



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TÍTULO DE LA TESIS

**Diseño e implementación de un equipo dosificador de Cal modelo
“Sinfín” para
mejorar el vertido de Cal en la empresa minera Centauro S.A.C.,
Cerro de Pasco-2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

AUTORA:

Camarena de la O, Adhelí Elsa (ORCID: 0000-0002-3171-7472)

ASESOR:

Mg Bazán Robles, Romel Darío (ORCID: 0000-0002-9529-9310)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A MIS PADRES: A Elsa Alicia de la o Mayte y Julián Camarena Villanueva por estar siempre a mi lado, apoyándome incondicionalmente en los momentos y en todo el esfuerzo que pongo mis logros profesionales, gracias por el inmenso Amor que me tienen.

A mis hijos: por darme las fuerzas, para seguir adelante con los proyectos propuestos en mis carreras, también gracias a ellos, son los sacrificios que uno pone para darles una mejor vida y atención. y gracias al amor inmenso que los tengo y ellos a mí, es el motor para continuar.

A mis hermanos: que día a día están dándome el impulso de no rendirme con las dificultades en el camino, con cada palabra con cada aliento, hasta conseguir el objetivo de mis metas, y poder ser mejor persona como profesional y en mí vida cotidiana y gracias por el inmenso amor que nos tenemos.

Agradecimientos

A MIS PADRES: Por permitirme en apostar por mí y poner toda su confianza en mí. Y lo más importante brindarme el apoyo emocional y apoyo económico para lograr mis objetivos.

A TODA MI FAMILIA: Por el inmenso amor y mucha comprensión y esa confianza que pusieron en mí y poder lograr el sueño profesional todos juntos.

A MI ASESOR: Por la paciencia y el conocimiento que se me transmitió durante el proceso de mi investigación y poder guiarme en este nuevo camino de superación. Gracias por todo el esfuerzo realizado.

Índice de Contenidos

Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de anexos	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	14
III. METODOLOGÍA.....	29
3.1. Tipo y diseño de la investigación	29
3.2. Variables y operacionalización.....	30
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	33
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.5. Procedimientos	35
3.6. Método de análisis de datos	55
3.7. Aspectos Éticos.....	55
IV. RESULTADOS	56
V. DISCUSIÓN.....	66
V. CONCLUSIONES	71
VI. RECOMENDACIONES.....	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	79

Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla de Pareto	11
Tabla 2. Cálculo del volumen de la tolva	39
Tabla 3. Diseño del Sinfín	43
Tabla 4. Análisis en el taller antes de enviar el dosificador	48
Tabla 5. Costo de Elaboración e Instalación del Dosificador Sinfín	53
Tabla 6. Comparativo del diseño del dosificador convencional y el modelo Sinfín	56
Tabla 7. Mineral cubierto con el dosificador convencional	57
Tabla 8. Flujo de cal con el dosificador convencional	59
Tabla 9. Prueba de normalidad de los datos de la variable “Vertido de cal”	61
Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la variable “Vertido de cal”	62
Tabla 11. Prueba T de Student de medias de muestras relacionadas para la variable “Vertido de cal”	62
Tabla 12. Prueba de normalidad de los datos de la dimensión “Índice de mineral cubierto”	63
Tabla 13. Prueba de Wilcoxon de comparación de medias de muestras relacionadas para la dimensión Mineral cubierto	63
Tabla 14. Prueba de normalidad de los datos de la dimensión “Flujo de cal”	64
Tabla 15. Prueba de Wilcoxon de comparación de medias de muestras relacionadas para la dimensión Flujo de cal.....	65

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Pareto	11
Figura 2. Partes de un dosificador.....	28
Figura 3. Disco de control de vertido en el dosificador convencional	36
Figura 4. Apelmazamiento en la tolva del dosificador convencional	37
Figura 5. Diseño de la tolva del dosificador Sinfín.....	40
Figura 6. Diseño de la tapa tolva del dosificador Sinfín.....	41
Figura 7. Diseño del Soporte de la Tolva	42
Figura 8. Diseño de tornillo “Sinfín”	44
Figura 9. Diseño 3D del dosificador Sinfín	45
Figura 10. Dosificador Sinfín Armado.....	47
Figura 11. Tornillo Sinfín	48
Figura 12. Imágenes del análisis del vertido en el taller.....	49
Figura 13. Instalación del dosificador Sinfín en la minera Centauro.....	50
Figura 14. Funcionamiento del dosificador Sinfín en la empresa minera centauro	51
Figura 15. Comparativo del mineral cubierto con el dosificador convencional y Sinfín	58
Figura 16. Comparativo del flujo de cal con el dosificador convencional y el Sinfín	60

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	79
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables.....	79
Anexo 3. Instrumento de recolección de datos de la variable Diseño e implementación de Dosificador de Cal	84
Anexo 4. Instrumento de recolección de datos de la variable vertido de cal	85
Anexo 5. Cartas de Validación del instrumento.....	86
Anexo 6. Data recogida con la observación	89
Anexo 7. Prototipo de Diseño.....	94

Resumen

La presente investigación titulada Diseño e implementación de un equipo dosificador de Cal modelo “Sinfín” para mejorar el vertido de Cal en la empresa minera Centauro S.A.C., Cerro de Pasco-2021, tuvo como objetivo principal diseñar un dosificar de cal que supere el desempeño del dosificador modelo convencional que actualmente se usa en la minera Centauro, para ello se hace la planificación del diseño, con todos los requerimientos incluidos y con la viabilidad técnica incluida. Esta investigación de diseño experimental, evalúa los resultados de la implementación de este nuevo dosificador modelo Sinfín, tomando como objeto de control el dosificador convencional. Es así que se recolecta información acerca de su desempeño mediante la observación del sistema de ambos dosificadores, medido por los indicadores de flujo de cal y mineral cubierto. Resultando en un mayor índice de mineral cubierto de 93.3%, en comparación con el índice de mineral cubierto del modelo convencional (86.3%), además de tener un mayor flujo de cal (88%) en comparación con el flujo de cal del dosificador convencional (73.7%). Asimismo, se concluye en la mejora del vertido de cal de 79,98% a 90.62% con el dosificador modelo Sinfín diseñado e implementado en la minera Centauro

Palabras clave: Diseño, dosificador, vertido, mejora, sector.

Abstract

The present investigation entitled Design and implementation of a lime dosing equipment model "Sin fin" to improve the discharge of lime in the mining company Centauro SAC, Cerro de Pasco-2021, had the main objective of designing a dosing of lime that exceeds the performance of the Conventional model dispenser that is currently used in the Centauro mine, for this the design planning is done, with all the requirements included and with the technical feasibility included. This experimental design research evaluates the results of the implementation of this new Sin fin model doser, taking the conventional doser as a control object. Thus, information about its performance is collected by observing the system of both dispensers, measured by the flow indicators of lime and covered mineral. Resulting in a higher index of covered mineral of 93.3%, compared to the index of covered mineral of the conventional model (86.3%), in addition to having a greater flow of lime (88%) compared to the flow of lime of the conventional doser (73.7%). Likewise, it is concluded in the improvement of the lime discharge from 79.98% to 90.62% with the Sin fin doser model designed and implemented in the Centauro mining company.

Keywords: design, doser, pouring, design, sector.

I. INTRODUCCIÓN

El Sector metalmeccánica es uno de los sectores con mayor posibilidad de generar desarrollo y está muy vinculada a los demás sectores productivos, especialmente a la minería. La industria metalmeccánica a través de sus operaciones es un arma decisiva en la promoción de innovación y empleo. Genera ingresos de fuentes diversas de trabajo, por lo que, la necesidad de personal se hace cada vez más complejo, requiriendo trabajadores altamente preparados. El personal que requiere este sector está conformado por operarios, ingenieros mecánicos-metalúrgicos, técnicos soldadores y otros profesionales. La importancia de este sector también radica en que tira de las cadenas productivas de industrias relacionadas a ella como la siderúrgica y minería (Mariategui, 2020, p. 2).

La corporación CENTAURO cuenta en sus instalaciones con un dosificador de modelo convencional, el cual se encarga de verter cal sobre el mineral trasladado sobre la faja transportadora, pero este posee un problema de diseño el cual no permite la dosificación uniforme de cal, ya que, sufre constantes obstrucciones durante su funcionamiento. Tener este problema en la unidad de chancado no permite un flujo constante y un producto óptimo para el PAD de lixiviación.

Por ende, existe una imperante necesidad de mejorar el diseño del dosificador que contribuya al mejor flujo del proceso; por lo que, esta investigación se basa en diseñar e implementar un dosificador que no genere pérdida de tiempo durante su funcionamiento y que mejore el vertido de cal sobre la faja que transporta el mineral. Ante la problemática introducida, se presenta el siguiente análisis de las causas del bajo nivel de homogeneidad en el vertido de cal sobre el mineral que es transportado sobre la faja en la unidad de chancado primario.

Se identifica 9 causas raíz que generan el bajo nivel de homogeneidad, presentado en la siguiente Tabla de Pareto.

Tabla 1. Tabla de Pareto

N°	CAUSA	Frecuencia	% FRECUENCIA RELATIVA	% FRECUENCIA ACUMULADA	Ley 80-20
C1	Falta de estudios de mejora	3	20%	20%	80%
C2	Falta de un equipo adecuado para el vertido de cal	3	20%	87%	80%
C3	Falta de control de calidad en el proceso de vertido	2	13%	53%	80%
C4	Ineficiente control del vertido	2	13%	67%	80%
C5	Fatiga laboral	1	7%	73%	80%
C6	Personal con poca capacitación	1	7%	80%	80%
C7	No cuenta con procedimiento de control	1	7%	87%	20%
C8	Inadecuada ubicación de las estaciones de trabajo	1	7%	93%	20%
C9	Falta de cultura y ordenamiento	1	7%	100%	20%
TOTAL		15	100%		

FUENTE: ELABORACION PROPIA

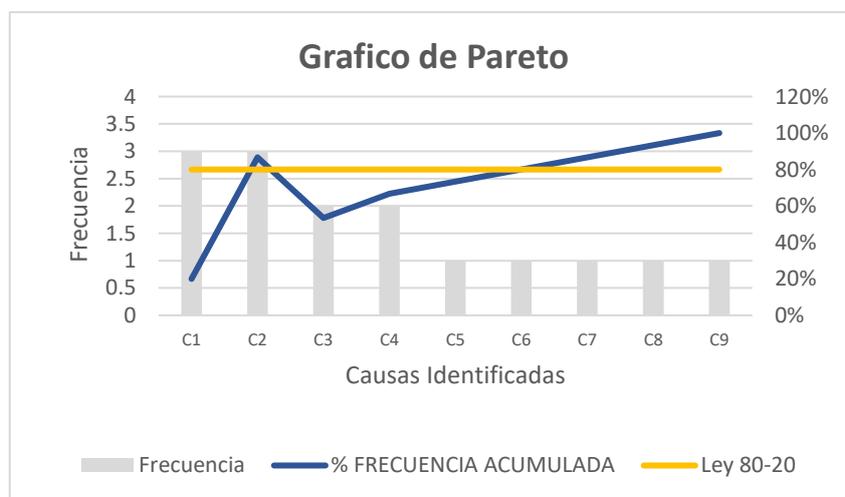


Figura 1. Diagrama de Pareto

De acuerdo a la figura 1, se puede apreciar que las causas que afectan mayormente a la homogeneidad en el proceso de vertido de cal, son la falta de estudios de mejora en el proceso de vertido y la falta de un equipo adecuado para el vertido de cal, ambas causas representadas por un 20% de frecuencias relativas. Es así que se pretende mejorar el proceso de vertido de cal sobre el mineral mediante el diseño e implementación de un dosificador mejorado.

Por lo tanto, el problema general de investigación es: ¿En qué medida el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro? Como problemas específicos: ¿En qué medida el diseño e implementación de un dosificador de modelo Sinfín mejora el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro? Y como pregunta específica dos se establece: ¿Cómo el diseño e implementación de un dosificador de modelo Sinfín mejora el flujo de cal en la empresa minera Centauro?

Para la investigación, se justifica teóricamente, dado que Bernal (2016), indica que, existe una justificación teórica cuando “el propósito del estudio es generar reflexión y debate académicos obre el conocimiento existente, confrontar una teoría y contrastar resultados” (p.138). Es así que se propone un nuevo diseño de un equipo de ingeniería que impulse el mejoramiento del proceso vertido de cal, que a diferencia de otros dosificadores, posee el tornillo Sinfín, el cual permite llevar a cabo una dosificación homogénea y continua del vertido de cal, y que a través de los resultados se genere recomendaciones para investigaciones futuras de esta línea, aportando conocimientos a la comunidad científica, ya que esta máquina podrá ser adaptada para cualquier empresa que este dentro de este sector. Se justifica en el ámbito práctico, de acuerdo a Bernal (2016) “cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirían a resolverlo” (p. 138), dado que el problema identificado existe en la unidad de Chancado primario de la Corporación minera Centauro y realizar un mejoramiento, no solo beneficia a la mencionada empresa sino también a las demás empresas que están en el mismo rubro, ya que aporta conocimientos para el diseño de un dosificador que sea práctico y funcional. Es justificable en el ámbito social, de acuerdo con Ñaupas *et al.* (2014), dado que “la investigación pretende resolver un problema social que afecta a un grupo social” (p. 109), en este caso, la máquina sirve para ejecutar un proceso más productivo, en beneficio de la empresa. Y por último la realización de la investigación tiene justificación **económica**, ya que en base a la pregunta de Baena (2017) “¿Puede reportar beneficios económicos?”(p. 59), la respuesta es sí, ya que con el empleo de la propuesta del dosificador se reducirá los costos por tiempos muertos ante fallas que detienen el proceso, además que con un adecuado vertido de cal garantiza el correcto nivel de Ph evitando la volatización y pérdida de cianuro.

Por lo tanto, el objetivo general para la investigación es: Determinar en qué medida el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro, cómo objetivo específico se tiene, determinar en qué medida el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro y como objetivo específico dos se tiene a, determinar en qué medida el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el flujo de cal del vertido de cal en la empresa minera Centauro.

Para Bernardo, Carbajal y Contreras (2019) las hipótesis son “respuestas tentativas al problema general y, eventualmente, a los problemas específicos” (p. 155). La hipótesis general para la investigación es: El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro, cómo hipótesis específica uno se tiene que, El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora significativamente el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro y como hipótesis específica dos se tiene que, el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el flujo de cal en la empresa minera Centauro

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes Nacionales

Barreto (2016), en su tesis "*Efecto de la dosificación de cal en la remoción de hierro y cobre del efluente de la empresa minera San Simón- La Libertad*" buscó evaluar el efecto de la dosificación de cal en la remoción de hierro y cobre, que a través de un diseño experimental bifactorial recogió datos para el análisis y obtención de resultados de 27 experimentos que se realizaron a nivel de laboratorios, los cuales mostraron la influencia que existe entre el pH y el tiempo de agitación en la remoción de los metales, así a medida que estos dos se incrementan el nivel de concentración de los metales se reduce, en consecuencia se determina que la cantidad adecuada de cal es de 80 gramos/litro con un tiempo de agitación de 90 minutos. En base a los resultados se evidenció la importancia de establecer las porciones de cal para obtener mayores concentraciones de mineral.

Arismendiz (2020), en su tesis "*Diseño de una máquina perforadora de tubos Schedule 40 para mejorar la producción de filtros utilizados en la industria del petróleo*" el autor tuvo como objetivo mejorar la producción mediante un diseño de una máquina perforadora, el estudio fue de tipo descriptivo propositivo no experimental, por eso la recolección de datos fue mediante la observación directa y revisión documentaria. Detalló la existencia de una deficiencia en tiempos de entrega de filtros, ya que cada perforación demora en un aproximado de 7:20:40 horas, y que en la realización de esta actividad es interrumpida por fallas mecánicas, que se traduce en cuellos de botella en la operación de perforado. Con la propuesta se alcanzó una optimización en los tiempos de producción de filtros, llegando a un nivel de eficiencia de 99.2%.

Para Cordero (2018), en su investigación "*Diseño de una planta dosificadora de concreto de 50m³/h de capacidad en la empresa Aler Equipos SAC- Trujillo*" consideró el diseño personalizado de una herramienta como ayuda a la reducción de tiempos de trabajo y la reducción de costos de importación de estos equipos. En base al Reglamento Nacional de Vehículos se realizó los diseños y dimensionamiento del equipo, en cumplimiento con las exigencias. Desarrolló tres alternativas de diseño sujetos a prueba, el autor aceptó la alternativa C, que posee

una estructura del bastidor que soporta 55'284kn más el peso de las tolvas de 313.7Kn considerando adicionalmente las cargas de material.

Para Llamo (2020), en su tesis: *“Diseño de un extractor hidráulico de ruedas de buses y camiones para disminuir el tiempo de extracción en el servicio en la empresa SCANIA – Lambayeque 2019”* tuvo como objetivo proponer un diseño que reduzca los tiempos de extracción de ruedas, ya que al momento del estudio la empresa SCANIA no contaba con un equipo especializado para la extracción de las ruedas, por lo que el propósito del diseño fue reducir los esfuerzos que realizan los operarios, el tiempo para la extracción y que se tome en cuenta las medidas de seguridad. El tipo investigación fue aplicada, no experimental ya que se buscó resolver un problema, planteó una solución a través de la observación de los fenómenos sin la manipulación de las variables. Dando como resultado la evidencia de un sobretiempo en el proceso de mantenimiento de las unidades, principalmente por la labor de extracción de las ruedas reduciendo el número de unidades que la empresa puede ofertar, siendo esto perjudicial respecto a sus ingresos.

Para Zapata (2019), en su trabajo de investigación titulado *“Propuesta de diseño de un sistema de lubricación centralizado a los compresores de propano C-5100 y C-5110, para disminuir los mantenimientos correctivos en la planta de Gas Pariñas de Graña y Montero S.A, Talara, 2018”*, mediante una investigación descriptiva, bajo un diseño experimental del tipo pre-experimental se recogió los datos a través de la entrevista y revisión documentaria; del cual infiere que los mantenimientos correctivos son originados por fallas mecánicas, específicamente desgaste, y que estos interrumpen el proceso productivo generando costos adicionales, estas horas de parada sumaron 104 durante 5 años representando \$260000 de costos. Por tal motivo se planteó un sistema de lubricación adecuado a las normas vigentes, con el fin de reducir los tiempos y costos por mantenimientos correctivos.

Pérez (2020) en su trabajo de investigación titulado *“Diseño de máquina de control numérico computarizado para la transformación de varillas de metal a baja escala”*, tuvo como objetivo principal realizar una exploración de soluciones para actividades de manufactura digital, propuso el diseño de una máquina que sea de complemento a las existentes, ya que identificó la falta de un equipo que cumpla con el control numérico computarizado. La metodología de su estudio fue exploratoria, realizó una observación de carácter diagnóstico para la identificación del problema de la actual

situación para determinar la mejor solución. Por ello el diseño “Dobladora CNC de varilla” se desarrollo tomando en cuenta restricciones y requerimientos de acuerdo al uso, función, al diseño estructural, requerimientos técnico-productivos, y estético-formales. Las aportaciones del diseño fueron la proposición de una máquina diferente a las actuales conforme a las necesidades identificadas, y la implementación de tecnología en su aplicación.

Nunura (2018) en su trabajo de investigación “*Fabricación de Prototipo de Máquina para controlar la Acrilamida en el proceso de Producción de Algarrobina*” identificó la presencia de acrilamida (sustancia dañina para la salud) en el proceso de elaboración de algarrobina, ante ello estableció como objetivo de su investigación la elaboración de una máquina que controle los niveles de este componente en la algarrobina. Mediante un estudio de tipo aplicativo y aspectos de diseño de ingeniería es que desarrolló el prototipo tomando en cuenta aspectos como las dimensiones requeridas, consideración del peso de la algarroba, y las cantidades de agua. Para determinar el modelo adecuado realizó pruebas sobre los requerimientos que debía de cumplir y las registró en una matriz de evaluación donde ponderó los resultados para determinar si cumple o no con los objetivos del diseño. El prototipo tuvo como componentes un cilindro del tanque, tapas del tanque, y cilindro de tanque para jugo de algarroba; el costo total de elaboración ascendió a S/ 5,630.80. Para probar su efectividad se realizó tres muestras que evaluó la temperatura y tiempo óptimo de concentración, concluyendo que obtuvo un 88% de aceptación, así como el cumplimiento de los parámetros de la NTP 209.600.2002, fue de 100°C con un tiempo de 4 horas.

Antecedentes Internacionales

Ji *et al* (2016), en su artículo “*Structure Design and Experiment of Hand-push Chrysanthemum morifolium Comb-teeth Picking Machine*” los autores exponen un diseño estructural de una máquina capaz de recoger crisantemos con el fin de reducir los gastos en mano de obra, optimizar el proceso de recolección y principalmente mecanizar esta actividad. Los componentes de su diseño están compuestos de principalmente un sistema de dientes de peine que sirve para recoger las flores, cadenas, una rueda montada que proporciona movimiento, un eje de transmisión, cuerpo de la caja, ruedas, motor y los elementos de control. Su

principal preocupación fue evitar daños físicos a las flores, concedores de su fragilidad propusieron un sistema de dientes de peine con un espacio de 7.5-9.0 mm. el cual puede ser configurado. Los resultados del experimento del prototipo fueron favorables, la tasa de recolección de flores fue de 97.61%, la tasa de aterrizaje fue de 0.65% y principalmente la rotura fue de 0.03%, por lo que se concluyó que mediante la máquina recolectora se logró optimizar y mecanizar este procedimiento reduciendo costos y tiempo.

Para Apayadin y Kitiş (2014) en su artículo denominado *“An Automation System Design for Dough Kneaders and Dosing Machines with Microprocessor Based and 5 Flows”* tiene como objetivo automatizar los procesos en panaderías con el diseño de máquinas dosificadoras y amasadoras. Con el objetivo de reducir los costos, tiempos y aumentar la productividad del proceso. Se tomó como referencia una amasadora convencional de 100 kg de harina de capacidad. Para el diseño se planteó cinco componentes de flujos de harina y un dispensador de agua para la elaboración de la masa a través de un microprocesador (microcontrolador PIC16F877A). Los resultados de prueba de la máquina demostraron una reducción de tiempos considerablemente favorable: a) para la mezcla de harina, agua e ingredientes (20 minutos), b) tiempo de amasado (30-35 minutos), c) adicionar sal (5 minutos), d) agregar levadura (5 minutos), e) fermentación (10 minutos), f) Fermentación parcial (75 minutos); el control del sistema se determinó favorable realizar a partir de una pantalla LDC.

Podgorny *et al* (2021) *“Methods to improve vibroacoustic characteristics of mining machines”* afirma que la mejora de las máquinas y equipos en el sector de producción, construcción y transporte están enfocados en la reducción del ruido y vibraciones que generan estos equipos, es el caso de las maquinarias de uso en el sector minero de los cuales entre el 30-50% genera ruidos que exceden los límites. Los resultados de la revisión bibliográfica concluyen que se debe considerar en el diseño inicial de una maquina aspectos como el aislamiento acústico, absorción acústica, aislamiento de vibraciones, que cumpla con los requerimientos técnicos, económicos. Para ello se planteó implementar motores con potencia efectiva según sea el la fuerza y el tipo de actividad que se va a realizar, la carga a presión de la turbina de gas también tiene una influencia en la generación de ruidos.

Ozkan y Büyükhmurkar (2020) en el artículo *“Desing and analysis of an axial Compressor for a Turbofan Engine”*, el propósito del estudio fue el diseño de un compresor axial de un motor turboventilador de avión para uso bélico, el diseño e ingeniería se complementa con el software AxStream. Los resultados del diseño comprueban una eficiencia total de 87.9%, la presión de entrada aumentó de 423 kPa a 2690 kPa y la temperatura total en la salida aumentó a 835 K. Además, la entalpía total de entrada y la velocidad total del aire aumentaron de 478 kJ / kg a 885 kJ / kg y 248,3 m / sa 457,9 m / s., se concluyó que la eficiencia poliprótica del nuevo diseño fue de 2% más que el modelo convencional.

León et al (2020) en *“Diseño y construcción de un prototipo de máquina selladora y clasificadora de huevos de gallina por peso en la empresa peruana Aviporc S.A.C”* el objetivo de la investigación fue el diseño de un prototipo de una máquina que reduzca los tiempos y costos de operación. La investigación fue de tipo experimental orientada a conclusiones, el número de pruebas fue de 10 mediante un circuito en el software Proteus v.8 para la clasificación de dos tipos de huevos los mayores de 50 gramos (clase A) y los menores de 50 gramos (clase B), la muestra fue de 45 huevos y el método de análisis es cuantitativo. El resultado de la investigación determinó por conveniente una estructura para la clasificación de dos tipos de huevos, la primera área constó de dos motores selectores, que permiten el paso de un huevo a la vez, para que este se deslice y pase a la segunda área, donde una servopinza (Servomotor Tower Pro SG90) tiene la función de pesar cada huevo, para seguidamente colocarlo en un soporte con forma de cuchara de tal manera que esté listo para el área de sellado, que es transportado por una faja. Los resultados de la prueba demostraron 80% de funcionalidad para los huevos tipo B y 100% para el tipo A, lo que representó una alta eficiencia para este proceso.

Jimenez (2020) en *“Irrigation dimensioning of reel machines with Water Distribution Systems: gun and boom with emitters”* tuvo el objetivo de tecnificar y elevar los niveles de eficiencia de riego a través del diseño agronómico e hidráulico para el correcto dimensionamiento de riego por enrolladores con sistemas de distribución de agua tipo cañón y ramal. Se concluyó la implementación de sistemas de riego con cañones móviles y botavaras móviles con emisores; la presión de los hidrantes se calculó a través de longitud de la manguera, flujo de la máquina de carrete la altura de la pistola, la perdida de presión dentro de la turbina.

La invención tiene como propietarios a Fux y Paradiso, (United States Patente nº 10464245, 2019), denominado "*Device for Dosing Bulk Material*" su planteamiento consistió en la creación de un dispositivo para dosificar material a granel, especialmente materiales de plástico, el modelo consiste en cuatro tolvas individuales que mediante un soporte tipo araña desembocan en una base que permite opcionalmente el peso para la dosificación, a través de una válvula dosificadora de cierre automático. Las desventajas del diseño es la complejidad para levantar la placa de cubierta. Es un método de mezclador gravimétrico. Las características del diseño lo describen no solo como dosificador sino también como un dispositivo para suministros.

Ugurluay y Akcali (2021) en "*Development of a vibrationless sorting system*" el objetivo de la investigación fue plantear un diseño de una máquina clasificadora de semillas de cultivo sin la presencia de vibraciones. Los resultados de los experimentos del prototipo denominado criba cilíndrica helicoidal arrojaron una eficiencia de separación de los granos de 99%, la pantalla helicoidal fue dimensionada con un radio de 0.318 m, un metro de longitud, espesor de chapa de 1.5 mm, ancho del agujero de 7 mm, longitud del agujero de 13 mm, velocidad de rotación de 9.8 revoluciones por minuto, ángulo de la elice de 12°, y la potencia del motor de 0.36 kW.

Para Younus *et al* (2021) en el artículo denominado "*Machine Design Modern Techniques and Innovative Technologies*" tuvo como objetivo investigar el funcionamiento de la mecatrónica en el diseño de las máquinas y adoptar técnicas de ingeniería para obtener equipos altamente calificados para el cumplimiento de las actividades para lo que fueron diseñadas. Realiza una revisión bibliográfica para el diseño preliminar de un prototipo, concluyendo que el procedimiento de diseño mecatrónico ayuda a conocer los problemas de arquitectura del diseño, mientras que la mecatrónica se apoya en dispositivos inteligentes para la revisión a tiempo real de la maquinaria.

Para Jahun (2021) en su artículo "*Computer Software Application in the Development of Agricultural Machine Design*" tuvo por objetivo la mejora de implementos del tractor a través del diseño de cuchillas trituradoras mediante el software SolidWorks para un análisis en 2D y 3D. Como resultado de tres pruebas de diseños de cuchillas, el primero con hoja de elevación de 60°, 120° y de 150°,

los cuales tenían el mismo ancho, grosor y circunferencia, se determinó al segundo prototipo como apto, debido a que tiene menor tensión y deformación y la cuchilla es apta para suelos arcillosos. Se llegó a la conclusión mediante un análisis estructural de cada diseño mediante SolidWorks.

Indrayani *et al* (2020) en *“Coffee Peeling Machine Design”* tuvo como fin el diseño de una máquina para el pelado de café. A través de un proceso de diseño estableció que la capacidad de la máquina debe de ser de 370 kg/h, con un motor de gasolina primario de 5.5 Hp de 1400 -4500 RPM con un peso de 103 kg. Los resultados concluyeron efectividad en su funcionalidad.

La patente diseñada por (United States Patente nº 20200217704, 2020) denominada *“Assembly for a Dosing System of a Spreader Machine for Distributing a Granular Material or the like, Dosing System and Spreader Machine”* para su diseño tomó como modelo de referencia una máquina esparcidora agrícola de fertilizantes, el cual posee un disco esparcidor y el aprovisionamiento del producto es a través de un tanque de almacenamiento. Para el nuevo diseño se planteó una máquina esparcidora para material granular o similar el cual comprendió de dos miembros con aberturas, que están superpuestas y unidas por un actuador para que otorgar movimiento entre ambos miembros, al final un recipiente de almacenamiento recibe el material a distribuir con un sistema de dosificación. El movimiento lineal del diseño favorece la dosificación exacta del material granular, el cual fue de 300 kg/minuto.

Chuwulozie *et al* (2021) en el artículo *“Steel work design, production and análisis of a fishing feed mixing machine”* propusieron el diseño de una máquina que reemplace el trabajo manual con el fin de reducir el tiempo de mezcla y la obtención de una composición homogénea en cumplimiento con los requerimientos nutricionales de alimento para peces. Los autores identificaron un problema en el proceso inicial en que los granjeros elaboran la mezcla y es en la etapa de extrusión del alimento, no se obtiene un producto final de gránulos finos y homogéneos. Por eso, mediante un estudio de tipo experimental se tuvo como objetivo el diseño y la construcción de una máquina mezcladora de tipo paleta motorizada a un bajo costo con el fin de que pueda ser adquirido por los granjeros locales. El diseño constó de un motor eléctrico monofásico de 1.5 Hp con una capacidad máxima de producción

de 50 Kg/h, los resultados de la experimentación de la propuesta concluyeron en una eficiencia del 75% de la máquina.

Torres *et al* (2018) en su estudio titulado *“Mechatronic system for the control of fertilizer and pesticide granules dispensers of a fertilizer seeder”* tuvieron como objetivo de la investigación el desarrollo del diseño, la elaboración y la evaluación de un sistema mecatrónico capaz de dirigir la dosificación de fertilizantes y pesticidas en tiempo real y de manera ininterrumpida, y que además pueda ser acoplado a una sembradora. El diseño consistió en la adaptación de motores a la estructura de la maquina sembradora con el fin de otorgar capacidad de accionamiento al sistema, también se consideró la incorporación de un sistema electrónico y de control. Se ejecutó pruebas para determinar la funcionalidad del diseño mediante cinco frecuencias de rotación para la propuesta, así como mediciones de voltaje y corriente. Los resultados de la comprobación determinaron que el sistema mecatrónico fue capaz de obtener un tiempo de levantamiento menor a un segundo, tiempo de asentamiento de un segundo y medio para frecuencias mayores a 100 revoluciones por minuto, por lo que se llegó a la conclusión que el prototipo cumple con las necesidades y requerimientos de máquinas dosificadoras.

Godoy *et al* (2019) en *“Improvement of the Design and Evaluation of the Conventional Grain Planter “GUAJIRO AM 2010-1-5T””* el objetivo de la investigación fue incrementar la productividad agrícola mediante el rediseño de una sembradora de granos, desarrollaron el prototipo con el apoyo de herramientas como Mechanical Desktop 2008 y SolidWorks 2010. Comprobaron su eficacia en la ejecución de siembra de granos como el maíz y el frijol. Los resultados de las pruebas experimentales son cuantificables en cuanto la productividad ya que se logró sembrar entre 24.80 – 93.0 kg/ha, además el daño mecánico a las semillas estuvo dentro del rango permitido de 3%, respecto a la valuación económica de la elaboración de la máquina fue de \$ 1 000.00 ello representa un ahorro en costos por importación en \$ 4 500.00.

Alonco *et al* (2015) en su artículo *“Longitudinal distribution of cotton and sunflower seeds with different speeds and inclination in Pneumatic Meter”* los autores realizaron una investigación mediante pruebas experimentales para determinar el mejor método que permita una uniformidad en la distribución de semillas de algodón

y girasol, así como la dosis específica de cantidades que deben sembrarse. El análisis y prueba de mayor importancia fue al disco dosificador de la máquina, este está compuesto por un motor eléctrico trifásico de 735 W, y una velocidad de rotación de 1720 rpm, consta de dos poleas, un reductor y un eje helicoidal. Para determinar la efectividad de la máquina se realizó pruebas de regularidad de distribución y nivel de esparcimiento. Los resultados fueron registrados y evaluados mediante la prueba ANOVA, por el que se concluyó que a mayor velocidad de ejecución mejores serán las medias de esparcimiento aceptables y de precisión. Casadesús y Bellvert (2021) en su artículo *“Digital irrigation support technologies: sensors, remote sensing and decision making systems”* el objetivo de su investigación fue lograr una dosificación precisa de agua en un sistema de riego, que proporcione cantidades adecuadas en tiempos y áreas determinados. Mediante una revisión documentaria se evalúa tecnologías recientes, que mejoren la distribución de cantidad de agua en parcelas de riego que mantenga rendimientos estables. Se evaluó aspectos como la humedad del suelo, estado hídrico del cultivo con las diferentes tecnologías. Los autores concluyeron en que la incorporación de estas tecnologías proporciona datos a tiempo real de datos de meteorología, sensores para determinar la humedad del suelo, y teledetección del estado hídrico, que en conjunto mejoran la programación de riego.

Teorías relacionadas:

Diseño e implementación de Dosificador

El diseño de una máquina consiste en una secuencia de actividades que nacen de una necesidad identificada y que mediante el establecimiento de objetivos, criterios y restricciones se desarrolla un nuevo equipo o la modificación de alguno existente, para este procedimiento se toma en cuenta el tipo de material a emplearse, dimensiones, métodos de elaboración y costos (Vanegas Useche, 2018, p. 20).

Es un componente esencial e importante para el desarrollo de actividades (Sampath et al, 2015, p. 130). De acuerdo con Younus et al (2021, p. 4), el diseño de una máquina dentro de la Ingeniería mecánica, es una rama crucial. La percepción de una necesidad actual o futura, es el motivo principal que conlleva al diseño de una máquina.

Ante la decisión de diseño de un proyecto se debe previamente definir el producto y el objetivo, para que en la etapa de pruebas se evalúe de acuerdo al cumplimiento de los objetivos establecidos, además se debe planificar recursos y tiempos (Baez Beltrán *et al* , 2018, p. 20). No se puede admitir errores en el producto final, ya que representa altos costos, uno de los errores más generales es la inadecuada identificación de las causas de la falla de una máquina, lo que conllevaría al desarrollo de un producto que no cubra una necesidad, y que se realicen interacciones (pruebas) con costos hundidos, ya que el desarrollo del producto fue en vano (Bremer *et al*, 2021, p. 756).

Diseño de maquinaria

Desde una perspectiva general Jiang (2019, pág. 29), divide el proceso de diseño en cuatro partes: (1) Planeamiento: Todo diseño empieza con la identificación de una necesidad, especificaciones del diseño y una revisión de los costos, ya que elaborar una máquina muy costosa en lugar de solucionar será perjudicial. Sharmistha y Mokashi (2020, pág. 6), esta primera etapa lo subdividen en (1.1) Análisis Estratégico: el objetivo es conocer el contexto, así como la estructura del sistema, es importante tener una definición del contexto de intervención, mediante la obtención e información acerca de las causas de fallas o deficiencias del sistema, identificar los problemas de ingeniería y registrar las funciones y atributos del actual sistema, con el fin de lograr un diseño integral. (2) Diseño del concepto, consiste en la proposición de posibles alternativas de solución que cumplan con las especificaciones del diseño, se evalúa las alternativas en relación a la presentación, vida útil, costos, seguridad entre otros aspectos propios de cada diseño. Sharmistha y Mokashi (2020, pág. 7), dan un mayor alcance sobre este punto (2.1) Exploración de Oportunidades, consiste en la generación de posibles soluciones, para ello se debe tener en claro los objetivos que se busca alcanzar con el diseño, siendo muy importante la visualización funcional, es decir se debe ver el producto capaz de desarrollar un funcionamiento útil, por ello se debe generar ideas sostenibles, y tener claro la brecha entre el diseño actual y el nuevo diseño del sistema, para definir que aspectos se deben mejorar.(2.2) Diseño Preliminar, se debe tomar en cuenta lo que se quiere lograr, las funciones principales del nuevo sistema, el valor agregado y sus sub funcionalidades sujetas a limitaciones, restricciones y

requerimientos. Estas especificaciones responden a que es lo que el sistema debe hacer, mas no el cómo; por ello se debe formular las especificaciones acordes con el objetivo planteado. (3) Diseño Detallado, consiste en el desarrollo más profundo de la alternativa seleccionada, se efectúa un análisis computacional del modelo respecto a la cinética, fuerza, resistencia, rigidez, en caso no cumpla con los requerimientos se revisa otras alternativas hasta llegar a la mejor opción. En suma, se considera diseños factibles, se procede a la selección que cumpla con las características, se puede apoyar a través de una matriz de decisión, que a través de factores de ponderación para las características que deba cumplir de como resultado la mejor opción y estructurar un diseño detallado sobre cada pieza del diseño, sus dimensiones y el tipo de material a emplearse; para la construcción de los prototipos. Para la selección de materiales se debe considerar en el conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales.

El diseño de una máquina, según Jiang (2019, p. 28) debe tener las siguientes consideraciones: a) Funcionalidad: para que el producto final del diseño sea exitoso debe ser también funcional y confiable en su operación a lo largo de su vida útil, proporcionando estabilidad y seguridad ante agentes externos, por ello en el proceso de su elaboración se debe emplear materiales apropiados de acuerdo a la función y ambiente en que se usará. b) Operatividad, otorgar operatividad a una máquina genera confianza ante la respuesta de la maquina frente a sucesos inesperados que atentan su desarrollo, parte importante es el dimensionamiento correcto de la máquina. c) Utilidad, una equipo es útil en la medida que su uso sea provechoso y colabore con un proceso productivo, además aspectos como ensamblaje y desensamblaje de la máquina le proporcionan mayor mantenibilidad y disposición. d) Eficiencia, el adecuado funcionamiento de la máquina genera estabilidad en la continuidad de un proceso productivo de una empresa, además se debe presentar el menor número de fallas, ya que ello representa costos adicionales. e) Cinemática, se debe proporcionar al usuario final de la maquina un desempeño con el menor inconvenientes, por ello al momento del diseño es necesario considerar la reducción de vibraciones y ruidos que generen. f) Lubricación, le otorga durabilidad en el ciclo de vida del equipo.

Un diseño es una optimización de un sistema en ingeniería, según Kutz (2014, p. 100) la teoría de la optimización se puede dar en las siguientes áreas: Diseño de

componentes completos de un sistema, consiste en el diseño de los elementos de una máquina por separado para desarrollar un diseño preliminar se identifica las fallas para solucionarlas mediante un diseño que cubra las necesidades; Planificación y análisis de operaciones existentes, consiste en la adecuación del actual sistema de operaciones con pequeños cambios que en lugar de reemplazar se enfoca en adaptar lo que se posee para mejorar el sistema; Análisis de ingeniería y reducción de datos, consiste en reducir los elementos o funciones que en lugar de apoyar a un buen funcionamiento entorpece la operatividad de una máquina; Control de sistemas dinámicos, consiste en la optimización de sistemas como lo llama el autor no lineales.

Pruebas experimentales Parte de la tercera etapa del diseño según (Jiang, 2019, p. 8), es la fabricación del prototipo para su evaluación física, en base a los resultados se decide si este elaborado o realizar una segunda revisión. (4) Fabricación y Comercialización: Como etapa final está la producción, que de acuerdo al tiempo y dinero se determinara el número. Un resultado favorable es producto del desarrollo de cada etapa de manera minuciosa, y dependiendo de ello se decidirá si se emprende una producción a gran escala.

La evaluación comparativa, es uno de los métodos más relevantes que sirve de punto de partida para el diseño o rediseño de un proceso, sirve para realizar un análisis comparativo del diseño técnico entre dos sujetos de evaluación, se analiza aspectos como el funcionamiento, el rendimiento y el registro numérico de frecuencia, potencia, capacidad, velocidad y eficiencia (Alizadeh, Yang, & Ahmadian, 2020, p. 83).

Las especificaciones del diseño, se establecen para definir los requisitos y especificaciones de la nueva máquina dosificadora, así como las limitaciones del diseño (Kassem et al, 2021, p. 36). Según Yunas *et al* (2020) se “necesitan mejoras en términos de calidad del material, diseño y conceptos tecnológicos para aumentar la vida útil y la eficacia de las estructuras”(p. 2).

Hegazi (2020, p. 1), considera que el proceso de diseño de una máquina, por lo general contiene los siguientes pasos: Reconocimiento de las necesidades; definición del problema; síntesis; análisis y optimización; Evaluación y

Presentación. Tal proceso debe desarrollarse de forma adecuada y respetando las secuencias de cada fase (Indrayani et al, 2020, p. 3).

Procedimiento

El procedimiento en el diseño de las máquinas y equipos engloba todas las operaciones que intervienen, desde la identificación del problema hasta las pruebas del prototipo final, estos procedimientos se dividen en a) Visita a la planta para tomar en conocimiento el diseño actual de equipo, b) análisis de las entradas, salidas y restricciones del proceso o meta, c) Diseño de conceptos, d) desarrollo de prototipos, y e) Evaluación y Elaboración (Somers Gregg, Colton, Matin, & Krupnik, 2020, p. 4).

Mejora de Vertido de Cal

Llevar a cabo una mejora en el proceso se traduce en la medida que la actual tecnología compite con nuevas opciones que abordan necesidades actuales (Rightor & Tway, 2015, p. 226). Las mejoras en el vertido de Cal es parte de la unidad de Chancado en un sistema minero, se encuentra sobre la faja transportadora a cierta distancia antes de llegar a la tolva de finos, cumple el papel de verter la cal en el mineral antes de que este llegue al proceso de lixiviación metros más adelante en el Pad de Lixiviación (Meiggs, 2014, p. 10).

La implementación de mejoras puede ayudar a mejorar el desarrollo de la producción o cualquier otra área de la empresa, mejorar su programación, minimizar costos y reducir la contaminación (Kim, 2020, p. 2).

Se emplea un sistema de dispersión en una planta o empresa de materiales, con el fin de asegurar requerimientos de cantidad vertida de material, niveles de concentración, distribución, área de la superficie vertida y la calidad de dispersión (Bao, y otros, 2016, p. 776). De acuerdo con Kassem (2021, p. 567), el rendimiento de un dosificador de tornillo Sinfín se ve influenciado por los atributos que posea el material, así como los parámetros del proceso de vertido, incluyendo las geometría y dimensiones del tornillo, la tolva y el agitador. La determinación del conjunto de soluciones factibles, son las más relevantes para la optimización o mejora en la ingeniería; es decir, para crear una máquina dentro de los parámetros óptimos, requiere conocer con exactitud los límites del conjunto, para establecer estos parámetros (Matusov, 2020, p. 3).

Según la Real Academia Española homogeneizar es “hacer homogéneo, por medios físicos o químicos, un compuesto o mezcla de elementos diversos. Nivelar, armonizar o conferir homogeneidad o unidades a los elementos de un conjunto o de un ámbito.

Es necesario para la actualidad, “integrar personas, materiales, medios de elaboración, información y tiempo con enfoques tecnológicos [...] para dirigir sistemas industriales complejos” (Barcelli, 2016, p. 16), ya que estas decisiones influyen en el desarrollo del proceso productivo de un sistema y sobre todo en el resultado obtenido de la elaboración.

De acuerdo con Zhu, Wu y Yin (2021) “la mezcla de materiales granulares es crucial en [...] el procesamiento de minerales. La uniformidad de la mezcla juega un papel fundamental en el rendimiento general” (p. 1). Por ello se debe realizar un control de calidad que asegure un adecuado proceso de vertido, mediante: la toma de muestras, un acompañamiento visual del proceso, evaluación por resonancia magnética, mediciones, entre otros.

Dosificador:

De acuerdo a Moya & Ortiz (2016), cada tipo de dosificador posee un sistema de almacenamiento, el cual cumple la función de recibir el producto de la línea de producción, con el objetivo de almacenar el producto en su interior hasta que se inicie el proceso de dosificación (p. 1).

Respecto a las maquinas dosificadoras, estas son utilizadas en la industria para diversos fines, por lo tanto, se debe cumplir “aspectos específicos del sistema, tales como tamaño, peso y restricciones de potencia o aspectos económicos” (Bußmann, y otros, 2021, p. 1). Para el diseño del dosificador, las personas encargadas deben tomar en consideración varias opciones de mejoras ya sea en el tipo de material que se va a usar, especificaciones del diseño fundamentadas en el proceso de operación y sujeto a restricciones y dimensiones conforme a la necesidad que se dispone a solucionar y la implementación de tecnología que mejore la actual estructura (Yunas, y otros, 2020, p. 2). Por su parte, Wang *et al* (2021, p. 2), coincide con la misma idea, señalando que, para el diseño e implementación de una máquina, se debe tener en cuenta diversos aspectos que requieren de un

análisis total de la máquina, la decisión de la estructura es la primera meta durante el proceso de diseño y este debe cumplir con requisito de funcionalidad, acto seguido se tiene que tomar en cuenta los componentes y parámetros clave. Actualmente, las nuevas tecnologías se vienen desarrollando de forma acelerada, al igual que la aplicación del diseño en muchas áreas (Jahun et al, 2021, p. 95). El dosificador en la actividad minera, se encarga de rociar cierto material sobre el material que se recoge de la mina, debido a que, con ciertas condiciones químicas, es más fácil extraer el mineral en el PAD de lixiviación, las partes del dosificador que se pueden identificar son las siguientes:

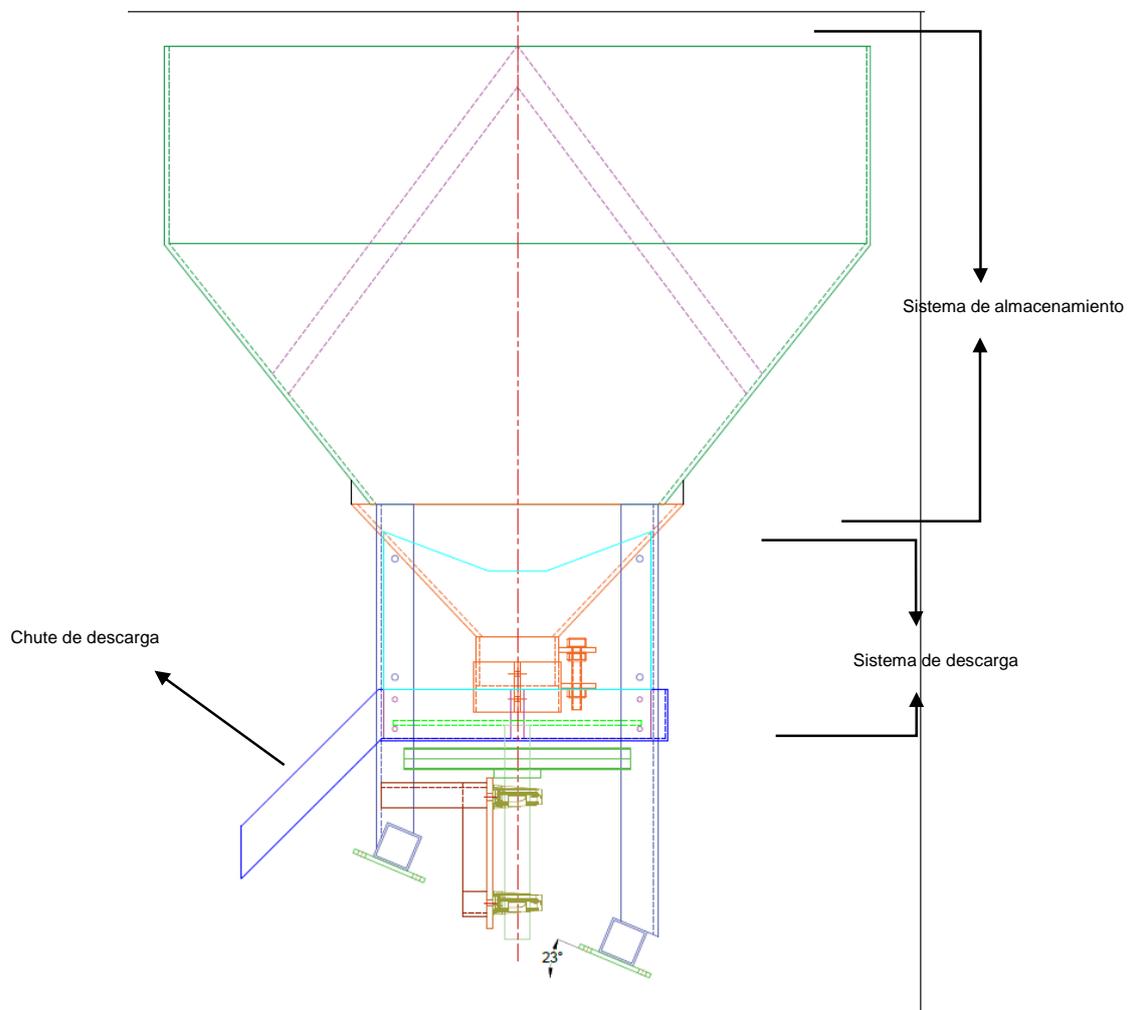


Figura 2. Partes de un dosificador

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

Tipo de investigación:

La presente investigación fue de tipo aplicada, dado que se pretende la aplicación o uso de conocimientos que se han ido adquiriendo. Este tipo de investigación no está dirigido al desarrollo de teorías, pero tampoco se contrapone a ello, sino pretende una aplicación inmediata (Muñoz Rocha, 2015, p. 89) Es así que por su finalidad, esta investigación fue de tipo aplicada, ya que se tomó un problema de una situación real con respecto al vertido de cal sobre el mineral extraído de la mina en la corporación Centauro para posteriormente aplicar mejoras sobre el dosificador de cal.

Nivel: La investigación fue descriptiva, ya que, se hace una descripción de las variables antes de la aplicación de mejoras, mediante el análisis de sus indicadores levantados por semana. Asimismo, esta investigación fue explicativa, ya que relaciona el diseño del dosificador de cal con la mejora en la homogeneidad del vertido de cal sobre el mineral que se transporta en la faja transportadora. Esta clasificación de investigación es la definida por Hernández y Mendoza. (2018), ya que este tipo de estudios se “centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables” (p. 112).

Es longitudinal, dado que las investigaciones de este tipo recolectan datos en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias (Hernández & Mendoza, 2018, p. 149). Esta investigación recolecta información de las variables medidas por sus indicadores por 15 días de operación del dosificador de cal en la unidad minera correspondiente.

Enfoque:

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, que de acuerdo a Hernandez *et al.* (2018), emplea la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4). Esta es cuantitativa, dado que recoge datos

de la producción, niveles de dosificación de la máquina, características del equipo y los procesos.

Diseño de investigación:

De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), “En un diseño experimental, el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula” (p. 130). La manipulación de la variable puede darse en distintos grados, es por ello, que esta investigación se considera **experimental**, ya que se realiza una manipulación ligera de la variable independiente que es el diseño del dosificador de cal para observar los cambios sobre la homogeneidad del vertido de cal. La investigación posee un diseño **experimental puro** dado que se une los dos requisitos establecidos por Hernández y Mendoza (2018, p. 154), quienes indican que se requiere de un grupo de comparación y la equivalencia de los grupos. En este caso, se hará la comparación de dos líneas, la primera considerada como **grupo de control** que es la línea convencional con el dosificador inicial bajo el análisis de todo el sistema de trabajo y la otra línea que vendría a ser el **grupo experimental** que posee el equipo nuevo, de esta manera determinar qué equipo se desarrolla con mejor eficiencia.

3.2. Variables y operacionalización

La operacionalización de las variables se encuentra en el Anexo 2.

Variable Independiente: Diseño e implementación de Dosificador

El diseño de una máquina consiste en una secuencia de actividades que nacen de una necesidad identificada y que mediante el establecimiento de objetivos, criterios y restricciones se desarrolla un nuevo equipo o la modificación de alguno existente, para este procedimiento se toma en cuenta el tipo de material a emplearse, dimensiones, métodos de elaboración y costos (Vanegas Useche, 2018, p. 20). Una vez obtenido el producto se procede con la implementación para controlar su operación.

El proceso de diseño e implementación de un dispositivo metálico y mecánico encargado de rociar la cal sobre el mineral chancado, consta de ciertos parámetros y procedimientos que permiten su diseño y su implementación efectiva.

El dosificador, es un dispositivo metálico y mecánico que se encarga de rociar la cal sobre el mineral chancado proveniente de la chancadora secundaria y que se dirige al Pad de lixiviación.

Dimensiones de la variable: Diseño e implementación de Dosificador

Dimensión 1: Diseño del sistema dosificador

Hegazi (2020), considera que el proceso de diseño de una máquina, por lo general contiene los siguientes pasos: Reconocimiento de las necesidades; definición del problema; síntesis; análisis y optimización; Evaluación y Presentación (p. 1). “Tal proceso debe desarrollarse de forma adecuada y respetando las secuencias de cada fase” (Indrayani et al, 2020, p. 3).

El dosificador cuenta con un sistema de almacenamiento, el cual se encarga de recibir el producto que viene de la línea de producción, con la finalidad de almacenar el producto en su interior hasta antes de ser dosificado.

El sistema dosificador, está constituido por un tornillo Sinfín el cual se acopla por medio de un eje al sistema motor, el cual se encarga de girar el tornillo para que se lleve a cabo la tarea de dosificación en las cantidades preestablecidas.

Volumen geométrico de la Tolva

$$V = \frac{\pi}{12} h (D^2 + dD + d^2)$$

D: Diámetro mayor

d: Diámetro menor

h: altura

π : radio

Volumen de la producción en una vuelta:

$$V_h = \frac{\pi}{4} D^2 S$$

S: Paso del tornillo [cm]

D: Diámetro del tornillo [m]

Potencia del Tornillo Sinfín

$$P_t = P_H + P_N + P_{ST}$$

P_H : Potencia necesaria para el desplazamiento del material.

P_N : Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío.

P_{st} : Potencia necesaria para vencer las resistencias debidas a la inclinación.

Dimensión 2: Procedimiento

El procedimiento en el diseño de las máquinas y equipos engloba todas las operaciones que intervienen, desde la identificación del problema hasta las pruebas del prototipo final, estos procedimientos se dividen en a) Visita a la planta para tomar en conocimiento el diseño actual de equipo, b) análisis de las entradas, salidas y restricciones del proceso o meta, c) Diseño de conceptos, d) desarrollo de prototipos, y e) Evaluación y Elaboración (Somers Gregg, Colton, Matin, & Krupnik, 2020, p. 4).

Se refiere al procedimiento de diseño del dosificador para el cual se aplicará teoría, revisión bibliográfica, precedentes del modelo anterior.

Esta dimensión se analizará a partir de las operaciones que se realizan para el armado

Dimensión 3: Pruebas experimentales

Se realizan prototipos y pruebas para la verificación de funcionalidad, factibilidad y encontrar deficiencias (Norton, 2009, p. 12)

Se refiere al número de pruebas experimentales que deberán llevarse a cabo para obtener el diseño final

Nº de pruebas realizadas

Variable Dependiente: Mejora del vertido de Cal

Llevar a cabo una mejora en el proceso se traduce en la medida que la actual tecnología compite con nuevas opciones que abordan necesidades actuales (Rightor & Tway, 2015, pág. 226). Las mejoras en el vertido de Cal es parte de la unidad de Chancado en un sistema minero, se encuentra sobre la faja transportadora a cierta distancia antes de llegar a la tolva de finos, cumple el papel de verter la cal en el mineral antes de que este llegue al proceso de lixiviación metros más adelante en el Pad de Lixiviación (Meiggs, 2014, p. 10).

La mejora del vertido de cal implica un cambio que influye en el rociado homogéneo de Cal en el material y que cumpla mejor su papel en el PAD de lixiviación.

Dimensiones de la variable: Mejora del vertido de Cal

Dimensión 1: Mineral cubierto

Es la cantidad de mineral cubierto de cal, mineral que es transportado por la faja transportadora hasta la tolva de finos

$$IMC = \frac{MCC}{MCP}$$

IMC: Índice de mineral cubierto

MCC: Metros cúbicos cubiertos en su totalidad

MCP: Metros cúbicos procesados

Dimensión 2: Flujo de Cal

Es la cantidad de cal vertida sobre el mineral crudo transportado por la faja transportadora hasta la tolva de fino.

$$\% = \frac{\textit{Flujo de cal real}}{\textit{Flujo de cal según el diseño}}$$

La operacionalización de las variables se presenta en el Anexo 2.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: De acuerdo con Hernández y Mendoza (2018), “La población conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones” (p. 195).

La población de estudio en esta investigación estuvo conformada por todo el sistema de trabajo que poseen los **dos** dosificadores (línea convencional y línea con el modelo Sinfín).

Muestra: Es “un subgrupo de la población o universo que te interesa, sobre la cual se recolectarán los datos pertinentes, y deberá ser representativa de dicha población” (Hernández & Mendoza, 2018, p. 196).

La muestra es el total de dosificadores, son **dos** dosificadores, uno convencional que sirve como objeto de control y el dosificador de nuevo diseño propuesto en esta investigación (línea convencional y línea con el modelo Sinfín).

Muestreo El muestreo no probabilístico conocido como muestreo dirigido, se realiza mediante un proceso orientado a las características de la investigación y no por un proceso probabilístico (Hernández & Mendoza, 2018, p. 200). El muestreo intencionado es aquel que el investigador considera los elementos de la población que se adecúen a las necesidades de la investigación, se considera al investigador como conocedor del tema, de lo contrario la selección no será representativa (Muñoz Rocha, 2015, p. 171). Esta investigación tiene un muestreo no probabilístico por conveniencia, ya que, se decide recoger la muestra de ambos objetos de estudio (dosificador convencional y Sinfín) en un tiempo determinado (10 min) por 18 días escogidos por la investigadora.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

Las técnicas de recolección de datos para investigaciones cualitativas y cuantitativas son muy variadas, en las que destacan los cuestionarios, pruebas estandarizadas, la observación y análisis de contenido. La observación por su parte tiene el propósito de recolectar información de conductas o procesos sin alterarlos en un registro sistemático (Hernández & Mendoza, 2018, p. 290). La técnica utilizada para recolección de información en esta investigación es la observación, mientras que los instrumentos de recolección de datos son las fichas técnicas las que se muestran en los anexos respectivamente.

Instrumento

El instrumento utilizado para obtener datos de la variable independiente Diseño e implementación de dosificador, son las fichas observación y ficha técnica, que logran describir los datos que se requieren para calcular sus indicadores, las mismas que se encuentran en el Anexo 3. De igual manera para la variable dependiente mejora del vertido de cal, utilizando fichas técnicas que logran obtener datos que cuantifican las dimensiones Mineral cubierto y Cantidad de cal, las que se pueden observar en el anexo 4.

La confiabilidad, es la capacidad del mismo instrumento para producir resultados congruentes de una medición a la siguiente (Bernal, 2016, p. 196). Los instrumentos utilizados para la investigación son confiables, dado que se ciñen a los lineamientos

establecidos por la Universidad y los instrumentos fueron validados mediante el juicio de expertos. El conjunto de características

La validez se refiere a que el instrumento de una investigación es válido cuando este mide aquello para lo cual fue destinado (Bernal, 2016, p. 196).

Con respecto a la validación de los instrumentos se utiliza la validez mediante juicio de expertos, para lo cual, se acude al juicio de tres expertos en ingeniería industrial para la revisión de los instrumentos en aspectos de pertinencia, relevancia y claridad, y así darle la validez correspondiente a cada instrumento utilizado en esta investigación, lo cual es requisito indispensable para una investigación de alto grado de confiabilidad (Hernández & Mendoza, 2018, p. 235), dichas validaciones se encuentran en el Anexo 5.

3.5.Procedimientos

Para realizar el proceso de diseño del dosificador Sinfín, se tomó de referencia el procedimiento de Somers *et al* (2020) quienes diseñaron una maquinaria (sembradora) cuya funcionalidad es la misma que el presente estudio, la dosificación, en el caso de Somers semillas; las propiedades de su diseño fueron la garantía que la porción vertida fuera la necesaria, distribución homogénea del producto, y la calidad de dispersión. El procedimiento adaptado para el diseño del dosificador constó de 6 etapas a)Visita a la planta para tomar en conocimiento el diseño actual de equipo, b) análisis de las entradas, salidas y restricciones del proceso o meta, c) Diseño de conceptos, d) desarrollo de prototipos, y e) Evaluación (p. 4).

- a) Visita a la planta para tomar en conocimiento el diseño actual de equipo. Se describió de manera concisa, los resultados de la observación directa del desempeño del dosificador convencional en la minera Centauro.
- b) Análisis de las entradas, salidas y restricciones del proceso o meta, que constó de conocer el requerimiento de cantidad de cal vertido en este proceso, además de la capacidad que debe tener la tolva, la seguridad y otros parámetros que debe cumplir el dosificador.
- c) El diseño de conceptos se realizó teniendo en cuenta los anteriores parámetros identificados y se estableció dos ideas para arreglar las dificultades en el vertido, ambas ideas fueron confrontadas con ayuda de un

equipo técnico y se estableció que, el Sinfín es el componente que sugiere mayor alcance en de la meta.

- d) Desarrollo de prototipos, se realizó el prototipo del dosificador Sinfín en el taller técnico con material congruente con la idea.
- e) Evaluación, las pruebas se realizaron en 10 días de prendido del Sinfín a 1 hora diaria, lo que fue suficiente para que la empresa minera esté de acuerdo con el diseño y se pase a su implementación en la zona minera.

3.5.1. Identificación del problema que se quiere arreglar

El dosificador convencional tiene un vertido de cal muy poco homogénea producido por el sistema actual de dosificación que consta de un solo disco (figura 3) que se abre en el chute de descarga dejando caer la cal hacia la faja transportadora, sin tener ningún tipo de impulso, absorción o empuje que permita tener mayor control sobre el flujo de cal que cae sobre el mineral, además de ocasionar un apelmazamiento de la cal en la tolva por la falta de dinamismo (figura 4).

El dosificador, como se mencionó, tiene la tarea de verter cal sobre la línea el material que transporte la faja, para que este cuando llegue al PAD de lixiviación contenga cal que ayuda a la obtención del mineral.



Figura 3. Disco de control de vertido en el dosificador convencional

En la figura 3 se puede observar el sistema muy simple con el que contaba el dosificador convencional en la minera Centauro, se trata de un disco, que se abre

o se acerca más a la boquilla de la tolva, para dejar caer mayor o menor cantidad de cal.



Figura 4. Apelmazamiento en la tolva del dosificador convencional

En la figura 4 se observa el apelmazamiento de la cal dentro del dosificador convencional, un problema que se pretende combatir directamente con la idea de diseño de un nuevo dosificador de cal.

3.5.2. Análisis de entradas, salidas y restricciones del proceso o meta

En este punto se describen todos los requerimientos, normas y demás que se deben cumplir para el diseño del dosificador

- **Requerimientos del sistema de Almacenamiento**

Para el proceso fue necesario que se cuente con un sistema de almacenamiento de la cal, para que posteriormente se destine para su dosificación.

Lo que se requiere es evitar los tiempos muertos que genere estar alimentando el sistema para que este no se quede sin el producto durante la dosificación.

Para una operación continua de 10 horas de trabajo (una guardia). Si se tiene en cuenta que el flujo debe ser constante y de 250 kg/h de cal. En 10 horas se necesita adicionar: $(250 \text{ kg/h}) \times (10 \text{ h}) = 2500 \text{ kg}$

Por lo tanto, se definió que la tolva debía tener una capacidad de 2.5 toneladas.

Para el diseño también se debe considerar que la forma del sistema debe permitir la caída del producto, para que se evite el cúmulo en sus paredes. Por lo tanto, se determina que para el sistema de almacenamiento se cuente con una tolva.

Se debe considerar en el análisis el diseño de una estructura, acorde con las dimensiones de la tolva para que sea el soporte del sistema, el material debe ser capaz de contener el sistema.

- **Diseño y Selección del Sistema Dosificador**

El dosificador debía cumplir con los siguientes requerimientos con respecto al sistema del dosificador

- No debe alterar la composición química de la cal.
- Garantizar un movimiento continuo con resultado homogéneos sobre el mineral 200- 250 kg /hora
- Debe ser demontable para su mantenimiento

- **Resistencia de la estructura**

La resistencia de dichos factores que se adjunta en la propiedad de estos elementos mecánicos depende de la elección de material para la construcción de las estructuras del dosificador de CAL.

Son varios procesos de trabajo en estructuras metálicas que determina el tipo de material a implementar en dicho equipo.

- **Factor de la Seguridad del equipo**

Respecto del factor de seguridad nos permite definir una relación entre la resistencia requerida para el funcionamiento de la tolva y dosificadora de cal, y la buena resistencia que fue calculada para dicha fabricación del equipo, para determinar el factor de ser igual o mayor a 1, esto nos permitirá evitar fallas en los elementos de funcionamiento del equipo a diseñar.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Resistencia real}}{\text{Resistencia requerida}}$$

3.5.3. El diseño

A partir de los requerimientos identificados, el diseño constó de incorporar un Sinfín, en la zona del sistema de descarga para atraer la cal que se encuentra en la tolva

de una forma más pareja y uniforme. El diseño del prototipo como tal se encuentra en el anexo 7.

El diseño constó de dos partes importantes, el diseño de la tolva y el diseño del Sinfín.

3.5.3.1. Diseño de la tolva

Como se presentó en los requerimientos esta tolva debe tener una capacidad de 2500 kg de cal en polvo. Para lo cual se realiza los cálculos correspondientes a las dimensiones de la tolva, que deben cumplir con el volumen requerido.

Tabla 2. Cálculo del volumen de la tolva

CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LA TOLVA DE CAL	
VOLUMEN DE LA PARTE CÓNICA	
AREA 1	1.99 m ²
L1	1.41 m
AREA 2	0.046 m ²
L2	0.152 m
L3	0.31 m
ALTURA	1.30 m
VOLUMEN	1.01 m ³
VOLUMEN DE LA PARTE CUADRANGULAR	
L1	1.41 m
L2	1.41 m
h1	0.75 m
VOLUMEN	1.49 m ³
VOLUMEN TOTAL DE LA TOLVA DE CAL	
Vt	2.50 m³
PESO CAL	2.78 ton

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la tabla 2 se puede observar las dimensiones que debe tener la tolva para cumplir con el volumen volumétrico de 1.49m³ y la capacidad de aguantar 2.5 toneladas, en este caso, gracias al diseño planteado de la tolva, puede aguantar hasta 2.78 toneladas de cal.

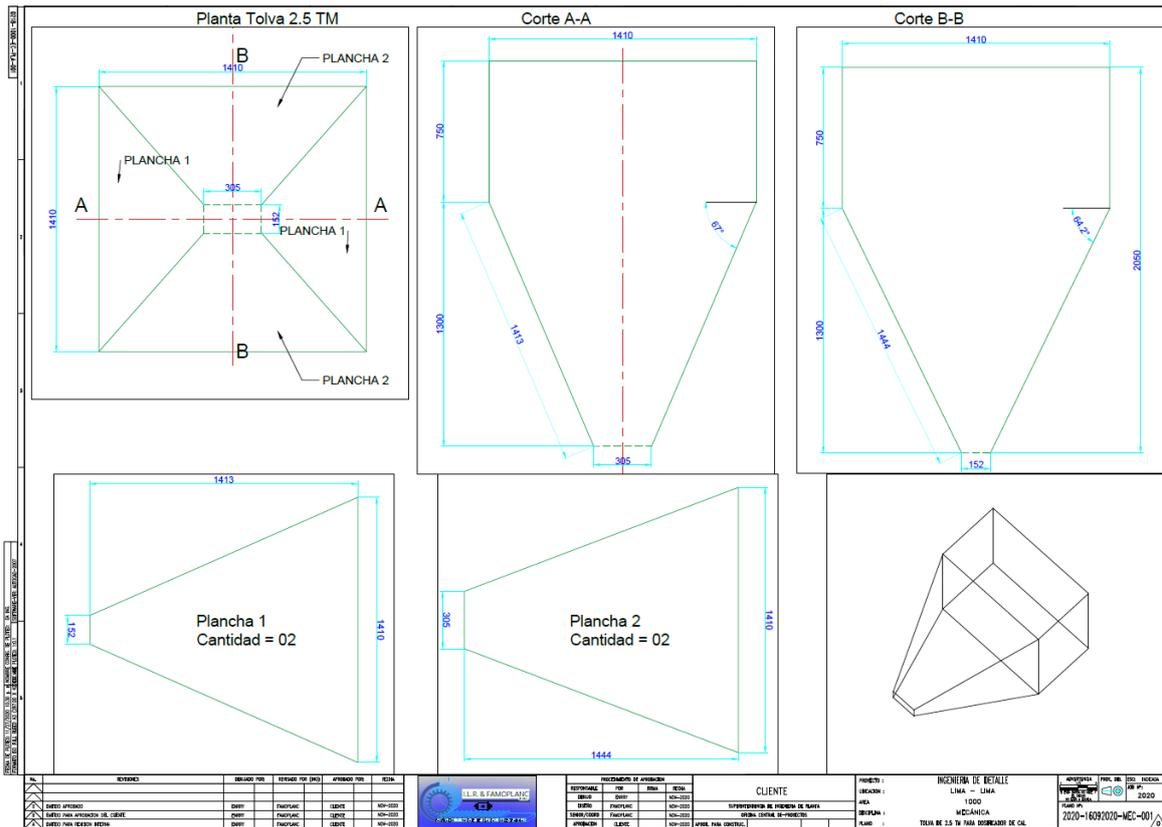


Figura 5. Diseño de la tolva del dosificador Sinfín

En la figura 5 se muestra el diseño de la tolva del dosificador Sinfín, que cumple con todos los requerimientos mencionados y con las especificaciones del diseño mencionados en la tabla 2.

Esta figura demuestra la importancia de que la tolva tenga un ángulo considerable, para que sea más sencillo que la cal resbale hasta la boquilla de la tolva

La parte cuadrangular tiene las siguientes dimensiones: 1.41m X 1.41m X 0.75m.

Esto nos da un volumen de 1.49 m³. La parte pirámide trunca tiene una Base mayor de área 1.41m x 1.41m = 1.99 m² y una Base menor de área: 0.152m X 0.305m = 0.046 m². Altura entre las bases mayor y menor de 1.3m. Por lo tanto, la capacidad de la parte piramidal es de:

$$\frac{1.3}{3} \times (1.99 + 0.046 + \sqrt{1.99 \times 0.046}) = 1.01 \text{ m}^3$$

En la siguiente figura 6 se muestra las especificaciones de diseño de la tapa de la tolva, como, la vista frontal de la tolva en la zona de la tapa, la que cumple el papel de salvaguardar la cal de las inclemencias del clima en la zona minera.

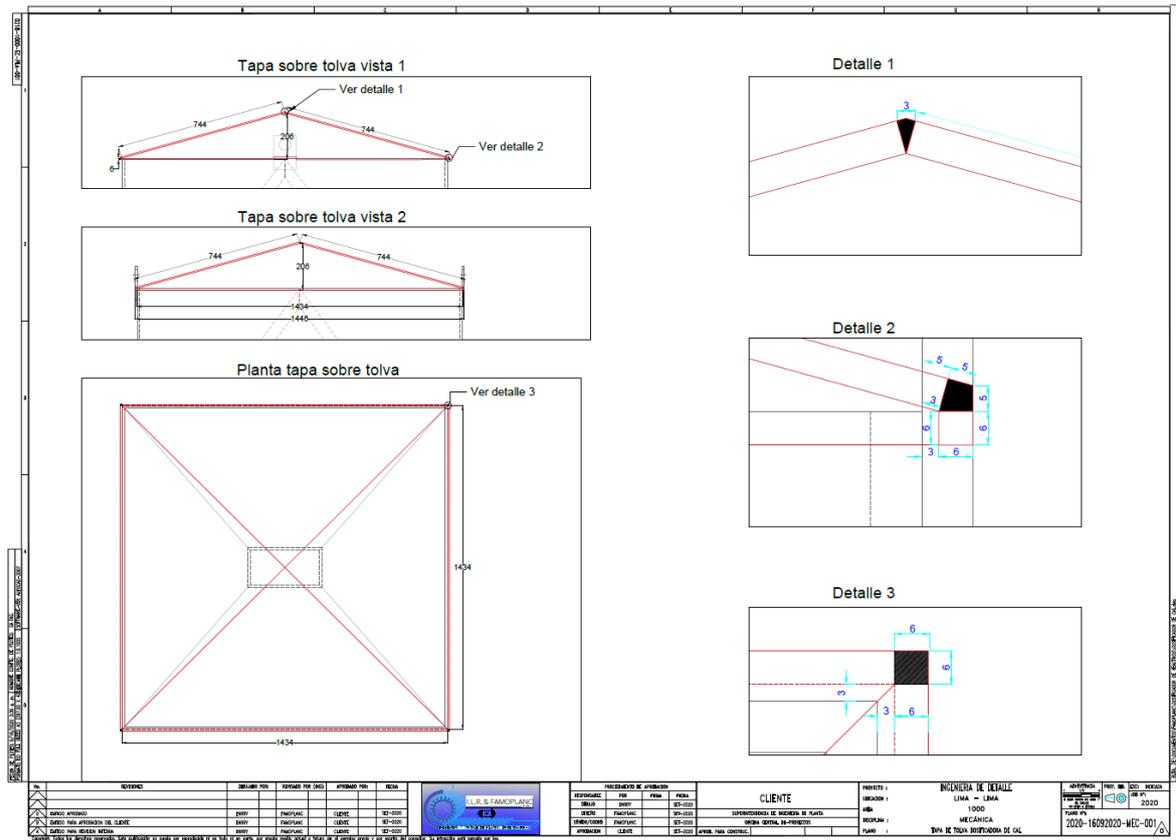


Figura 6. Diseño de la tapa tola del dosificator Sinfín

Un equipo complementario a la tola es la estructura que sirve de soporte, que debe colocar a la tola a una altura considerable (2.6 metros) para que la cal solo caiga por gravedad desde el Sinfín hasta la faja transportadora mediante un conducto.

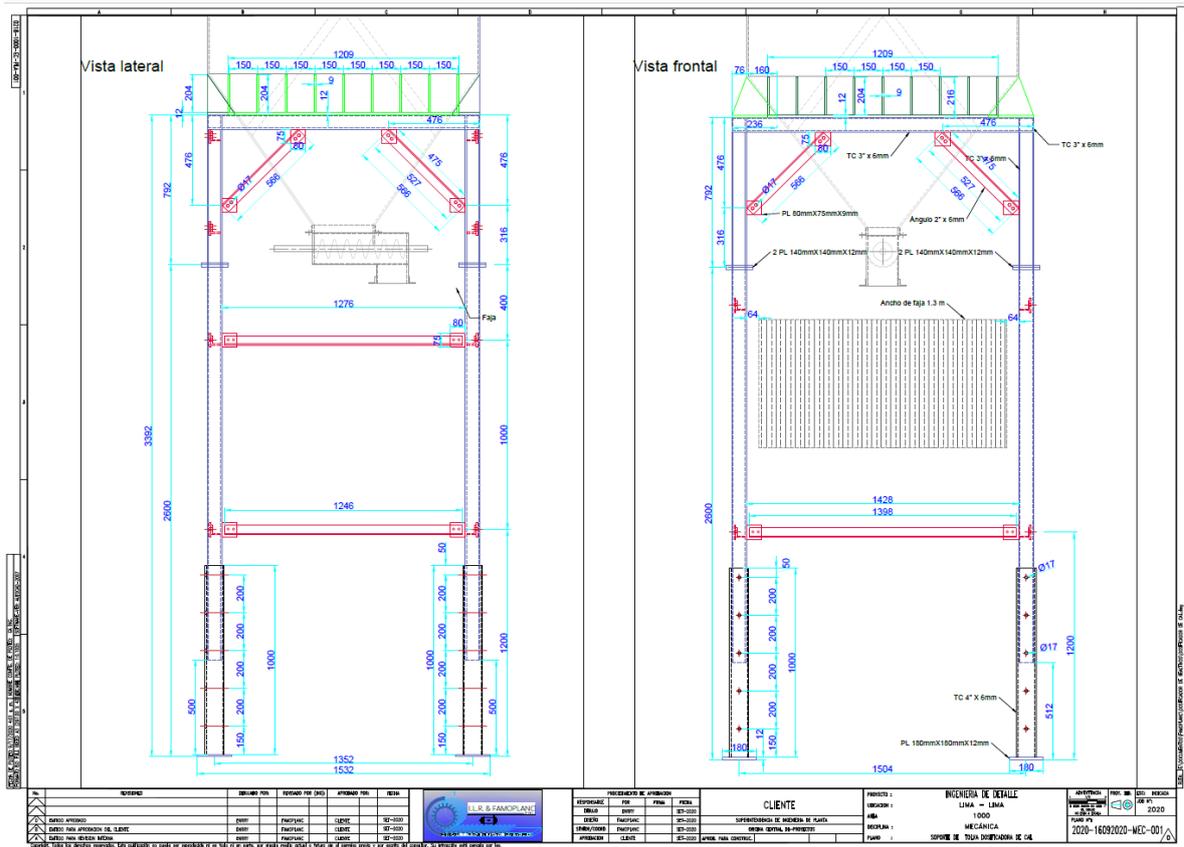


Figura 7. Diseño del Soporte de la Tolva

La figura 7 muestra la vista frontal de la tolva y la estructura sobre la cual debe estar puesta para que cumpla con el papel de dejar caer la cal sobre el mineral que va corriendo sobre la faja transportadora, esta estructura tiene un ancho de 1.504 metros y una altura de 2.6 metros.

3.5.3.2. Diseño del Sinfín

A partir de los requerimientos planteados y el diseño de la tolva ya propuesta en el punto anterior, se hizo el diseño del Sinfín, que consta de las siguientes dimensiones.

Tabla 3. Diseño del Sinfín

DATOS DE TRANSMISIÓN	
Giro del motor	1750 RPM
RPM reductor	8 RPM
RATIO	218.8 Adimensional
% reducción variador	20% %
Máximo a reducir:	1400 RPM motor
RPM máx. reducido	6.40 RPM red

1 Área del Sinfín (m2)	
D gusano	0.11 m
D eje	0.032
A	0.009 m2
2 Densidad aparente de la cal (a granel)	
ρ	0.6 ton/m3
4 Paso del Sinfín	
p	0.1 m

5 Velocidad flujo de material Kg/h, máximo	
RPM eje	8 RPM
Factor corrección	1 Adimensional
m	251 kg/h
6 Velocidad flujo de material Kg/h mínimo	
RPM eje	6.40 RPM
m	130 kg/h

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Debido a que las exigencias de la mina indican que el dosificador debe ser capaz de verter de 200 a 250 kg por hora, el Sinfín debe contar con las medidas e indicaciones técnicas que muestra la tabla 3. Con las dimensiones y tecnicidad propuestas el Sinfín tuvo la capacidad de verter 251 kg/h, alcanzando así la meta de requerimiento.

Por lo tanto, el tornillo Sinfín es alimentado por un motor de 1750 Revoluciones por Minuto, el cual se determinó como idóneo para generar movimiento en el tornillo, permitiendo una velocidad de la cal de 251 kg/h.

Con todas las especificaciones anteriores, el diseño 2D del Sinfín vendría ser el que muestra la figura 8.

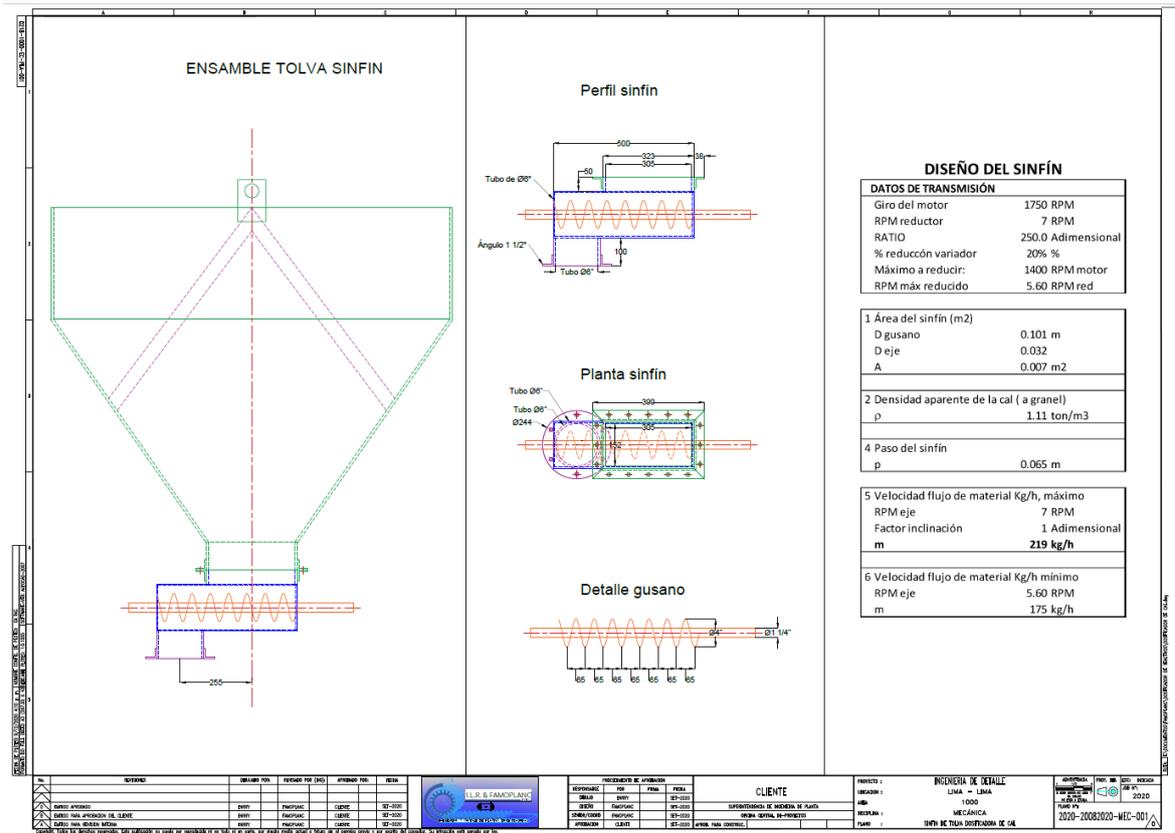


Figura 8. Diseño de tornillo “Sinfin”

3.5.3.3. Diseño completo

Concretando el diseño de ambas partes del dosificador, se presenta en conjunto el diseño del dosificador Sinfín, en la figura 9, se plasma en un gráfico 3D el diseño del dosificador Sinfín completo

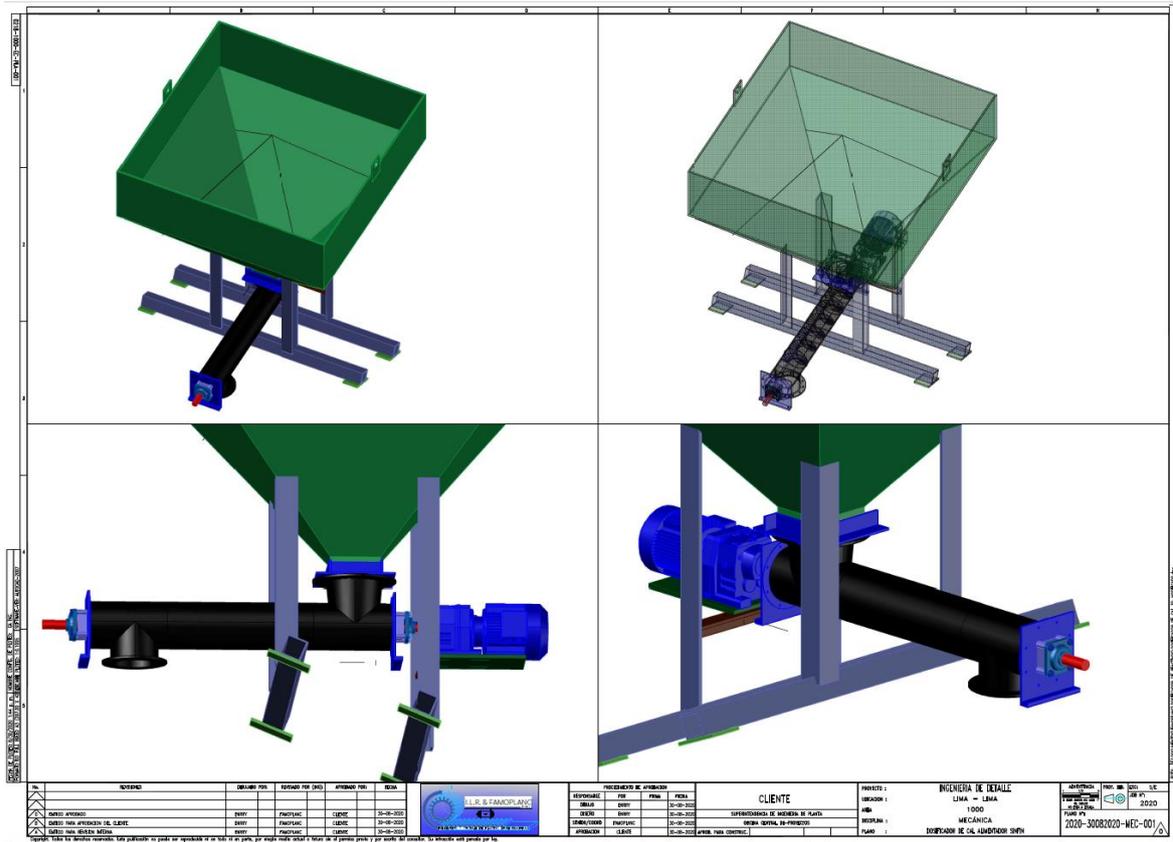


Figura 9. Diseño 3D del dosificador Sinfín

3.5.4. Construcción de prototipo

Para la construcción del prototipo se especifican los requerimientos de material y el proceso de armado

3.5.4.1. Especificaciones del material

Se presenta el material que ingresó para la construcción del dosificador Sinfín

Tolva

- La parte superior de la tolva lleva plancha de 3/16”.
- La parte cónica de la tolva lleva plancha de 1410 x 1018 x 3/16” de espesor.
- La tolva lleva 4 soportes, como patas de apoyo con ángulos de 3”x3” x 3/8” de espesor.
- Lleva un sombrero chino de una lámina galvanizado de 1.5 de espesor para cubrir de la lluvia
- Lleva una brida en la parte del cono del tanque para empalmar con el tubo inoxidable de 6”.

- Lleva una base con ángulos de 21/2" x 21/2" para el soporte para el motorreductor

Tubo de descarga

Tubo inoxidable de 6" x 6mm de espesor x 70 cm de largo.

Motor

- Lleva un motor reductor coaxial siti, con eje de 30 mm – con motor de 1.0 Hp marca DELCROZA, con 12 RPM de salida.
- Lleva un mecanismo SINFÍN, de acero inoxidable conectado con un motorreductor.
- El SINFÍN llevará un diámetro de 3"3/4" con 12 RPM.

Variador

- el variador se reduce el RPM un aproximado el 40% menos.
- También lleva un tubo de descarga de 10 cm al finalizar del SIN-FIN.
- También llevar un chute para la recepción de la descarga de cal del SINFÍN.

3.5.4.2. Armado del dosificador Sinfín

En este punto se describe el proceso de armado

Armado de Tolva

- Para la parte cuadrada de la tolva se preparó todas las planchas que iban a ser utilizadas en la parte de la tolva y la parte cónica con plancha de material A-36 de 1/4"
- Se armó toda la estructura con los materiales preparados para luego ser soldado con soldadura 7018 de 1/8" en proceso SMAW.
- También dentro de la tolva se colocó una punta triangular que sirve para que rompa los sacos de cal sólido.

Armado del Sinfín

- Se fabricó en torno a un eje de 1/4" x 500 mm
- Se fabricó el sistema helicoidal cortando discos de plancha inoxidable
- Se realizó el alargamiento para darle forma del modelo SINFÍN
- Se fabricó un tubo con dos tapas para la instalación del SINFÍN, lo cual en ambas tapas llevan 4 agujeros para la colocación de 2 chumaceras de pared,

que cumplen la función de trabajar como rodamientos lo cual trabaje el mecanismo SINFÍN.

- Se fabricó un adapter tipo bocina para acoplar el eje del SINFÍN con el eje del motorreductor

Fabricación de base para motor reductor:

- Se fabricó una base de motor con ángulos de $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{4}$ " de espesor más una plancha de $\frac{1}{4}$ " x 300 mm para soporte del motor reductor.

Montaje de las estructuras de la tolva y sinfín

- Al finalizar las fabricaciones de toda los componentes y partes del dosificador de cal, se realizó el armado total para las pruebas a realizarse en el taller de Famoplanc
- Son tres pruebas realizadas para la conformidad y traslado a unidad y montaje del equipo dosificador en campo



Figura 10. Dosificador Sinfín Armado

La figura 10 muestra el dosificador armado, sobre el cual, antes de ser pintado, se hicieron pruebas, las que se especifican en el siguiente punto



Figura 11. Tornillo Sinfín

La figura 11 muestra el tornillo sinfín el que va conectado a la boquilla de la tolva para accionar el vertido de cal. Este se puede observar cubierto por plástico en la figura 10.

3.5.5. Análisis

Para el análisis, se hizo trabajar el dosificador por 10 días a 1 hora diaria. Para ello en cinco días se llenó la tolva a la máxima capacidad y luego por cinco días se llenó muy poco, para observar el desempeño del sinfín. El cronograma de pruebas se observa en la siguiente tabla.

Tabla 4. Análisis en el taller antes de enviar el dosificador

Día	Cantidad de cal en la tolva	Hora de análisis	Resultados
1	2500 kg	7 am - 8am	Positivos
2	2500 kg	10 am - 11 am	Positivos
3	2500 kg	1 pm - 3 pm	Positivos
4	2500 kg	5pm - 6pm	Positivos
5	2500 kg	9pm - 10 pm	Positivos
6	300 kg	7 am - 8am	Positivos
7	300 kg	10 am - 11 am	Positivos
8	300 kg	1 pm - 3 pm	Positivos
9	300 kg	5pm - 6pm	Positivos
10	300 kg	9pm - 10 pm	Positivos

FUENTE: EN BASE AL ESTUDIO DE CAMPO

En la tabla 4 se muestra el nivel de cal que se le puso a la tolva para las pruebas haciendo variar entre 2500 kg y 300 kg, que son la capacidad máxima y mínima. Esto, para evaluar cómo se desempeña el sinfín, cuando la tolva está llena y cuando falta verter los últimos kilogramos de la tolva. Asimismo, se hace variar la hora de las pruebas, ya que, la temperatura podría ser un factor importante, sin embargo, los resultados en cualquier situación fueron positivos.

Este análisis sirvió como precedente al desempeño que tendría en la puesta en marcha en la minera, que a su vez, sirvió para la aprobación del producto por parte de la minera. En la siguiente figura se muestra algunos fragmentos de cuando se realizaron estas pruebas en el taller.



Figura 12. Imágenes del análisis del vertido en el taller

La figura 12 muestra la zona de descarga del dosificador de cal, cuando este vierte la cal, durante las pruebas en el taller antes de mandarlo a la minera Centauro.

3.5.6. Instalación y funcionamiento

Para la instalación del dosificador de cal, se requirió el transporte hasta la zona minera y allí el montaje con ayuda de equipo minero. En la siguiente figura se puede observar el montaje del dosificador sobre la faja transportadora que transporta el mineral.



Figura 13. Instalación del dosificador Sinfín en la minera Centauro

Para la puesta en marcha y funcionamiento del dosificador de cal modelo Sinfín se prende el motor y acciona el sinfín, para que comience el vertido de la cal sobre el mineral. En la siguiente figura se muestran capturas del dosificador de cal modelo Sinfín cuando comienza su desempeño en el proceso minero.



Figura 14. Funcionamiento del dosificador Sinfín en la empresa minera centauro

La figura 14 muestra como el dosificador modelo Sinfín funciona sobre la faja que transporta el material minero, dejando caer sobre el material, la cal en forma de polvo blanco.

Entonces el procedimiento de aplicación de esta investigación se dividió en cuatro etapas.

Primero, la etapa del diagnóstico, en la que se inició con la observación de la realidad de la empresa, identificándose el problema en el vertido de cal en el proceso minero y sus causas, para ello se elaboró el diagrama de pescado o causa efecto. Una vez que se ha reconocido la necesidad y definido el problema, se procede a la siguiente etapa.

Segundo, la etapa del diseño, que abarcó los recursos que serían necesarios para el diseño, los requerimientos de los componentes de acuerdo a las normas nacionales e internacionales y la elaboración del diseño de la maquinaria de acuerdo a los manuales.

Para el diseño se consideró dos características:

Tercero, la presentación de la propuesta para su revisión y aprobación. **Cuarto**, se lleva a cabo la implementación de la propuesta, y se realiza las inspecciones correspondientes para verificar su correcto funcionamiento. **Por último**, se lleva a

cabo la evaluación del diseño técnico para verificar que el dosificador de cal se encarga de verter la cal de una manera más homogénea.

3.5.7. Análisis económico

Para determinar el costo de fabricación del dosificador Sinfín se tomó en cuenta precios de materiales de proveedores, además se considera los costos de instalación y elaboración de la estructura de la base metálica con vigas H que es el soporte del dosificador. Los costos son detallados en la Tabla 5, en base al cálculo se tiene un costo para la elaboración del dosificador de \$3,588.41 y del variador de velocidad 2 HP de \$ 313.38, así como los costos de fabricación e instalación de la base metálica con vigas H de 10 x 10 que ascendieron a \$4,200.00, en total más IGV, el costo fue de \$ 9,560.11.

Los costos fueron calculados en base al dimensionamiento y requerimiento de las características del diseño del dosificador, los cuales son detallados en los planos presentados en el Anexo 7 de la presente investigación.

Tabla 5. Costo de Elaboración e Instalación del Dosificador Sinfín

Item	Material	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total (\$)
1	Plancha A-36 de 1410mm x 1410 mm x 750 mm 3/16"	cm2	0.64	819.26	524.33
2	Plancha de 1410 mm x 1410 mm con altura de 1300 mm X3/16" de espesor con ángulo de inclinación de 64.2°	cm2	0.25	819.26	204.82
3	Soporte con ángulos de 3"X3"X3/8" de espesor	unidad	4.00	15.00	60.00
4	Lámina galvanizada(sombrero chino) de 1.5" de espesor	cm2	0.15	2497.00	374.55
5	Brida de platina de 11/4" x 11/4"	unidad	4.00	98.00	392.00
6	Base (soporte de motorreductor)con ángulos de 21/2"X21/2"	cm2	0.10	819.26	81.93
7	Motorreductor coaxial siti, con eje de 30 mm- motor 1.0 Hp marca DELCROZA, con 12 RPM de salida	unidad	1.00	388.00	388.00
8	Mecanismo Sinfín, de acero inoxidable de 3"3/4" con 12 RPM	unidad	1.00	1310.00	1310.00
9	Chute para recepción de descarga	unidad	1.00	145.23	145.23
10	Brida rectangular	unidad	4.00	26.89	107.56
11	Variador CIMR VU4A0004FAA 2 HP 380/480, marca Yaskawa, modelo V1000	unidad	1.00	313.38	313.38
					3901.79
Instalación					
13	Estructura con vigas H de 10x10 de molino 4.5x4.5	unidad	4.00	10.56	42.24
14	Planchas de 30 cm x 40 cm 3/4	cm2	8	250.00	2000.00
15	Perno de 1 1/8	unidad	2	3.00	6.00
16	Base nueva del molino de 4.5 x 4.5	cm2	1.00	980.00	980.00
17	Instalación, calibración y nivelación	horas/hombre	22	53.26	1171.76
					4200.00
SUB TOTAL					8101.79
IGV (18%)					1458.32
TOTAL					9560.11

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para el cumplimiento de los objetivos específicos del estudio, se logra concretar el diseño del Dosificador Sinfín que tiene la capacidad de producción de 146-251 kg/h en una vuelta.

Para efectos de análisis del mejoramiento del Dosificador, se cuantificará el valor que representa la implementación del nuevo diseño para la empresa minera.

Análisis Costo Beneficio:

- Liberación de recursos: Representa los costos que se ven reducidos o eliminados ante la implementación del nuevo diseño, estos costos pueden ser medidos por el Flujo de Cal producido por hora, ya que con el Dosificador

convencional el flujo de cal oscilaba entre 80-100 kg/h, a diferencia con el nuevo diseño Sinfín que incrementó el volumen de producción a 146-251 Kg/h . Por lo tanto, antes de la implementación del Sinfín, existía un retraso en tiempos de producción debido a los bajos niveles de Flujo de Cal, lo cual representa un costo por tiempo de demora para la Empresa que es restringido por la baja capacidad de producción del Dosificador.

- Excedente del Productor: Es cuantificado en la generación de mayor valor agregado en la producción. Representado por el Índice de Mineral Cubierto, el cual en un inicio era de 86.3 con el nuevo diseño fue de 93.3, por lo que se tiene un incremento del 8%, que representa la ampliación de niveles de producción en relación con el aumento de mineral cubierto.
- Externalidades: Consta de beneficios a terceros, como la generación de empleo a personas ajenas al proceso productivo de la empresa minera, puesto que el costo de elaboración e instalación del nuevo Dosificador genera trabajo y compra de materiales que ascienden a la suma de \$9560.11.

3.6. Método de análisis de datos

En esta investigación se realizó un análisis de los datos del dosificador Sinfín y el convencional, mediante una descripción con gráficos comparativos y tablas descriptivas. En adición, ya que también se realiza un análisis explicativo, se realiza un análisis **inferencial** mediante el paquete estadístico SPSS, con el fin de estimar y contrastar la hipótesis, para ello es necesario el uso de métodos estadísticos inferenciales que parten desde el establecimiento de las hipótesis que por su característica pueden de ser rechazadas o aprobadas mediante pruebas estadísticas, se considera para el proyecto si se tratara de una distribución normal utilizar la Prueba de T de Student, si no fuera el caso se emplea la Prueba de Wilcoxon, con el fin de comparar las medias para reconocer si las hipótesis planteadas son aceptadas o rechazadas, concluyendo los resultados en base a las reglas de decisión.

3.7. Aspectos Éticos

El investigador cree y practica en la integridad científica, por ello se tiene un apego a los principios éticos con prácticas responsables como la honestidad y responsabilidad en el desarrollo de la investigación, desde la propuesta, progreso y reportación de los resultados.

Así también, el estudio hace uso consentido de los datos por parte de la minera, ya que, se pidieron los permisos correspondientes, tanto a la corporación minera Centauro, como a la empresa encargada de armar el diseño técnico de las mejoras en el dosificador de Cal, dicha autorización se encuentra en la página 99 de la presente investigación. Asimismo, se recalca la confiabilidad de la información mediante el análisis de plagio con el programa turnitin.

IV. RESULTADOS

4.1. Análisis comparativo del dosificador modelo convencional y modelo Sinfín

Tabla 6. Comparativo del diseño del dosificador convencional y el modelo Sinfín

Diseño	Convencional	Sin fin
Volumen Geométrico de la tolva	2.7 m ³	1.43 m ³
Volumen de la producción en una vuelta	80-100 kg/h.	146-251 kg/h
Potencia del tornillo	No contiene	motor 1.0 hp

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la tabla 6 se puede observar que, si bien la capacidad de la tolva es la misma, ya que es y ha sido reglamento de la mina centauro que el dosificador pueda trabajar por 10 horas diarias vertiendo 250 kg/hora, se puede observar que el volumen de cal que se logra verter con el dosificador convencional es menor que el que puede verter el dosificador de modelo Sinfín. El convencional vierte una cantidad de 80-100 kg/h y el dosificador de modelo Sinfín vierte 146-251 kg/hora. También se puede observar que el modelo convencional no tiene potencia, ya que no está conectado a un motor, mientras que el Sinfín está conectado a un motor de 1.0 hp de potencia.

4.1.1. Variable Dependiente: Mejora de Vertido de Cal

En este punto se pasa a comparar el vertido de cal con el dosificador convencional y dosificador Sinfín. Para dicha comparación se describen las dimensiones de la variable dependiente con los indicadores planteados en la matriz de operacionalización, que son Índice de mineral cubierto y Flujo de cal.

A. Mineral Cubierto

El mineral cubierto es el mineral que va pasando por la faja transportadora.

$$IMC = \frac{\text{Metros cúbicos cubiertos en su totalidad (MCC)}}{\text{Metros cúbicos procesados (MCP)}}$$

Tabla 7. Mineral cubierto con el dosificador convencional

	N°	Fecha	MCC	MCP	Índice de mineral cubierto %	Estadísticos descriptivos
Convencional	1	1/03/2021	46	54	85.2	Media: 86.3
	2	2/03/2021	46	54	85.2	
	3	3/03/2021	48	54	88.9	
	4	4/03/2021	46	54	85.2	
	5	5/03/2021	49	54	90.7	
	6	6/03/2021	46	54	85.2	
	7	7/03/2021	48	54	88.9	
	8	8/03/2021	45	54	83.3	
	9	9/03/2021	46	54	85.2	
	10	10/03/2021	45	54	83.3	Desviación estándar 2.40177
	11	11/03/2021	48	54	88.9	
	12	12/03/2021	45	54	83.3	
	13	13/03/2021	49	54	90.7	
	14	14/03/2021	46	54	85.2	
	15	15/03/2021	47	54	87.0	
	16	16/03/2021	45	54	83.3	
	17	17/03/2021	47	54	87.0	
	18	18/03/2021	47	54	87.0	
Sinfin	1	1/03/2021	50	54	92.6	Media: 93.3
	2	2/03/2021	48	54	88.9	
	3	3/03/2021	52	54	96.3	
	4	4/03/2021	52	54	96.3	
	5	5/03/2021	51	54	94.4	
	6	6/03/2021	52	54	96.3	
	7	7/03/2021	50	54	92.6	
	8	8/03/2021	50	54	92.6	
	9	9/03/2021	52	54	96.3	
	10	10/03/2021	52	54	96.3	Desviación estándar:2.55
	11	11/03/2021	49	54	90.7	
	12	12/03/2021	48	54	88.9	
	13	13/03/2021	52	54	96.3	
	14	14/03/2021	49	54	90.7	
	15	15/03/2021	50	54	92.6	
	16	16/03/2021	49	54	90.7	
	17	17/03/2021	50	54	92.6	
	18	18/03/2021	51	54	94.4	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la tabla 7 se muestran las observaciones en cuanto a los metros lineales de mineral que se logró cubrir con el dosificador de cal modelo convencional y modelo Sinfin, estas son observaciones de cada día que se fue a observar el desempeño de ambos dosificadores, cada uno tiene la fecha y el total de mineral que fue

corriendo sobre la faja y los metros que se llegó a cubrir con cal de manera satisfactoria.

Esta comparación se puede observar de manera más concreta y dinámica en la siguiente figura

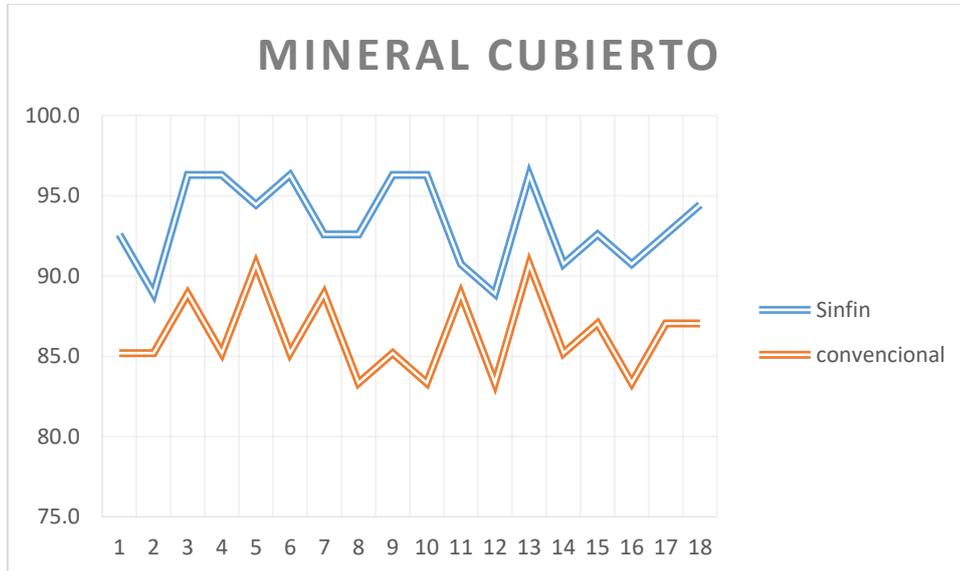


Figura 15. Comparativo del mineral cubierto con el dosificador convencional y Sinfin

La figura 15 muestra el comparativo de los metros de mineral cubiertos satisfactoriamente con el dosificador convencional y el modelo Sinfin, hallando una clara mejora el con dosificador propuesto.

- Flujo de Cal

El siguiente indicador por evaluar y comparar para ambos dosificadores es el cumplimiento del flujo de cal que tiene el diseño. Estos se midieron con el flujo de cal que realmente vertían y flujo de cal que se esperaba que vertieran.

$$\% = \frac{\text{Flujo de cal real}}{\text{Flujo de cal según el diseño}}$$

Tabla 8. Flujo de cal con el dosificador convencional

	N°	Fecha	Flujo de cal real (kg/h)	Flujo de cal del diseño (kg/h)	%	Estadísticos descriptivos
Convencional	1	1/03/2021	95	120	79.2	Media:73.7
	2	2/03/2021	81	120	67.5	
	3	3/03/2021	85	120	70.8	
	4	4/03/2021	81	120	67.5	
	5	5/03/2021	84	120	70.0	
	6	6/03/2021	81	120	67.5	
	7	7/03/2021	91	120	75.8	
	8	8/03/2021	100	120	83.3	
	9	9/03/2021	91	120	75.8	
	10	10/03/2021	85	120	70.8	Desviación estándar: 5.2421
	11	11/03/2021	94	120	78.3	
	12	12/03/2021	100	120	83.3	
	13	13/03/2021	96	120	80.0	
	14	14/03/2021	91	120	75.8	
	15	15/03/2021	84	120	70.0	
	16	16/03/2021	85	120	70.8	
	17	17/03/2021	85	120	70.8	
	18	18/03/2021	82	120	68.3	
Sinfin	1	1/03/2021	197	250	78.8	Media:88
	2	2/03/2021	229	250	91.6	
	3	3/03/2021	242	250	96.8	
	4	4/03/2021	191	250	76.4	
	5	5/03/2021	210	250	84.0	
	6	6/03/2021	207	250	82.8	
	7	7/03/2021	236	250	94.4	
	8	8/03/2021	227	250	90.8	
	9	9/03/2021	232	250	92.8	
	10	10/03/2021	199	250	79.6	Desviación estándar: 6.2758
	11	11/03/2021	215	250	86.0	
	12	12/03/2021	236	250	94.4	
	13	13/03/2021	220	250	88.0	
	14	14/03/2021	239	250	95.6	
	15	15/03/2021	221	250	88.4	
	16	16/03/2021	217	250	86.8	
	17	17/03/2021	239	250	95.6	
	18	18/03/2021	202	250	80.8	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La tabla 8 se muestran el historial de flujo de cal vertido realmente por los dosificadores en su puesta en marcha, en su desempeño dentro de la minera.

El dosificador convencional consentía dentro de su diseño el vertido de 120 kg/hora, aunque este no era tan exacto, ya que, al ser un modelo muy convencional el

fabricante no respondía por los valores reales del vertido de cal. El diseño del dosificador de modelo Sinfín tiene la capacidad de verter 250 kg/hora, sin embargo, y suponiendo que pasaría, el flujo de cal no fue homogéneo como fue planteado en el diseño, aun así, el flujo de cal del modelo Sinfín es mayor en proporción y en cumplimiento con el diseño que el dosificador de modelo convencional.

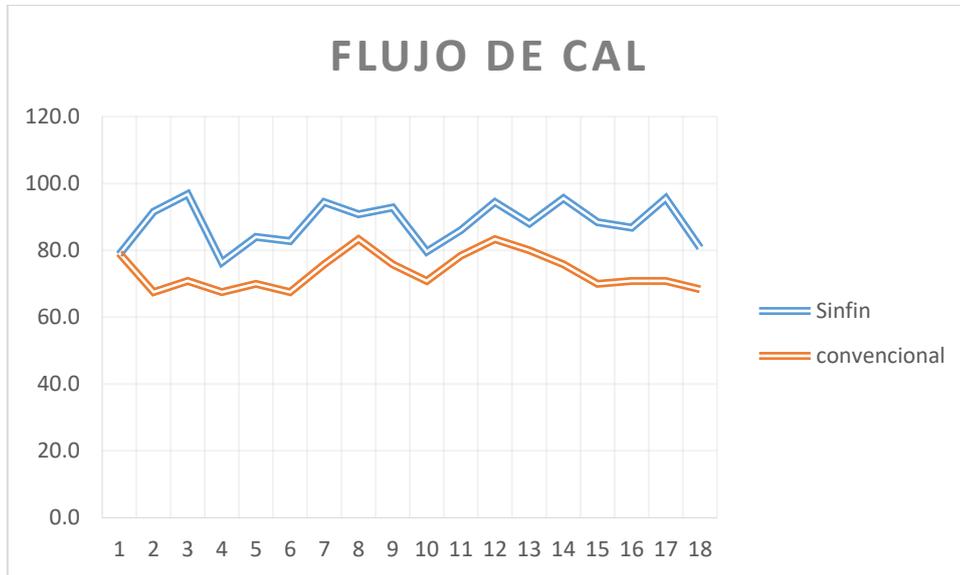


Figura 16. Comparativo del flujo de cal con el dosificador convencional y el Sinfín

En la figura 16 se puede observar un claro comparativo del flujo de cal con el dosificador de modelo convencional y modelo Sinfín. Dejando en claro que, en cuanto a este indicador el dosificador de modelo Sinfín es mejor que el modelo convencional.

4.2. Prueba de hipótesis

Para contrastar las hipótesis de investigación planteadas en la introducción, se realiza una comparación de medias con los datos obtenidos de las dimensiones de la variable dependiente Flujo de cal, los cuales, convertidos en promedios, indican los valores de la variable dependiente.

Para este proceso se utilizó primero el análisis de normalidad de los datos de cada dimensión y variable dependiente, para luego, dependiendo de este resultado, realizar la prueba estadística de comparación de medias con la prueba T de Student o prueba no paramétrica de Wilcoxon.

4.2.1. Hipótesis General

Con el fin de contrastar la hipótesis general se realiza primero el análisis de normalidad de los datos de la variable dependiente “Vertido de cal” con la siguiente regla de decisión

- Si sig. ≤ 0.05 , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico
- Si sig. > 0.05 , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 9. Prueba de normalidad de los datos de la variable “Vertido de cal”

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Vertido de cal (convencional)	,119	18	,200*	,932	18	,214
Vertido de cal (Sinfín)	,091	18	,200*	,981	18	,957

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Ya que, ambas “Vertido de cal con dosificador convencional” y “Vertido de cal con dosificador Sinfín” tienen una distribución normal, se realiza la contrastación de la hipótesis general con la prueba de comparación de medias de dos muestras relacionadas de T de student.

Contrastación de hipótesis general

H₀: El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín no mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro

H_a: El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro.

Para lo cual, se plantea la siguiente regla de decisión

H₀: $\mu_{\text{Vertido de cal con dosificador convencional}} \geq \mu_{\text{Vertido de cal con dosificador Sinfín}}$

H_a: $\mu_{\text{Vertido de cal con dosificador convencional}} < \mu_{\text{Vertido de cal con dosificador Sinfín}}$

Tabla 10. Estadísticos descriptivos de la variable “Vertido de cal”

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Vertido de cal (convencional)	79,983	18	2,8882	,6807
	Vertido de cal (Sinfin)	90,628	18	2,9911	,7050

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la tabla 11 se muestra el cuadro descriptivo de la prueba T de Student

Tabla 11. Prueba T de Student de medias de muestras relacionadas para la variable “Vertido de cal”

Vertido de cal (convencional) - Vertido de cal (Sinfin)	Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior				Superior
	-106,444	34,952	,8238	-123,826	-89,063	-12,921	17	,000

FUENTE: PRUEBA REALIZADA CON EL SOFTWARE SPSS

Interpretación: Queda demostrado que la media del vertido de cal con dosificador convencional (79,98%) es menor que la media de la Vertido de cal con dosificador Sinfin (90.62%), por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna, es decir que el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfin si mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro.

4.2.2. Hipótesis Específica 1

Para contrastar la hipótesis específica uno se realiza primero el análisis de normalidad de los datos de la dimensión “Índice de mineral cubierto” con la siguiente regla de decisión

- Si sig. ≤ 0.05 , los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico
- Si sig. > 0.05 , los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 12. Prueba de normalidad de los datos de la dimensión “Índice de mineral cubierto”

	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Índice de mineral cubierto (convencional)	,232	18	,011	,893	18	,043
Índice de mineral cubierto (Sinfin)	,205	18	,044	,876	18	,022

a. Corrección de significación de Lilliefors

FUENTE: PRUEBA REALIZADA CON EL SOFTWARE SPSS

Ya que los datos de la dimensión “Índice de mineral cubierto” con dosificador convencional y con dosificador Sinfin son de distribución no normal, se hará la contrastación de hipótesis con la prueba Wilcoxon de muestras relacionadas.

Contrastación de hipótesis específica uno

H_0 : El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfin no mejora el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro

H_a : El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfin mejora el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro.

Para lo cual, se plantea la siguiente regla de decisión

H_0 : $\mu_{\text{Índice de mineral cubierto con dosificador convencional}} \geq \mu_{\text{Índice de mineral cubierto con dosificador Sinfin}}$

H_a : $\mu_{\text{Índice de mineral cubierto con dosificador convencional}} < \mu_{\text{Índice de mineral cubierto con dosificador Sinfin}}$

Tabla 13. Prueba de Wilcoxon de comparación de medias de muestras relacionadas para la dimensión Mineral cubierto

Estadístico de Prueba ^a	Índice de mineral cubierto (Sinfin) - Índice de mineral cubierto (convencional)
Z	-3,740 ^b
Sig. Asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

FUENTE: PRUEBA REALIZADA CON EL SOFTWARE SPSS

Interpretación: la tabla 13 muestra el valor de significancia de 0.000 para la prueba de Wilcoxon, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, quedando demostrado que el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro.

4.2.3. Hipótesis Específica 2

Para contrastar la hipótesis específica dos se realiza primero el análisis de normalidad de los datos de la dimensión “Flujo de cal” con la siguiente regla de decisión

- Si sig. \leq 0.05, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico
- Si sig. $>$ 0.05, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Tabla 14. Prueba de normalidad de los datos de la dimensión “Flujo de cal”

Prueba de Normalidad	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Flujo de cal (convencional)	,255	18	,003	,888	18	,036
Flujo de cal (Sinfín)	,118	18	,200*	,942	18	,311

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

FUENTE: PRUEBA REALIZADA CON EL SOFTWARE SPSS

Ya que la distribución de los datos de la dimensión “Flujo de cal con dosificador convencional ” es no normal y “Flujo de cal con dosificador Sinfín” es normal, se hará la contrastación de hipótesis con la prueba Wilcoxon de muestras relacionadas.

Contrastación de hipótesis específica dos

Se plantean la siguientes hipótesis nula y alterna

H₀: El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín no mejora el flujo de cal en la empresa minera Centauro

H_a: El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el flujo de cal en la empresa minera Centauro.

Para lo cual, se plantea la siguiente regla de decisión

H₀: μ flujo de cal con dosificador convencional \geq μ flujo de cal con dosificador Sinfín

H_a: μ flujo de cal con dosificador convencional $<$ μ flujo de cal con dosificador Sinfín

Tabla 15. Prueba de Wilcoxon de comparación de medias de muestras relacionadas para la dimensión Flujo de cal

Estadístico de Prueba ^a	Flujo de cal (Sinfín) - Flujo de cal (convencional)
Z	-3,680 ^b
Sig. Asintótica (bilateral)	,000

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

FUENTE: PRUEBA REALIZADA CON EL SOFTWARE SPSS

Interpretación: la tabla 15 muestra el valor de significancia de 0.000 para la prueba de Wilcoxon, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, quedando demostrado que el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el flujo de cal en la empresa minera Centauro.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1

De acuerdo a los resultados de la tabla 10, queda demostrado que la media del vertido de cal con el dosificador modelo convencional (79,98%) es menor que la media de la Vertido de cal con el dosificador modelo Sinfín (90.62%), por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna, es decir que el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín si mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro. Lo cual significa que la implementación del equipo será efectiva y mejorará el proceso de vertido, reduciendo los tiempos de esfuerzo adicional que se emplea con el dosificador convencional, coincidiendo con Arismendiz (2020) que a través del diseño de una máquina perforadora logra una optimización en los tiempos de producción de filtros, llegando a un nivel de eficiencia de 99.2%, al igual que Cordero (2018) quien enfatiza que el diseño personalizado de una herramienta ayuda a la reducción de tiempos de trabajo y la reducción de costos de importación de estos equipos. La reducción en los tiempos de producción es una característica importante para el diseño de mejoramiento de un equipo, Llamo (2020) evidencia el sobretiempo en mantenimiento y el sobreesfuerzo en la extracción de llantas, reduciendo el número de unidades que podría ofertar, para la mejora de este proceso se diseña un extractor de ruedas que de acuerdo a la normatividad se soluciona esta deficiencia.

El diseño de un equipo, también repercute en la reducción de otros costos adicionales como es el mantenimiento correctivo, de acuerdo con Zapata (2019) demostró que existe un alto costo de mantenimiento correctivo originados por fallas mecánicas representando \$260000 de costos (5 años), para lo cual propone el diseño e implementación de un sistema de lubricación que corrija la situación.

Todo diseño de un equipo busca mejorar el proceso productivo de alguna actividad, Ji *et al* (2016) también tuvieron ese objetivo, pues mediante el diseño de una máquina recolectora de crisantemos se logró optimizar y mecanizar el procedimiento reduciendo costos y tiempo.

Generalmente el diseño de equipos está basado en algún otro que cumple la misma función, pero que tiene algunas falencias, que se proponga la mejora de las máquinas y equipos base y este debe ser sujeto a prueba, como el diseño del

compresor axial de Ozkan y Büyükhmurkar (2020) que los resultados del diseño comprueban una eficiencia total de 87.9%. Al igual que Jiménez (2020) cuyo diseño tiene por objetivo tecnificar y elevar los niveles de eficiencia de riego a través del diseño agronómico e hidráulico. El desempeño de los diseños se mide en la calidad de sus resultados en comparación con equipos anteriores, para Ugurluay y Akcali (2021) el diseño de una maquina clasificadora sin vibraciones de semillas de cultivo tuvo una eficiencia de separación de los granos de 99%, demostrándose una clara diferencia entre el antiguo equipo y el nuevo diseño. El proceso de diseño obedece a distintas técnicas y herramientas que emplean los creadores, para Younus *et al* (2021) basa los diseños con el apoyo de la mecatrónica y adopta técnicas de ingeniería para obtener equipos altamente calificados para el cumplimiento de sus actividades para lo que fueron diseñadas, Jahun (2021) establece un diseño a través de un software para un análisis en 2D y 3D, el cual es de mucha ayuda respecto al dimensionamiento de su diseño, y sobre todo lograr la efectividad en la funcionalidad del diseño Indrayani *et al* (2020), estableciendo los parámetros de capacidad y detalles técnicos de cada equipo.

Discusión 2

De acuerdo a los resultados del estadístico no paramétrico de Prueba Wilcoxon, de la tabla 13, con un nivel de significancia de 0.000, se rechaza la Hipótesis nula, aceptándose la alterna: El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sin fin mejora el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro. Comprobándose que el Índice de mineral cubierto con un dosificador convencional es menor que el índice de mineral cubierto con la implementación del dosificador Sinfín, al igual que la invención de Thybaut, Maarten (United States Patente nº 20200217704, 2020) que diseña una maquina esparcidora para material granular que logra una efectividad en los resultados llegando a dosificar 300 kg/minuto. Birajdar (2018) propone también el diseño de un esparcidor de fertilizante, lo que se quiere lograr con el diseño es que a través de su implementación se logre cubrir el área de sembrado de fertilizantes de manera homogénea e igual en todo el área, reduciendo los costos por desperdicio de fertilizantes, disminuyendo los tiempos de para esta actividad, los resultados demostraron su funcionalidad, además que se comprobó la uniformidad de distribución de los fertilizantes y el área de terreno que

se esparce de fertilizantes, altos niveles de rendimiento de los cultivos, reducción de tiempos, menos fatiga laboral, uso mínimo de los fertilizantes. Asimismo, Ciprian y Santos (2020) en su investigación realizan el diseño de una máquina para recuperar material de concreto desechado en una empresa constructora, para ello hace el cálculo de las dimensiones que debe tener dicha máquina, así como el requerimiento en presupuesto, haciendo pruebas de campo, se concreta el diseño y logra mejorar la producción de la empresa en 35%, ya que sus tiempos se disminuyen en 95%, es decir, concluye que con el diseño de esta máquina se puede producir 68 macetas al día, mucho mayor de lo que se podía antes de la propuesta que era 50 macetas al día. Los resultados también concuerdan con Reyes (2020) en su investigación sobre el diseño de una máquina que ayuda a mejorar la manipulación de cargas para trabajadores del sector metal mecánica, ya que, después del diseño basado en las normas de la sociedad americana de ingenieros mecánicos, se incrementa el factor de seguridad a 1.57, logrando el objetivo de disminuir la carga que debe soportar un trabajo a lo largo de la jornada. Con el mismo objetivo y obteniendo resultados similares Raygada (2020) realizó en su investigación el diseño de una máquina rectificadora de válvulas para la reparación de culatas de motor, obteniendo un diseño basado el proceso de Robert Norton para el diseño de máquinas, que mejora la capacidad de trabajo de 06 a 15 horas diarias. Por otro lado, Vegas (2018) realizó el diseño de una máquina rebanadora, con una fuerza de corte de 4.2Kgf, que permitió la mejora de la productividad en la labor del corte manual para chifle en 35.96% para el producto de chifle largo y 31.68% en la productividad de chifle redondo, concluyendo que se puede mejorar el proceso de rebanado cuando se implementan mejoras en el proceso, particularmente aquellas mejoras que involucran máquinas que agilizan y perfeccionan el proceso.

Discusión 3

Los resultados de la tabla 15, muestran un nivel de significancia menor que 0.05 para la Prueba de Wilcoxon, por lo tanto, se acepta la hipótesis específica, es decir el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sin fin mejora el flujo de cal en la empresa minera Centauro. Los resultados de las pruebas comprueban

la mejora respecto al flujo de cal, ya que se requiere principalmente que el flujo sea homogéneo, continuo y de acuerdo al nivel de cal deseado, para Apayadin y Kitiş (2014) a través de su diseño de una maquina dosificadora y amasadora, plantea un diseño de cinco componentes de flujos de harina y un dispensador de agua para la elaboración de la masa a través de un microprocesador, los resultados demostraron un reducción de tiempos considerable puesto que el flujo del proceso fue continuo y sistematizado, con errores minúsculos. León *et al* (2020) en su diseño tiene como fin el flujo del sistema de manera continua y que a la vez realice el proceso de pesado para finalmente ingrese al área de empaquetado, ello lo logra a través de su diseño de clasificador de huevos, comprobando su funcionalidad en 80% para los huevos tipo B y 100% para el tipo A, lo que representa una alta eficiencia para este proceso. Todo dosificador como equipo debe de graduar el flujo del material acorde con los niveles que se requiere, en línea con lo anterior Fux y Paradiso, (United States Patente nº 10464245, 2019), crearon un dispositivo para dosificar material a granel de acuerdo a un peso para la dosificación del material a través de una válvula dosificadora de cierre automático, sometido a pruebas demostró su efectividad. Asimismo, se puede reconocer la similitud de los resultados, en la mejora del diseño de un sistema de lubricación elaborado por Sánchez (2019), que con el propósito de incrementar la productividad de los camiones de carga pesada en un zona minera, realiza el rediseño del sistema de lubricación de los mismos, apoyado de la teoría y la situación actual de la minera, consiguiendo en su desarrollo el incremento de la productividad a partir de la disminución de las horas perdidas por camión, horas que se utilizan para rellenar de aceite el sistema del camión, de 17.25 horas a 6.5 horas por camión. Por otro lado, Lemas (2019) en su investigación realiza un prototipo de tacho compactador de basura con el fin de contribuir en la facilidad de recolección y resguardo de basura hasta su posterior recolección, quedando como una idea de diseño que tendría un costo total de 3357 soles. Tal como en esta investigación, Nunura (2018) realiza el diseño de ingeniería de una máquina que mejora un proceso en particular, en este caso Nunura realiza la fabricación de un prototipo de máquina que ayude a controlar la acrilamida en el proceso de producción de algarrobina, utilizando la situación actual como base para su estudio, realiza mediante la caja morfológica de Zwicky la elección de la mejor opción que cumple con la mayoría de requerimientos,

concretando en un diseño óptimo de máquina, mejorando la calidad del producto final de la empresa donde se realiza dicha investigación. Todos los autores mencionados, coinciden en que la mejora de un proceso productivo mediante la mejora o implementación de un diseño de ingeniería concluye en resultados favorables para la empresa donde se aplica, al igual que Somers *et al* (2020) defiende en su artículo, el diseño de ingeniería de máquinas en el proceso industrial, se realiza con el fin de aumentar la capacidad de producción y mejorar las operaciones de fabricación, así como brindar seguridad en el trabajo mediante la funcionalidad del diseño de una máquina (p. 2).

V. CONCLUSIONES

PRIMERA:

Se concluye que el vertido de cal mejora con el dosificador modelo Sinfín en la minera Centauro, ya que, al analizar las medias de los valores de la variable “Vertido de cal” a partir de los indicadores planteados, se concreta que, la media del vertido de cal con el dosificador convencional (79,98%) es menor que la media del Vertido de cal con el dosificador de modelo Sinfín (90.62%).

SEGUNDA

Se concluye que el mineral cubierto es mayor con el dosificador de modelo Sinfín diseñado e implementado en la minera Centauro, ya que, la media del Índice de mineral cubierto con el dosificador convencional es 86.3% y el Índice de mineral cubierto con el dosificador Sinfín es 93.3% (tabla 8). Además, que a partir de una comprobación de hipótesis con la Prueba Wilcoxon (tabla 13), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna en la que, se defiende que, el Índice de mineral cubierto con un dosificador convencional es menor que el índice de mineral cubierto con la implementación del dosificador Sinfín

TERCERA

Se concluye que el flujo de cal con el dosificador de modelo Sinfín diseñado e implementado en la minera Centauro, ya que, la media del flujo de cal con el dosificador convencional es de 73.7% y la media de flujo de cal con el dosificador Sinfín es de 88% (tabla 9). Además, que a partir de una comprobación de hipótesis con la Prueba Wilcoxon (tabla 15), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, en la que, se defiende que el flujo de cal con un dosificador convencional es menor que el flujo de cal con la implementación del dosificador Sinfín

VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA:

Se recomienda la implementación del dosificador de modelo Sinfín y la revisión del desempeño del mismo, en el área de vertido de cal dentro del proceso minero que realiza la empresa Centauro, ya que, como queda corroborada mejora el flujo de cal del mismo, y como es de saberse la cal cumple un papel muy importante en el proceso minero, siendo el separador del mineral con respecto al material que se recoge en bruto desde las excavaciones.

SEGUNDA

La aplicación de un nuevo diseño del sistema de dosificador en las máquinas vertidoras de cal, trae consigo la homogeneidad del flujo de cal que cae sobre el material que recorre sobre la faja transportadora, mejorando el desempeño del cianuro disuelto en solución ácida, la cual se vierte sobre el material en bruto para conseguir el mineral mediante un proceso de lixiviación. Además de que se recomienda el control del flujo de cal que se vierte desde el nuevo dosificador, ya que, puede presentar las mismas falencias del dosificador convencional con respecto al apelmazamiento de la cal en polvo dentro de las tolvas, de ser así, no se recomienda la mejora en el diseño del material de la tolva, ya que, la mejora en el dosificador sinfín parte solo de la problemática que se tiene en el desemboque, direccionamiento o tracción de la cal desde la tolva hasta la desembocadura de la máquina, mas no, se está tomando como causa del mal vertido de cal al apelmazamiento dentro de las tolvas

TERCERA

Se recomienda la mejora del diseño de estos dosificadores de manera constante en la empresa, ya que, siempre se puede mejorar el flujo de cal, hasta concretar un vertido homogéneo sobre el material minero que corre por las fajas. La implementación de un sinfín en la base de tolva es uno de los muchos mecanismos que se puede colocar para la extracción direccionamiento de un producto en polvo como la cal en el proceso minero. La recomendación es reemplazar el sistema convencional simple de dejar caer la cal mediante una abertura que no puede medir ni controlar el flujo de cal que sale de la tolva (Alizadeh Bidgoli, Yang, & Ahmadian, 2020)

REFERENCIAS

- ALIZADEH, Mohsen, ANG, Weijia y AHMADIAN, Ali. DFIM versus synchronous machine for variable speed pumped storage hydropower plants: A comparative evaluation of technical performance. *Renewable Energy*, 159, 72-86,.2020. doi:10.1016/j.renene,.2020.05.163
- ANALYZING iterations in mechanical design processes – a method for data acquisition in meso-level studies por Bremer, Frank [et al]. *Procedia CIRP*, 100, 756-761, 2021. doi:10.1016/j.procir,.2021.05.048
- APAYDIN, Hasbi y KITIŞ, Şukru. An Automation System Design for Dough Kneaders and Dosing Machines with Microprocessor Based and 5 Flows. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 7-9,.2014. doi:10.18100/ijamec.74097
- ARISMENDIZ, Josua. Diseño de una máquina perforadora de tubos Schedule 40 para mejorar la produccion de filtros utilizados en la industria de petróleo. Universidad Cesar Vallejo, Piura,.2020
- BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación. México: Grupo Editorial Patria,.2017
- BAEZ, Ingrid, CARRILLO, Omeldo, CASTEBLANCO, Omar, BETANCOURT, Fernando., LEGUIZAMÓN, Gabriela, GARCÍA, Rafael y MENDOZA, Diego. Metodología de Diseño de producto bajo la estructura de Innovación y creatividad. *Espacios*, 39(11),.2018
- BANERJEE, Sharmistha y MOKASHI, Ravi. A sustainability-oriented design approach for agricultural machinery and its associated service ecosystem development. *Journal of Cleaner Production*, 264, 1-17,.2020 doi:10.1016/j.jclepro,.2020.121642
- BARCELLI, Guillermo. Gestión, planificación y control de la producción. *Ingeniería Industrial*, 13-26,. 2016
- BARRETO, Humberto. Efecto de la dosificación de cal en la remoción de hierro y cobre del. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo,.2016
- BERNAL, César. Metodología de la investigación (Cuarta ed.). Colombia: Person Educación,.2016

- BERNARDO, Carlos, CARBAJAL yvana y CONTRERAS, Victoria. Metodología de la Investigación. Manual del estudiante. Lima: Universidad de San Martín de Porres,.2019
- BIRAJDAR, Basavraj. Design and Fabrication of Fertiliser Spreading Machine. International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology, 6,.2018. doi:10.22214/ijraset,.2018.7032
- CASADESÚS, Jaume y BELLVERT, Joaquin. Digital irrigation support technologies: sensors, remote sensing and decision making systems. Quaderns Agraris, 109-125,.2021. doi:10.2436/20.1503.01.125
- CIPRIAN yack y SANTOS, Betsabé. Diseño e implementación de una máquina trituradora para recuperar material de concreto desechado en la empresa EN.CONCRETO. Universidad César Vallejo, Lima,.2020.
- COMPUTER Software Application in the Development of Agricultural Machine Design por Jahun, Dan [et al]. Journal of Science Technology and Education, 9(1), 89-102,.2021.
- CORDERO, Julio. Diseño de una planta dosificadora de concreto de 50 m³/h de capacidad en la empresa Aler Equipos SAC -Trujillo. Universidad Cesar Vallejo, Trujillo,.2018
- DISEÑO y Construcción de un Canal Hidráulico de Pendiente Variable por Castellanos, Hermes [et al]. Informacion Tecnologica, 12,.2017.
- DISEÑO y Construcción de un prototipo de máquina selladora y clasificadora de huevos de gallina por peso en la mepresa peruana Aviporc S.A.C por León Ryan [et al]. Ingeniería Industrial, 221-238,.2020. doi:10.26439/ing.ind2020.n038.4822
- DESIGN of a Vertical Loss-in-Weight Feeder Prototype with Experimental Proof of Concept Validation por Kassem Bilal [et al].Pharmaceutical Development and Technology, 559-575,.2021
- DESIGN and development of a five-axis machine tool with high accuracy, stiffness and efficiency for aero-engine casing manufacturing por Wuang yutian [et al]. Chinese Journal of Aeronautics, 1-12. doi:10.1016/j.cja,.2021.04.001
- EFFICIENT and participatory design of scale-appropriate agricultural machinery workshops in developing countries: A case study in Bangladesh por Somers

- Ellerbe [et al]. Development Engineering, 5, 1-11, 2020. doi:10.1016/j.deveng,.2019.100046.
- EXTENT of use of agricultural implements and machinery by paddy and irrigated dry crop growers of Karimnagar District por Sampath M [et al]. Annals of Plant and Soil Research, 17, 129-132.
- FUX, Erhard y PARADISO, Nicholas. United States Patente nº 10464245,.2019.
- IMPROVEMENT of the Design and Evaluation of the Conventional Grain Planter "GUAJIRO AM ,2010-1-5T"por GODOY Allen [et al]. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 28(4), 51-62,.2019. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext ypid=S2071-00542019000400005 ylng=es ynrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&ypid=S2071-00542019000400005&lng=es&ynrm=iso)>
- HEGAZI, Hesham. Machine Design I, Handout. Cairo University, El Cairo,.2020.
- HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Cristian. Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México D.F.: McGraw- Hill / Interamericana Editores,.2018
- INDRAYANI, Rina, SUMARTA, Dewi y HERMAWANTO, Agus. Coffe Peeling Machine Design. Journal of Physics: Conference Series, 1-4,.2020 doi:10.1088/1742-6596/1477/5/052051
- JIANG, Wei. Analysis and Design of machine elements (Primera ed.). [Singapur]: John Wiley y Sons Singapore Pte. Ltd,.2019
- JIMÉNEZ, Esequiel. Irrigation dimensioning of reel machines with Water Distribution Systems: gun and boom with emitters. CUADERNOS del CURIHAM, 26, 49-54,.2020
- KIM, Changee. Special Issue on Performance Meadurement and Optimization for Sustainable Production Processes Improvement. Processes, 8(287), 1-3, .2020
- KUTZ, Myer. Mechanical Engineers'Handbook (Cuarta ed.). New Jersey: John Wiley y Sons, Inc,.2014
- LEMAS, Héctor. Diseño de un prototipo de tacho compactador de basura domiciliario. Universidad César Vallejo, Piura,.2019
- LONGITUDINAL distribution of cotton and sunflower seeds with different speeds and inclination in pneumatic meter por Alonco Airton [et al]. Scientia Agraria, 16(2), 63-70,.2015.

- LLAMO, Wilder. "Diseño de un extractor hidráulico de ruedas de buses y camiones para disminuir el tiempo de extracción en el servicio en la empresa SCANIA-Lambayeque. Chiclayo,.2020
- MARIATEGUI, Leandro. Industria metal mecánica, motor del desarrollo. RPP Noticias,.2020. Obtenido de <https://rpp.pe/columnistas/leandromariategui/industria-metal-mecanica-motor-del-desarrollo-noticia-1245757>
- MATUSOV, Lin. On regularization and vector optimization of machine design variables. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering(971), 1-5, 2020. doi:10.1088/1757-899X/971/3/032085
- MECHATRONIC system for the control of fertilizer and pesticide granules dispensers of a fertilizer seeder por Torres, Julio [et al]. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 9(21), 4355-4369,.2018. doi:10.29312/remexca.v0i21.1536
- MEIGGS, Manuel. Construcción de planta de Chancado Jessica-Unidad minera Arasi. (Informe Técnico). Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú,.2014
- METHODS to improve vibroacoustic characteristics of mining machines por Podgorny Ali [et al]. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1-5,.2021. doi:10.1088/1757-899X/1155/1/012035
- METODOLOGÍA de la investigación por Ñaupas, Humberto [et al] (Cuarta ed.). Bogotá: Ediciones de la U,.2014
- MICRODOSING for drug delivery application- A review por Bubmann, Ann [et al] Sensors and Actuators, A: Physical, 330, 1-26,.2021 doi:10.1016/j.sna,.2021.112820
- MOYA, Cristian y Ortiz, Diego. Design of a semi-automatic dosing screw endless uchu unopac jacu the organization of the church of canton ayora cayambe. FICA, 1(1), 1-8,.2016. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7487/3/04%20MEC%20105%20ARTICLE.pdf>
- MUÑOZ, Carlos. Metodología de la Investigación. México D.F.: Progreso S.A de C.V,.2015.

- NUNURA, Daniela. Fabricación de prototipo de máquina para controlar la acrilamida en el proceso de producción de algarrobina. Universidad César Vallejo, Piura,.2018
- ON THE DISPERSION systems of graphene-like two-dimensional materials por Bao, Chenlu [et al]: From fundamental laws to engineering guidelines. Carbon, 107, 774-782,.2016. doi:0.1016/j.carbon,.2016.06.097
- ÖZKAN, Dogus y BÜYÜKHAMURKAR, Kadir. Desing and analysis of an axial compressor for a turbofan engine. Journal of Naval Sciences and Engineering, 16(1), 1-24,.2020.
- PÉREZ, Fernando. Diseño de máquina de control numérico computarizado para la transformación de varillas de metal a baja escala. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima,.2020.
- POLYMER-BASED MEMS Electromagnetic Actuator for Biomedical Application: A Review por Yunas Jumril [et al]. Polymers, 12(5), 1-21,.2020. doi:10.3390/polym12051184
- RAYGADA, Arturo. Diseño de una máquina rectificadora de válvulas para la reparación de culatas de motor,.2019. Universidad César Vallejo, Piura,.2020
- REYES, Melisa. Diseño de una máquina para mejorar la manipulación manual de cargas en los trabajadores del sector de metalmecánica. Universidad César Vallejo, Piura,.2020
- RIGHTOR, Edward y TWAY, Cathy. Global energy y emissions reduction potential of chemical process improvements. Catalysis Today, 258, 226-229,.2015. doi:10.1016/j.cattod,.2015.02.023
- SÁNCHEZ, Pablo. Rediseño del sistema de lubricación de la barra link, para incrementar la productividad de los camiones CAT793F en Antamina,.2019. Universidad César Vallejo, Callao,.2019
- STEEL work design, production and analysis of a fish feed mixing machine por Chukwulozie Okolie [et al]. Heliyon, 7(8),.2021 doi:10.1016/j.heliyon.2021.e07658
- STRUCTURE Design and Experiment of Hand-push Chrysanthemum morifolium Comb-teeth Picking Machine por Ji, Chin [et al]. Transactions of the Chinese

- Society for Agricultural Machinery, 47(7), 143-150,.2016. doi:10.6041 / j.issn.1000-1298.2016.07.020
- THYBAUT, Maarten. United States Patente nº 20200217704,.2020
- UGURLUAY, Selcuk y AKCALI, Ibrahim. Development of a vibrationless sorting system. Spanish Journal of Agricultural Research, 1-10,.2021.
- VANEGAS, Libardo. Diseño de Elementos de Máquinas. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira,.2018.
- VEGAS, Fritz. Fabricación de un prototipo de máquina rebanadora de plátano verde para mejorar la productividad del proceso de rebanado. Universidad César Vallejo, Piura,.2018
- YOUNUS, Husseim, MOHAMMED, Husseim y RAHEEM, Kadhim. Machine Design Modern Techniques and Innovative Technologies. Journal of Physics: Conference Series, 1-17,.2021. doi:10.1088/1742-6596/1897/1/012072
- ZAPATA, Victor. Propuesta de diseño de un sistema de lubricación centralizado a los compresores de propano C-5100 y C-5110, para disminuir los mantenimientos correctivos en la planta de Gas Pariñas de Graña y Montero S.A, Talara,.2018. Universidad Cesar Vallejo, Piura,.2019
- ZHU, Siyu, WU, Chunlin y YIN, Huiming. Virtual Experiments of Particle Mixing Process with the SPH-DEM Model. Materials, 14(9), 1-24,.2021. doi:10.3390 / ma14092199

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Independiente	Enfoque: Cuantitativo Nivel: descriptivo y explicativo Diseño: experimental, experimental puro Técnica de recolección de datos: Observación Instrumento de recolección de datos: Ficha de observación
¿En qué medida el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro? Como problemas específicos:	Determinar en qué medida el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro	El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el vertido de cal en la empresa minera Centauro	Diseño e implementación de Dosificador	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Dependiente	
¿En qué medida el diseño e implementación de un dosificador de modelo Sinfín mejora el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro?	determinar en qué medida el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro	El diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora significativamente el índice de mineral cubierto en la empresa minera Centauro	Mejora del vertido de Cal	
¿Cómo el diseño e implementación de un dosificador de modelo Sinfín mejora el flujo de cal en la empresa minera Centauro?	determinar en qué medida el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el flujo de cal del vertido de cal en la empresa minera Centauro.	el diseño e implementación de un dosificador de cal modelo Sinfín mejora el flujo de cal en la empresa minera Centauro		

Fuente: elaboración propia

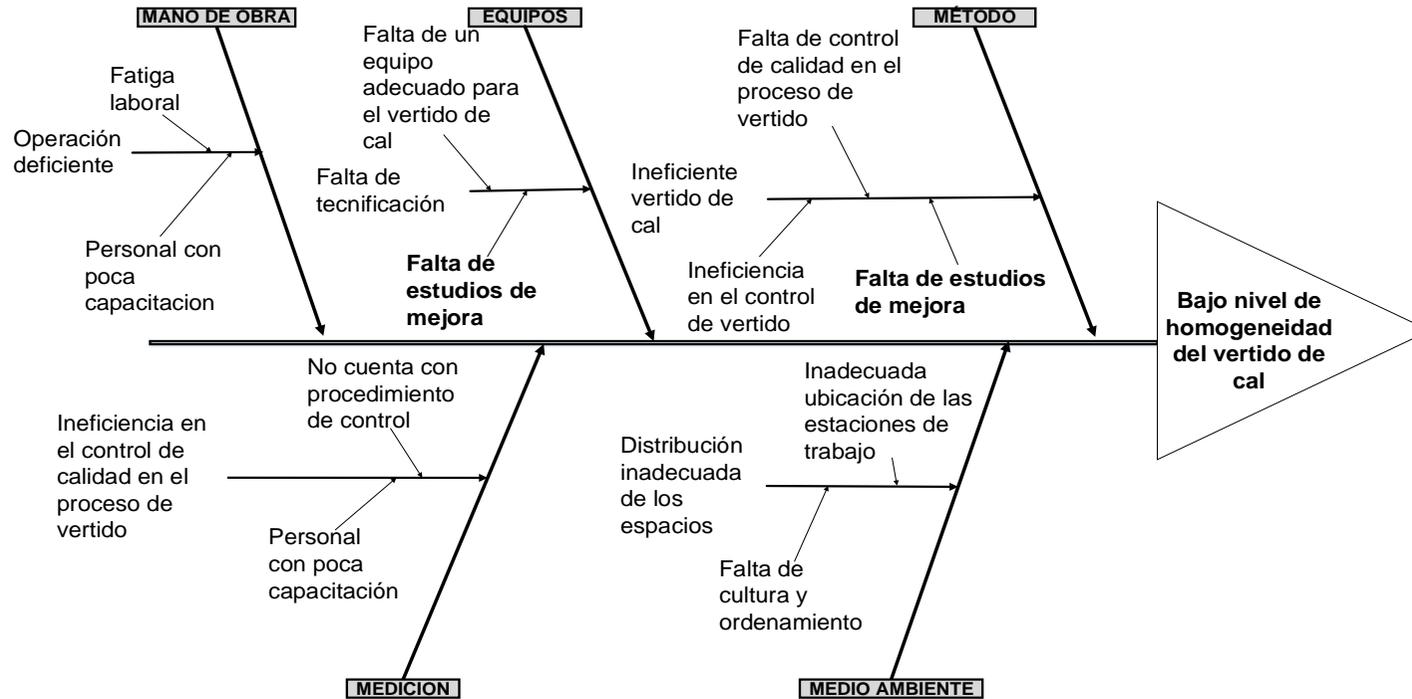
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA
VI. Independiente Diseño e implementación de Dosificador	El diseño de una máquina consiste en una secuencia de actividades que nacen de una necesidad identificada y que mediante el establecimiento de objetivos, criterios y restricciones se desarrolla un nuevo equipo o la modificación de alguno existente, para este procedimiento se toma en cuenta el tipo de material a emplearse, dimensiones, métodos de elaboración y costos (Vanegas Useche, 2018, p. 20).	El proceso de diseño e implementación de un dispositivo metálico y mecánico encargado de rociar la cal sobre el mineral chancado, consta de ciertos parámetros y procedimientos que permiten su diseño y su implementación efectiva.	Diseño del sistema dosificador	Volumen geométrico de la Tolva $V = \frac{\pi}{12} h (D^2 + dD + d^2)$ D: Diámetro mayor d: Diámetro menor h: altura π : radio	Razón
				Volumen de la producción en una vuelta: $V_h = \frac{\pi}{4} D^2 S$ S: Paso del tornillo [cm] D: Diámetro del tornillo [m]	
				Potencia del Tornillo Sinfín $P_t = P_H + P_N + P_{ST}$ <i>PH</i> : Potencia necesaria para el desplazamiento del material. <i>PN</i> : Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío. <i>Pst</i> : Potencia necesaria para vencer las resistencias debidas a la inclinación.	
			Procedimiento	Manual de mantenimiento y operaciones	
			Pruebas experimentales	Nº de pruebas realizadas	
V. Dependiente Mejora del vertido de Cal	Llevar a cabo una mejora en el proceso se traduce en la medida que la actual tecnología compite con nuevas opciones que abordan necesidades actuales (Rightor & Tway, 2015, pág. 226). Las mejoras en el vertido de Cal es parte de la unidad de Chancado en un sistema	La mejora en el proceso de vertido de cal implica un cambio que influye en el rociado homogéneo de Cal en el mineral y que de esta manera el producto ayuda a la obtención del mineral puro.	Mineral cubierto	$IMC = \frac{MCC}{MCP}$ IMC: Índice de mineral cubierto MCC: Metros cúbicos cubiertos en su totalidad MCP: Metros cúbicos procesados	Razón

	<p>minero, se encuentra sobre la faja transportadora a cierta distancia antes de llegar a la tolva de finos, cumple el papel de verter la cal en el mineral antes de que este llegue al proceso de lixiviación metros más adelante en el Pad de Lixiviación (Meiggs, 2014, p. 10).</p>		<p>Flujo de cal</p>	$\% = \frac{\text{Flujo de cal real}}{\text{Flujo de cal según el diseño}}$	
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	---------------------	-----------------------------------------------------------------------------	--

Fuente: elaboración propia

Anexo 3. Diagrama de Ishikawa del bajo nivel de homogeneidad del vertido de cal en la empresa Centauro



Fuente: elaboración propia

**Anexo 5. Instrumento de recolección de datos de la variable
Diseño e implementación de Dosificador de Cal**

Variable Independiente: Diseño e implementación de Dosificador de Cal

Ficha de observación					
Unidad: Chancado primario					
Máquina: Dosificador de Cal					
Fecha	Tiempo en verter un metro cúbico de mineral	Kg vertidos de Cal por hora	Fallas	Tiempo de paro del equipo	Horas de operatividad de la Maquina

Dimensión: Pruebas experimentales

Ficha de observación de pruebas experimentales						
Unidad: Chancado primario						
Máquina: Dosificador de Cal						
Fecha	Intervalo de prueba	N° de Prueba	Kg vertidos de Cal por hora	Fallas	Observación	Encargado

Anexo 6. Instrumento de recolección de datos de la variable vertido de cal

Variable Dependiente: Homogeneidad del vertido de cal

Dimensión 1: Mineral cubierto

Unidad:	Chancado primario				
Máquina:	Dosificador de Cal				
Prueba:	Mineral cubierto por cal completamente				
Rango de horas	Dimensiones del mineral que se transporta sobre la faja			Cubierto por completo	
	Altura	Largo (m)	Ancho (m)	Si	No

Dimensión 2: Flujo de Cal

Unidad:	Chancado primario				
Máquina:	Dosificador de Cal				
Prueba:	Cantidad de Cal vertido en cada metro cúbico de mineral				
Fecha	Hora	Metro cubico de mineral	Cantidad de Cal vertida (kg)	Cantidad de cal planificada	Observaciones

Anexo 7. Cartas de Validación del instrumento

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

	VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DOSIFICADOR	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias	
		Si	No	Si	No	Si	No		
1	DIMENSIÓN 1: Diseño del sistema dosificador Volumen geométrico de la Tolva $V = \frac{\pi}{12} h (D^2 + dD + d^2)$ D: Diámetro Mayor d: Diámetro menor h: altura π : radio Volumen de la producción en una vuelta: Volumen de llenado de un plano helicoidal = $\frac{\pi}{4} D^2 S$ S: Paso del tornillo [cm] D: Diámetro del tornillo [m] Π: radio Potencia del Tornillo Sin Fin $P_t = P_H + P_N + P_{ST}$ PH: Potencia necesaria para el desplazamiento del material. PN: Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío. Pst: Potencia necesaria para vencer las resistencias debidas a la inclinación.								
2	DIMENSIÓN 2: Procedimiento	Si	No	Si	No	Si	No		
	Manual de mantenimiento y operaciones	x							
3	DIMENSIÓN 3: Pruebas experimentales	Si	No	Si	No	Si	No		
	Nº de pruebas realizadas	x							
	VARIABLE DEPENDIENTE: MEJORA DEL VERTIDO DE CAL	x							
1	DIMENSION 1: Mineral cubierto de cal	Si	No	Si	No	Si	No		
	$\text{Índice de mineral cubierto} = \frac{\text{Metros cúbicos cubiertos en su totalidad}}{\text{Metros cúbicos procesados}}$	x							
2	DIMENSION 2: Flujo de cal	Si	No	Si	No	Si	No		
	$\% = \frac{\text{Flujo de cal real}}{\text{Flujo de cal según el diseño}}$	x							

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: Romel Darío Bazán Robles
DNI: 41091024

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL Maestro en Productividad y Relaciones Industriales

- ¹ **Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado
² **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³ **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima 16 de junio del 2021



Mg. Romel Darío Bazán Robles
DNI: 41091024

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

	VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DOSIFICADOR	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	DIMENSIÓN 1: Diseño del sistema dosificador Volumen geométrico de la Tolva $V = \frac{\pi}{12} h (D^2 + dD + d^2)$ D: Diámetro Mayor d: Diámetro menor h: altura π : radio Volumen de la producción en una vuelta: $\text{Volumen de llenado de un plano helicoidal} = \frac{\pi}{4} D^2 S$ S: Paso del tornillo [cm] D: Diámetro del tornillo [m] Π : radio Potencia del Tornillo Sin Fin $Pt = P_H + P_N + P_{ST}$ PH: Potencia necesaria para el desplazamiento del material. PN: Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío. Pst: Potencia necesaria para vencer las resistencias debidas a la inclinación.		x					
2	DIMENSIÓN 2: Procedimiento	Si	No	Si	No	Si	No	
	Manual de mantenimiento y operaciones	x						
3	DIMENSIÓN 3: Pruebas experimentales	Si	No	Si	No	Si	No	
	Nº de pruebas realizadas	x						
	VARIABLE DEPENDIENTE: MEJORA DEL VERTIDO DE CAL	x						
1	DIMENSION 1: Mineral cubierto de cal	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\text{Índice de mineral cubierto} = \frac{\text{Metros cúbicos cubiertos en su totalidad}}{\text{Metros cúbicos procesados}}$	x						
2	DIMENSION 2: Flujo de cal	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\% = \frac{\text{Flujo de cal real}}{\text{Flujo de cal según el diseño}}$	x						



Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: Roberto Farfán Martínez
 DNI: 026178/08

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL

- ¹ **Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado:
- ² **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo:
- ³ **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo:

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima 17 de junio del 2021

Mg. Roberto Farfán Martínez

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE:

	VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE DOSIFICADOR	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	DIMENSIÓN 1: Diseño del sistema dosificador Volumen geométrico de la Tolva $V = \frac{\pi}{12} h (D^2 + dD + d^2)$ D: Diámetro Mayor d: Diámetro menor h: altura π : radio Volumen de la producción en una vuelta: Volumen de llenado de un plano helicoidal = $\frac{\pi}{4} D^2 S$ S: Paso del tornillo [cm] D: Diámetro del tornillo [m] Π : radio Potencia del Tornillo Sin Fin $Pt = P_H + P_N + P_{ST}$ PH: Potencia necesaria para el desplazamiento del material. PN: Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío. Pst: Potencia necesaria para vencer las resistencias debidas a la inclinación.		x					
2	DIMENSIÓN 2: Procedimiento	Si	No	Si	No	Si	No	
	Manual de mantenimiento y operaciones	x						
3	DIMENSIÓN 3: Pruebas experimentales	Si	No	Si	No	Si	No	
	Nº de pruebas realizadas	x						
	VARIABLE DEPENDIENTE: MEJORA DEL VERTIDO DE CAL	x						
1	DIMENSION 1: Mineral cubierto de cal	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\text{Índice de mineral cubierto} = \frac{\text{Metros cúbicos cubiertos en su totalidad}}{\text{Metros cúbicos procesados}}$	x						
2	DIMENSION 2: Flujo de cal	Si	No	Si	No	Si	No	
	$\% = \frac{\text{Flujo de cal real}}{\text{Flujo de cal según el diseño}}$	x						



Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: Aldo Alexi Acosta Linares DNI: 41609054

Especialidad del validador: INGENIERO INDUSTRIAL - Maestro de Gestión de Talento Humano

¹ **Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado:

² **Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo:

³ **Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo:

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Lima 18 de junio del 2021

Mg. Aldo Alexi Acosta Linares

DNI: 41609054

Firma del experto Informante

Anexo 7. Data recogida con la observación

Diseño	Convenciona	Sin fin
Volumen Geometrico de la t	2.7 m3	1.43 m3
Volumen de la producción e	80-100 kg/h.	146-251 kg/h
Potencia del tornillo	No contiene	motor 1.0 hp

Fecha	Hora de inicio	Hora de apagado	Kg vertidos	Particularidades
2/02/2021	7:00 a. m.	8:00 a. m.	210	2500 kg dentro de la tolva
3/02/2021	10:00 a. m.	11:00 a. m.	248	2500 kg dentro de la tolva
4/02/2021	1:00 p. m.	2:00 p. m.	247	2500 kg dentro de la tolva
5/02/2021	5:00 p. m.	6:00 p. m.	222	2500 kg dentro de la tolva
6/02/2021	9:00 p. m.	10:00 p. m.	230	2500 kg dentro de la tolva
7/02/2021	7:00 a. m.	8:00 a. m.	241	300 kg dentro de la tolva
8/02/2021	10:00 a. m.	11:00 a. m.	250	300 kg dentro de la tolva
9/02/2021	1:00 p. m.	2:00 p. m.	250	300 kg dentro de la tolva
10/02/2021	5:00 p. m.	6:00 p. m.	247	300 kg dentro de la tolva
11/02/2021	9:00 p. m.	10:00 p. m.	240	300 kg dentro de la tolva

Fuente: elaboración propia

Convencional				Sin fin			
Metraje (cada 6m)	Metraje observado	Metraje no cubierto	Diferencia	Metraje (cada 6m)	Metraje observado	Metraje no cubierto	Diferencia
1	6	1	5	1	6	0	6
2	6	0	6	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	1	5
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	1	5
8	6	1	5	8	6	0	6
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	1	5	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	0	6	4	6	1	5
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	1	5	6	6	1	5
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	1	5	2	6	0	6
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	0	6	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	0	6	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	0	6	9	6	0	6
1	6	1	5	1	6	0	6
2	6	1	5	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	0	6	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	0	6
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	0	6
2	6	1	5	2	6	0	6
3	6	0	6	3	6	0	6
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	0	6	5	6	0	6
6	6	0	6	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	1	5
8	6	0	6	8	6	1	5

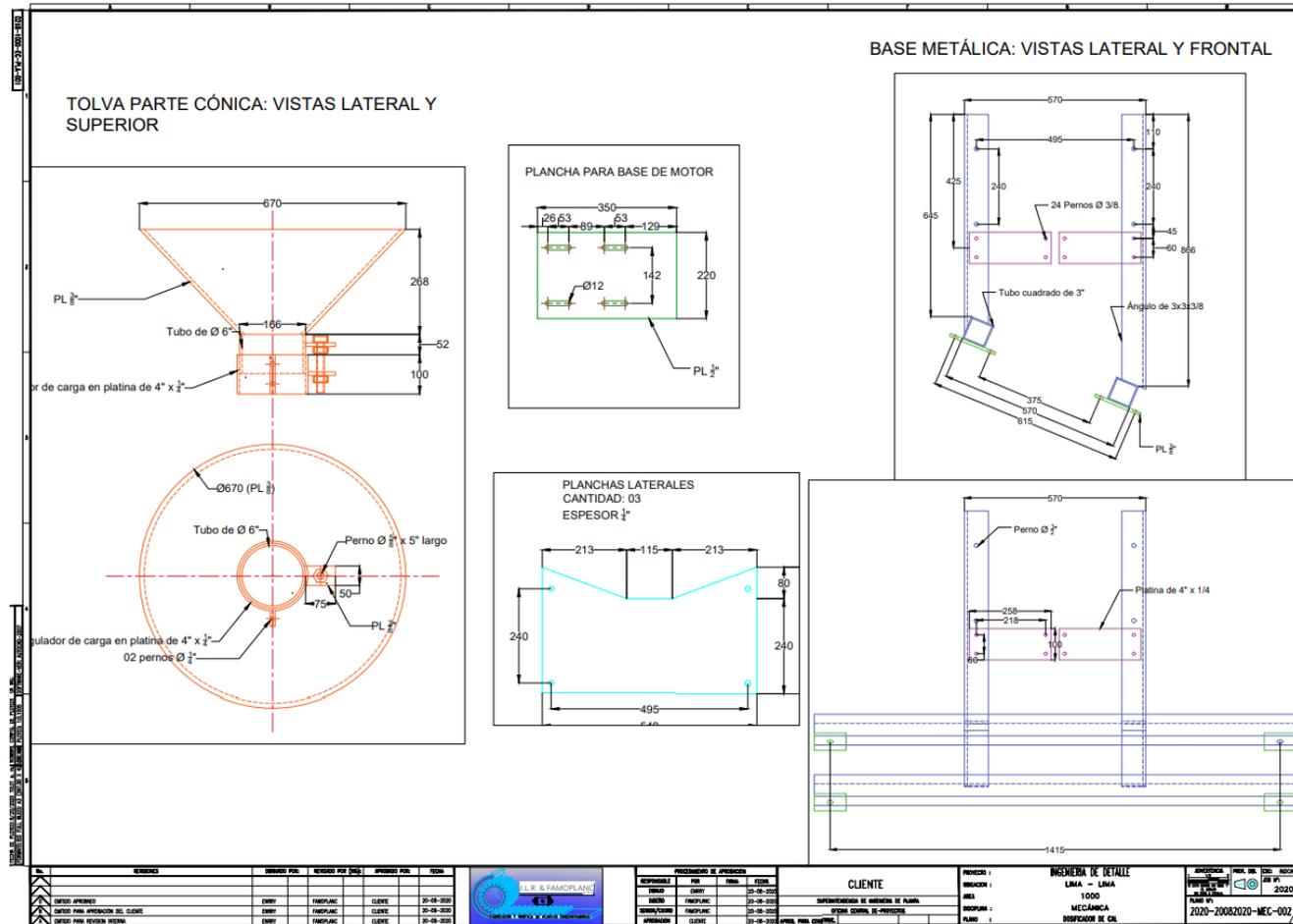
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	0	6
2	6	1	5	2	6	0	6
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	0	6	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	1	5	2	6	1	5
3	6	0	6	3	6	0	6
4	6	1	5	4	6	1	5
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	0	6	7	6	1	5
8	6	1	5	8	6	0	6
9	6	1	5	9	6	0	6
1	6	1	5	1	6	0	6
2	6	1	5	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	1	5
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	0	6
2	6	1	5	2	6	0	6
3	6	0	6	3	6	0	6
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	1	5	2	6	0	6
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	0	6
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	0	6

2	6	0	6	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	0	6	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	1	5
6	6	0	6	6	6	1	5
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	1	5	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	1	5
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	1	5
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	1	5
8	6	1	5	8	6	0	6
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	0	6
2	6	1	5	2	6	0	6
3	6	0	6	3	6	0	6
4	6	0	6	4	6	0	6
5	6	0	6	5	6	1	5
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	0	6	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	1	5	9	6	0	6
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	1	5	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	1	5
4	6	0	6	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	1	5
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	0	6
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	0	6	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	1	5
4	6	0	6	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	1	5	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	1	5	9	6	0	6
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	1	5	2	6	1	5
3	6	1	5	3	6	1	5
4	6	1	5	4	6	0	6

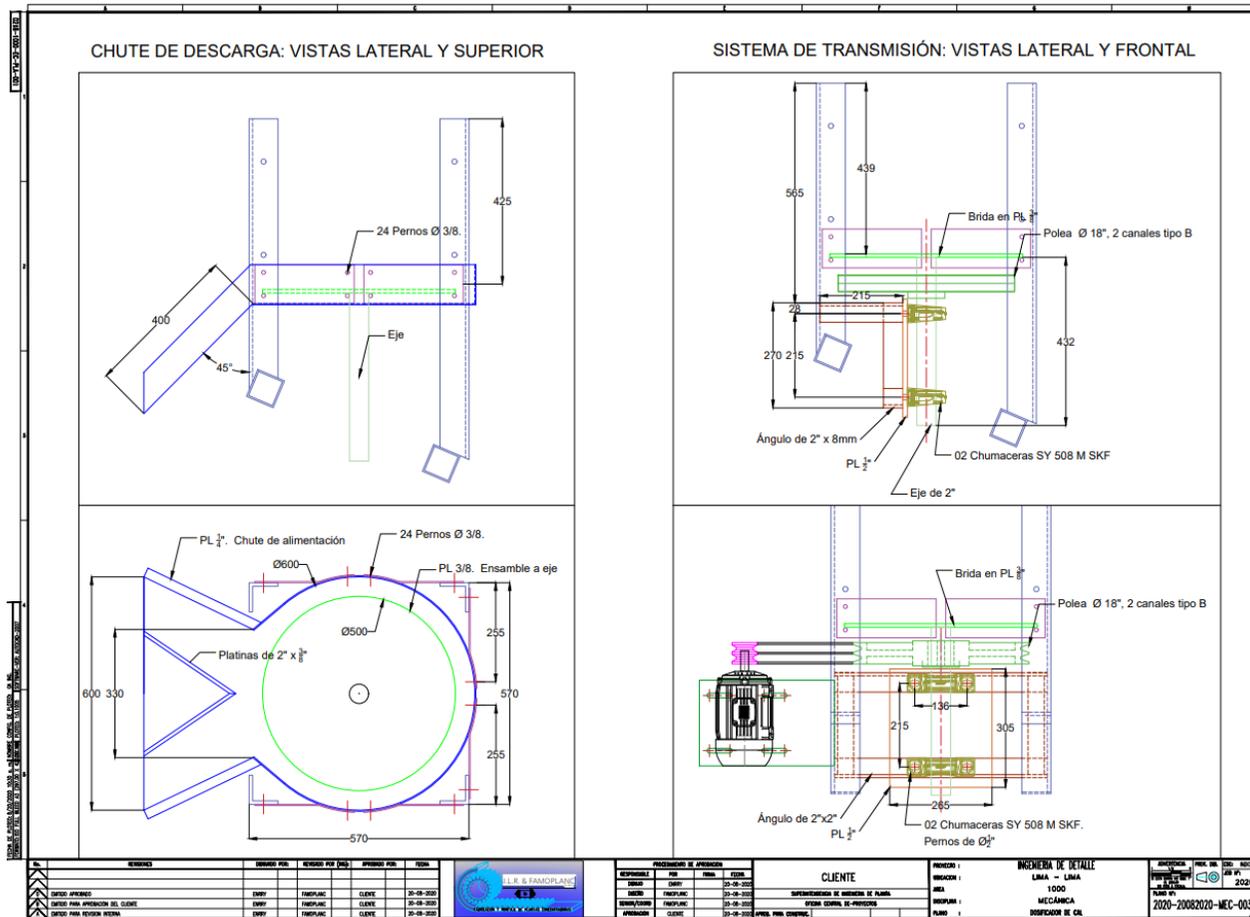
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	1	5	6	6	1	5
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	0	6
9	6	1	5	9	6	1	5
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	1	5	2	6	0	6
3	6	0	6	3	6	1	5
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	0	6
6	6	0	6	6	6	1	5
7	6	1	5	7	6	0	6
8	6	1	5	8	6	1	5
9	6	1	5	9	6	0	6
1	6	1	5	1	6	1	5
2	6	0	6	2	6	0	6
3	6	1	5	3	6	0	6
4	6	1	5	4	6	0	6
5	6	1	5	5	6	1	5
6	6	0	6	6	6	0	6
7	6	1	5	7	6	1	5
8	6	1	5	8	6	0	6
9	6	1	5	9	6	0	6

Fuente: elaboración propia

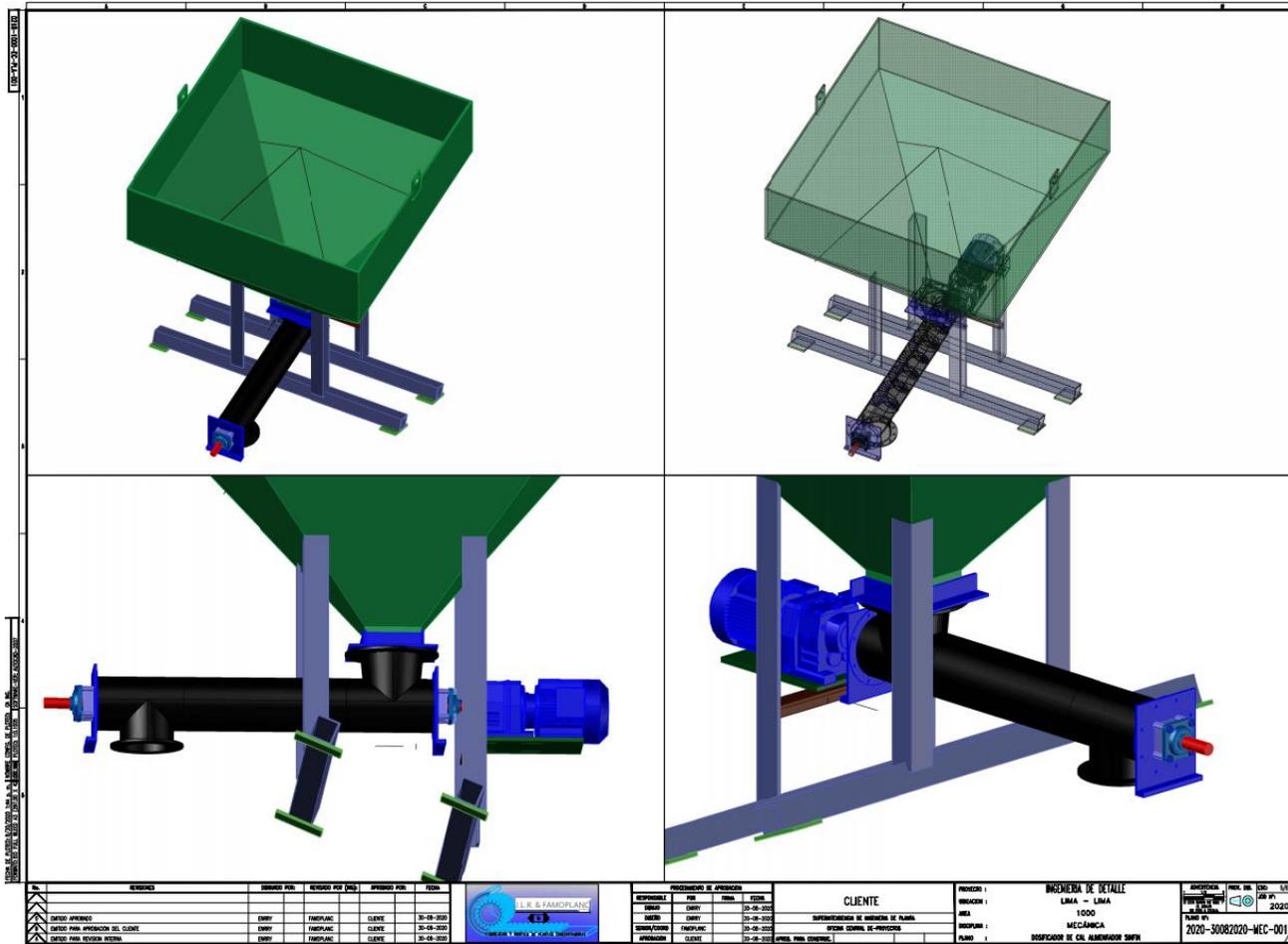
Anexo 8. Prototipo de Diseño



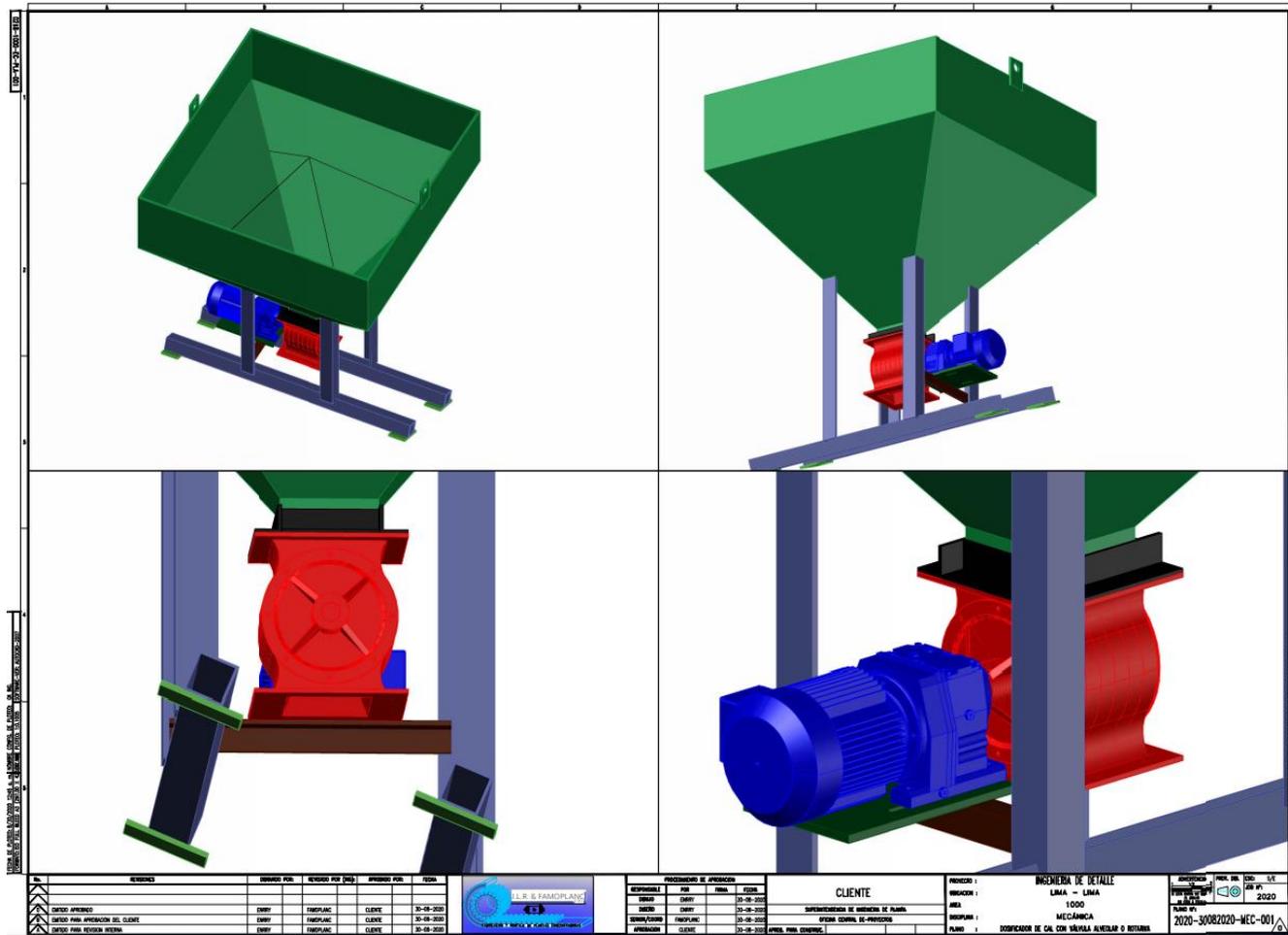
Fuente: elaboración propia



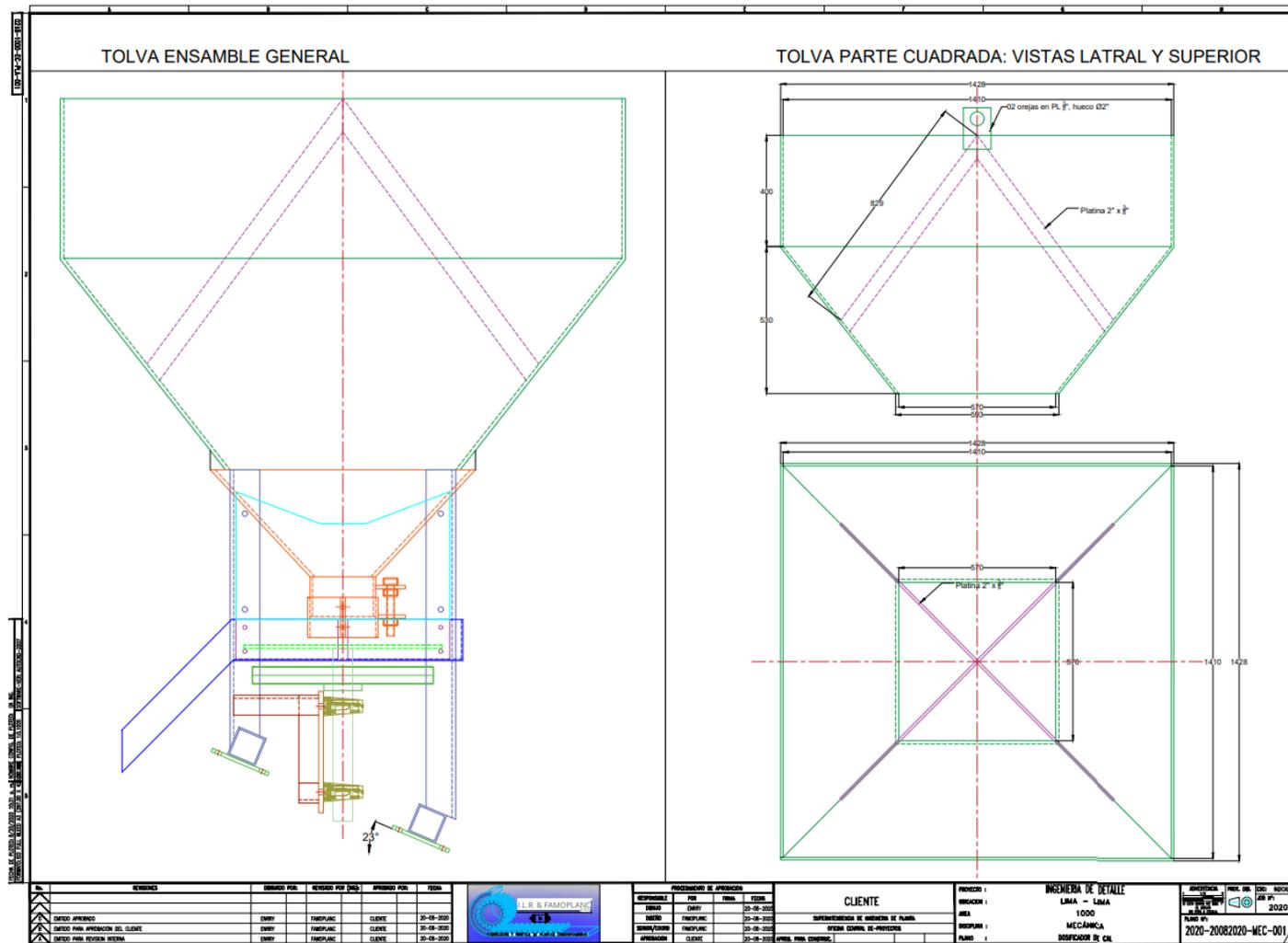
Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

Anexo 9. Declaración jurada

Lima, 12 de junio del 2021

Señor

Dr. Alex Antenor Benites Aliaga

Director De Nacional de la Escuela Profesional De Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo – Sede Lima Este

ASUNTO: AUTORIZACIÓN PARA REALIZAR TESIS DE INVESTIGACIÓN

Yo **LORENZO VILLALVA LEDESMA**, identificado con **DNI 23660509** de _____, en mi calidad de representante legal de la empresa **I.L.R & FAMOPLANC EIRL**, autorizo al estudiante Adheli Elsa Camarena De La O, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, de la Universidad Cesar Vallejo – Sede Lima Este, a utilizar información confidencial de la empresa para el desarrollo del proyecto de tesis denominado **“Diseño e Implementación de un Equipo Dosificador de Cal Modelo “Sin Fin” para mejorar la Homogeneidad del Proceso de vertido de Cal en la empresa Corporación Minera Centauro S.A.C 2021”**, ubicado en **cerro de Pasco**. Como condiciones contractuales, el estudiante se obliga a (1) no divulgar ni usar para fines personales la información (documentos, expedientes, escritos, artículos, contratos, estados de cuenta y demás materiales) que, con objeto de la relación de trabajo, le fue suministrada; (2) no proporcionar a terceras personas, verbalmente o por escrito, directa o indirectamente, información alguna de las actividades y/o procesos de cualquier clase que fuesen observadas en la empresa durante la duración del proyecto y (3) no utilizar completa o parcialmente ninguno de los productos (documentos, metodología, procesos y demás) relacionados con el proyecto. El estudiante asume que toda información y el resultado del proyecto serán de uso exclusivamente académico.

El material suministrado por la empresa será la base para la construcción de un estudio de caso. La información y resultado que se obtenga del mismo podrían llegar a convertirse en una herramienta didáctica que apoye la formación de los estudiantes de la Escuela de Profesional de Ingeniería Industrial.

Atentamente



LORENZO VILLALVA LEDESMA

Nota: