



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

Sistema de protección automatizado de un molino de caña basado en un análisis
vibracional

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

AUTORES:

López Alva, Kenghi Kevin (<https://orcid.org/0000-0003-4742-1243>)

López Fernández, Deiber (<https://orcid.org/0000-0002-3544-6710>)

ASESORES:

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (orcid.org/0000-0003-1208-1242)

Mg. Castro Anticona, Walter Miguel (orcid.org/0000-0002-8127-4040)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

“Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos”

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico a Dios por haberme otorgado una maravillosa familia, quienes han creído en mí siempre, dándome el ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo. A todos ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida.

Dedico este trabajo de investigación a mi madre, quien supo guiarme por el camino del bien enseñándome valores y siempre estar a mi lado apoyándome en todo momento, a mi hijo Axel Gael quien es fuente de inspiración para tratar de ser mejor en el día a día.

Agradecimiento

Los autores expresan agradecimiento a Dios por guiarnos durante todo este camino de obstáculos y dificultades logrando concluir nuestros objetivos, en estas líneas queremos agradecer a nuestras familias, padres y demás personas que nos apoyaron en los momentos difíciles, alegres, y tristes de esta meta.

Un agradecimiento especial a los docentes de la universidad César Vallejo y compañeros de la universidad con quienes compartimos todos los años de nuestra carrera, aprendimos muchas enseñanzas que volcaron en nuestra vida personal y profesional.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.5. Procedimientos.....	12
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	23
VI. CONCLUSIONES.....	26
VII. RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS.....	28
Anexo 2: Planos de elementos de molino de caña.....	34
Unidades	48

Índice de tablas

Tabla 1	Elementos realizados el análisis de vibraciones	17
Tabla 2	Costos de un sistema de protección vibracional	22
Tabla 3	Periodo de recuperación de la inversión	22
Tabla 4	Operacionalización de la variable Automatización de sistema vibracional... ..	32
Tabla 5	Operacionalización de la variable Análisis vibracional	33
Tabla 6	Datos de simulación de engranajes de dientes rectos del molino.....	38
Tabla 7	Datos técnicos utilizados para la simulación del PAR 1 de engranajes	39
Tabla 8	Datos de relación de transmisión PAR 1	40
Tabla 9	Relación de transmisión de rodillos paralelos	40
Tabla 10	Cálculos de diámetros y dientes de PAR 2	41
Tabla 11	Sistema de transmisión de motor.....	42
Tabla 12	Datos técnicos del motor eléctrico seleccionado.....	42
Tabla 13	Datos obtenidos de las poleas de transmisión	43
Tabla 14	Análisis de frecuencia	44
Tabla 15	Propiedades de estudio del análisis.....	48
Tabla 16	Propiedades de los materiales	49
Tabla 17	Cargas y sujeciones.....	51
Tabla 18	Definiciones de conectores	52
Tabla 19	Conector de pasador perno rodamiento.....	52
Tabla 20	Información de contacto.....	53
Tabla 21	Información de malla.....	53
Tabla 22	Resultados del estudio análisis y frecuencia.....	54
Tabla 23	Elementos considerados en el análisis	55
Tabla 24	Lista de nodos.....	59
Tabla 25	Participación de masa (Normalizada)	59
Tabla 26	Ficha de registro de datos digital	60
Tabla 27	Descripción de elementos del sistema de protección vibracional	63
Tabla 28	Cuadro de costos de materiales y mano de obra.....	64
Tabla 29	Periodo de recuperación de la inversión	65
Tabla 30	Registro de datos digital.....	66

Índice de gráficos y figuras

Figura 1 Simulación de molino de caña en SolidWorks.....	14
Figura 2 Plano de molino de caña	15
Figura 3 Análisis de frecuencia y amplitud realizado en programa SolidWorks.....	16
Figura 4 Diagrama de interpretación de amplitud y frecuencia.....	17
Figura 5 Variables empleadas en el sistema de protección vibracional automatizado en software studio 5000 Logix.....	18
Figura 6 Esquema automatizado del sistema de protección del molino de caña.	19
Figura 7 Planos obtenidos del molino de caña	34
Figura 8 Plano de estructura lateral de molino de ca	35
Figura 9 Plano del rodillo superior del molino.....	36
Figura 10 Plano de rodillo inferior del molino de caña.....	37
Figura 11 Estructura de para el soporte del molino de caña	37
Figura 12 Datos técnicos de engranajes	38
Figura 13 PAR 1 de engranajes del molino	39
Figura 14 Relación de transmisión de PAR 2 de engranajes	40
Figura 15 Datos técnicos de la faja de transmisión	41
Figura 16 Diagrama de interpretación de amplitud y frecuencia.....	55
Figura 17 Resultado de análisis de vibraciones en el molino	56
Figura 18 Diagrama del sistema de protección vibracional	61
Figura 19 Escalamiento - Función Block Diagrama.....	62

Resumen

En el presente trabajo de investigación presentado se estableció como objetivo principal implementar un sistema de protección automatizado de un molino de caña basado en un análisis vibracional con la finalidad de asegurar la operatividad y alargar la vida útil de los elementos del molino de caña, después de haber empleado herramientas de análisis y simulación como SolidWorks. Se inició la investigación identificando los principales elementos que conforman el molino de caña teniendo en cuenta el tipo de material empleado para la fabricación, las medidas y parámetros a tener en cuenta para el molino de caña, posteriormente se realizó un análisis de vibraciones con la finalidad de identificar los principales elementos que están expuestos a estos fenómenos se determinó mediante amplitud resistiva que los elementos o partes del molino de caña que se encuentran con mayor sujeción y un dimensionamiento adecuado son menos propensos a vibraciones altas, esto nos garantiza un correcto funcionamiento y mayor vida útil de los componentes, sumado a todo ello se determinó el sistema de protección vibracional automatizado para tener un mejor control del equipo en cuanto a seguridad refiere, con un sistema de protección vibracional automatizado se busca no solo alargar la vida útil de los equipos sino también garantizar un servicio de calidad cumpliendo con todas las normas de seguridad y calidad establecidas, finalizando con la factibilidad económica se determinó el retorno de la inversión, obteniendo un valor beneficioso para la parte interesada.

Palabras clave: Automatización, análisis vibracional, simulación y sensores de vibración.

Abstract

In the present research work presented, the main objective was to implement an automated protection system for a cane mill based on a vibrational analysis in order to ensure operability and extend the useful life of the elements of the cane mill, after have used analysis and simulation tools such as SolidWorks. The investigation began by identifying the main elements that make up the cane mill, taking into account the type of material used for manufacturing, the measurements and parameters to be taken into account for the cane mill, later a vibration analysis was carried out with the purpose After identifying the main elements that are exposed to these phenomena, it was determined by means of resistive amplitude that the elements or parts of the cane mill that are more secure and have an adequate dimension are less prone to high vibrations, this guarantees us a correct operation and greater useful life of the components, added to all this, the automated vibrational protection system was determined to have a better control of the equipment in terms of safety, with an automated vibrational protection system it is sought not only to extend the useful life of the equipment if not also guarantee a quality service complying with all regulations As of established security and quality, ending with the economic feasibility, the return on investment was determined, obtaining a beneficial value for the interested party.

Keywords: Automation, vibrational analysis, simulation and vibration sensors.

I. INTRODUCCIÓN

Varias investigaciones han sido validadas utilizando los diversos sistemas propuestos de análisis. Basándonos en esta información, compararemos los equipos utilizados con los siguientes criterios y realizaremos un correcto mantenimiento predictivo mediante análisis de vibraciones. Este análisis se utiliza para diagnosticar el espectro y la severidad de las vibraciones según la norma ISO 2372. Muchos de los sistemas implementados utilizan vibrómetros disponibles en el mercado, pero cumplen con los requisitos establecidos. El lector VSE002 realiza un monitoreo continuo, pero solo funciona con sensores específicos de la marca, el A4900 Vibrio M tiene un tiempo de funcionamiento de 8 horas y solo puede mostrar los niveles de vibración (Toapanta, y otros, 2019).

Entre las nuevas técnicas se encuentra el mantenimiento preventivo por análisis vibracionales. Esto incluye monitorear los niveles de vibración del equipo para determinar la condición de los componentes mecánicos y detectar fallas potenciales y tempranas que pueden afectar el proceso de fabricación. Los problemas de mantenimiento preventivo se basan en el tiempo y establecen intervalos de mantenimiento según lo establecido por el fabricante en el manual del usuario, utilizando estimaciones preliminares o estadísticas de fallas, sin considerar el grado real de deterioro de la máquina. Por lo tanto, debido a los requisitos del fabricante, no todos los repuestos para máquinas están disponibles en el mercado local y deben importarse. Esto significa que pueden llevar mucho tiempo en paradas no programadas (Garsia , y otros, 2018).

Actualmente, el monitoreo de vibraciones de máquinas rotativas es muy popular en toda la industria, se puede describir de la siguiente manera: Sector petrolero, industria minera, industria alimentaria, sector químico, etc. Debido a esta demanda en la industria, se está enfocando y monitoreando aún más la importancia de los equipos rotativos debido a las importantes pérdidas que ocasionan las paradas repentinas de los equipos durante el proceso de cada industria (John, 2019).

Según (Vásquez, 2019) menciona en su investigación los principales problemas que carecen las empresas cementeras con el desgaste de rodajes en los motores eléctricos. Esto se debe a que los fabricantes no diseñan a los motores eléctricos para

absorber carga por sus lados. También el exceso de vibración ocasiona sobre calentura de rodamientos, ya que el rodamiento fricciona constantemente con el motor y es un peligro latente para cualquier operador de las máquinas. Además, fallas imprevistas producen sobretensión en planta debido a que las máquinas se desestabilizan y empiezan a consumir demasiada energía eléctrica.

Los problemas de las vibraciones se deben a problemas mecánicos como el problema principal. La desalineación del acoplamiento, los desequilibrios de los componentes giratorios, ambos problemas, provocan daños en los cojinetes y los engranajes. (Toapanta, y otros, 2019).

Las principales causas del deterioro anticipado de los rodamientos del molino son debido al exceso de vibraciones que se generan durante el funcionamiento del equipo. Originado por la desalineación y desequilibrios de los componentes giratorios. En este trabajo se presentó un procedimiento para desarrollar un sistema de protección vibracional automatizado de un molino de caña, en el cual se identificó y describió las partes principales, identificando los puntos más expuestos a vibraciones durante el funcionamiento. La formación del problema de la investigación, se propuso mediante la siguiente interrogante: ¿Es posible aumentar la vida útil de un molino de caña, realizando un sistema de protección vibracional? Y de forma específica sistematizamos las siguientes preguntas: ¿Existen máquinas en la actualidad que cumplan con las normas de análisis vibracional para maximizar la vida útil del equipo?, ¿El sistema implementado será capaz de realizar una protección adecuada en el molino de caña?, ¿Qué programas o dispositivos son necesarios para cumplir con los requerimientos y parámetros del sistema de protección vibracional automatizado? Y ¿Es necesario realizar un sistema de protección vibracional en un molino para mejorar la productividad?

Este estudio se justificó de acuerdo con los criterios económico, técnico y social, observando de una perspectiva justificable porque a través de la aplicación de herramientas o equipos tecnológicos de la ingeniería permiten alargar la duración de los equipos en operación, dado que al implementar un procedimiento de protección vibracional se controlara las averías en el molino, se adapta a las necesidades requeridas del equipo, proporcionando una prolongación de la vida útil de sus

componentes que lo conforman, lo cual permite una solución más flexible para la duración del equipo y mayor confiabilidad en su funcionamiento.

De acuerdo a lo establecido, en el objetivo general planteado en la investigación fue: Evaluar la implementación de un sistema de protección automatizado de un molino de caña basado en un análisis vibracional. Los objetivos específicos fueron: Simular el molino de caña empleando SolidWorks, analizar los principales elementos que están expuestos a vibraciones en el molino, diseñar un sistema de protección vibracional automatizado del molino de caña y evaluar la factibilidad económica.

II. MARCO TEÓRICO

Según (Romero, y otros, 2018) en su estudio titulado Diseño eléctrico del sistema automatizado de protección de un triturador secundario utilizado en la industria minera, realizada en Nicaragua, tuvo como propósito mejorar un diseño de funcionamiento eléctrico en términos de automatización y control. Donde se toman como criterios el funcionamiento del mecanismo, los factores de seguridad y la protección del sistema. En sus resultados se muestra que, el sistema brinda una mayor protección y rendimiento del triturador, actuando a favor del personal de mantenimiento y técnicos para identificar posibles fallas durante las actividades de operación.

Una oscilación es cualquier movimiento que se repite después de un período de tiempo. Un sistema vibratorio generalmente incluye un medio de almacenamiento de energía potencial. (Gualotuña Quishpe, y otros, 2019).

(Enriquez, y otros, 2018) en su estudio titulado: Propuesta de un modelo de automatización del sistema de distribución a 22 kV para la óptima colocación de protecciones inteligentes en el alimentador principal, realizada en Ecuador, tuvo como objetivo elaborar un sistema automático de distribución por medio del uso de equipos de protección inteligente. Para lo cual se utilizó el esquema FLISR para el sistema de automatización. En sus resultados se muestra que, la propuesta brinda soluciones ante las fallas de forma automática, incrementando la confiabilidad en las empresas como los tiempos referentes a retrasos en el servicio.

(Oluwafemi, 2022) en su artículo titulado Un enfoque modelado distribuido multi parte para un sistema de protección automatizado en el secado de telas al aire libre, realizada en Inglaterra, tuvo como finalidad elaborar un modelo de sistema de protección automatizado para el secado controlado de tejidos al aire libre. Para lo cual se tomaron como principales criterios la detección, el modelo de secado, de control y su validez. En sus resultados se muestra que, la unidad de detección muestra una concordancia superior al 87.5% de los resultados analíticos. Con respecto a los resultados de simulación del controlador, brinda una respuesta dinámica más eficiente con un sobre impulso considerablemente pequeño.

(Toscano, 2019) en su artículo titulado Sistema de automatización, monitoreo y

protección de generadores de energía, realizada en Pakistán, tuvo como propósito elaborar un sistema automatizado que permita controlar y monitorear el sistema eléctrico del generador de un generador de energía. Para lo cual se utilizó un microcontrolador como parte central del sistema propuesto. En sus resultados se muestra que, el sistema se apagará automáticamente cuando la energía eléctrica de las empresas de servicios públicos se suspenda, permitiendo un ahorro de energía considerable, lo cual se traduce a un ahorro económico.

(Castro, 2018) en su estudio titulado Diseño de un sistema automático de protección para mejorar la performance del suministro eléctrico del alimentador A1048 en Enosa, realizada en Tumbes, tuvo como finalidad realizar una propuesta de un sistema de protección automático (SPA) para mejorar la calidad del servicio eléctrico. Para lo cual se utilizó un sistema SCADA en el alimentador A1048. En sus resultados se muestra que, el sistema mejora el rendimiento del servicio eléctrico, reduciendo indicadores de duración de los interruptores SAIDI y SAIFI, optimizando el sistema de distribución eléctrica en la Empresa Electronoroeste S.A.

(Buendía, 2018) plantea en su estudio titulado: Diseño de un sistema automático mediante controlador lógico programable SIEMENS LOGO 230RCE para el ahorro de energía eléctrica, realizada en Lima, tuvo como finalidad identificar las características del diseño de SA para el ahorro de energía eléctrica en el Instituto Toulouse-Lautrec S.A.C. Para lo cual se utilizó un controlador lógico programable. En sus resultados se muestra que, a través del sistema propuesto, el consumo de energía se redujo en un 48%, logrando un ahorro mensual de S/4 980 para la empresa. Por otra parte, se identificaron las características del SA siendo: alimentación de 115 V/230, memoria de trabajo de 8 GB, interfaz Ethernet, 400 bloques de función y 8 salidas discretas. El proceso de integración de sistemas electromecánicos a través de software, con el fin de realizar tareas en una línea de producción o apoyar el control de otra maquinaria (Díaz, 2021).

(Peralta, y otros, 2019) considera en su estudio titulado: Evaluación de sistema automatizado de protección y control de acuerdo con la norma IEC 61850 para optimizar la operación de la nueva subestación digital de transmisión medio mundo, realizada en Lima, tuvo como objetivo elaborar una evaluación técnica y económica de

la aplicación de un procedimiento de protección. Para lo cual se dimensionaron las cantidades de tableros y equipos de protección basándonos en el diseño de subestación. En sus resultados se muestra que, el coste de la propuesta está por debajo del 5% de la inversión para la elaboración de la subestación y las líneas convexas, reduciendo los tiempos de construcción, ahorro de espacios y costos, incrementando el nivel de confiabilidad de la red del SEIN.

Según (Castro, 2018) un sistema de protección automatizado tiene como objetivo cumplir con el aumento de la confiabilidad del sistema y la disminución de los costes de operación y mantenimiento. Las vibraciones debido a los defectos en los rodamientos es la más común en la industria. Estos generalmente ocurren cuando hay una lubricación insuficiente en varios puntos de apoyo o en las mismas condiciones de trabajo expuestas al agua (John, 2019).

Según (Peralta, y otros, 2019) en un sistema de protección automatizado se puede identificar dos componentes: el hardware conformado por los equipos de alta tecnología ubicados en la subestación y el software, encargado de ejecutar los trabajos de supervisión, protección y comunicación.

Las estructuras de la máquina o los componentes sujetos a vibraciones pueden fallar debido a la tensión del material causada por cambios periódicos en la tensión. Además, la vibración hace que las piezas de la máquina, como los cojinetes y los engranajes, se desgasten más rápido y también genera un ruido excesivo (Alfonso, 2019).

Según (Buendía, 2018) un sistema de protección automatizado tiene como principales indicadores: La ingeniería, encargada de la selección del esquema de control para el sistema, de los equipos de protección, comunicación, automatización y la programación del control. El cableado, el cual permite reducir la cantidad de cableado de señales y equipos necesarios para la subestación.

Según (Buendía, 2018) las vibraciones mecánicas son movimientos de un cuerpo sólido en una posición de equilibrio, sin que presente un desplazamiento neto. Según (Castro, 2018) las vibraciones mecánicas, un fenómeno que consiste en movimientos transmitidos al cuerpo por medio de estructuras que tienen la capacidad de desarrollar efectos perjudiciales o molestias en el trabajador.

Las vibraciones durante el tiempo son señales de la máquina. Estas señales contienen las informaciones del funcionamiento de los elementos individuales. A la hora de ejecutar un diagnóstico, estas señales tienen el inconveniente de estar cargadas de mucho contenido complejo que se obtiene de las señales de las partes de la máquina. Por lo tanto, las vibraciones en el dominio de la frecuencia se pueden estudiar y comprender mejor aplicando la transformada rápida de Fourier. Un analizador de espectro toma una señal de una máquina y calcula una serie de ondas sinusoidales a partir de una señal compleja representada por la frecuencia (Torres, 2018).

En la actualidad hay diferentes tipos de cojinetes aplicados en la industria, su modelo depende de la aplicación, estos pueden ser según la carga que soportan, hasta la actualidad no se encuentra una máquina que funcione perfectamente, por los problemas de funcionamiento como vibración, montaje y otro (Sierre, 2019).

Para garantizar la confiabilidad de nuestros dispositivos y realizar una evaluación general, ejecutamos múltiples experimentos de laboratorio, simulaciones y pruebas de campo. La caracterización del transportador para las condiciones de medición fue asistida por pruebas de vibración. La estabilidad mecánica, el aislamiento y la protección de ingreso fueron respaldados por una evaluación de estabilidad mecánica vibratoria y pruebas dinámicas de fluidos computacional. Finalmente, las pruebas operativas mediante un experimento estadístico apoyaron el estudio de confiabilidad de la operación (Cardona, 2021).

Una falla o avería en un equipo es una condición en la que un equipo o parte ya no cumple su función. Las fallas de equipos en las industrias azucareras se clasifican en cuatro clases principales: fallas mecánicas, fallas eléctricas, fallas de instrumentos y otras fallas. La falla mecánica se refiere a la falla de sistemas como cojinetes, ejes, soldaduras, bombas, acoplamientos, correas, engranajes, etc. Los problemas eléctricos son causados por un mal funcionamiento de los sistemas como tableros eléctricos, circuitos, generadores, sistemas de iluminación, etc. Los dispositivos defectuosos afectan la falla de las válvulas de control automático, actuadores y controladores. La información probabilística y la distribución de fallas de los equipos viales como una función del tiempo se pueden usar para

modelar el comportamiento de fallas para optimizar el mantenimiento de varios equipos (Cornelius, 2018).

Se utilizaron técnicas cuantitativas en la etapa de selección de la estrategia, en la que se identificaron las características más destacadas de los sistemas de mantenimiento de mejores prácticas que son aplicables en las industrias manufactureras (Cornelius, 2018).

Los paquetes de software para programar máquinas expendedoras utilizan potentes recursos de interfaz con otros sistemas para transformar su computadora personal en un dispositivo de programación específico. Esta opción (software, computadora personal), junto con la consola, configura prácticamente todos los equipos de programación utilizados en las máquinas programadoras (Ngombe, 2021).

Las vibraciones provocan fallas por fatiga, dañando las estructuras de soporte del motor. El impacto introduce grandes fuerzas y, por lo tanto, grandes tensiones, que pueden causar vibraciones y fallas prematuras de los mecanismos. Para minimizar los posibles problemas asociados con la vibración del motor, se necesita un diseño de soporte robusto y preciso que incluya uniones atornilladas. Para reducir las vibraciones del motor, se debe proporcionar un montaje adecuado. A veces se requieren amortiguadores en la interfaz del motor y la base (NSAhirraoun, 2018).

La mayoría de las fallas de las máquinas causadas por problemas de vibración son fallas por fatiga. El tiempo para alcanzar fallas por fatiga está determinado por la deflexión (desplazamiento) y la tasa de deflexión (frecuencia) de un objeto. El desplazamiento es, por supuesto, simplemente una medida de la distancia recorrida, y la frecuencia es una medida de la cantidad de veces que se realiza el viaje en un período de tiempo determinado, como un minuto o segundos más de una frecuencia (NSAhirraoun, 2018).

La evolución de los sistemas de automatización de fábricas, desde las formas muy primitivas hasta las arquitecturas complejas contemporáneas, ha seguido de cerca los avances en la instrumentación y la tecnología informática, de lo que, a su vez, llevó al proveedor a implementar diseños de sistemas actualizados para satisfacer los crecientes requisitos de los usuarios. Esto alentó directamente a los usuarios a extender los objetivos de automatización al campo y a integrarlos en los objetivos

corporativos, de fabricación y de la junta en proceso. El concepto de automatización integrada se creó para cubrir todas las funciones de automatización comercial. Esto se vio como una oportunidad para resolver de manera óptima varios de los problemas interrelacionados como la eficiencia, la utilización de recursos, rentabilidad de la producción, calidad del producto, seguridad humana y demandas ambientales (Swe, 2021)

Los sensores BTT y de separación de la punta TC, tienen mucho en común, y algunos tipos ofrecen ambas medidas. Sin embargo, los sensores se pueden optimizar para medir la holgura o la vibración. Debido a la demanda de una mayor eficiencia de las turbinas, la industria muestra más interés en los sensores TC de alta temperatura. Las sondas de capacidad se utilizan principalmente para este propósito, pero se han propuesto varias soluciones de medición basadas en el principio de corrientes parásitas activas (Rokicki, 2021).

Como se ha descrito, el sistema utiliza mediciones de vibración, audio y visuales. Dependiendo de la aplicación, también utiliza otros parámetros tecnológicos como la densidad de la pasta o el tamaño medio de partícula. Sin embargo, estos se pueden utilizar para líneas de productos mixtos de diferentes divisiones, en las fábricas se utilizan con el propósito de optimizar y mejorar el rendimiento de las plantas individuales impares (Goralczyk, 2020).

Las vibraciones son un fenómeno común en la naturaleza, pero a menudo causan fallas técnicas. En comparación con el sensor mecánico y el piezoeléctrico, el sensor de vibración de fibra óptica es más adecuado para la medición de vibración debido a sus ventajas, tamaño pequeño, interferencia anti electromagnética, peso ligero, alta sensibilidad y detección. Por lo tanto, es necesario detectar la vibración de manera precisa y eficiente por medio de un sensor (Xu, 2021).

La norma DIN ISO 10816 proporciona una guía específica para evaluar la severidad de la vibración radial medida las carcasas de los cojinetes de las máquinas industriales. Los criterios proporcionados en este documento se aplican a conjuntos de máquinas que tienen una potencia superior a 15 kW y velocidades de operación entre 120 y 15000 rpm. Los conjuntos de máquinas cubiertos por esta parte de la norma ISO 10816 incluyen: turbinas de vapor y generadores con potencias inferiores

o iguales a 40 MW, turbinas de vapor y generadores con salidas superiores a 40 MW y velocidades distintas de 1500, 1800, 3000 y 3600 rpm (aunque los generadores pocas veces entran en esta categoría (ISO, 2018).

El programa SOLIDWORKS es una herramienta para el diseño en la ingeniería asistido por computadora (CAD-CAE). En los últimos años, se ha consolidado como un pilar del diseño mecánico por su productividad y facilidad de uso. Con este programa se puede diseñar, además genera información sobre piezas o ensamblajes, como dimensiones, tolerancias, anotaciones y tablas (Gaspara, y otros, 2018). El Software Logix 5000 es una herramienta muy utilizada para configurar y programar controladores. La pantalla Panelview 5000 y la configuración de variador Powerflex y Kinetix. Este es un software bastante intuitivo que permite trabajar en equipo para desarrollar aplicaciones, además de reducir el tiempo de inicio de los proyectos (Alfaro, 2019).

Según mencionan (Gordillo C. Joan Fred, 2019) en su tesis, que desde que el hombre comenzó a construir máquinas, la reducción de sus vibraciones ha sido a un problema constante para los Ingenieros. Según (Israel, 2020) la prevención de deterioro de un sistema estructural mediante la medición de las vibraciones es una técnica que permite la predicción de fallas y su rápida atención antes de colapso estructural. (Narve, y otros, 2021) menciona que el cojinete absorbe las fuerzas que actúan sobre el eje y las transmite al bloque de cojinete o pedestal del cojinete y finalmente las transmite a la cimentación. Por lo tanto, los rodamientos se consideran componentes críticos de las máquinas rotativas. Según (Steven, 2019) las técnicas basadas en aplicaciones tecnológicas, como el análisis de vibraciones, permiten intervenciones más planificadas, precisas y oportunas para tomar acciones preventivas y correctivas. Los datos obtenidos en el software de análisis de vibraciones aumentan la capacidad de producción y la eficiencia de los equipos con un enfoque proactivo. Según (Llamas, 2021) la tecnología industrial implica mejorar los procedimientos y recursos que dan cobertura al sector industrial.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación del proyecto fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, dado que se analizó los factores que afectan al funcionamiento del molino de caña. Y se buscó obtener una solución basándonos en un sistema de protección de análisis vibracional. De enfoque cuantitativo porque se tiene una hipótesis y se efectúa la recolección de datos para luego ser analizados estadísticamente (Hernández, y otros, 2018).

El diseño de la investigación es de tipo descriptivo, no experimental, ya que se realiza mediante simulaciones y su principal ventaja es brindar una interpretación certera. Según (Alvarez, 2020) afirma que no es experimental porque existe manipulación de las variables por parte del investigador.

3.2. Variables y operacionalización

Sistema de protección automatizado

Es la variable independiente de clase cuantitativa. Según (Gómez, 2016) Los datos son información recopilada a través de observaciones, experimentos o registros basados en el interés por extraer resúmenes, análisis y conclusiones a partir de los datos. El proceso de integración de un sistema electromecánico a través de un software con el fin de realizar tareas en la cadena de producción o controlar otras máquinas (Diaz, 2021).

Análisis vibracional

Estudia la variable dependiente. Según (Espinoza, 2018) se modifica por el funcionamiento de la variable independiente, y crean efectos o consecuencias que conducen al resultado de la investigación. Técnicas para resolver inquietudes causadas por vibraciones mecánicas mediante el estudio de su comportamiento, generalmente utilizando una transformada de Fourier que se mueve del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia (Calle, 2020).

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La investigación se desarrolló con fines de estudiar a todos los elementos rotatorios que conforman a una máquina, conformado por 11 piezas, a quienes se

estudiaron por completo en esta investigación. Se tomaron en cuenta el tiempo de funcionamiento de cada elemento, así mismo se tomaron como exclusión a los elementos estáticos.

- **Criterios de inclusión**

Se consideró los elementos rodantes y la tracción del molino mediante motor eléctrico.

- **Criterios de exclusión**

No se consideró los elementos estáticos, menos aún la transmisión mediante cadena.

Muestra

La muestra que se tomaron en cuenta para este trabajo de investigación fue la misma cantidad de elementos que se consideraron en la población.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

La técnica aplicada en la investigación fue análisis documental. Para lograr obtener los resultados de viabilidad económica de los costos del proyecto. Según (Escudero, 2018) expone que los métodos de investigación cuantitativa emplean métodos como registros de observación sistemática.

Instrumentos de recolección de datos

Se utilizó una ficha de registro de datos y fichas bibliográficas, para el estudio de las variables. Según (Cisneros, y otros, 2022) el proceso de adquisición de datos se realiza directamente a través de un entorno virtual, aplicando diversas técnicas y herramientas previamente definidas durante la fase de diseño de un proyecto de investigación. Mayor detalle del instrumento en anexo 6, tabla 29.

3.5. Procedimientos

Luego de establecer la base teórica dentro del método, aplicamos estas técnicas contextualmente al caso bajo investigación. Primero, se explicó el procedimiento y método de cada técnica, el método, operador y el enfoque del instrumento. Durante la fase de desarrollo del proyecto, se utilizaron equipos de acuerdo al tamaño de la población y la muestra establecida, y luego de comparar la

discusión con los antecedentes, se realizó un análisis para sacar conclusiones.

3.6. Método de análisis de datos

En la presente investigación se ha procedido a realizar cuadros informativos, visitas a repositorios para el análisis de la información mediante el uso de programa SolidWorks versión 2021, Microsoft Excel y Studio Logix 5000 para obtener el análisis de costos de la viabilidad económica de la investigación. Según (Arispe, y otros, 2020) expresan que el método de la investigación fue deductivo por qué Algunas de las conclusiones generales para generar una explicación particular. Una teoría que forma parte de un análisis de los principios y es eficaz para aplicarlos y producir soluciones a hechos específicos.

3.7. Aspectos éticos

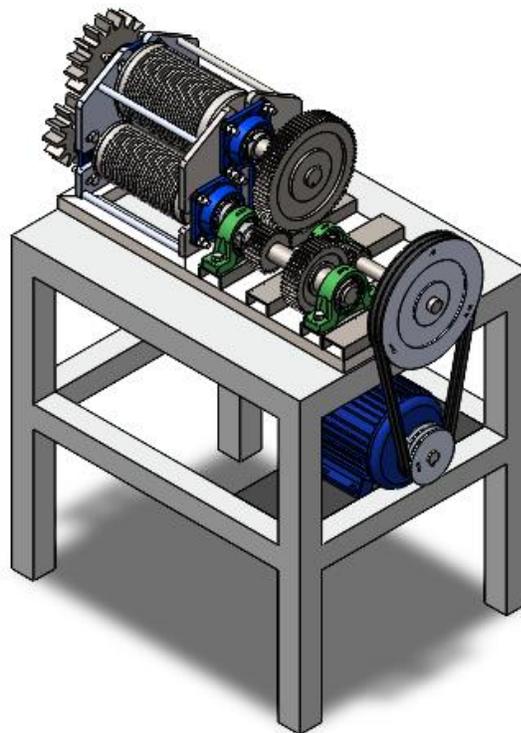
En lo que concierne al procesamiento de los datos, nos comprometemos a respetar la propiedad intelectual, la veracidad y fiabilidad de los resultados de la investigación presentados en este estudio, así como el correcto uso de la información que se ejecutará, mostrando los resultados de acuerdo a lo que produzcan. Según (Viorato, 2019) considera que la ciencia aporta, enriquece, integra, amplía, trasciende y construye conocimiento a través de su progreso en beneficio del bienestar y la calidad de vida.

IV. RESULTADOS

Después de haber aplicado los instrumentos, estos asumieron resultados requeridos mediante el programa SolidWorks versión 2021. Para lo cual, se realizó la simulación del molino tomando los datos según el criterio y experiencias adquiridas por los autores. Se presentan los resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo:

Objetivo específico 1: Simular el molino de caña empleando SolidWorks

Figura 1 Simulación de molino de caña en SolidWorks

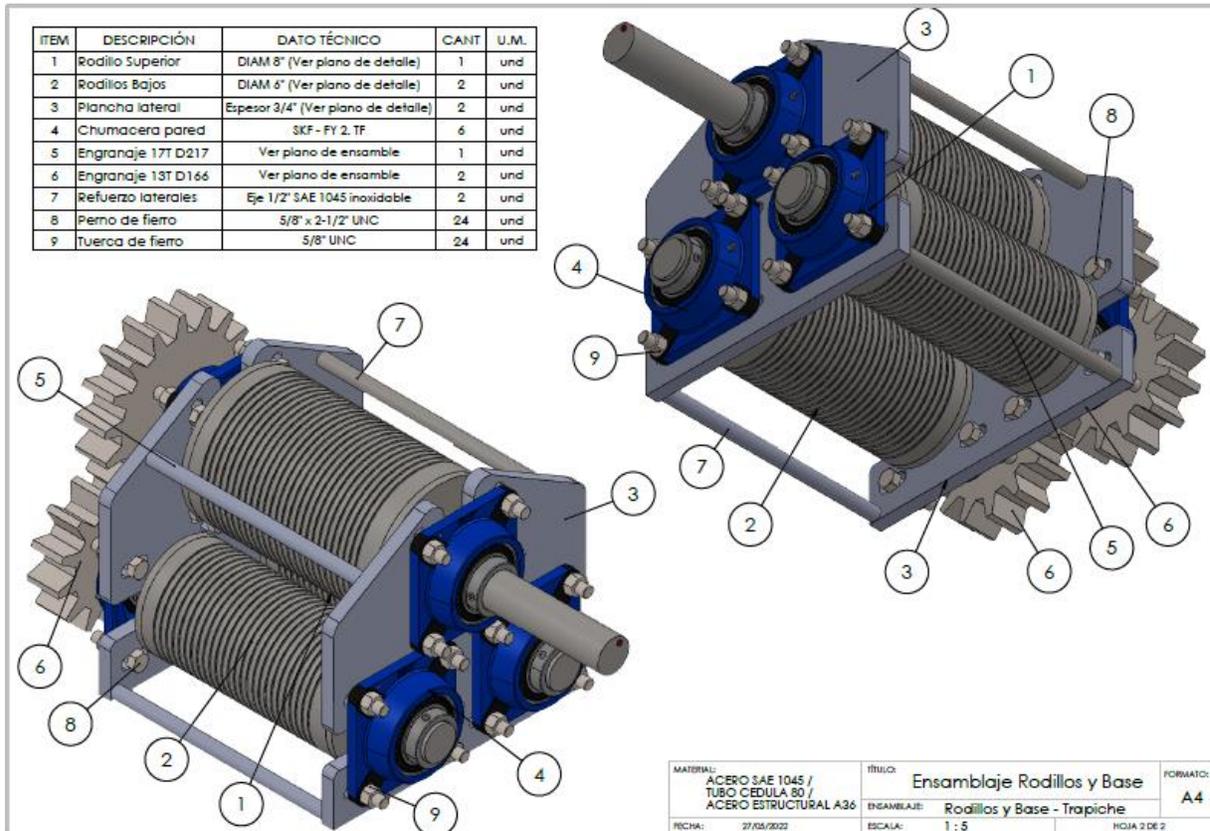


Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Referente a los resultados según la figura 1, se obtuvo la simulación del molino de caña, utilizando programa de diseño SolidWorks que nos permitió utilizarlo como una herramienta que ayuda a simular procesos y estudiar su comportamiento, analizar el efecto de posibles modificaciones o comparar diferentes alternativas de diseño sin el alto coste de las pruebas y amplia experiencia. En el anexo 2, se describió planos y medidas de cada componente del molino.

Figura 2 Plano de molino de caña



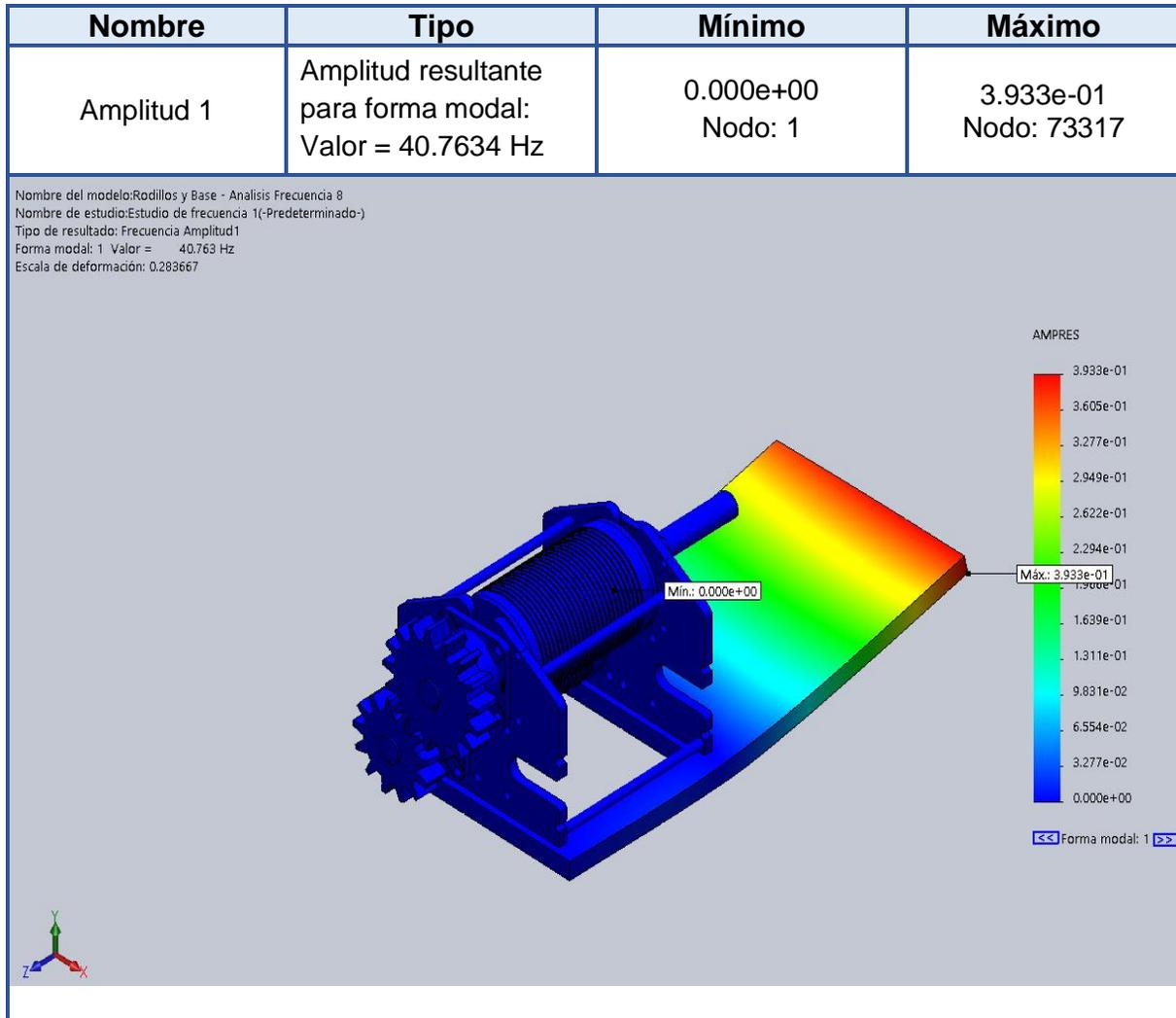
Fuente: Elaboración propia (SolidWorks)

Interpretación.

En la figura 2, se obtuvo el plano del molino de caña, como beneficios adicionales de la simulación que nos proporcionó una visualización unificada de los escenarios del diseño. El modelo reproduce los procesos de diseño en el molino, y proporciona un punto de vista unificado para la evaluación técnica.

Objetivo específico número 2: Analizar los principales elementos que están expuestos a vibraciones en el molino.

Figura 3 Análisis de frecuencia y amplitud realizado en programa SolidWorks

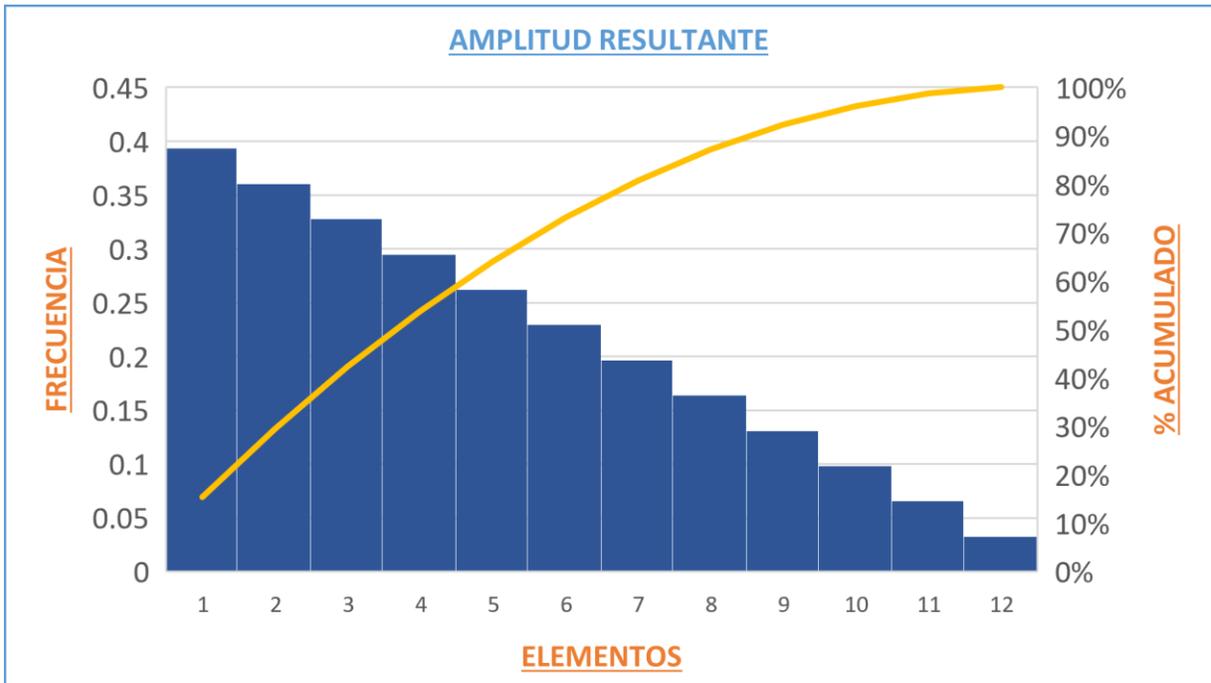


Fuente: Elaboración propia "SolidWorks"

Interpretación

Por medio de SolidWorks se obtuvo como resultado las localizaciones, donde se generó mayores deformaciones debido a las vibraciones, que la máquina generaba cuando estaba en funcionamiento. El análisis se aplicó a la estructura y a los componentes giratorios del molino de caña.

Figura 4 Diagrama de interpretación de amplitud y frecuencia



Fuente: Elaboración propia (Hoja de cálculo)

Tabla 1 Elementos realizados el análisis de vibraciones

N°	ELEMENTOS	AMPRES	% ACUMULADO	
1	Eje Rodillo Superior	0.3933	15%	0.39
2	Asentamiento Rodaje 1	0.3605	14%	0.75
3	Eje rodillo Inferior	0.3277	13%	1.08
4	Diente engranaje 17D	0.2949	12%	1.38
5	Diente engranaje 13D	0.2622	10%	1.64
6	Cara engranaje 17D	0.2294	9%	1.87
7	Eje Rodillo Superior - cerca de rodaje 1	0.1966	8%	2.06
8	Alojamiento rodaje 1 - Rodillo Superior	0.1639	6%	2.23
9	Alojamiento rodaje 1 - Rodillo Inferior	0.1311	5%	2.36
10	Eje rodillo inferior - cerca de rodaje	0.09831	4%	2.46
11	Alojamiento rodaje 2 - Rodillo Superior	0.06554	3%	2.52
12	Eje rodillo superior - cerca de rodaje 2	0.03277	1%	2.56

Interpretación. Obtenido los resultados se puede afirmar que el eje del rodillo superior a la mitad de tramo del molino de caña tiene una mayor afectación vibracional, con un 15% del total de elementos estudiados, así mismo los rodillos inferiores se muestra con 13% de afectación, el eje del rodillo cerca al rodamiento tiene 1% de afectación.

Objetivo específico 3: Diseñar un sistema de protección vibracional automatizado del molino de caña. Para la ejecución de este sistema se empleó una metodología no experimental, obteniendo resultados mediante la aplicación de software studio 5000 Logix.

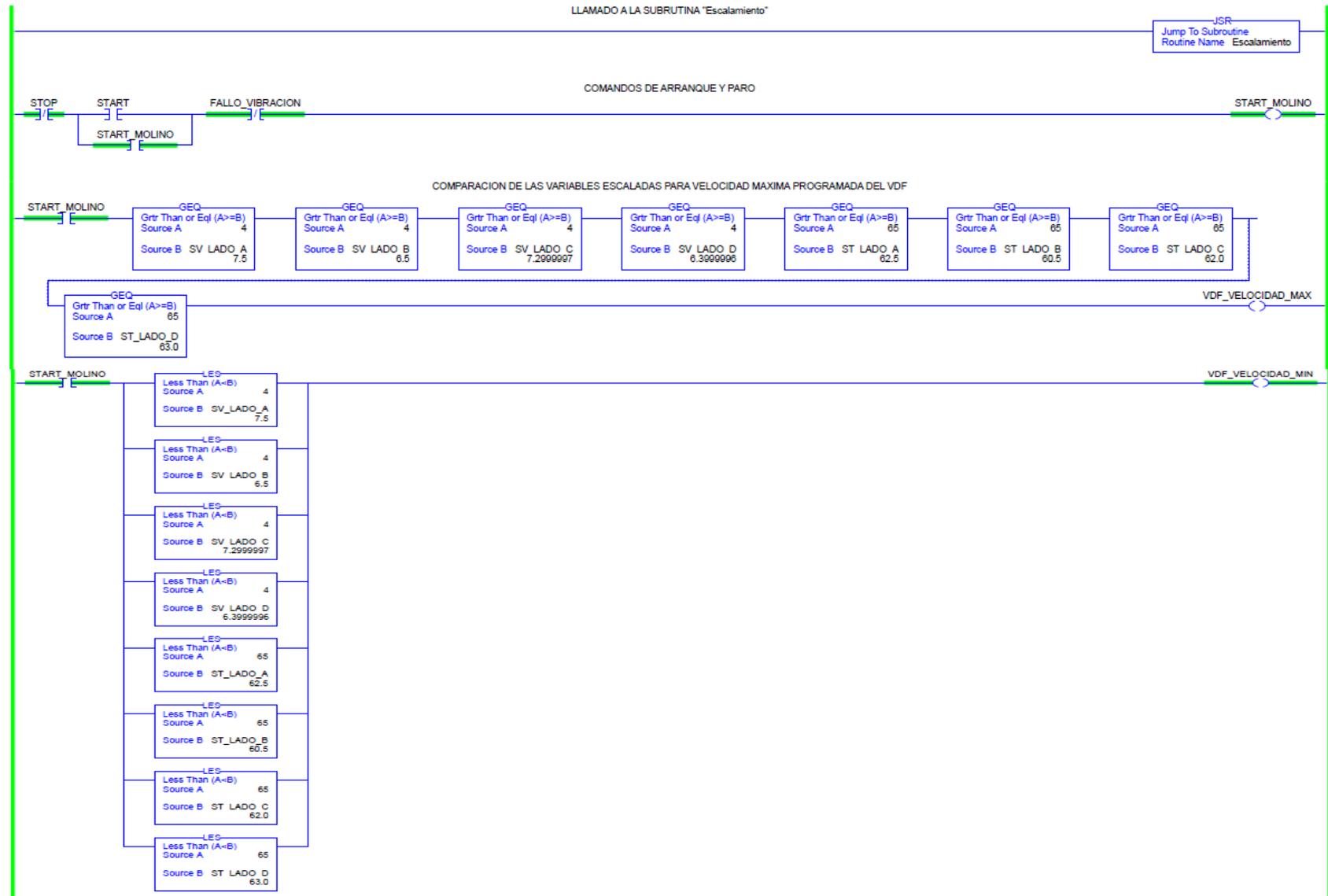
Figura 5 Variables empleadas en el sistema de protección vibracional automatizado en software studio 5000 Logix

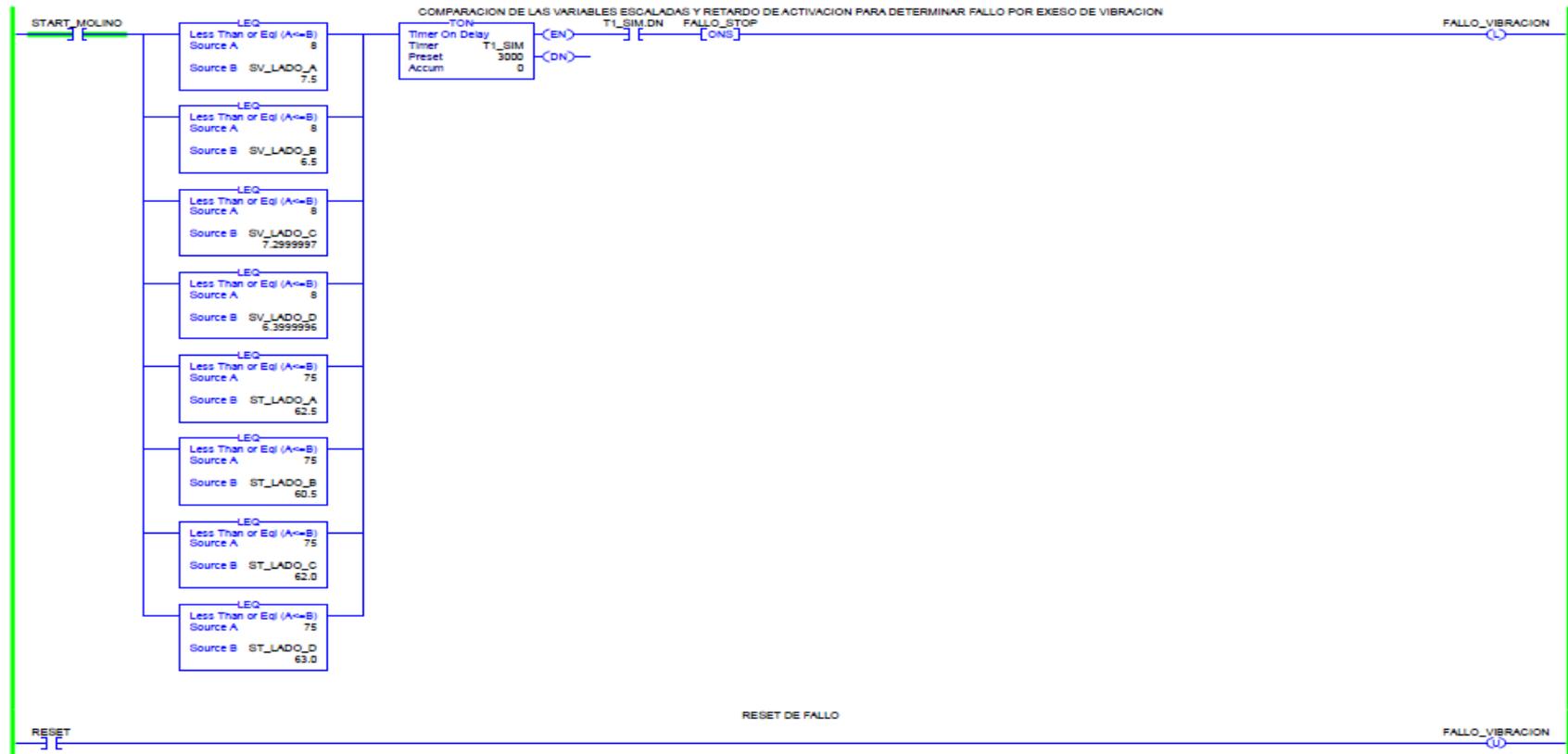
Name	Alias For	Base Tag	Data Type	Description	External Access	Constant	Style
FALLO_STOP			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
FALLO_VIBRACION			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
Local 3C			AB:1756_IF8_Fo		Read/Write	<input type="checkbox"/>	
Local 3I			AB:1756_IF8_Fo		Read/Write	<input type="checkbox"/>	
RESET			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
ST_LADO_A			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
ST_LADO_B			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
ST_LADO_C			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
ST_LADO_D			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
START			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
START_MOUNDO			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
STOP			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
SV_LADO_A			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
SV_LADO_B			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
SV_LADO_C			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
SV_LADO_D			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
TT_SIM			TIMER		Read/Write	<input type="checkbox"/>	
VAL_MAX_SENSOR_T			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MAX_SENSOR_V			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MAX_TEMP			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MAX_VIBRACION			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_SENSOR_T			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_SENSOR_V			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_TEMP			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_VIBRACION			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VDF_VELOCIDAD_MAX			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
VDF_VELOCIDAD_MIN			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal

Name	Scope	Value	Force Mask	Description
ST_LADO_A	Controller	62.5		
ST_LADO_B	Controller	60.8		
ST_LADO_C	Controller	62.0		
ST_LADO_D	Controller	63.0		

Fuente: Elaboración propia (Studio 5000 Logix),

Figura 6 Esquema automatizado del sistema de protección del molino de caña.





Interpretación

Dados los resultados, se puede afirmar que mediante la aplicación de software studio 5000 Logix, se obtuvo la simulación de un sistema de protección automático para un molino de caña, tomando en cuenta las vibraciones y las temperaturas que estas puedan generar, como consecuencia de un mal funcionamiento del molino. La secuencia a seguir se consideró lo siguiente: una vez iniciado el ciclo de trabajo, la máquina comienza a trabajar en sus valores vibracionales mínimos de 0.1 en amplitud resistiva, conforme la máquina trabaja las vibraciones aumentan, si estas exceden los valores máximos permitidos de 8 AMPERS, el sistema realizará una comparación de amplitud en un determinado tiempo, para

verificar si este valor se mantiene o sigue en aumento, mandará una señal al variador de velocidad, esto permitirá bloquear y detener el equipo para proteger los componentes de las excesivas vibraciones. Para reiniciar el funcionamiento del molino, se ejecutará mediante un reset.

Objetivo específico 4: Determinar una factibilidad económica

Tabla 2 Costos de un sistema de protección vibracional

ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNT	PRECIO TOTAL
COSTOS DE ACCESORIOS PARA AUTOMATIZACIÓN				
1	Elementos eléctricos	1	S/ 13876.80	S/ 13404.80
MANO DE OBRA				
2	Servicio de implementación	1	S/ 3500	S/ 3500.00
Total				S/ 16,904.80

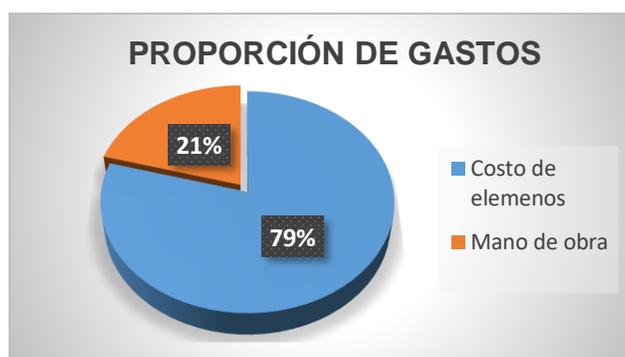


Tabla 3 Periodo de recuperación de la inversión

PERIODO DE RECUPERACION		
MES	FLUJO	ACUMULADO
0	S/ 16,904.80	
1	S/ 4,480.00	S/ 4,480.00
2	S/ 3,200.00	S/ 7,680.00
3	S/ 2,400.00	S/ 10,080.00
4	S/ 3,200.00	S/ 13,280.00
5	S/ 3,200.00	S/ 16,480.00
6	S/ 3,200.00	S/ 19,680.00
7	S/ 3,200.00	S/ 22,880.00
PR =	6.13	Meses

Interpretación

Dado los resultados se puede afirmar que la recuperación de la inversión en la aplicación del sistema de protección vibracional automatizado del molino de caña, se recuperaría en 6.13 meses, teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas al día durante 3 días a la semana con un costo de S/. 40.00/hora, el cual nos garantiza un resultado factible de realizar el sistema de protección automatizada del molino. Los costos y cálculos detallados se encuentran en anexo 5, tabla 27.

V. DISCUSIÓN

A fin de debatir nuestros resultados obtenidos en nuestra investigación, resaltamos como referencia lo estipulado por nuestros antecedentes para una correspondiente contrastación:

Tomando en cuenta la investigación realizada por (Romero, y otros, 2018) que aplico un funcionamiento eléctrico en términos de automatización y control, para lo cual se tomaron criterios de funcionamiento, mecanismos, elementos de seguridad y protección, con la finalidad de brindar una mayor protección y rendimiento de los equipos, de similar manera lo que se busca con la implementación de un sistema de protección vibracional automatizado es alargar la vida útil de los equipos y/o elementos y reducir las paradas no programadas ocasionadas por desperfectos o fallas en el equipo.

Según (Buendía, 2018) menciona en su investigación que las vibraciones mecánicas son movimientos de un cuerpo sólido en una posición de equilibrio sin que presenten un desplazamiento neto, en la investigación ejecutada se llegó a deducir que las vibraciones son pequeños movimientos que surgen cuando la máquina está en funcionamiento estas pueden variar de acuerdo con el tiempo.

Según (Sierre, 2019) en su investigación hace mención a los diferentes tipos de cojinetes y/o elementos rodantes que existen hoy en día en la actualidad, su aplicación depende factores como la carga a soportar, tipo de cojinete, esfuerzos, etc. Según nuestra investigación podemos deducir que para evitar las vibraciones tiene que ver no solo con la carga que va a mover los equipos, sino también con la correcta selección de los cojinetes, el montaje de los mismos y la sujeción correcta, de esta manera no solo reduciremos las vibraciones, sino que también esto conlleva a un correcto funcionamiento del molino de caña.

(Cardona, 2021) en su trabajo de investigación hace mención que para garantizar la confiabilidad de los dispositivos de medición es fundamental tener en cuenta parámetros como la estabilidad mecánica de la máquina o elementos de máquina donde se realizara la medición, el aislamiento y la protección son fundamentales no solo para los dispositivos de medición, sino que también para el encargado de realizar la medición, de similar manera en nuestra investigación

hacemos mención de cuán importante es garantizar la confiabilidad, seguridad tanto para los equipos como para el operario, teniendo en cuenta lo empleado para el sistema de protección vibracional automatizado del molino de caña.

Tomando en cuenta la investigación realizada por (John, 2019) donde nos hace mención sobre la aplicación de un monitoreo de vibraciones de máquinas rotativas en diferentes industrias, la cual está enfocada en monitorear los equipos debido a las importantes pérdidas que ocasionan producto de las paradas no programadas, de similar manera en el desarrollo de la investigación presentada se empleó un sistema de protección vibracional con la finalidad de alargar la vida útil de los equipos y evitar las paradas no programadas debido a rotura o desgaste de los diferentes elementos que conforman el molino de caña.

Contrastando con la investigación realizada por (Toapanta, y otros, 2019) donde nos hace mención de las principales causas que dan origen a las vibraciones, de similar manera con el análisis de vibración aplicada al molino de caña podemos encontrar que las partes que no están sujetas correctamente ya sea por sujeción por tornillo o unión por soldadura están expuestas a tener mayores vibraciones lo cual nos conlleva a daños mayores con el pasar del tiempo y la no importancia a ello.

(Alfonso, 2019) menciona en su trabajo de investigación que las estructuras de las máquinas o los elementos sujetos a vibraciones pueden fallar debido a la tensión del material causado por cambios periódicos en la tensión esto ocasionando un desgaste más rápido, de igual manera en nuestro trabajo realizado al momento de realizar la simulación del molino de caña empleando SolidWorks se tuvo que realizar un estudio detallado de los elementos que conforman el molino tomando en cuenta el tipo de material a emplear, las dimensiones y las cargas a resistir esto se ha visto reflejado en nuestro análisis vibracional el cual nos ha arrojado vibraciones con un nivel mínimo dentro del molino de caña también esto nos ayudó a analizar que las partes que no están bien ancladas están expuestas a sufrir mayor vibración.

Revisando la investigación realizada por (Buendia, 2018) de un sistema de protección automatizado, tiene como principales indicadores la ingeniería encargada de la selección del esquema de control del sistema, de igual manera en nuestra investigación para poder realizar la simulación de nuestro sistema de protección

vibracional se tuvo que elegir el software adecuado para poder realizar dicha simulación, reconocer los tipos de sensores a emplear parámetros de funcionamiento y esquema para el control de mando.

Tomando lo manifestado por (Gaspara, y otros, 2018) donde menciona el gran aporte que nos brinda el programa SolidWorks para el diseño mecánico por su productividad y facilidad de uso, de igual forma en nuestro proyecto se usó como programa de diseño SolidWorks el cual nos permite realizar varias funciones de fácil uso para poder desarrollar nuestros diseños del molino de caña sumado a todo eso está el aporte que nos brinda para poder realizar análisis de diferentes tipos en nuestro caso también se empleó SolidWorks para realizar un análisis vibracional siendo de gran ayuda para poder poner en marcha grandes proyectos y evitar el margen de error.

Asimismo, respecto a la investigación realizada por (Alfaro, 2019) quien establece que el software RS Logix 5000 herramienta muy utilizada para la configuración y programación de los controladores, además de eso es un software bastante intuitivo, que permite el trabajo en equipo para desarrollo de aplicaciones, en nuestro estudio pudimos concretar ello llegando a colaborar la gran utilidad y virtudes que este presenta al momento de realizar trabajos de automatización industrial de cualquier índole.

Para discutir nuestros resultados, enfatizamos referirnos a lo que nuestra historia determina para la comparación pertinente:

Los paquetes de software para programar máquinas expendedoras utilizan potentes recursos de interfaz con otros sistemas para transformar su computadora personal en un dispositivo de programación específico. Esta opción (software, computadora personal), junto con la consola, configura prácticamente todos los equipos de programación utilizados en las máquinas programadoras (Ngombe, 2021).

VI. CONCLUSIONES

Sin duda alguna, una de las ventajas de la simulación es realizar ensayos, acciones sin tener las consecuencias de un posible fracaso que se daría si se experimentara en la implementación de un sistema real. Obviamente, dependiendo del enfoque y la finalidad a la que se requiere llegar con una simulación es cuando se llega a una conclusión convincente y en este caso los datos presentados tienen que ser valorados y comparados con el estado actual del molino. De esta manera, al presentar los resultados, se tiene la certeza de saber cuándo llevar a la realidad esta simulación.

De acuerdo a nuestro análisis de vibraciones realizadas en el presente trabajo de investigación se estableció que de todos los elementos que conforman el molino de caña los principales que están expuestos a mayor vibración son los cojinetes, pero en valores mínimos esto debido al dimensionamiento adecuado de los elementos al momento de realizar el diseño de las piezas, otro punto a tomar en cuenta para evitar las vibraciones es la selección de un correcto material, y sobre todo realizar un buen montaje y hacer una buena unión ya sea por tornillo, remache o soldadura de esta manera no solo podemos disminuir las vibraciones, sino que también podemos garantizar un correcto funcionamiento del molino de caña.

La aplicación correcta de un sistema de protección vibracional automático implica tomar en cuenta no solo los elementos a emplear para la automatización sino también el software adecuado para realizar dicha automatización, el software RS Logix 5000 nos permite realizar múltiples trabajos de una manera muy óptima y segura asegurando no solo un correcto funcionamiento de los equipos, sino también de cumple con todos los estándares de seguridad establecidos, para no tener margen de error, la aplicación de este software en nuestro proyecto nos ayudó a simular el sistema de una manera muy óptima.

De acuerdo a los resultados obtenidos de nuestra viabilidad económica, se puede concluir que la recuperación de la inversión en la aplicación del sistema de protección vibracional automatizado del molino de caña, se recuperaría en 6.13 meses, teniendo en cuenta una jornada laboral de 8 horas al día durante 3 días a la semana con un costo de S/. 40.00/hora, el cual nos garantiza un resultado factible de realizar el sistema de protección automatizada del molino.

VII. RECOMENDACIONES

Usar el sistema implementado de una protección vibracional en una máquina como alternativa a los procesos de diagnóstico y análisis de máquinas, para proteger los elementos

- No coloque el medidor cerca de una fuente de energía. Se puede agregar ruido a la señal de vibración, lo que resulta en lecturas erróneas. Se recomienda hacer funcionar un banco de pruebas que debe montarse sobre una superficie rígida para evitar introducir vibraciones en el sistema.
- Se puede incluir análisis envolvente para colocar más puntos en diferentes direcciones de medición para obtener un diagnóstico más amplio de la falla presente en la máquina. Con el fin de reducir los errores durante el proceso de integración al adquirir velocidad y desplazamiento, se debe considerar el proceso de filtrado de paso alto para eliminar los componentes de la señal asociados con el desplazamiento de la constante de integración inicial.
- Se recomienda a los futuros investigadores, que para realizar un análisis vibracional mediante software SolidWorks es necesario contar con una laptop con procesador mayor o igual de una Core I7, para de esta manera facilitar el proceso y obtener mejores resultados en menor tiempo.
- Organice toda la información de una forma correcta y convenientemente de todos los dispositivos en una base de datos, por ejemplo, registro de fallas del equipo, hojas de datos del dispositivo, reparaciones realizadas y planos de instalación.

REFERENCIAS

- Alfaro, Andrés. 2019.** *Software Software Studio 5000*. Costa Rica : s.n., 2019.
- Alfonso, Vijande F. 2019.** *DISEÑO DE UN SENSOR AUTOALIMENTADO POR LA ENERGÍA DE LAS VIBRACIONES*. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI). Madrid - España : s.n., 2019.
- Alvarez, Aldo. 2020.** *Clasificación de las Investigaciones*. Universidad de Lima. Lima : s.n., 2020.
- Arispe, Claudia, y otros. 2020.** *LA INVESTIGACION CIENTIFICA*. Universidad internacional del Ecuador . Ecuador : s.n., 2020.
- Buendia, Fredy. 2018.** *Diseño De Un Sistema Automatizado Mediante Controlador Lógico Programable Siemens Logo 230RCE, Para El Ahorro De Energía Eléctrica, En El Instituto Privado Toulouse Lautrec S.A.C, . Santiago De Surco – Lima : s.n., 2018.*
- Calle, Ana Karla. 2020.** *Propuesta de integracion del analisis de vibraciones, al plan de mantenimiento, predictivo de los rodillos de la fresas 1 y 2 en el molino de cartopel S.A.I*. Cuenca - Ecuador : s.n., 2020.
- Cardona, Mariana. 2021.** *A Case Study on Remote Instrumentation of Vibration and Temperature in Bearing Housings*. Colombia : Andrea Acquaviva, 2021.
- Castro, Rafael. 2018.** *Diseño de un sistema automático de protección para mejorar la performance del suministro eléctrico del alimentador A1048 en Enosa Tumbes - 2018*. Tumbes - Peru : s.n., 2018.
- Cisneros, Alicia, y otros. 2022.** *Techniques and Instruments for Data Collection that Support Scientific Research in Pandemic Times*. 2022.
- Cornelius. 2018.** *Effective Maintenance Strategy of Cane Crushing Mills for Improvement of Sugar Production in Kenya*. Kenya : s.n., 2018.
- Diaz, Juan. 2021.** *La automatizacion de procesos industriales* . Alicante : s.n., 2021.
- Enriquez, Cristian Andres y Romero, Heter Andres. 2018.** *Propuesta de un modelo de automatizacin del sistema de distribucion a 22 KV para la optima colocacion de protecciones inteligentes en el alimentador principal*. Cuenca - Ecuador : s.n., 2018.
- Escudero, Carlos. 2018.** *Tecnicas y metodos cualitativos para la investigacion*

- científica*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA. Machala - Ecuador : UTMACH, 2018.
- Espinoza, Eudaldo. 2018.** *Las variables y su operacionalización en la investigación educativa*. Universidad Técnica de Machala. Machala - Ecuador : s.n., 2018.
- Garsia , Ana , Avila , Eduardo y Morales , Edgar . 2018.** *Diseño de un sistema de monitoreo de vibraciones en maquinas rotativas criticas en a linea de produccion de lija* . Ciudad de Mexico : s.n., 2018.
- Gaspara, Rodriguez y Alonzo, Francisco. 2018.** *Solidworks* . 2018.
- Gómez, Nicolás. 2016.** *La construcción colectiva de conocimientos en las comunidades interpretativas*. Universidad Central de Chile. Santiago - Chile : s.n., 2016.
- Goralczyk, Meteusz. 2020.** *Increasing Energy Efficiency and Productivity of the Comminution Process in Tumbling Mills by Indirect Measurements of Internal*. Univercidad de ciencia y tecnologia de Wroclaw. Polonia : s.n., 2020. págs. 7-19, Revista Científica .
- Gordillo C. Joan Fred, Chavez Cuellar, Anibal Americo y Bejarano Meza, Maria Elizabeth. 2019.** *Prototipo de manillar a base de polisopreno para mitigar riesgo físico de las vibraciones en operadores que desarrollan actividades de compactación con apisonador vertica*. Universidad Tecnológica del Perú. Arequipa - Peru : s.n., 2019.
- Gualotuña Quishpe, Elvis Patricio, Orbea Hinojosa, Luis Xavier y Rodríguez Rodríguez, José Adrián . 2019.** *ANALYSIS OF THE EFFECTS OF EXPOSURE OF MECHANICAL VIBRATIONS IN THE NERVOUS SYSTEM AND HEALTH OF A PASSENGER TRANSPORTATION BUS DRIVER IN ECUADOR: EVALUATION OF A CASE*. Quito : s.n., 2019.
- Hernández, Sampieri y R., Mendoza. 2018.** *Metodología de la investigación*. Ciudad de Mexico : s.n., 2018.
- ISO, DIN10816. 2018.** *Vibrations, shock and vibration measurements*. Estados Unidos : s.n., 2018.
- Israel, Gómez R. Víctor. 2020.** *Monitoreo estructural de las vibraciones mecánicas mediante PLC S7-1200 y Arduino*. Benemérita Universidad Autónoma de

- Puebla. Puebla - Mexico : s.n., 2020.
- John, Villaverde Huamán. 2019.** *Diseño de sistema de monitoreo de vibración y caudal con sistema SCADA para bombas estacionarias en socavón.* Lima : s.n., 2019.
- Jonathan, Trout. 2021.** *Análisis de vibraciones explicado.* 2021.
- Narve, Shirish N., Ghagare, Vishnu B. y A.Pathan, Khizar. 2021.** *International Journal of Research in Engineering and Science .* Mechanical Engineering Department, Trinity college of Engineering and Research. Pune - India : s.n., 2021.
- Ngombe, Canjimbi. 2021.** *Proposal to modernize the temperature control system of the Strapping Machine of the Empresa Mixta Compacto caribe S.A in Santiago de Cuba.* Santiago de cuba : s.n., 2021.
- NSAhirraoun. 2018.** *Dynamics and Vibration Measurements in Engines.* India : s.n., 2018.
- Oluwafemi, Moses. 2022.** *A multipart distributed modelling approach for an automated protection system in open-air cloth drying.* International Journal of Electrical and Computer Engineering. 2022.
- Peralta, Jesus y Tarazona , Bernabe. 2019.** *Evaluación del sistema automatizado de protección y control de acuerdo con la norma IEC 61850 para optimizar la operación de la nueva subestación digital de transmisión Medio Mundo.* Universidad Nacional de Ingeniería. Lima - Peru : s.n., 2019.
- Rokicki, Edward. 2021.** *High Temperature Magnetic Sensors for the Hot Section of Aeroengines.* Instituto Techniczny Wojsk Lotniczych. Polonia : s.n., 2021. págs. 2-15.
- Romero, Carlos Rafael y Artica, Kevin Missael. 2018.** *Diseño Eléctrico del Sistema Automatizado de Protección de un Triturador Secundario utilizado en la Industria Minera.* Managua : s.n., 2018.
- Sierre, JONNATAN VALDEZ. 2019.** *caracterizacion dinamica de un soporte con multi-recesos. analisis de estabilidad.* INSTITUTO TECNOLOGICO DE PACHUCA, PACHUCA DE SOTO : 2019.
- Steven, Garcia P. Raymond. 2019.** *TECNICAS DE APLICACION PARA EL ANALISIS*

DE VIBRACIONES COMO AGENTE INTEGRANTE DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO. UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA . Guatemala : s.n., 2019.

Swe, Hsu Myat Tin. 2021. *Software Development of Distributed Control System-Based Sugar Mill Using Visual Studio.* Yangon Technological University . Yangon : s.n., 2021. págs. 13-27.

Toapanta, Jefferson Patricio y Fernandez, Luis Eduardo. 2019. *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE ANÁLISIS VIBRACIONAL PARA EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN MOTORES ELÉCTRICOS.* Riobamba - Ecuador : s.n., 2019.

Torres, Carlos. 2018. *Manual de análisis de vibraciones.* Estados Unidos : s.n., 2018.

Toscano, Piero. 2019. *PROPUESTA DE UN SISTEMA INMÓTICO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL MONITOREO DE ENERGÍA RENOVABLE EN UN RESORT.* Pakistan : s.n., 2019.

Vásquez, John A. Vilcatoma. 2019. *Diseño de un sistema de control basado en Labview para el diagnóstico en los motores eléctricos en el proceso de producción de cemento.* Lima : s.n., 2019.

Viorato, Nancy Stephany. 2019. *La etica en la investigacion cualitativa.* Universidad Nacional Autónoma de México. Mexico : s.n., 2019.

Xu, Yingfang Zhang Ben. 2021. *Vibration Sensor Based on Hollow Biconical Fiber .* Univercidad de Ciencia y Tecnologia de Macau. China : s.n., 2021. págs. 1-9.

ANEXOS

Anexo 1: Operacionalización de variables

Tabla 4 Operacionalización de la variable Sistema de protección automatizado

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<p>Variable independiente:</p> <p>Sistema de protección Automatizado</p>	<p>Procedimiento que integra sistemas electromecánicos mediante un software, con el objetivo de ejecutar tareas de la cadena de producción o encargarse del control de otras máquinas (Díaz, 2021).</p>	<p>Un sistema de protección automatizado tiene como objetivo cumplir con el incremento de la confiabilidad de un sistema (Castro, 2018)</p>	<p>Tecnología</p> <p>Procedimientos</p> <p>Implementación</p>	<p>Software, Técnica y Ciencia</p> <p>Calidad productividad</p> <p>Mecanismos, Elemento de seguridad y protección</p>	<p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Razón</p>

Fuente: Elaboración propia

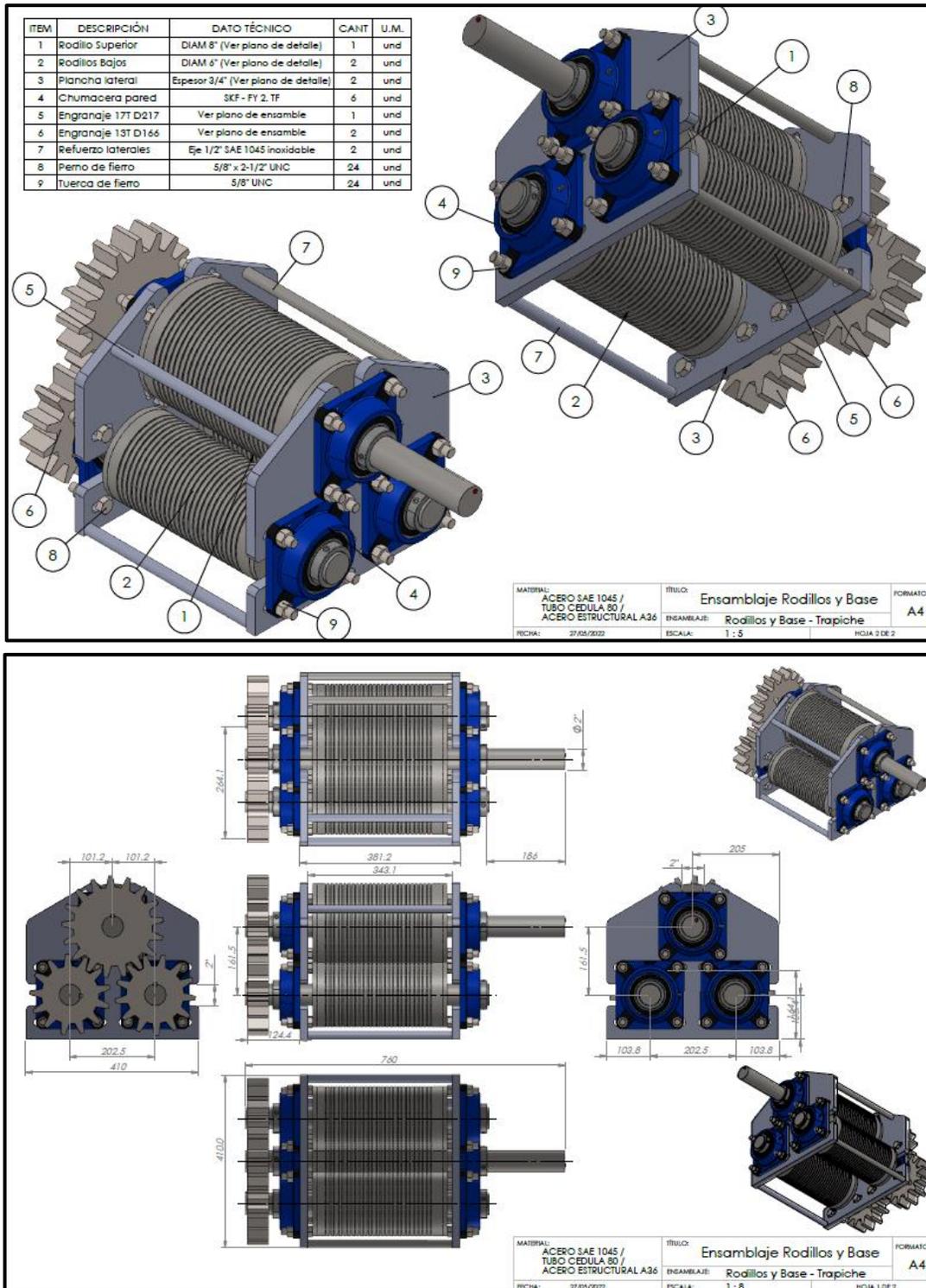
Tabla 5 Operacionalización de la variable *Análisis vibracional*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<p>Variable dependiente:</p> <p>Análisis vibracional</p>	<p>Técnica que se emplea para corregir problemas que las vibraciones mecánicas originan, mediante el estudio de su comportamiento, usando por lo general la transformada de Fourier que logra pasar del dominio del tiempo a la frecuencia (Calle, 2020)</p>	<p>la vibración hace que las piezas de la máquina, como los cojinetes y los engranajes, se desgasten más rápido y generando un ruido excesivo (Alfonso, 2019).</p>	<p>Desplazamiento</p> <p>Frecuencia</p> <p>Aceleración</p>	<p>Movimiento, Oscilaciones y equilibrio</p> <p>Número de veces que repite un fenómeno</p> <p>Metros por segundo</p>	<p>Razón</p> <p>Razón</p> <p>Razón</p>

Fuente: Elaboración propia

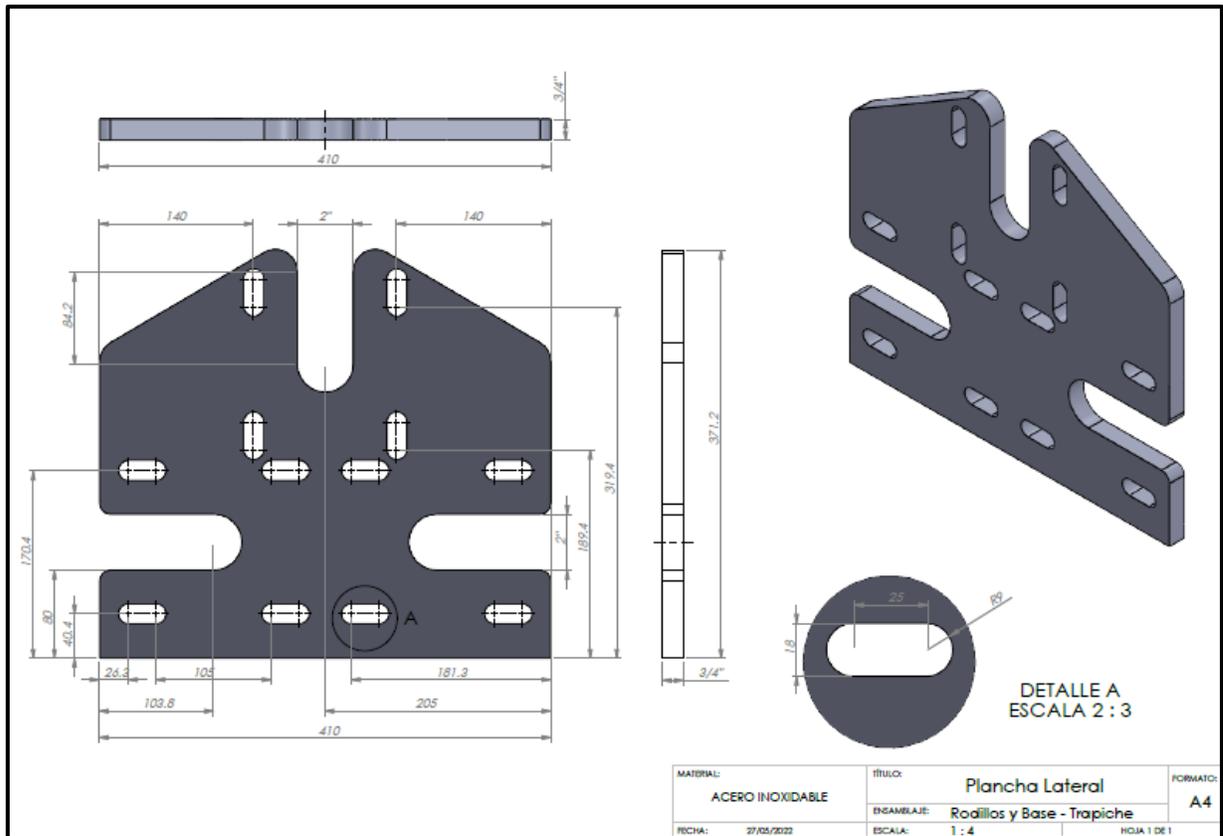
Anexo 2: Planos de elementos de molino de caña

Figura 7 Planos obtenidos del molino de caña



Fuente: Elaboración propia (SolidWorks)

Figura 8 Plano de estructura lateral de molino de ca

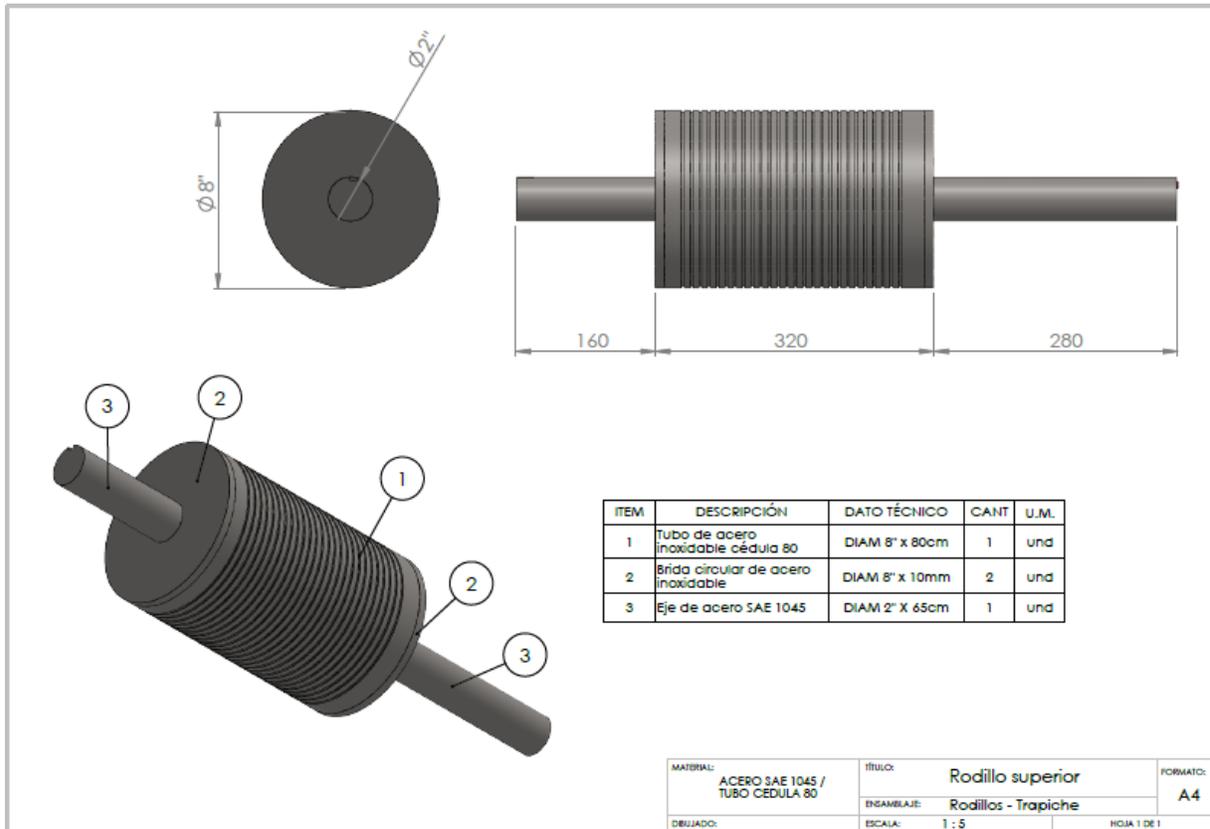


Fuente: *Elaboración propia*

Interpretación

En la figura 6, se observa el plano de la estructura de soporte lateral del molino de caña, medidas y especificaciones del material utilizado y considerado para realizar el análisis vibracional de la máquina.

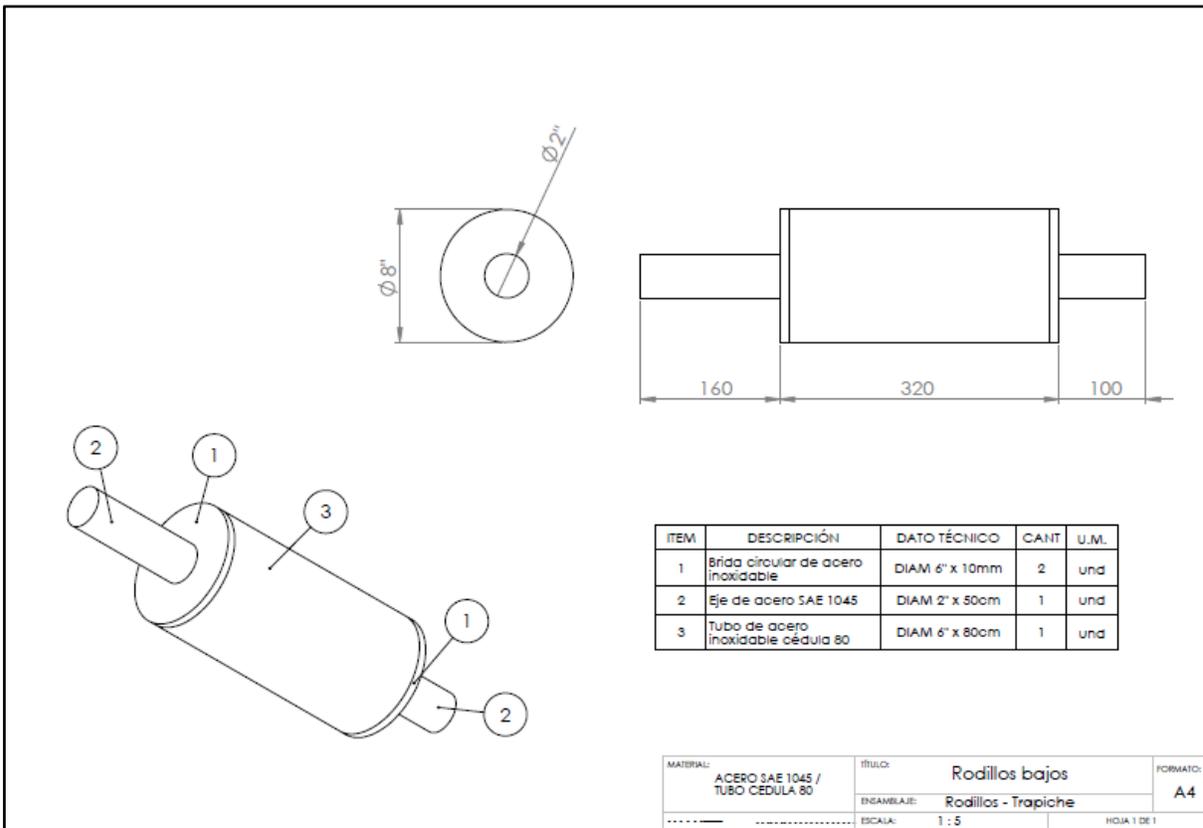
Figura 9 Plano del rodillo superior del molino



Fuente: *Elaboración propia*

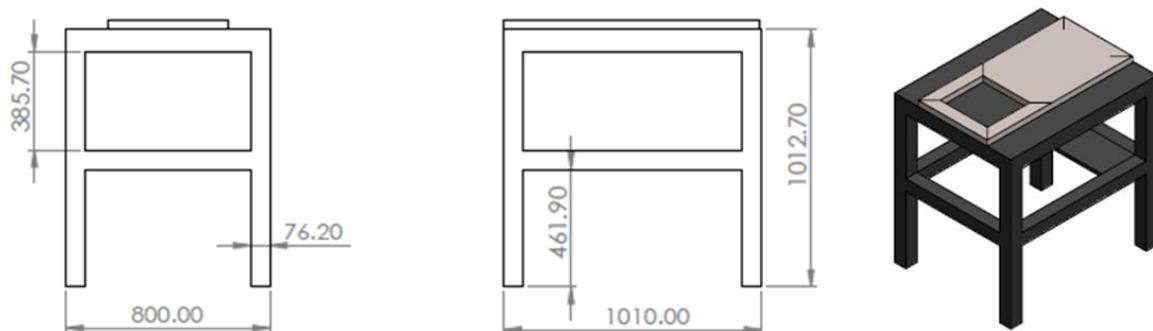
Se observa el plano del molino superior, simulado en material de acero inoxidable 304, de tipo redondo, cédula SCH 80, sin costura, de la norma ASTM A312 soldable y para procesos alimenticios.

Figura 10 Plano de rodillo inferior del molino de caña



Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Estructura de para el soporte del molino de caña



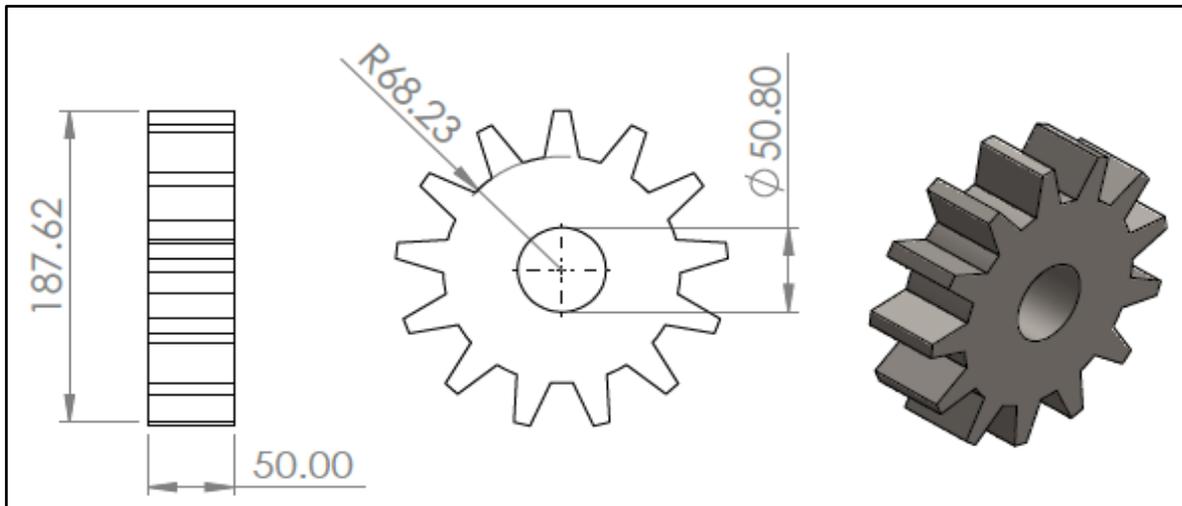
En la figura 10, se muestra los resultados obtenidos en la simulación del molino en SolidWorks.

Tabla 6 Datos de simulación de engranajes de dientes rectos del molino

CÁLCULO DE DIÁMETROS Y DIENTES DE ENGRANAJES						
RUEDA	DATOS		Modulo (PD)	1.989		
			Z (N° dientes)	17		
	CÁLCULOS					
	Diámetro Primitivo		8.546	pulg	217.08	mm
	Altura de cabeza diente		0.503	pulg	12.77	mm
	Altura base diente		0.582	pulg	14.77	mm
	Diámetro cabeza diente		9.552	pulg	242.62	mm
	Diámetro base diente		7.383	pulg	187.53	mm
	Paso diente		1.579	pulg	40.12	mm
Espesor diente		0.790	pulg	20.06	mm	
PIÑÓN	DATOS		Modulo (PD)	1.989		
			Z (N° dientes)	13		
	CÁLCULOS					
	Diámetro Primitivo		6.535	pulg	166.00	mm
	Altura de cabeza diente		0.503	pulg	12.77	mm
	Altura base diente		0.582	pulg	14.77	mm
	Diámetro cabeza diente		7.541	pulg	191.54	mm
Diámetro base diente		5.372	pulg	136.45	mm	

Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Datos técnicos de engranajes

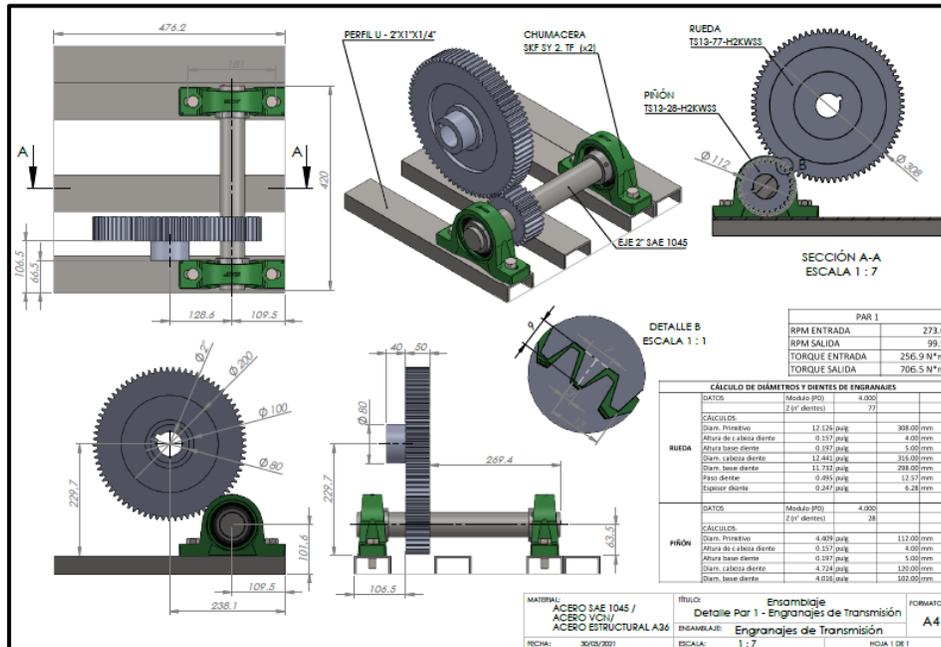


En la tabla 4, se describen los datos utilizados en la simulación de la rueda dentada de 13 dientes, dimensiones y especificaciones.

Tabla 7 Datos técnicos utilizados para la simulación del PAR 1 de engranajes

CÁLCULO DE DIÁMETROS Y DIENTES DE ENGRANAJES - PAR 1					
RUEDA	DATOS	Modulo (PD)	4.000	Relación de transmisión	
		Z (N° dientes)	77	28: 77	
	CÁLCULOS				
	Diametro Primitivo	12.126	pulg	308.00	mm
	Altura de cabeza diente	0.157	pulg	4.00	mm
	Altura base diente	0.197	pulg	5.00	mm
	Diámetro. cabeza diente	12.441	pulg	316.00	mm
	Diámetro base diente	11.732	pulg	298.00	mm
	Paso diente	0.495	pulg	12.57	mm
Espesor diente	0.247	pulg	6.28	mm	
PIÑÓN	DATOS	Modulo (PD)	4.000		
		Z (N° dientes)	28		
	CÁLCULOS				
	Diámetro Primitivo	4.409	pulg	112.00	mm
	Altura de cabeza diente	0.157	pulg	4.00	mm
	Altura base diente	0.197	pulg	5.00	mm
	Diámetro cabeza diente	4.724	pulg	120.00	mm
Diámetro base diente	4.016	pulg	102.00	mm	

Figura 13 Par 1 de engranajes del molino



En la tabla 6, se observa los datos aplicados para la simulación del par 1 de engranajes, mostrado en la figura 11.

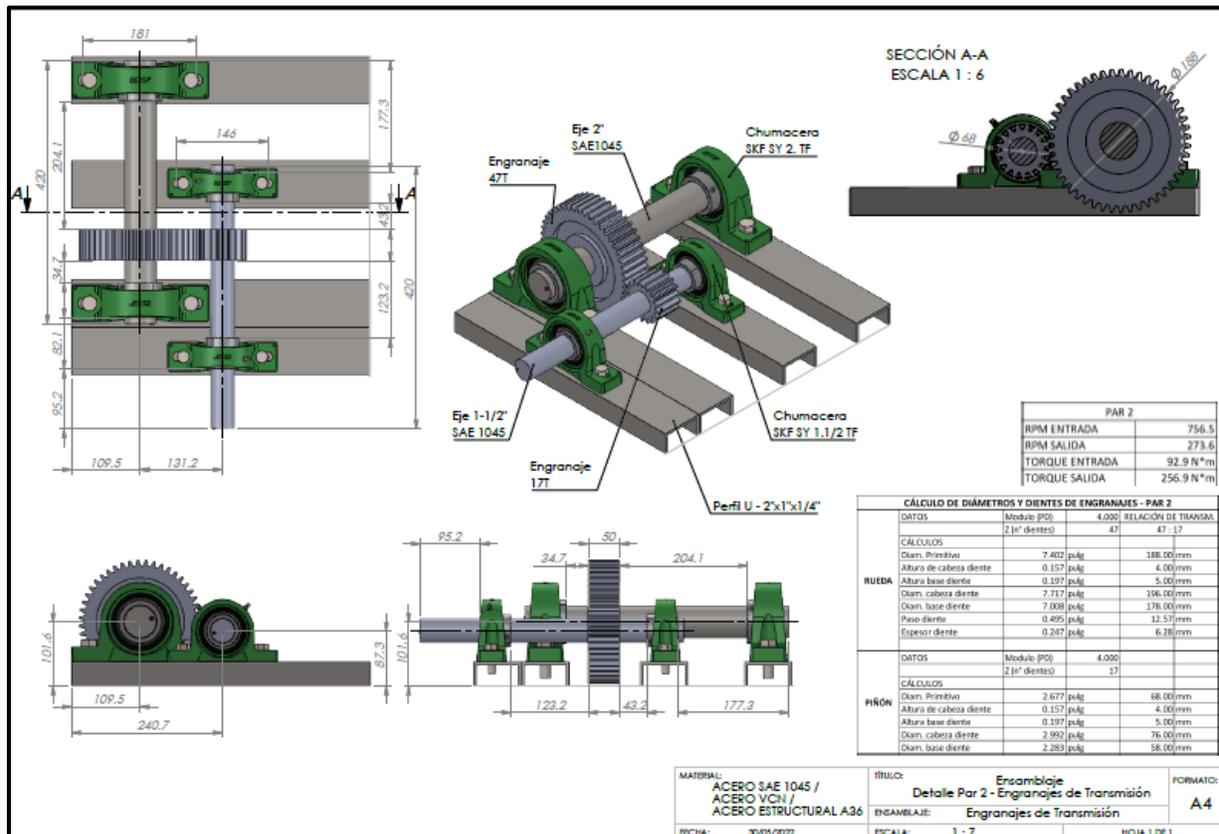
Tabla 8 Datos de relación de transmisión PAR 1

PAR 1	
RPM entrada	273.6
RPM salida	99.5
Torque entrada	256.9 N*m
Torque salida	706.5 N*m

Tabla 9 Relación de transmisión de rodillos paralelos

RODILLOS	
RPM entrada	99.5
RPM salida	76.1
Torque entrada	706.5 N*m
Torque salida	923.9 N*m

Figura 14 Relación de transmisión de PAR 2 de engranajes



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8, se muestra los datos que fueron utilizados para la simulación del PAR 2 de engranajes

Tabla 10 Cálculos de diámetros y dientes de PAR 2

CÁLCULO DE DIÁMETROS Y DIENTES DE ENGRANAJES - PAR 2					
RUEDA	DATOS	Modulo (PD)	4.000	Relación de transmisión	
		Z (N° dientes)	47	47: 17	
	CÁLCULOS				
	Diam. Primitivo	7.402	pulg	188.00	mm
	Altura de cabeza diente	0.157	pulg	4.00	mm
	Altura base diente	0.197	pulg	5.00	mm
	Diámetro cabeza del diente	7.717	pulg	196.00	mm
	Diámetro base del diente	7.008	pulg	178.00	mm
	Paso diente	0.495	pulg	12.57	mm
	Espesor diente	0.247	pulg	6.28	mm
PIÑÓN	DATOS	Modulo (PD)	4.000		
		Z (N° dientes)	17		
	CÁLCULOS				
	Diámetro Primitivo	2.677	pulg	68.00	mm
	Altura de cabeza diente	0.157	pulg	4.00	mm
	Altura base diente	0.197	pulg	5.00	mm
	Diam. cabeza diente	2.992	pulg	76.00	mm
	Diam. base diente	2.283	pulg	58.00	mm

Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Datos técnicos de la faja de transmisión

FAJA DE TRANSMISIÓN EN V		
SKF - PHG 5VX1400	Cogged Raw Edge Narrow Wedge Belts	
Longitud exterior	3 556	mm
	140.0	pulg
Ancho banda	15	mm
Altura banda	13	mm

Fuente: Catalogo SKF, Pág. 94

Tabla 11 Sistema de transmisión de motor

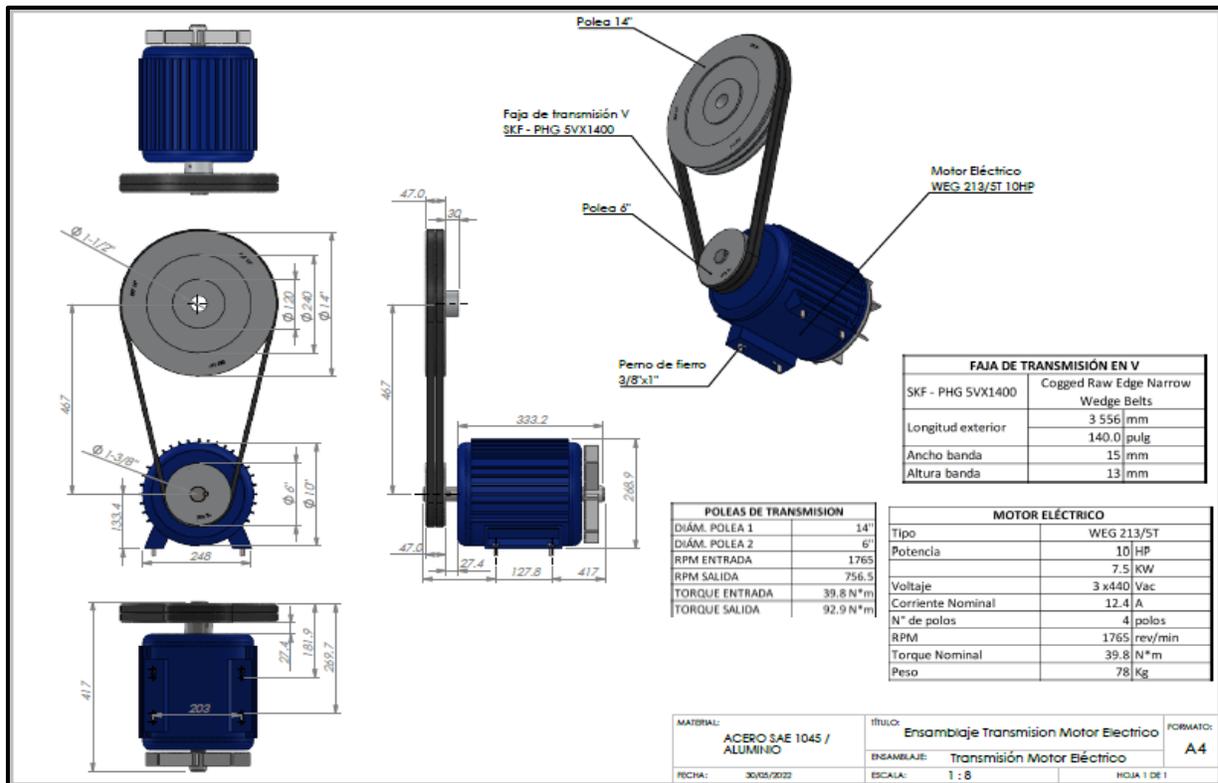


Tabla 12 Datos técnicos del motor eléctrico seleccionado

MOTOR ELÉCTRICO		
Tipo	WEG 213/5T	
Potencia	10	HP
	7.5	KW
Voltaje	3 x440 Vac	
Corriente Nominal	12.4	A
N° de polos	4	polos
RPM	1765	rev/min
Torque Nominal	39.8	N*m
Peso	78	Kg

Se muestra los datos técnicos del motor eléctrico seleccionado de acuerdo a los criterios calculados en la simulación, con las siguientes características, 10 HP, 7.5 kW a 1765 RPM y corriente nominal 12.4 Amperes. Con los datos se calcula la relación de transmisión de las poleas.

Datos:

$$d_1 = 152.4 \text{ mm}$$

$$D_2 = 355.6 \text{ mm}$$

$$N_1 = 1765 \text{ rpm}$$

$$N_2 = ?$$

Donde:

N = número de revoluciones

D = Diámetro de poleas

$$d_1 \cdot N_1 = D_2 \cdot N_2$$

$$N_2 = \frac{d_1 \cdot N_1}{d_2}$$

$$N_2 = \frac{152.4 \text{ mm} \times 1765 \text{ rpm}}{355.6 \text{ mm}}$$

$$N_2 = 756.4 \text{ rpm}$$

Se observa el resultado de la relación de transmisión del número de revoluciones de la polea conducida, dando como resultado 756.42 revoluciones por minuto.

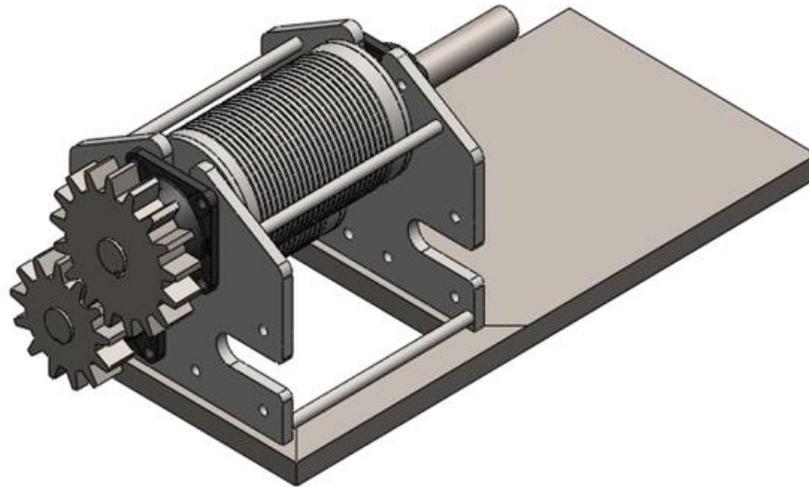
Tabla 13 Datos obtenidos de las poleas de transmisión

POLEAS DE TRANSMISION		
Diámetro polea 1	152.4	Mm
Diámetro polea 2	355.6	Mm
RPM entrada	1765	Rpm
RPM salida	756.4	Rpm
Torque entrada	39.8	N*m
Torque salida	92.9	N*m

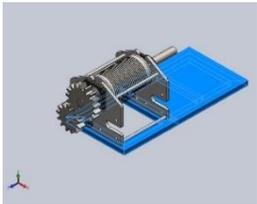
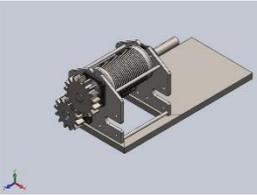
Tabla 14 Análisis de frecuencia

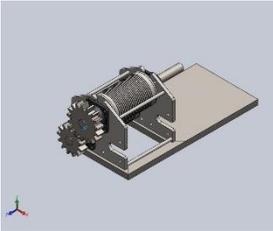
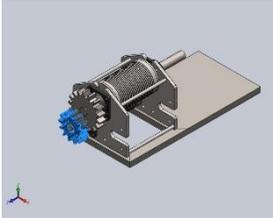
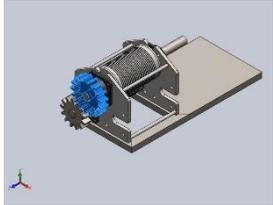
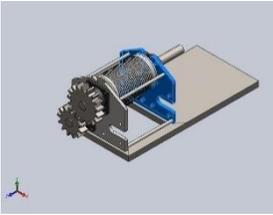
Nombre del modelo: Rodillos y Base - Analisis Frecuencia

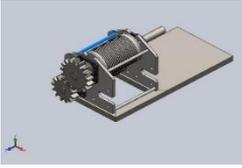
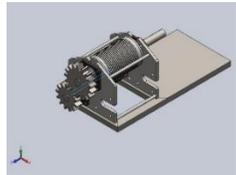
Configuración actual: Predeterminado



Sólidos

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Saliente-Extruir2 	Sólido	Masa: 31.2985 kg Volumen: 0.003987 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso: 306.725 N	Diseño 3D Base Molino SLDPRT
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.010048 kg Volumen:1.28e-06 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso: 0.0984704 N	Diseño 3D Chaveta engranaje 13T - 1.SLDPRT

<p>Saliente-Extruir1</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa: 0.010048 kg Volumen:1.28e-06 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso: 0.0984704 N</p>	<p>Diseño 3D Chaveta engranaje 17T - 1.SLDPRT</p>
<p>Saliente-Extruir2</p>	<p>Sólido</p>	<p>Masa: 2.43288 kg Volumen:0.0003379 m³ Densidad:7200 kg/m³ Peso:23.8422 N</p>	<p>Diseño 3D CHUMACERAS SW\FY2. TF\Base\Base.SLDPRT</p>
<p>Saliente-Extruir2</p>	<p>Sólido</p>	<p>Masa:2.43288 kg Volumen:0.0003379 m³ Densidad:7200 kg/m³ Peso:23.8422 N</p>	<p>Diseño 3D CHUMACERAS SW\FY2. TF\Base\Base.SLDPRT</p>
<p>Cortar-Extruir2</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Volumen:0.0008944 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso: 68.8099 N Masa: 7.02142 kg</p>	<p>Diseño 3D Engranaje 13T D166.SLDPRT</p>
<p>Cortar-Extruir2</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa:12.7631 kg Volumen:0.0016258 m³ Densidad:7850 kg/m³ Peso:125.079 N</p>	<p>Diseño 3D Engranaje 17T D217.08.SLDPRT</p>
<p>Cortar-Extruir2</p> 	<p>Sólido</p>	<p>Masa: 17.7807 kg Volumen: 0.0022225 m³ Densidad: 8000 kg/m³ Peso:174.25 N</p>	<p>Diseño 3D Plancha lateral - Con Ojo Chino.SLDPRT</p>

Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.798064 kg Volumen:9.9758e-05 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:7.82103 N	Diseño 3D Refuerzo rodillos.SLDPRT
Saliente-Extruir1 	Sólido	Masa:0.798064 kg Volumen:9.9758e-05 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:7.82103 N	Diseño 3D Refuerzo rodillos.SLDPRT
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:2.4322 kg Volumen:0.0003040 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:23.8355 N	Diseño 3D Brida tapa 8in x10mm acero inox.SLDPRT
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:2.4322 kg Volumen:0.00030402m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:23.8355 N	Diseño 3D Brida tapa 8in x10mm acero inox.SLDPRT
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:12.0879 kg Volumen:0.0015398 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:118.461 N	Diseño 3D Eje 2in x65cm de acero inox.SLDPRT
MatrizL1	Sólido	Masa:17.4526 kg Volumen:0.0021815 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:171.036 N	Diseño 3D Tubo 8" x80cm cedula 80 acero inox.SLDPRT
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:1.2541 kg Volumen:0.0001567 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:12.2902 N	Diseño 3D Brida tapa 6in x10mm acero inox.SLDPRT
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:1.2541 kg Volumen:0.00015676m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:12.2902 N	Diseño 3D Brida tapa 6in x10mm acero inox.SLDPRT

Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:10.7025 kg Volumen:0.0013633m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:104.884 N	Diseño 3D Eje 2in x50cm de acero inox.SLDPRT
MatrizL1	Sólido	Masa:11.111 kg Volumen:0.00138888m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:108.888 N	Diseño 3D Tubo 6in x80cm cedula80 acero inox.SLDPRT
Base-Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:2.43288 kg Volumen:0.0003379 m ³ Densidad:7200 kg/m ³ Peso:23.8422 N	Diseño 3D CHUMACERAS SW\FY2. TF\Base\SimetríaBas e.SLDPRT
Base-Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:2.43288 kg Volumen:0.0003379 m ³ Densidad:7200 kg/m ³ Peso:23.8422 N	Diseño 3D CHUMACERAS SW\FY2. TF\Base\SimetríaBas e.SLDPRT
Plancha lateral - Con Ojo Chino – Cortar - Extruir2	Sólido	Masa:17.7807 kg Volumen:0.0022225 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:174.25 N	Diseño 3D SimetríaPlancha lateral - Con Ojo Chino.SLDPRT
Refuerzo rodillos-Saliente- Extruir1	Sólido	Masa:0.798064 kg Volumen:9.9758e-05 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:7.82103 N	Diseño 3D SimetríaRefuerzo rodillos.SLDPRT
Refuerzo rodillos - Saliente- Extruir1	Sólido	Masa:0.798064 kg Volumen:9.9758e-05 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:7.82103 N	Diseño 3D SimetríaRefuerzo rodillos.SLDPRT

Tabla 15 *Propiedades de estudio del análisis*

Nombre de estudio	Estudio de frecuencia 1
Tipo de análisis	Frecuencia
Tipo de malla	Malla sólida
Número de frecuencias	4
Tipo de solver	Direct sparse solver
Muelle blando:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automático
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SOLIDWORKS Flow Simulation	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SOLIDWORKS Diseño\Análisis de frecuencia (vibracional)

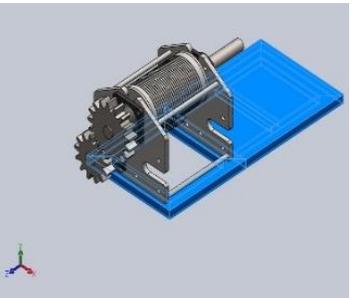
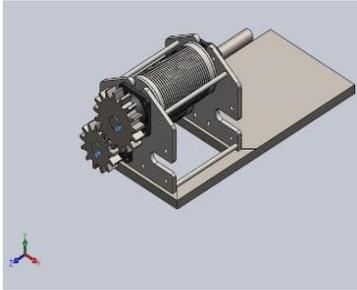
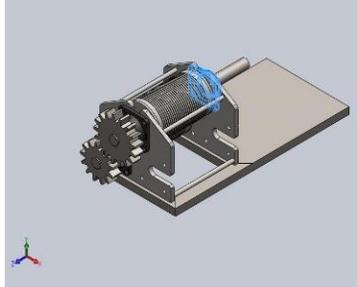
Unidades

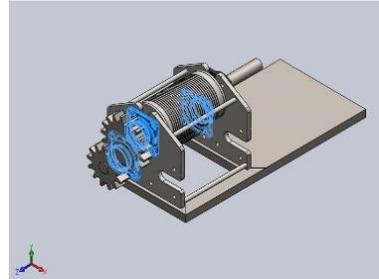
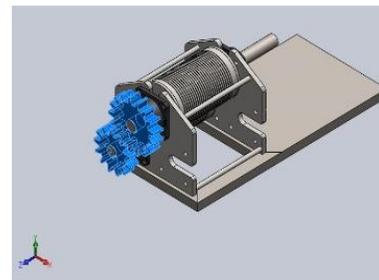
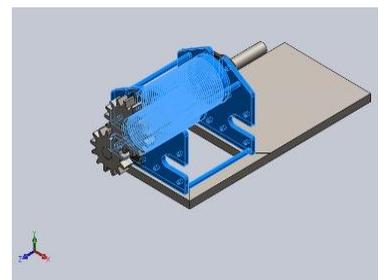
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/segundos
Presión/Tensión	N/m ²

Fuente: Elaboración propia (SolidWorks)

En la tabla 11, se muestran los datos del estudio realizado en la simulación del análisis de vibraciones realizado al molino de caña.

Tabla 16 Propiedades de los materiales

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.5e+08 N/m² Límite de: 4e+08 N/m² Densidad: 7850 kg/m³ Módulo elástico: 2e+11 N/m² Coeficiente de: 0.26</p>	<p>Sólido 1 (Saliente-Extruir2) (Base Trapiche-1)</p>
Datos de curva: N/A		
	<p>Nombre: AISI 4340 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error: Desconocido Límite elástico: 7.1e+08 N/m² Límite de tracción: 1.11e+09 N/m² Densidad: 7850 kg/m³ Módulo elástico: 2.05e+11 N/m² Coeficiente de: 0.32 Coeficiente de: 1.2e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1) (Chaveta engranaje 13T - 1-3), Sólido 1(Saliente-Extruir1) (Chaveta engranaje 17T - 1-1)</p>
Datos de curva: N/A		
	<p>Nombre: Fundición gris (SN) Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de Mohr-Coulomb Límite de tracción: 1.51658e+08 N/m² Densidad: 7200 kg/m³ Módulo elástico: 6.61781e+10 N/m² Coeficiente de: 0.27 Coeficiente de: 1.2e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir2) (Chumacera FY2. TF-1/SKF_FY_511_M-1/Base-1)</p>
Datos de curva: N/A		

	<p>Nombre: Fundición gris Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Tensión de Mohr-Coulomb Límite de tracción: 1.51658e+08 N/m² Densidad: 7200 kg/m³ Módulo elástico: 6.61781e+10 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.27 Coeficiente de dilatación: 1.2e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir2) (Chumacera FY2. TF-3/SKF_FY_511_M-1/Base-1), Sólido 1(Base-Saliente-Extruir2) (Simetría Chumacera FY2.</p>
<p>Datos de curva: N/A</p>		
	<p>Nombre: AISI 4340 Acero normalizado Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 7.1e+08 N/m² Límite de tracción: 1.11e+09 N/m² Densidad: 7850 kg/m³ Módulo elástico: 2.05e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.32 Coeficiente de dilatación: 1.23e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir2) (Engranaje 13T D166-2), Sólido 1(Cortar-Extruir2) (Engranaje 17T D217.08-1)</p>
<p>Datos de curva: N/A</p>		
	<p>Nombre: AISI 304 Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error: Tensión de von Mises máx. Límite elástico: 2.06807e+08 N/m² Límite de tracción: 5.17017e+08 N/m² Densidad: 8000 kg/m³ Módulo elástico: 1.9e+11 N/m² Coeficiente de Poisson: 0.29 Coeficiente de dilatación: 1.8e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir 2) Plancha lateral - Con Ojo Chino, Refuerzo rodillos-1), Refuerzo rodillos-2), Brida tapa 8" x10mm acero inox-2), Rodillo superior-1/Tubo 8" x80cm cedula80 acero inox-1), Brida tapa 6" x10mm acero inox-1), Tubo 6"x80cm cedula80 acero inox-1).</p>
<p>Datos de curva: N/A</p>		

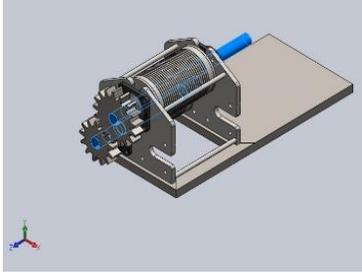
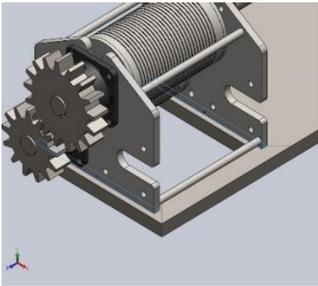
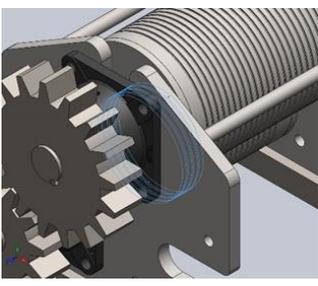
	<p>Nombre: AISI 1045 Acero estirado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 5.3e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 6.25e+08 N/m²</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.15e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir1) (Rodillo superior-1/Eje 2in x65cm de acero inox-1), Sólido 1(Saliente-Extruir2) (Rodillos bajos-1/Eje 2in x50cm de acero inox-1)</p>
<p>Datos de curva: N/A</p>		

Tabla 17 Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 2 caras Tipo: Geometría fija</p>
Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-1		<p>Entidades: 4 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza normal Valor: 2.5 N</p>

Fuente: Elaboración propia (SolidWorks)

Tabla 18 *Definiciones de conectores*

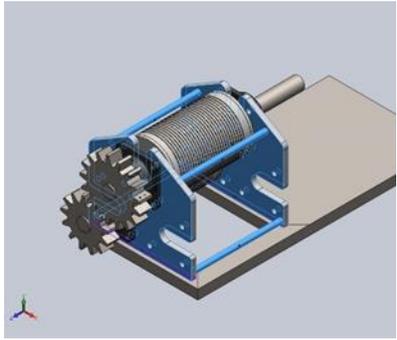
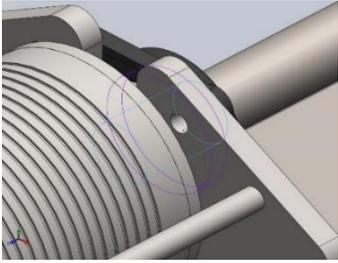
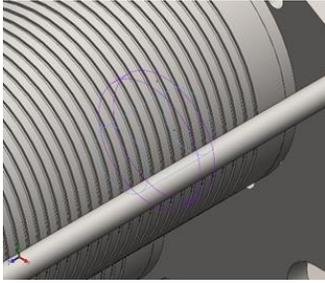
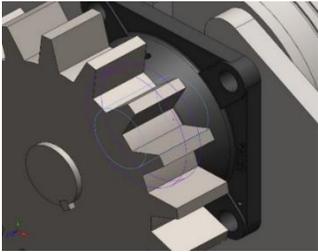
Nombre de conector	Detalles del conector	Imagen del conector
Conector tipo Unión rígida-1	<p>Entidades: 10 cara(s) Tipo: Unión rígida</p>	

Tabla 19 *Conector de pasador perno rodamiento*

Referencia de modelo	Detalles del conector	Detalles de resistencia
Conector de apoyo - 1	<p>Entidades: 2 cara(s) Tipo: Rodamiente</p>	
Fuerzas del conector		
Conector de apoyo - 2	<p>Entidades: 2 caras Tipo: Rodamiente o</p>	
Fuerzas del conector		
Conector de apoyo - 3	<p>Entidades: 2 caras Tipo: Rodamiente</p>	
Fuerzas del conector		

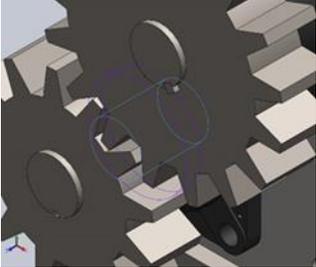
Conector de apoyo - 4	Entidades: 2 caras Tipo: Rodamiente	
Fuerzas del conector		

Tabla 20 Información de contacto

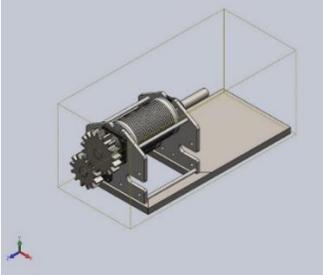
Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		<p>Tipo: Unión rígida Componentes: 1 Opciones: Mallado compatible</p>

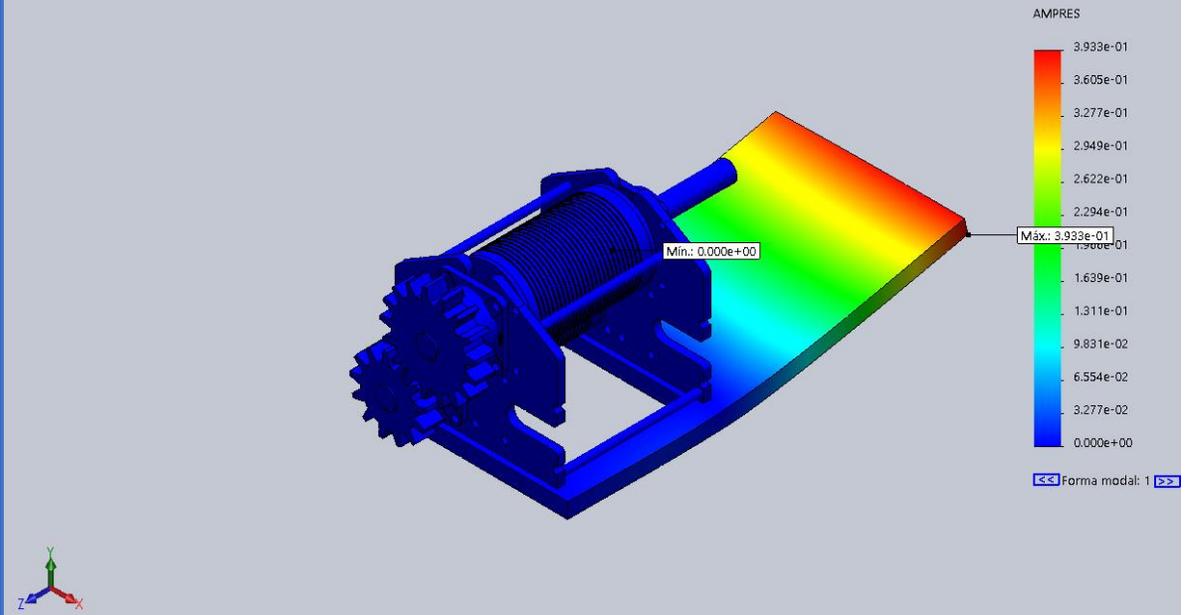
Tabla 21 Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 puntos
Tamaño de elementos	25 mm
Tolerancia	1.25 mm
Trazado de calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Tabla 22 Resultados del estudio análisis y frecuencia

Nombre	Tipo	Mínimo	Máximo
Amplitud 1	AMPRES: Amplitud resultante Plot para forma modal: 1(Valor = 40.7634 Hz)	0.000e+00 Nodo: 1	3.933e-01 Nodo: 73317

Nombre del modelo: Rodillos y Base - Analisis Frecuencia 8
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1(-Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud1
 Forma modal: 1 Valor = 40.763 Hz
 Escala de deformación: 0.283667



Analisis Frecuencia 8-Estudio de frecuencia 1-Amplitud-Amplitud1

Figura 16 Diagrama de interpretación de amplitud y frecuencia

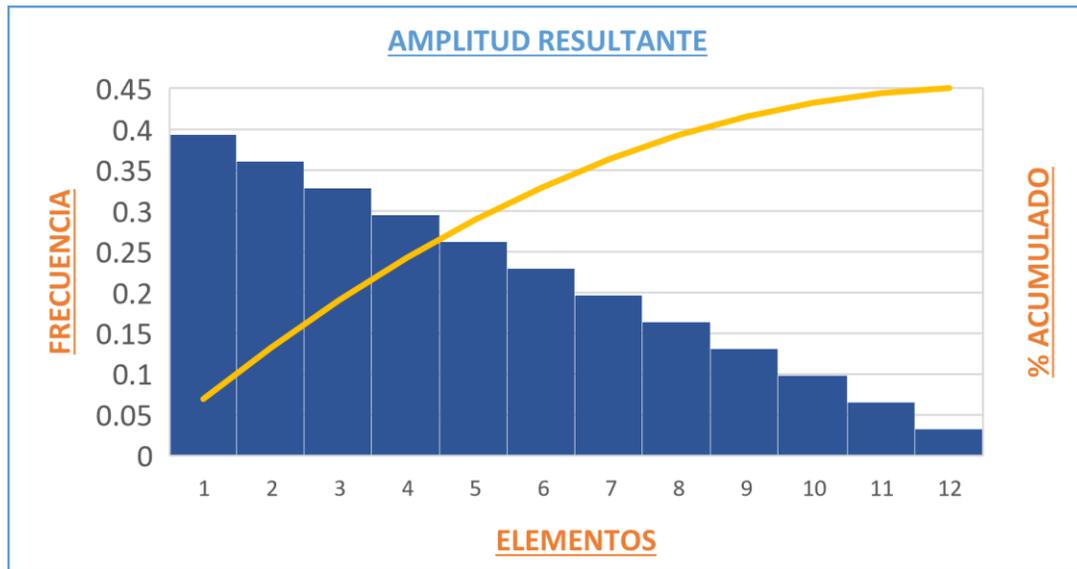


Tabla 23 Elementos considerados en el análisis

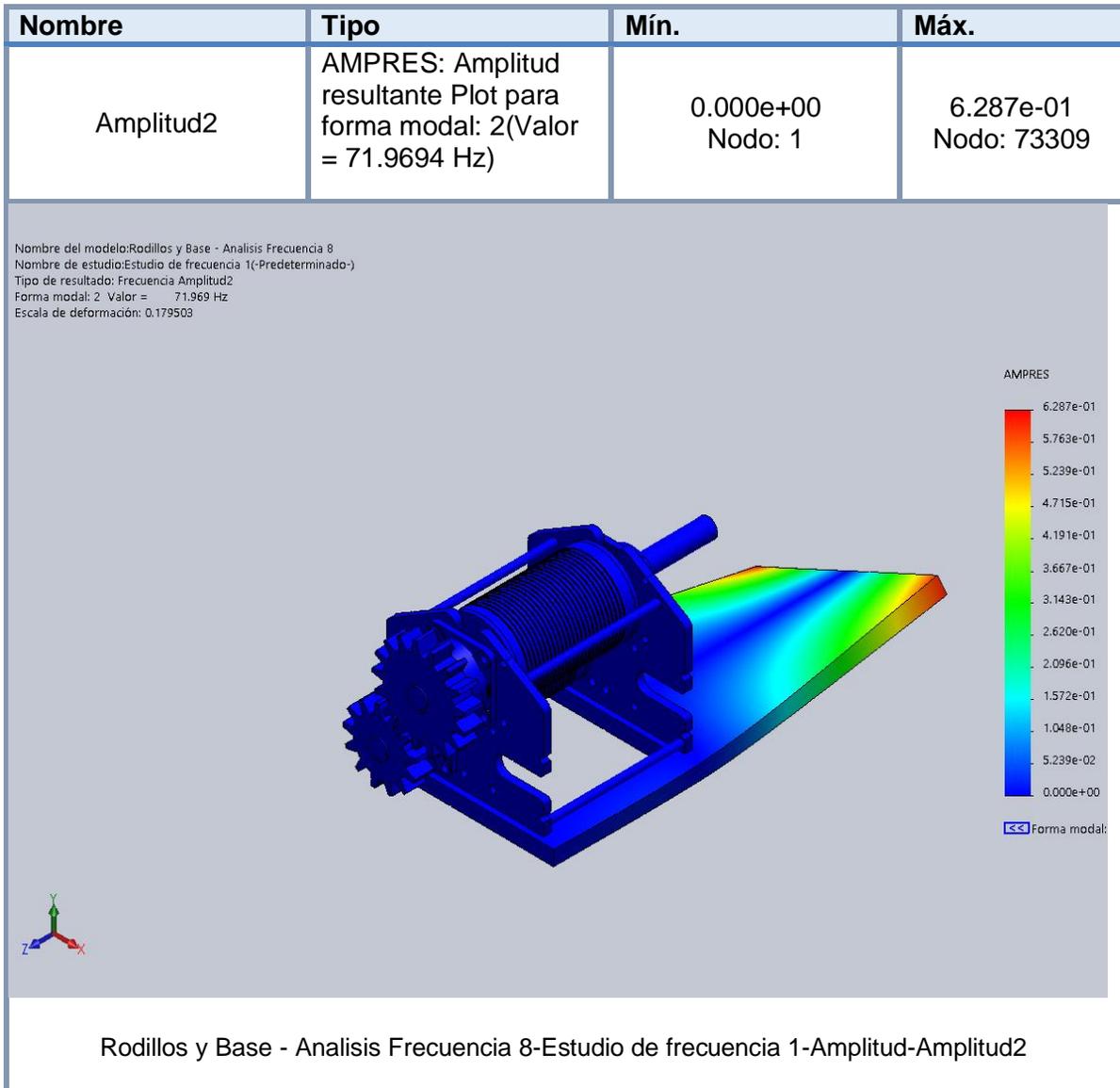
Fuente: *Elaboración propia (Hoja de cálculo)*

N°	ELEMENTOS	AMPRES	% ACUMULADO	
1	Eje Rodillo Superior	0.3933	15%	0.39
2	Asentamiento Rodaje 1	0.3605	14%	0.75
3	Eje rodillo Inferior	0.3277	13%	1.08
4	Diente engranaje 17D	0.2949	12%	1.38
5	Diente engranaje 13D	0.2622	10%	1.64
6	Cara engranaje 17D	0.2294	9%	1.87
7	Eje Rodillo Superior - cerca de rodaje 1	0.1966	8%	2.06
8	Alojamiento rodaje 1 - Rodillo Superior	0.1639	6%	2.23
9	Alojamiento rodaje 1 - Rodillo Inferior	0.1311	5%	2.36
10	Eje rodillo inferior - cerca de rodaje	0.09831	4%	2.46
11	Alojamiento rodaje 2 - Rodillo Superior	0.06554	3%	2.52
12	Eje rodillo superior - cerca de rodaje 2	0.03277	1%	2.56

Interpretación. Obtenido los resultados se puede afirmar que el eje del rodillo superior a la mitad de tramo del molino de caña tiene una mayor afectación vibracional, con un 15% del total de elementos estudiados, así mismo los rodillos inferiores se muestra con 13% de afectación, el eje del rodillo cerca al rodamiento tiene 1% de afectación.

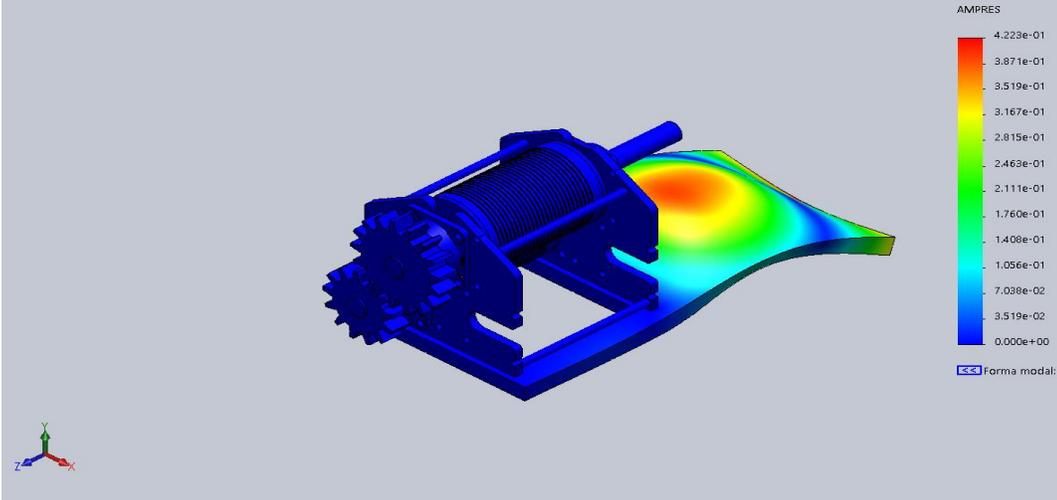
Anexo 3: Análisis de vibraciones en el molino

Figura 17 Resultado de análisis de vibraciones en el molino



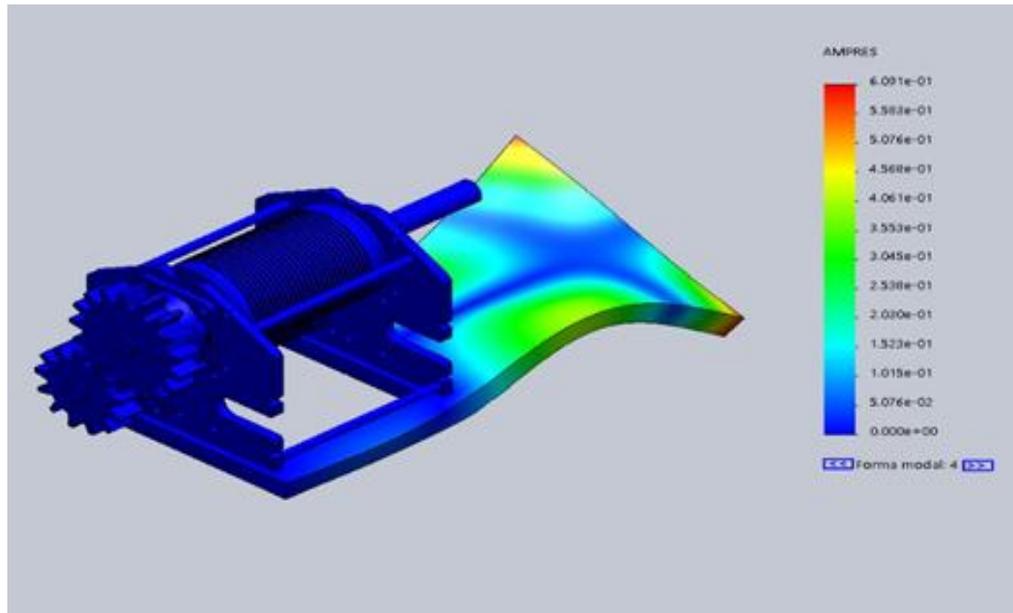
Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Amplitud3	AMPRES: Amplitud resultante Plot para forma modal: 3(Valor = 258.251 Hz)	0.000e+00 Nodo: 5117	4.223e-01 Nodo: 81746

Nombre del modelo: Rodillos y Base - Analisis Frecuencia 8
 Nombre de estudio: Estudio de frecuencia 1-(Predeterminado-)
 Tipo de resultado: Frecuencia Amplitud3
 Forma modal: 3 Valor = 258.25 Hz
 Escala de deformación: 0.273561

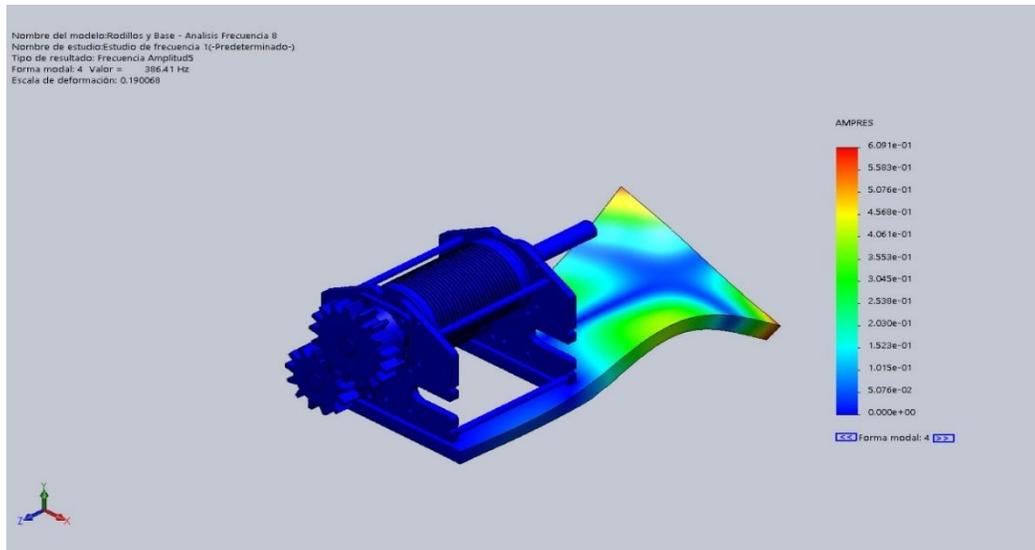


Rodillos y Base - Analisis Frecuencia 8-Estudio de frecuencia 1-Amplitud-Amplitud3

Nombre	Tipo	Mínimo	Máximo
Amplitud4	AMPRES: Amplitud resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 386.415 Hz	0.000e+00 Nodo: 196	6.091e-01 Nodo: 73309



Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Amplitud5	AMPRES: Amplitud resultante Plot para forma modal: 4(Valor = 386.415 Hz)	0.000e+00 Nodo: 196	6.091e-01 Nodo: 73309



Rodillos y Base - Analisis Frecuencia 8-Estudio de frecuencia 1-Amplitud-Amplitud5

Nombre	Tipo
Desplazamientos1	Deformada

Rodillos y Base - Analisis Frecuencia 8-Estudio de frecuencia 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

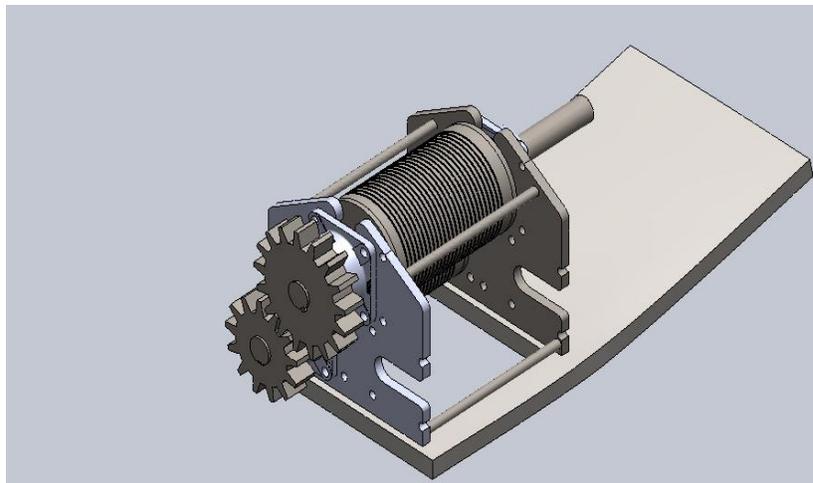


Tabla 24 *Lista de nodos*

Frecuencia N°.	Rad/segundo	Hertz	Segundos
1	256.12	40.763	0.024532
2	452.2	71.969	0.013895
3	1622.6	258.25	0.0038722
4	2427.9	386.41	0.0025879

Tabla 25 *Participación de masa (Normalizada)*

Modo N°.	Frecuencia (Hertz)	Dirección X	Dirección Y	Dirección Z
1	40.763	3.7797e-08	0.093161	2.1942e-05
2	71.969	0.00033867	3.2114e-05	9.1302e-10
3	258.25	8.386e-08	0.018433	1.8293e-06
4	386.41	0.0013827	3.3632e-06	6.5452e-07
		Sum X = 0.0017215	Sum Y = 0.11163	Sum Z = 2.4427e-05

En la figura 18, se muestran los resultados aplicados a cada nodo en la simulación del análisis vibracional, obteniendo los resultados en los ejes X, Y, Z.

Anexo 4. Ficha de registro de datos

Tabla 26 Ficha de registro de datos digital

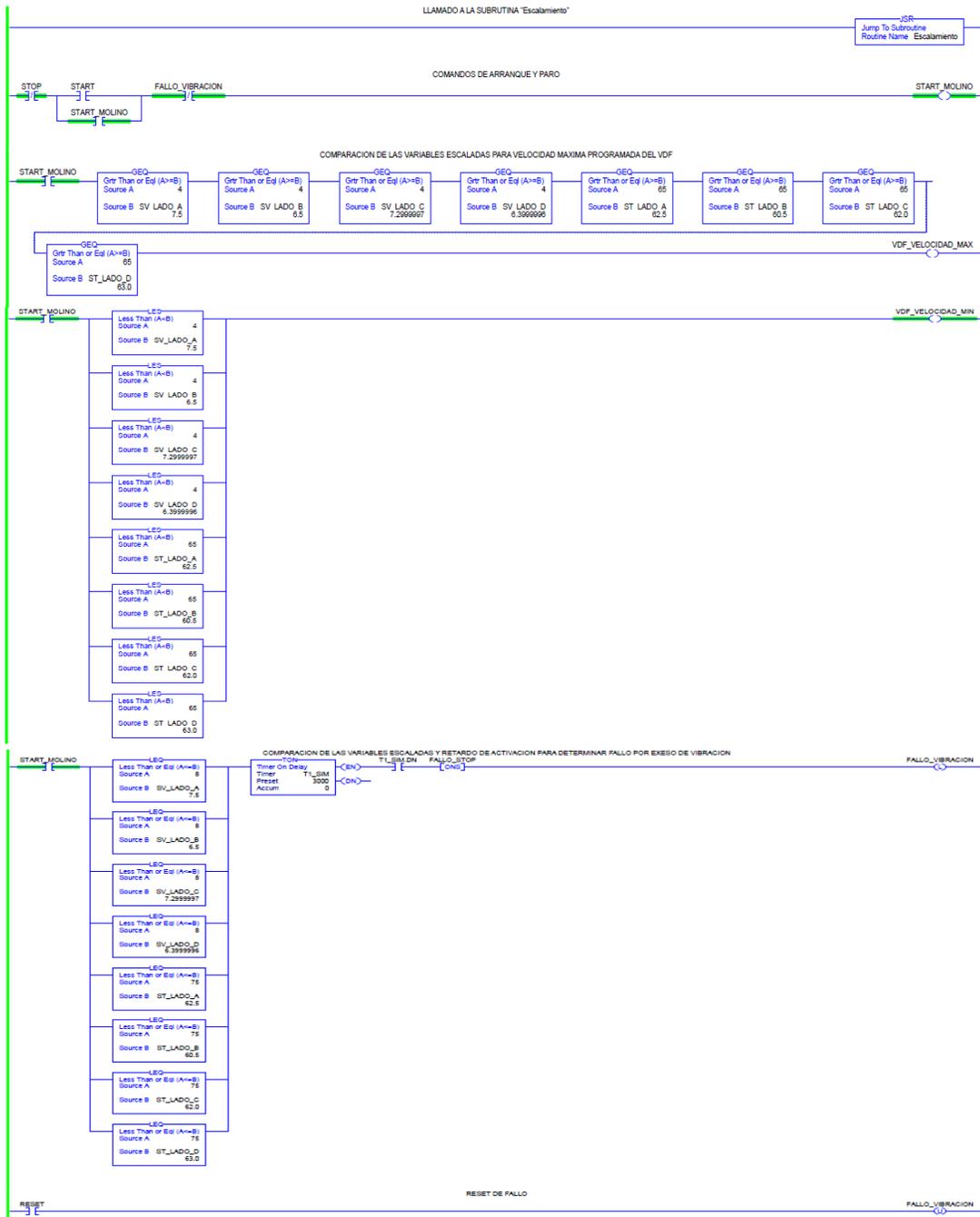
Name	Alias For	Base Tag	Data Type	Description	External Access	Constant	Style
FALLO_STOP			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
FALLO_VIBRACION			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
Loca 3 C		AB 1796_IP3_Ro			Read/Write	<input type="checkbox"/>	
Loca 3 I		AB 1796_IP3_Ro			Read/Write	<input type="checkbox"/>	
RESET			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
ST_LADO_A			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
ST_LADO_B			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
ST_LADO_C			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
ST_LADO_D			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
START			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
START_MOLINO			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
STOP			BOOL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
SV_LADO_A			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
SV_LADO_B			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
SV_LADO_C			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
SV_LADO_D			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
T_TIMER			TIMER		Read/Write	<input type="checkbox"/>	
VAL_MAX_SENSOR_T			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MAX_SENSOR_V			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MAX_TEMP			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_VIBRACION			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_SENSOR_T			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_SENSOR_V			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_TEMP			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VAL_MIN_VIBRACION			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Float
VDF_VELOCIDAD_MAX			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal
VDF_VELOCIDAD_MIN			REAL		Read/Write	<input type="checkbox"/>	Decimal

Name	Scope	Value	Force Mask	Description
ST_LADO_A	Controller	62.5		
ST_LADO_B	Controller	60.5		
ST_LADO_C	Controller	62.0		
ST_LADO_D	Controller	63.0		

Fuente: Estudio 5000 logix Designer

En la tabla 23, se describen los elementos utilizados para la ejecución del diseño del sistema de protección automático de vibraciones para un molino de caña. Se utilizaron sensores tipo J, PLC, entre otros.

Figura 18 Diagrama del sistema de protección vibracional



Fuente: Elaboracion propia (studio 5000 Logix)

Figura 19 Escalamiento - Función Block Diagrama

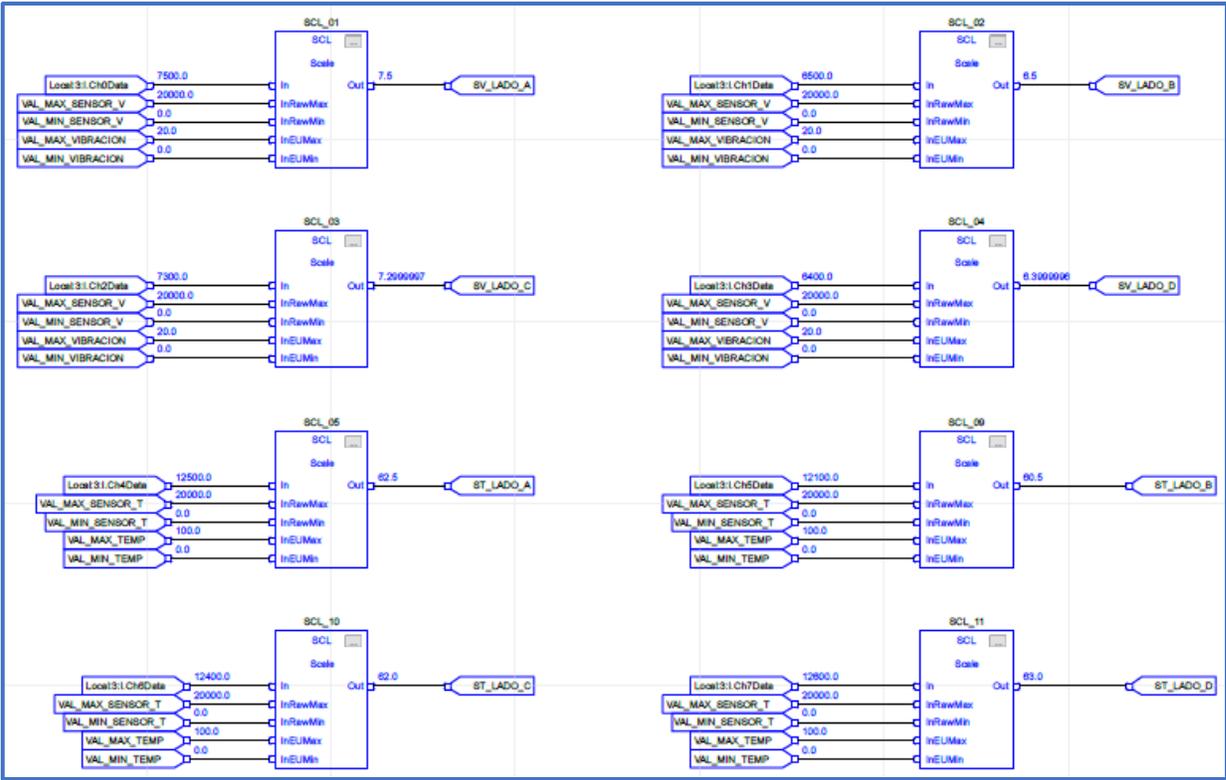


Tabla 27 Descripción de elementos del sistema de protección vibracional

ELEMENTO	CARACTERISTICAS	CAPACIDAD	CANTIDAD
Sensor de temperatura tipo "J"	Compuesta de un metal altamente rico en Cobre y Níquel, ofrece una solución confiable para procesos autónomos	0°C – 760°C	
Sensor de vibraciones	Para la medida de vibración con salidas analógicas proporcional al valor de vibración en(mm/s).	4-20 mA	
Variadores de velocidad	De alto par de arranque (0,5 Hz, 1,5 tiempos de par nominal), fuerte capacidad de sobrecarga, flexible y Operación conveniente y PID directo y PID inverso	0.75 - 315 kW	
SIPLUS LOGO! 24CE	Arranque con revestimiento conformado, basado en 6ED1052-1CC08-0BA1 módulo lógico, display FA/E/S: 24 V/24 V/24 V	25+60 °C	

Pulsadores	Carcasa de metal b: pulsador rojo, 1no a: pulsador verde, 1no etiqueta b: abierto; etiqueta a	12 V	
------------	---	------	---

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Costos de inversión y periodo recuperación

Tabla 28 Cuadro de costos de materiales y mano de obra

ITEM	DESCRIPCION	CANT	PRECIO UNT	PRECIO TOTAL
COSTOS DE ACCESORIOS PARA AUTOMATIZACIÓN				
1	Software lector de códigos	1	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00
2	PLC	1	S/ 1,227.80	S/ 1,227.80
3	Variador de velocidad	1	S/ 1,149.00	S/ 1,149.00
4	Sensor de vibraciones	4	S/ 1,269.00	S/ 5,076.00
5	Sensores de temperatura	4	S/ 159.00	S/ 159.00
6	Relés	1	S/ 446.00	S/ 446.00
9	Fibra óptica (40m)	1	S/ 290.00	S/ 290.00
10	Cable (100 m)	1	S/ 1,080.00	S/ 1,080.00
11	Otros	1	S/ 500.00	S/ 500.00
Sub total				S/ 13,404.80
MANO DE OBRA				
12	Diseño del sistema en software	6	S/ 100.00	S/ 600.00
13	Instalación del sistema	24	S/ 100.00	S/ 2400.00
14	Otros	1	S/ 500.00	S/ 500.00
Sub total				S/ 350.00
Total				S/ 16,904.80

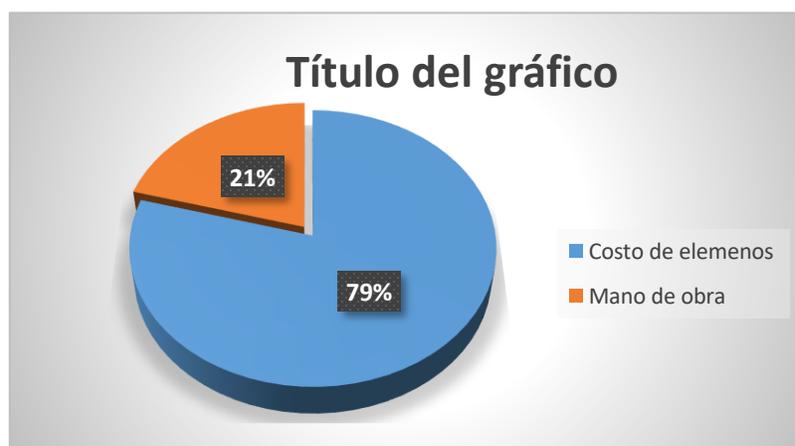
Tabla 29 Periodo de recuperación de la inversión

PERIODO DE RECUPERACION		
MES	FLUJO	ACUMULADO
0	S/ 16,904.80	
1	S/ 4,480.00	S/ 4,480.00
2	S/ 3,200.00	S/ 7,680.00
3	S/ 2,400.00	S/ 10,080.00
4	S/ 3,200.00	S/ 13,280.00
5	S/ 3,200.00	S/ 16,480.00
6	S/ 3,200.00	S/ 19,680.00
7	S/ 3,200.00	S/ 22,880.00

PR =	6.13	Meses
------	------	-------

DATOS	
Costo por hora	S/ 40.00
costo por día	S/ 160.00
costo por mes	S/ 4,480.00

$$PR = A + \left(\frac{b - c}{d}\right)$$



Interpretación

Dado los resultados, se puede afirmar que la recuperación de la inversión en la ejecución del sistema de protección vibracional automatizado del molino de caña, se recuperaría en 6.13 meses, el cual nos indica que si es factible realizar el sistema de

protección del molino.

Anexo 6: Ficha de registro de datos

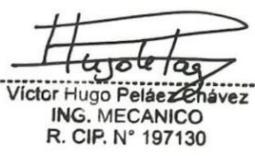
Tabla 30 Registro de datos digital

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tubo cuadrado de acero estructural A36		1
2	Piso		1
3	Base Trapiche		1
4	Base Motor		1
5	SKF_SY_2__TF_VA228_3		20
6	SKF_SY_2__TF_VA228_14		2
7	SKF_SY_2__TF_VA228_16		2
8	Perfil base chumacera - 2in x 1in x 476.2mm		4
9	Eje reductor 2.5in x		1
10	Eje SAE1045 2in x 42cm		1
11	Piñon 28T D112mm		1
12	Piñon -Reductor 17T D102		1
13	Rueda- Reductor 47T D282		1
14	SKF_SY_1_1_2_TF_3		18
15	SKF_SY_1_1_2_TF_13		2
16	SKF_SY_1_1_2_TF_15		2
17	SKF_SY_1_1_2_TF_17		2
18	HBOLT 0.6250-18x2.5x1.5-N		32
19	HNUT 0.6250-18-D-N		32
20	Birida tapa 6in x10mm acero inox		4
21	Eje 2in x50cm de acero inox		2
22	Tubo 6in x80cm cedula80 acero inox		2
23	Tubo 8in x80cm cedula80 acero inox		1
24	Birida tapa 8in x10mm acero inox		2
25	Eje 2in x65cm de acero inox		1
26	Plancha lateral		1
27	SimetríaPlancha lateral		1
28	SKF_FY_2__TF_3		6
29	SKF_FY_2__TF_5		60
30	SKF_FY_2__TF_16		6
31	SKF_FY_2__TF_18		6
32	Engranaje 17T D217.08		1
33	Engranaje 13T D166		2
34	Refuerzo rodillos		2
35	SimetríaRefuerzo rodillos		2
36	Chaveta engranaje 13T - 1		2
37	Chaveta engranaje 17T - 1		1
38	Engranaje 77T D308mm		1
39	Polea sin 2 canales V		1
40	Estator - Motor Electrico WEG 213-5T		1
41	Tapa Motor		2
42	Eje motor		1
43	Chaveta eje motor		1
44	Ventilador Motor		1
45	Polea 14in 2 canales V		1
46	Correa1-14		2

FICHA DE VALIDACIÓN DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos		
Objetivo del instrumento	Recolectar y almacenar información para brindar mejor consistencia y valor		
Nombres y apellidos del experto	MIGUEL ANGEL ORELLANO INCA	DNI:	47808622
Máximo Grado Académico	Ingeniero mecánico electricista	Celular:	947 375 450
Años de experiencia en el área	3 años		
Nacionalidad	Peruana		
Institución	Casa Grande S.A.A.		
Cargo	Ingeniero de Mantenimiento		
Firma		Lugar y Fecha:	Trujillo 10 de julio del 2022

Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos		
Objetivo del instrumento	Recolectar y almacenar información para brindar mejor consistencia y valor		
Nombres y apellidos del experto	CARLOS EULOGIO FLORES VILLAGOMES	DNI:	06460245
Máximo Grado Académico	Ingeniero mecánico	Celular:	947 837 608
Años de experiencia en el área	15 años		
Nacionalidad	Peruana		
Institución	Servi Equipos Internacionales S.A.C.		
Cargo	Gerente General		

Firma		Lugar y Fecha:	Trujillo 10 de julio del 2022
Nombre del instrumento	Ficha de registro de datos		
Objetivo del instrumento	Recolectar y almacenar información para brindar mejor consistencia y valor		
Nombres y apellidos del experto	VICTOR HUGO PELAEZ CHAVEZ	DNI:	47026994
Máximo Grado Académico	Mg. Ingeniero mecánico	Celular:	
Años de experiencia en el área	5 años		
Nacionalidad	Peruana		
Institución	Universidad nacional de Trujillo		
Cargo	Docente		
Firma		Lugar y Fecha:	Trujillo 10 de julio del 2022