varepsilon_c = \frac{3}{2} \frac{G R^2}{t^2} \varepsilon_c$$

$$\varepsilon_c = 6 \frac{G R^2}{2 t^2} \quad S = \frac{R}{2t}$$

Donde S : factor de forma cojinete circular

Tenemos

$$E_c = 6GS^2$$

Por definición se tiene:

$$K_h = \frac{GA}{t} \quad y \quad K_v = \frac{E_c A}{t}$$

Por lo tanto

$$\left(\frac{f_v}{f_h}\right)^2 = \frac{K_v}{K_h} = 6S^2$$

$$\frac{f_v}{f_h} = \sqrt{6} S$$

Donde f_v : frecuencia oscilatoria vertical.

f_h : Frecuencia oscilatoria horizontal.

La relación que exista respecto a las frecuencias será directamente proporcional al factor forma S cuando se trate de un aislador circular. Entonces, su grado de aislación se reflejará en que su frecuencia disminuirá horizontalmente, es decir este no sobrepasará el límite de aislación lo cual no conlleva consigo un impacto negativo en la superficie.

Cuando un aislador es efectivo se tendrá que la frecuencia horizontal sobrepasará a la frecuencia vertical al menos veinte veces, en este caso tomamos un valor de 26 veces.

$$\frac{f_v}{f_h} = 26$$

Luego

$$\sqrt{6} S = 26 \quad \text{con:} \quad S = \frac{R}{2tr}$$

De la igualdad anterior se puede determinar el espesor del cojinete circular (tr). Esta teoría se aplica al rango siguiente.

$$5 \leq S \leq 10$$

B. Verificación de la deformación de corte.

La deformación máxima de corte que afecta a la goma es aquella producida por la deformación horizontal que sufre el aislador (γ_s), a este se le adiciona la contribución a la deformación de corte originada por la compresión a la que está sometida.

El primer componente (γ_s), se obtiene del desplazamiento horizontal máximo D.

$$\gamma_s = \frac{D}{t}$$

Donde γ_s : deformación de corte de producto del desplazamiento horizontal

t: Altura total de goma

Como segundo elemento, tenemos la deformación de corte, esta es producida debido a la compresión la que se somete, entonces se relacionará con el esfuerzo de corte, este será concentrado en las aristas del cojinete, la siguiente ecuación expresa lo mencionado:

$$\gamma_{rz} = \frac{6G r Z_c \epsilon_c}{t_r^2}$$

Evaluando en $r = R$ y calculando la deformación se tiene

$$\gamma_{rz} = \frac{3G R t \varepsilon_c}{t_r^2}$$

$$\gamma_c = 6S\varepsilon_c$$

Donde ε_c : deformación por compresión promedio

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta}{t}$$

Δ : Deformación vertical total

Para evaluar la deformación Δ se aplica las siguientes fórmulas.

$$\Delta = \frac{F_v}{K_v}$$

Donde F_v : carga vertical total

K_v : carga vertical total

Por otro lado,

$$K_v = \frac{E_c A}{t}$$

Donde E_c : módulo de compresión es:

$$E_c = 6 G S^2$$

Cuando se han hallado los dos mecanismos de desproporción de corte total, estos valores no deben sobrepasar el 50% de la deformación que debe ser aceptable por la elongación de goma.

$$\gamma_s + \gamma_c \leq 0.5 * \varepsilon$$

Donde ε : Elongación de la goma hasta el quiebre.

El valor ε , es medible por medio de pruebas de elongación, el valor de este debe ser mínimo del 50%

C. Estabilidad Vertical (Pandeo vertical)

Al ejercer una carga vertical sobre el aislador, se puede afectar la estabilidad vertical, haciendo que el aislador salga de su eje vertical, produciendo pandeo. La carga crítica puede ser evaluada y cuantificada, esto provocará que se origine un pandeo en el aislador, debido a esto se le debe dar un factor de seguridad adecuado, así mismo se debe dar límites a la cara vertical máxima con la que trabajará el aislador.

Para calcular el P_{crit} se aplica la fórmula de Euler $P_{crit} = \sqrt{P_s PE}$

$$\text{Con } P_s = \frac{GA}{t_r} * t$$

Donde t : altura total de goma.

t_r : Espesor cojinete de goma

A : Sección transversal.

$$A = \frac{\pi * d^2}{4}$$

$$PE = \frac{\pi^2 (EI)_{eff}}{t^2}$$

$$(EI)_{eff} = \frac{1}{3} Ec * I$$

Con $I = \frac{D^4}{64}$ para aislador circular y $Ec = 6 * G * S^2$

Reemplazando en P_{crit} resulta

$$P_{crit} = \sqrt{\left(\frac{G^2 \pi^2 d^8 * 2}{256 t_r^2 t^2} \right)} = \frac{3,5}{16} \frac{G d^4}{t * t_r}$$

Admitiendo un factor de seguridad $FS=2$, para la estabilidad vertical se tiene:

$$\frac{P_{crit}}{F_v} = FS \geq 2$$

Donde F_v : carga vertical del diseño

Y la proporción que confirma la inmovilidad vertical de un aislador circular es:

$$\frac{3,5}{16} * \frac{G d^4}{t t_r F_v} \geq 2$$

B. Estabilidad al volcamiento

La estabilidad puede ser evaluada por medio del diagrama mostrado a continuación:

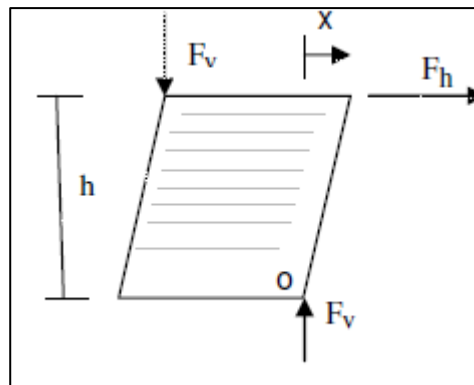


Imagen 26 Diagrama estabilidad de volcamiento
Fuente: (Descouvieres, 2016, p. 11)

Donde F_v : carga vertical del diseño

F_h : carga horizontal

Formando proporción de momentos en el punto 0 se aprecia que el volcamiento ocurre cuando:

$$F_v * (d - x) = h * K_h * x$$

Donde d : diámetro del aislador.

h : altura total (incluyendo placas de acero)

Posteriormente se obtiene:

$$X_{max} = \frac{d F_v}{K_h h + F_v}$$

Para ello $D \leq X_{max}$ lo que logrará una seguridad suficiente que evite el volcamiento.

3.4 Evaluar los costos de la implementación del soporte diseñado

Todo costo que se relacione con la implementación del soporte se detallará en las siguientes tablas:

Tabla 1 Costos de fabricación de soporte

Costos de soportes de caucho y acero			
Materiales Pesos	Cant. (m)	Pesos unitarios kg/m	Subtotal Kg
Peso conjunto soporte	66.70	1.00	66.70
Total			\$ 66.70
Materiales	Cant. (kg)	Costo Unid.\$/kg	Subtotal \$
PESO conjunto soporte	66.70	1.00	66.70
Total			\$ 66.70
Insumos, Servicios y Componentes			
Soldadura	1.67	4.06	\$ 6.77
Discos Desbaste 4.5 IN	3	1.00	\$ 3.00
Discos corte 4.5 IN	15.00	0.60	\$ 8.96
mecanizado de soportes para caucho	8.00	14.49	\$ 115.94
caucho natural mecanizado terminado	8.00	14.71	\$ 117.65
Pintura base sincromato	3.54	3.00	\$ 10.62
Pintura esmalte sintético	3.54	3.00	\$ 10.62
THINNER	1.00	5.97	\$ 5.97
pernos de soporte de grado	8.00	2.09	\$ 16.72
Total			\$ 296.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2 Costos de mano de obra por la fabricación de soporte

Mano de Obra			
Fabricación metalmecánica	160.00	1.00	\$ 160.00
Instalación o montaje	160.00	1.00	\$ 160.00
		Total	\$ 320.00
Viáticos			
Flete transporte	67	0.60	\$ 39.82
Embalaje	1	14.93	\$ 14.93
		Total	\$ 54.75
Gastos generales	737.68	10%	\$ 73.77
Utilidad	737.68	50%	\$ 368.84
VALOR VENTA		Total	\$ 1,180.29
Tasa	\$/kg	17.70	
01 UNIDAD	SUB TOTAL	S/.	3,953.99
	IGV	S/.	711.72
	TOTAL	S/.	4,665.70
X 4 UNIDADES	SUB TOTAL	S/.	15,815.94
	IGV	S/.	2,846.87
	TOTAL	S/.	18,662.81

Fuente: Elaboración propia

El registro de la vida útil de los equipos con los que cuenta la bomba en la minera permitirá saber los costos si existiera un desgaste prematuro de estos.

Tabla 3 Registro de vida útil de componentes

Componentes	Precio unitario (\$)	Vida útil (meses)	Cantidad
Fajas	43	04	06
Poleas ø 12.5	845	120	01
Polea ø 9.25	689	120	01
Sellos	36.22	07	01
Rodamiento	409	10	01
Rodamiento	927	10	01

Fuente: Registros planta AWTP

Según los registros de vida útil, se logra estimar el valor total del costo por año si se cambian los componentes:

Tabla 4 Costos anuales de repuestos de bomba y motor Warman

Componentes	Precio unitario (\$)	Vida útil (meses)	Cantidad	Costo (\$)
Fajas	43	04	06	\$ 774
Poleas ø 12.5	845	120	01	\$ 845
Polea ø 9.25	689	120	01	\$ 689
Sellos	36.22	07	01	\$ 72.44
Rodamiento	409	10	01	\$ 818
Rodamiento	927	10	01	\$ 1854
Costo Total anual en compra de repuestos				\$ 5052.44

Fuente: Registros planta AWTP

Implementar un sistema de soporte nuevo incrementa el tiempo de vida útil de los equipos y componentes, lo que registra los siguientes valores:

Tabla 5 Costos anuales de repuestos después de la implementación

Componentes	Precio unitario (\$)	Vida útil (meses)	Cantidad	Costo (\$)
Fajas	43	12	06	\$ 258
Poleas ø 12.5	845	120	01	\$ 845
Polea ø 9.25	689	120	01	\$ 689
Sellos	36.22	12	01	\$ 36.22
Rodamiento	409	12	01	\$ 409
Rodamiento	927	12	01	\$ 927
Costo Total anual en compra de repuestos				\$ 3164.22

Fuente: Elaboración propia

Se termina concluyendo que se obtiene un ahorro de \$ 1888.22 dólares si se implementa del soporte.

IV. DISCUSIÓN

El daño o desgaste prematuro de los equipos o componentes del sistema de bombas de lodo de la minera Yanacocha, se puede evitar si se utiliza un sistema de amortiguamiento de caucho, lo que evitará efectos negativos sobre los componentes o equipos de dicho sistema, esto lo referencia el autor (Pacombia, 2017, p. 84).

según lo evaluado por el autor (Rivera, 2010, p. 22), cuando se supervisa constantemente los componentes y equipos del sistema evita pares de emergencia imprevistos y disminuye estar poniendo el sistema de bombas en peligro.

Un frecuente monitoreo de los componentes que se utilizan en los sistemas que cuentan con procesos delicados es de vital importancia si se desea reducir los precios de costo en la empresa, esto lo explica en su investigación el autor (Miranda, 2016, p. 11), que menciona que partiendo de una implementación de metodologías nuevas de mponitoreo de vibraciones, se reducirán las paradas no programadas en al menos un 65% por paradas de equipos correspondiente a un 35%, así mismo concluyeron un valor del 35% para los costos de mantenimiento correctivo.

V. CONCLUSIONES

- Se logró corroborar que el caucho, material del que está compuesto la goma, material que es usado como aislador sísmico confinada entre placas metálicas ejerce resistencia y rigidez cuando a este se le aplican cargas verticales.
- Los precios bajos del cuacho sintético y natural, nos permiten obtener un ahorro económico significativo en la industrial, así mismo al ser divulgada esta información permitirá que la industria peruana genere más productividad.
- La resistencia a la goma cuenta con un valor de compresión no confinada de $\sigma_g = 110 \text{ kg/cm}^2$, dicho valor fue obtenido de las tablas del fabricante, así mismo si aplicamos un factor de seguridad de dos, conseguiremos tener un área con más resistencia y estabilizar el pandeo y ladeo.
- Los parámetros que son usados en la selección de la goma fueron, un módulo de corte G50 de 6.49 Kg/cm², una relación de amortiguamiento de 10.53 % y finalmente un módulo de corte mínima para deformaciones de G= 26.5 Kg/cm². (4 veces G50).
- Se calculó el costo beneficio para la minera y se obtuvo un valor monetario de \$ 1888.22 dólares por año.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda inspeccionar visualmente los componentes con los que cuenta la bomba con el fin de verificar su estado.
- Efectuar frecuentemente el seguimiento de desgaste de los diferentes componentes de la bomba, realizar esto por medio de mediciones y pruebas.
- Hacer uso de soportes según especificaciones técnicas de elaboración propia ya establecidas en esta investigación.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albayay Rubiño, Francisco Eduardo. 2015. *Evaluación, diagnóstico y solución a problema de vibraciones en el ducto de descarga de las bombas de recuperación de agua industrial de una planta procesadora de relaves.* Universidad Técnica Federico Santa María. Chile : s.n., 2015. Tesis.

Beltrán, F., Silva, G. y Arias, M. 2014. *Control activo de vibraciones en un rotor tipo Jeffcott con velocidad variable usando una suspensión electromecánica.* D.F. México, México : s.n., 2014. pág. 9, Trabajo de investigación.

Castellino, Ariel, y otros. 2007. *Diagnóstico de fallas en los rodamientos de motores eléctricos empleando variables eléctricas.* Córdoba : s.n., 2007. pág. 6, Investigación.

Lesol. 2019. Lesol. *Lesol.* [En línea] 2019. [Citado el: 15 de 03 de 2019.] http://www.lesol.es/es/productos/caucho-metal/amortiguadores-antivibratorios-silentblock__amortiguador-cilindrico-silentblock__mr.html.

Miranda Salinas, Cesar paul. 2016. *Implementación de un Sistema de Monitoreo de variables para reducción de paradas de motores de bombas de la estación Cayagama de la empresa Oleoducto de Crudos Pesados OCP Ecuador S.A.* Riobamba, Ecuador : s.n., 2016. Tesis.

Nelson Saavedra, Pedro. s.f.. *La medición y análisis de las vibraciones como técnica de inspecciones de equipos y componentes, aplicaciones, normativas y certificación.* Concepción, Chile : s.n., s.f. pág. 8, Investigación.

Olarte, William, Botero, Marcela y Cañon, Benhur. 2010. Dialnet. [En línea] Agosto de 2010. [Citado el: 05 de 02 de 2019.] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4546591.pdf>.

Pacombia Pochuanca, José Armingol. 2017. *Influencia de las vibraciones en la vida útil de bombas centrífugas.* Arequipa, Perú : s.n., 2017. pág. 152, Tesis.

Palomino Marín, Evelio. 1997. Academia. [En línea] 1997. [Citado el: 09 de 02 de 2019.] https://www.academia.edu/5843201/Centro_de_Estudios_LA_MEDICI%C3%93N_Y_EL_AN%C3%81LISIS_DE_VIBRACIONES_EN_EL_DIAGN%C3%93STICO_DE_M%C3%81QUINAS_ROTATORIAS.

Rivera Pérez, Fernando. 2010. *Análisis de vibraciones mecánicas de las estructuras de lubricación y control de un turbogenerador de 15MW.* México : s.n., 2010. pág. 186, Tesis.

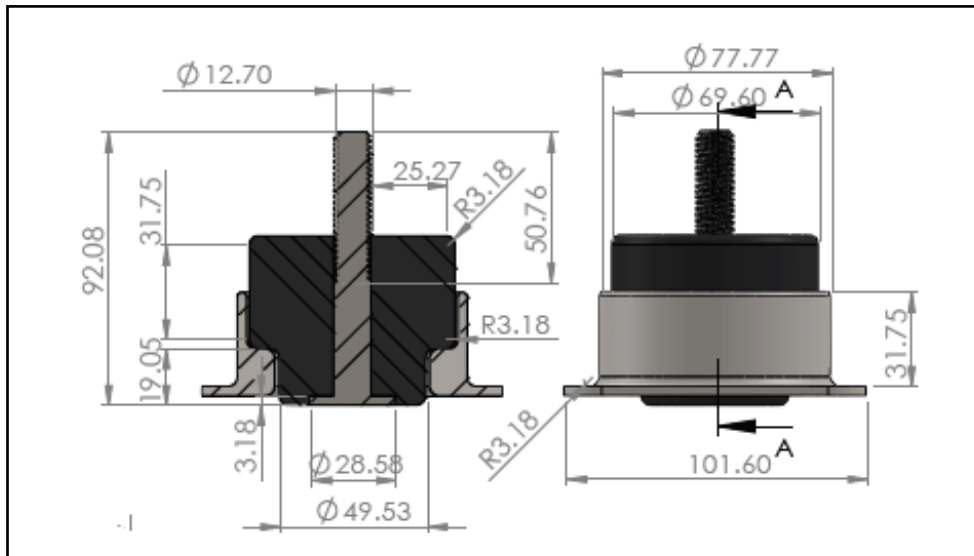
Royo, Jesus, Rabanaque, Gloria y Torres, Fernando. 2015. Researchgate. [En línea] 16 de Marzo de 2015. [Citado el: 18 de Febrero de 2019.] https://www.researchgate.net/publication/268430716_Analisis_de_vibraciones_e_interpretacion_de_datos.

White, Glen. 2010. Termogram. [En línea] 2010. [Citado el: 10 de 02 de 2019.] <https://termogram.com/images/pdf/analisis-vibraciones/introduccion-al-analisis-de-vibraciones-azima-dli.pdf>.

ANEXOS

Cálculos del aislador de caucho (elastómero)

a) Determinación del diámetro del aislador



Fuente: Elaboración propia

$$F_v = 2800kg$$

$$\sigma_a = \frac{110kg}{cm^2}$$

$$\sigma_a = FS \cdot \frac{F_v}{A} = 2 \left(\frac{2800}{37.3cm^2} \right)$$

$$\sigma_a = 150.13kg/cm^2$$

b) Rigidez horizontal

$$K_h = \frac{G \cdot A}{t} = \frac{(6 \text{ kg/cm}^2) \cdot (37.7 \text{ cm}^2)}{5.1 \text{ cm}}$$

$$K_h = 43.88 \text{ kg/cm}$$

$$E_c = 3.92 \text{ kg/cm}^2$$

$$K_v = \frac{E_c \cdot (\text{Area})}{t} = \frac{(3.92 \text{ kg/cm}^2) \cdot (37.3 \text{ cm}^2)}{5.1 \text{ cm}}$$

$$K_v = 28.66 \text{ kg/cm}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K_h}} = 16 \text{ sg} \dots \dots M = \frac{F_v}{g} = \frac{2800 \text{ kg}}{9.8 \text{ m/s}^2}$$

c) Altura de la Goma

$$t = \frac{G \cdot (\text{Area})}{K_h} = \frac{6 \text{ kg/cm}^2 \cdot (37.3 \text{ cm}^2)}{43.88 \text{ kg/cm}} = 5.1 \text{ cm}$$

d) Verificación de la Estabilidad al Pandeo

$$FS = \frac{3.5}{16} \cdot \frac{G \cdot d^4}{t \cdot (t_r \cdot F_v)} = \frac{3.5}{16} \cdot \frac{6 \text{ kg/cm}^2 \cdot (37.3 \text{ cm}^2)}{5.1 \text{ cm} \cdot (5.1 \text{ cm}) \cdot (2800 \text{ kg})} = 34$$

$$34 \geq 2$$

e) Verificación de la estabilidad al Volcamiento

$$X_{max} = \frac{d F_v}{K_h h + F_v}$$

$$X_{max} = \frac{d F_v}{K_h h + F_v} = \frac{6.9 \text{ cm}(2800 \text{ kg})}{43.88(5.1 \text{ cm}) + 2800 \text{ kg}} = 6.38$$

f) Calculando el Desplazamiento horizontal máximo

$$D = \frac{X_{max}}{F_s} = 3.19$$

$$G_{50\%} = 6kg/cm^2$$

$\nu = 0.5$ *coeficiente de Poisson*

Dureza Shore = 55@70

Tensión hasta la rotura por elongación = 170kg/cm²

g) Factor de forma

$$\frac{F_v}{F_h} = 26 \rightarrow \sqrt{6} \cdot S = 26$$

$$S = \frac{R}{2(t_r)} = 0.33$$

$E_c = 6 \cdot G \cdot S^2$ *módulo compresión del elastómero*

$$\sigma_t = \frac{F_v}{A} = \frac{2800kg}{37.3cm^2} = \frac{75.06kg}{cm^2} \dots \dots \textit{tensión de trabajo del elastómero de caucho}$$

h) Carga horizontal Máxima

$$FH = K_h(D)$$

$$FH = K_h(D) = 43.88kg/cm(3.19) = 139kg$$

i) Deformación por corte producidas por la compresión

$$\gamma_c = 6.S. \varepsilon_c$$

Donde $\varepsilon_c = \frac{\Delta}{t}$: deformación por compresión promedio

Δ : Deformación vertical total

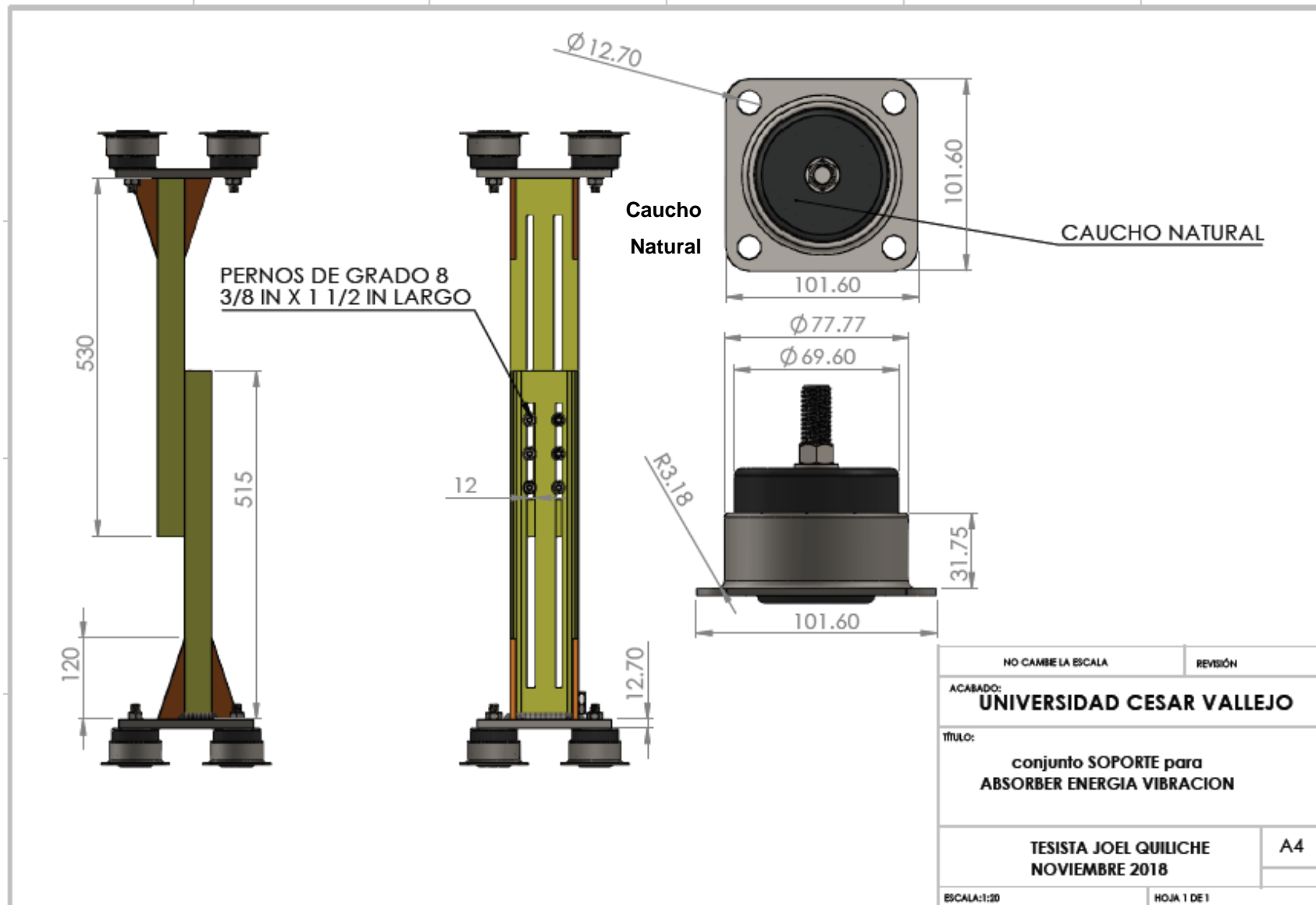
$$\Delta = \frac{F_v}{K_v} = 97.69$$

$$\Delta = \frac{F_v}{K_v} = 97.69$$

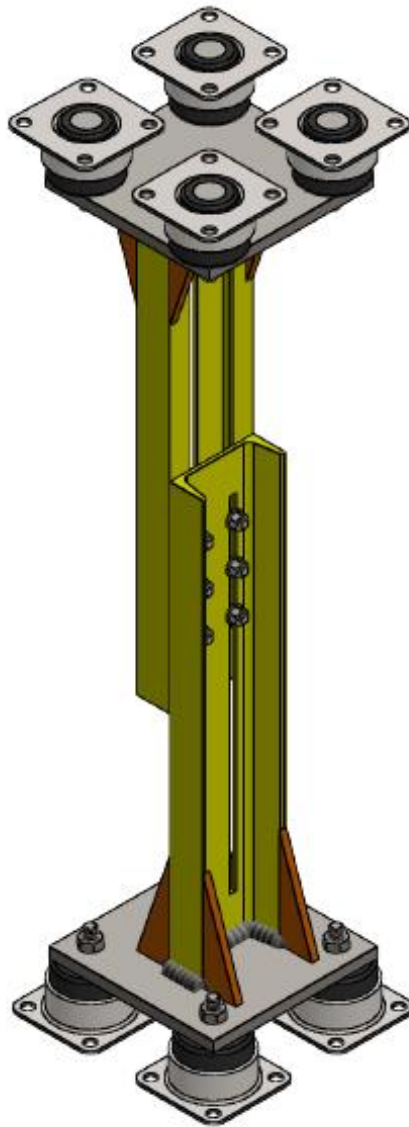
$$\varepsilon_c = \frac{\Delta}{t} = 1.91$$

$$\gamma_c = 6.S. \varepsilon_c = 3.79$$

Diseño del soporte para la transmisión de motor eléctrico - bomba



Soporte de bomba



Proyecto: "Diseño de soporte para evitar deterioro prematuro de rodamientos, sellos mecánicos, poleas y fajas, por excesiva vibración en motor de bomba warman, en minera Yanacocha, 2018"

Plano: Soporte antivibracional con muelles de elastómero de caucho.

Tesista: Joel Quiliche

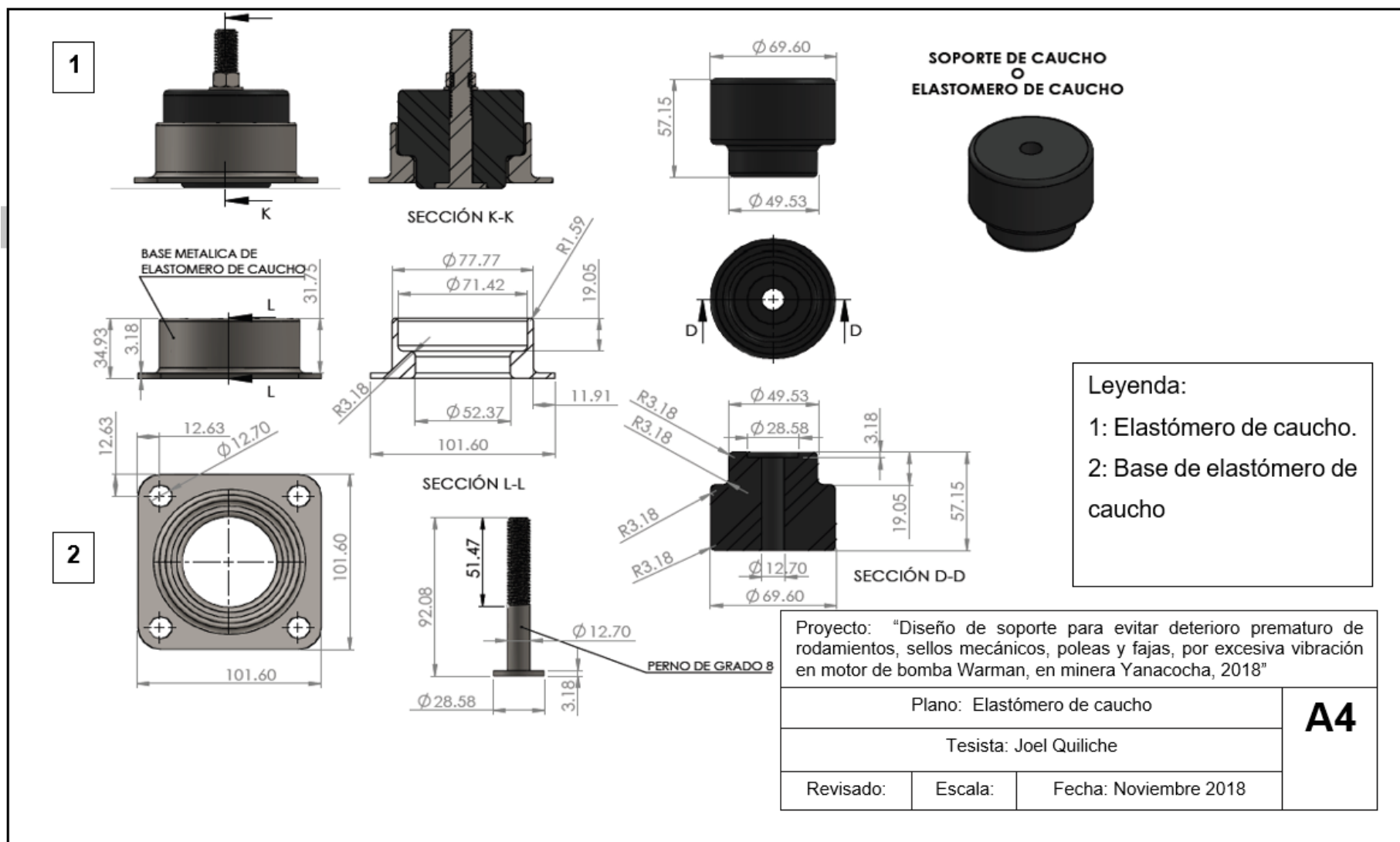
Revisado:

Escala:

Fecha: Noviembre 2018

A4

Elastómero de caucho



Soporte de bomba

PLACA DE ACERO ESTRUCTURAL A36

1

200
200
25
25
Ø16
12.70

FABRICAR 02 UNIDADES

2

120
8.50
40

3

515
420
101.60

CANAL C4 x 5.4 lb/pie FABRICAR 02 UNIDADES

530
420
101.60

4

Legenda:

1. Placa base LAC. 12.70mm x 200mm x 200mm
2. Cartelas LAC. De B40mmxH 120mm
3. Canal C 4" x 516mm x 5.4 lb/pie
4. Canal C 4" x 530mm x 5.4lb/pie

R2.79
R7.11
4.67
40.23

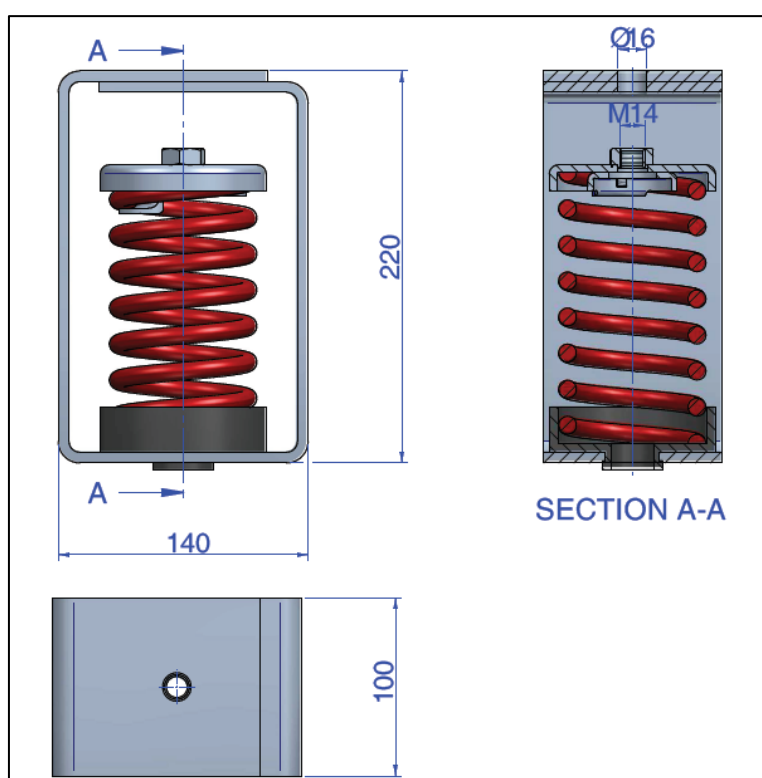
Proyecto: "Diseño de soporte para evitar deterioro prematuro de rodamientos, sellos mecánicos, poleas y fajas, por excesiva vibración en motor de bomba Warman, en minera Yanacocha, 2018"

Plano: Elastómero de caucho		A4
Tesis: Joel Quiliche		
Revisado:	Escala:	Fecha: Noviembre 2018

Ficha técnica de elastómero de caucho





Gama diseñada para la suspensión de falsos techos acústicos y maquinaria trabajando a partir de 450 r.p.m. Frecuencia propia de 2 a 5Hz. Fabricado con muelle de calidad cola de piano de gran calidad mecánica, guiado por una arandela de caucho con la función de que no existan puentes acústicos, en caso de desalineación de varillas. La estructura metálica es resistente y está recubierta de baño electrolítico bicromatado.



DIMENSIONES

Tipo	CARGA MAX. PERMANENTE	Color muelle	Flecha mm	Código
VT-67 HD	67	BLUE	50	20235
VT-95 HD	95	WHITE	50	20239
VT-123 HD	123	BLACK	50	20236
VT-173 HD	173	BEIGE	50	20240
VT-223 HD	223	RED	50	20237
VT-335 HD	335	GREY	50	20241
VT-446 HD	446	GREEN	50	20238

Costos de repuestos

VULCO PERU S.A. AV. SEPARADORA INDUSTRIAL NRO. 2201 URB. VULCANO, ATE VITARTE LIMA Perú		TEL: 51 1 6187575 FAX: 51 1 6187576 M: pe001.adminventas@mail.weir			
Oferta		Fecha 03.04.2019	N° de oferta 300080980 		
Dirección		Dirección de entrega			
N° Ref. Cliente	Fecha			Referencia cliente	
F-Repuestos	03.04.2019			10008377	
Fecha de entrega	Persona de contacto	Validez			
	Jean Paul Ramos Aranda	03.04.2019 - 03.05.2019			
Pesos y volúmenes					
		Peso neto		32.310 KG	
Requisitos					
Incoterm : EXW Ex Works		Condiciones de pago : Neto 45 días Inv			
Moneda : USD					
NI 52912 / R.					
Entrega en 04 semanas aprox. después de aceptada la OC.					
Item	Material	Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total línea
	Información detallada		Plazo de Entrega		
000010	5VX950-1	6.000 C/U	FAJA 5VX-950	43.00	258.00
000020	PP065V1250	1.000 C/U	POLEA DE 12.500 06-05V	845.00	845.00
000030	PP065V0925	1.000 C/U	POLEA DE 9.250 6-5V	689.00	689.00
000040	Q009D	1.000 C/U	BEARING, DRIVE END WARMAN 100 DD-HRM	409.00	409.00
000050	Q009		BEARING WARMAN 100 DD-HRM, SP-65-VQ		

WARMAN® GEHO® LINATEX® ENDURON® TRIO® VULCO® CAVEX®
ISOGATE® HAZLETON® LEWIS® MULTIFLO® DELTA INDUSTRIAL™ FLOWAY®

Página
 1

VULCO PERU S.A.


AV. SEPARADORA INDUSTRIAL NRO. 2201 URB.
 VULCANO, ATE VITARTE
 LIMA
 Perú

TEL: 51 1 6187575
 FAX: 51 1 6187576

M. pe001.adminventas@mail.weir



Minerals

Oferta		Fecha 03.04.2019	N° de oferta 3000080980 
N° Ref. Cliente	Fecha		Referencia cliente
F-Repuestos	03.04.2019		10008377
Fecha de entrega	Persona de contacto	Validez	
	Jean Paul Ramos Aranda	03.04.2019 - 03.05.2019	

Item	Material	Cantidad	Descripción	Precio unitario	Total línea
Información detallada		Plazo de Entrega			
		1.000 C/U		927.00	927.00
000060	DD089-10S10	1.000 C/U	SELLO, RODAMIENTO	36.22	36.22

Precio Bruto		3,164.22
IGV	18%	569.56
Precio Neto	USD	3,733.78

WARMAN® GEHO® LINATEX® ENDURON® TRIO® VULCO® CAVEX®
ISOGATE® HAZLETON® LEWIS® MULTIFLO® DELTA INDUSTRIAL™ FLOWAY®

Página
2

Ficha de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tesis: "DISEÑO DE SOPORTE PARA EVITAR DETERIORO PREMATURO DE RODAMIENTOS, SELLOS MECÁNICOS, POLEAS Y FAJAS, POR EXCESIVA VIBRACIÓN EN MOTOR DE BOMBA WARMAN, EN MINERA YANACOCHA, 2018"

AUTOR: Quiliche Chatilán, Joel

Ficha de recolección de datos N° 001	Título: Ficha de recolección de datos para determinar los parámetros de evaluación																										
Datos bibliográficos: Autor: Minera Yanacocha- Planta AWTP Editorial: ----- Año: 2019 Ciudad: La encañada- Cajamarca URL: -----		Referencia a otras fichas: Ninguno																									
N° Página: 1	Contenido: Para realizar el cálculo de costos, se registra la vida útil en meses de los componentes internos de la Bomba de lodos 4: Código PU 8153 <table border="1" data-bbox="558 1332 1252 1668" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Componentes</th> <th>Precio unitario (\$)</th> <th>Vida útil (meses)</th> <th>Cantidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fajas 5VX-950</td> <td>43</td> <td>04</td> <td>06</td> </tr> <tr> <td>Sellos Q009D</td> <td>409</td> <td>07</td> <td>01</td> </tr> <tr> <td>Rodamientos DD089-10S10</td> <td>36.22</td> <td>10</td> <td>02</td> </tr> <tr> <td>Poleas PP065V1259</td> <td>1534</td> <td>120</td> <td>02</td> </tr> <tr> <td>PP065V0925</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Fuente: Registros planta AWTP			Componentes	Precio unitario (\$)	Vida útil (meses)	Cantidad	Fajas 5VX-950	43	04	06	Sellos Q009D	409	07	01	Rodamientos DD089-10S10	36.22	10	02	Poleas PP065V1259	1534	120	02	PP065V0925			
Componentes	Precio unitario (\$)	Vida útil (meses)	Cantidad																								
Fajas 5VX-950	43	04	06																								
Sellos Q009D	409	07	01																								
Rodamientos DD089-10S10	36.22	10	02																								
Poleas PP065V1259	1534	120	02																								
PP065V0925																											


 Gabriel Michel
 ING SUPERVISOR
 CIP 161970
 SYM 531
 Firma y sello del experto

Validación de ficha de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Tesis: "DISEÑO DE SOPORTE PARA EVITAR DETERIORO PREMATURO DE RODAMIENTOS, SELLOS MECÁNICOS, POLEAS Y FAJAS, POR EXCESIVA VIBRACIÓN EN MOTOR DE BOMBA WARMAN, EN MINERA YANACOCHA, 2018"

Fecha de validación de datos: 01/04/19

Datos generales del experto:

Apellidos y nombres: Lucia Morales ; Gabriel Michell

Profesión: Ing. Mecánico

Grado académico: Superior - Colegiado Habilitado

Actividad Laboral actual: Supervisor Emp. Symi S.R.L. - Yanacocha


Gabriel Michell Lerco Morales
ING. SUPERVISOR
CIP. 161670
SYMI S.R.L.
Firma y sello del experto

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, Deciderio Enrique Díaz Rubio, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, filial Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada: **“Diseño de soporte para evitar deterioro prematuro de rodamientos, sellos mecánicos, poleas y fajas, por excesiva vibración en motor de bomba warman, en minera Yanacocha, 2018”**, del bachiller:

Quiliche Chafilan, Joel

Constato que la Tesis tiene un índice de similitud de 13% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 24 de julio de 2019



.....
Firma
Ing. Deciderio Enrique Díaz Rubio
16728343



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: QUILICHE CHATILAN JOEL

D.N.I. : 41897670.
Domicilio : CP. Otuzco-Baños del Inca-Cajamarca
Teléfono : Móvil :942546966.
E-mail : quiliche82-joel@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERÍA.
Escuela : INGENIERÍA MECANICA ELECTRICA
Carrera : INGENIERÍA MECANICA ELECTRICA
Título : INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

Tesis de Post Grado

Maestría

Grado :

Mención :

Doctorado

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres: QUILICHE CHATILAN JOEL

Título de la tesis:

**"DISEÑO DE SOPORTE PARA EVITAR DETERIORO PREMATURO DE
RODAMIENTOS, SELLOS MECÁNICOS, POLEAS Y FAJAS, POR
EXCESIVA VIBRACIÓN EN MOTOR DE BOMBA WARMAN, EN
MINERA YANACOCCHA, 2018"**

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

Fecha :

25/07/2019



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

EP. INGENIERIA MECANICA ELECTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

QUILICHE CHATLÁN JOEL

INFORME TÍTULADO:

"EL DISEÑO DE SOPORTE PARA EVITAR DETERIORO PREMATURO DE RODAMIENTOS, SELLOS MECÁNICOS, POLEAS Y FAJAS, POR EXCESIVA VIBRACIÓN EN MOTOR DE BOMBA WARMAN, EN MINERA YANACACCHA, 2018"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 06-07-2019

NOTA O MENCIÓN: APROBADO POR MAYORIA



[Firma]
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN