

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



**Diseño de automatización de cierre y apertura de tolvas en el carguío de
Skips para el proceso de transporte de material en minería subterránea,
Arequipa 2023**

Tesis presentada por el bachiller:

Gutiérrez Arana, Jean Pierre

ORCID: 0009-0008-2278-6813

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Asesor:

Mg. Reátegui Ordoñez Fulton Carlos Pastor

ORCID: 0000-0001-7490-8757

Arequipa – Perú

2024

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA DE MINAS

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 27 de Noviembre del 2023

Dictamen: 007188-C-EPIM-2023

Visto el borrador del expediente 007188, presentado por:

2014201851 - GUTIERREZ ARANA JEAN PIERRE

Titulado:

**DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN DE CIERRE Y APERTURA DE TOLVAS EN EL CARGUÍO DE SKIPS
PARA EL PROCESO DE TRANSPORTE DE MATERIAL EN MINERÍA SUBTERRÁNEA, AREQUIPA
2023.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**29569057 - CASTILLO CACERES CESAR PIO
DICTAMINADOR**



**40656104 - LOPEZ CASAPERALTA DE DIAZ PATRICIA YANETH
DICTAMINADOR**



**40859499 - BERNEDO TITO EDWIN JOSE
DICTAMINADOR**



Diseño de automatización de cierre y apertura de tolvas en el carguío de Skips para el proceso de transporte de material en minería subterránea, Arequipa 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	2%
2	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	conocemassobremina.blogspot.com Fuente de Internet	<1%
4	Submitted to Submitted on 1687276131510 Trabajo del estudiante	<1%
5	www.fewebplus.be Fuente de Internet	<1%
6	www.cienciadigital.org Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Carlos III de Madrid Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Francisco de Vitoria Trabajo del estudiante	<1%

Dedicatoria

Dedicado a mis padres, por darme su amor incondicional, comprensión y conocimientos que me impulsaron hasta este momento.

A mi hermano Bryant, por su guía y consejos a lo largo de los años, siempre buscando lo mejor para mí, tanto personalmente como de manera profesional.

A mi hermano Joel que, desde mi uso de razón, buscaba darnos el mejor ejemplo, demostrándonos que todo es posible en tanto uno lo sueña y lucha por lograrlo.

A Flavia, por su inmensurable apoyo a lo largo de los años y durante el desarrollo del presente trabajo, volviéndose un pilar fundamental en mi tranquilidad y alegría.



Agradecimiento

Agradezco a mis padres por el gran apoyo y amor incondicional que siempre me brindaron a lo largo de la vida, dándome una sólida base de valores y moral, así como, sus enseñanzas que me ayudaron a superarme a nivel personal y profesional

A mi familia por ser parte del proceso de realización del presente trabajo con todo su apoyo y paciencia.

A mi mentor y guía Ing. Kevin Inofuente Colque por su gran apoyo y capacitación en el área de ingeniería electrónica, para continuar con el desarrollo de mi tesis.

A mi universidad por brindarme los sólidos conocimientos, así como, las habilidades necesarias para poder desenvolverme profesionalmente de forma competitiva dentro del rubro.



RESUMEN

En las labores extractivas de la minería subterránea es importante tener un diseño que sea eficiente donde los procesos de carguío y transporte de mineral estén en sinergia ya que son operaciones unitarias que implican un alto costo para toda empresa minera. A medida que las labores se van expandiendo y profundizando estos costos aumentan, acompañado de varias deficiencias en el sistema extractivo de mineral hacia superficie. En el presente caso las zonas de descarga de mineral a través de las tolvas de alimentación y carga de Skips no se encuentran reguladas, la apertura y cierre de las mismas se realiza de forma manual, provocando contaminación en el área de trabajo, así como un deficiente llenado en la capacidad de carga de los Skips, conllevando a una menor cantidad de material movido por ciclo y guardia; ante la problemática se busca realizar un diseño de automatización de cierre y apertura de tolvas en el carguío de Skips para la optimización del proceso de transporte de mineral en minería subterránea.

La presente tesis consta de un diseño de tres etapas, diagnóstico situacional, cálculo y diseño, comparación y estimación. A su vez, busca presentar un diseño de automatización al proceso mecánico de carga de material a través de la tolva hacia los Skips como alternativa de mejora para posteriormente calcular y analizar el impacto que este tendrá en el proceso operativo. También se tiene que corregir el desconocimiento de las herramientas digitales por la inadecuada capacitación del personal.

Mediante el uso del sistema programable digital que se encuentra interconectado con los componentes físicos en las labores a automatizar, permite poder controlar, medir y analizar el proceso de llenado a través de un interfaz amigable al usuario; reduciendo el tiempo de espera y trabajo del skip en parte de su ciclo, mejorando el control del paso de material desde la tolva hacia el skip, aumentando la eficiencia de transporte del skip al reducir el tiempo por ciclo y guardia que realiza, siendo un ahorro de 43min, logrando el aumento del factor de llenado del skip; pasando de un valor de 0.85 a 0.95, es decir, generando una mejora de cantidad de material movido de 15.79%, que trasladado a tonelaje sería 5.776 Tn.

Palabras clave: Automatización, Skips, Minería subterránea, Tolva, Carguío, Diseño

ABSTRACT

In the extractive work of underground mining, it is important to have an efficient design where the mineral loading and transport processes are in synergy, since they are unitary operations that imply a high cost for any mining company. As the works expand and deepen, these costs increase, accompanied by several deficiencies in the mineral extraction system towards the surface. In the present case, the mineral unloading areas through the feed hoppers and skip loading are not regulated, their opening and closing is done manually, generating contamination in the work area, as well as a deficient filling in the load capacity of the Skips, generating a lower amount of material moved per cycle and guard; Given the problem, it is sought to carry out an automation design for the closing and opening of hoppers in the loading of Skips for the optimization of the mineral transport process in underground mining.

This thesis consists of a three-stage design, situational diagnosis, calculation and design, comparison and estimation. At the same time, it seeks to present an automation design for the mechanical process of loading material through the hopper to the Skips as an improvement alternative to later calculate and analyze the impact that this will have on the operational process. The lack of knowledge of digital tools due to inadequate staff training must also be corrected.

Through the use of the digital programmable system that is interconnected with the physical components in the tasks to be automated, it allows to control, measure and analyze the filling process through a user-friendly interface; reducing the waiting time and work of the skip in part of its cycle, improving the control of the passage of material from the hopper to the skip, increasing the efficiency of transporting the skip by reducing the time per cycle and guard that it performs, being a saving of 43min, achieving the increase in the fill factor of the skip; Going from a value of 0.85 to 0.95, that is, generating an improvement in the amount of material moved of 15.79%, which transferred to tonnage would be 5,776 Tn.

Keywords: Automation, Skips, Underground mining, Hopper, Loading, Design.

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimiento	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
ÍNDICE.....	xiv
LISTA DE FIGURAS.....	xvii
LISTA DE TABLAS.....	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPITULO I	1
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION	2
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1.Objetivos General	2
1.3.2.Objetivos Específicos	3
1.4. Línea de Investigación	3
1.5. Justificación	3
CAPITULO II.....	4
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Estado del arte	8
1.3. Marco conceptual	9
1.3.1.Minería Subterránea	9
1.3.2.Yacimientos minerales.....	10
1.3.3.Maquinaria Minera	12
1.3.4.Cálculo de los parámetros	14
1.3.5.Automatización	15
1.3.6.Sensores infrarrojos	15
1.3.7.Ingeniería de control.....	15
1.3.8.Arduino IDE	15
1.3.9.Programación.	16
1.4. Hipótesis.....	16

1.5. Operacionalización de las variables	17
1.6. Prueba de Hipótesis.....	17
1.6.1.Comprobación de resultados.	17
CAPITULO III	18
1. MODELO METODOLÓGICO	19
1.1. Alcances y Limitaciones.	19
1.1.1.Alcances.	19
1.1.2.Limitaciones.....	19
1.2. Tipo y nivel de investigación	19
1.3. Enfoque de la investigación	19
1.4. Diseño de la investigación	20
1.5. Población y muestra	20
1.6. Métodos de investigación.....	21
1.7. Materiales y equipos	22
CAPITULO IV.....	23
1. RESULTADOS Y DISCUSION.....	24
1.1. Diagnóstico del proceso de transporte de material	24
1.1.1.Análisis de la producción diaria	25
1.1.2.Proyectado diario	26
1.1.3.Análisis del proceso manual	27
1.1.4.Apertura y cierre de la tolva	28
1.1.5.Medición de tiempos de subida y bajada	29
1.1.6.Medición de tiempo de carga del skip	29
1.1.7.Medición de tiempo de descarga del skip.....	30
1.1.8.Medición de la cantidad de material cargado por el skip por viaje	31
1.1.9.Medición del número de viajes realizados por el skip por guardia (12hr) ..	32
1.1.10. Parámetros del proceso de carguío de Skips	33
1.2. Cálculo del diseño de los Skips	35
1.2.1.Diseño a escala del proceso.....	35
1.2.2.Dimensiones y medidas del diseño a escala.....	36
1.2.3.Cálculo de presión vertical sobre las compuertas de tolvas	37
1.2.4.Cálculo de volumen de skip escalado	37
1.2.5.Cálculo de dimensiones del modelo a escala	38

1.2.6.Elementos de diseño	38
1.2.7.Selección del software a utilizarse	41
1.2.8.Prueba de la automatización	42
1.3. Comparación del impacto de la automatización en los indicadores de producción.....	47
1.3.1.Análisis de resultados del diseño a escala	47
1.3.2.Cantidad de material transportado por viaje	48
1.3.3.Número de viajes del Skips	48
1.3.4.Comparativa del proceso pre y post automatización.....	49
1.3.5.Tiempos de carga del skip	50
1.3.6.Cantidad de material diario transportado por el skip	51
1.3.7.Número de operadores	51
1.3.8.Impacto de la automatización en la productividad.....	52
1.3.9.Comparación estadística pre y post automatización	55
CONCLUSIONES	57
RECOMENDACIONES	58
REFERENCIA.....	59
ANEXOS	60
1. Planos	60
1.2. Planos generales.....	60
1.1. Detalles	63
2. Programación Arduino del Sistema	72
3. Cotización del Proyecto	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de yacimiento	11
Figura 2	Indicadores de gestión KPI	13
Figura 3	Ubicación geográfica del área de estudio.....	21
Figura 4	Diagrama del proceso de transporte de material	25
Figura 5	Proceso de carguío del Skips.....	26
Figura 6	Proceso de apertura y cierre de tolva	28
Figura 7	Acarreo del material en niveles secundarios con vagones z-20.....	34
Figura 8	Diagrama del proceso de carguío y transporte de material	36
Figura 9	Sensor infrarrojo ultrasónico modelo VL53LOX	38
Figura 10	Célula de carga tipo viga BK2	38
Figura 11	Pistones hidráulicos cilíndricos de doble efecto marca Larzep	39
Figura 12	Encoder magnético en la marca Rockwell Automation.....	40
Figura 13	HMI Panel View Plus 1500	42
Figura 14	Elaboración del sistema de subida, bajada, armazón del desemboque de la tolva de alimentación del sistema a escala.	43
Figura 15	Pruebas de funcionamiento del izaje y descenso de los Skips del sistema a escala.	43
Figura 16	Pruebas de funcionamiento y ensamble de las compuertas de las tolvas de alimentación.....	44
Figura 17	Pruebas de funcionamiento de la apertura y cierre de las tolvas de alimentación del sistema a escala.....	44
Figura 18	Pruebas de funcionamiento del sistema electrónico del sistema a escala	45
Figura 19	Pruebas de funcionamiento de todo el sistema ensamblado y conectado	45
Figura 20	Sistema a escala finalizado y en funcionamiento.....	46
Figura 21	Sistema a escala finalizado.....	46
Figura 22	Sistema a escala finalizado.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables.....	17
Tabla 2	Dimensiones y productividad del Skips	27
Tabla 3	Tiempos de subida y descenso del Skips.....	29
Tabla 4	Tiempos de carguío del skip.....	30
Tabla 5	Tiempos de descarga y colocado del Skips	31
Tabla 6	Cantidad real de material cargado por el Skips	31
Tabla 7	Número de viajes realizado por el skip por guardia	32
Tabla 8	Dimensiones y diferencia de productividad del skip.....	34
Tabla 9	Dimensiones del skip escalado.....	36
Tabla 10	Tiempos de carga y transporte del skip con la implementación de la automatización.....	47
Tabla 11	Cantidad de material transportado por el skip por viaje con la implementación de la automatización.....	48
Tabla 12	Número de viajes realizado por el skip por guardia sin la implementación de la automatización.....	49
Tabla 13	Comparación del número de viajes realizado por el skip por guardia antes y después de la implementación de la automatización.....	50
Tabla 14	Comparación del tiempo de carguío del skip antes y después de la implementación de la automatización	51
Tabla 15	Tiempos operacionales de cada etapa del ciclo de trabajo del skip por viaje y por guardia antes de la implementación de la automatización	52
Tabla 16	Tiempos operacionales de cada etapa del ciclo de trabajo del skip por viaje y por guardia después de implementación de la automatización.....	53
Tabla 17	Tiempos operacionales de cada etapa del ciclo de trabajo del skip por viaje y por guardia después de implementación de la automatización.....	55

INTRODUCCIÓN

La unidad minera de estudio se encuentra ubicada en la provincia de Condesuyo distrito de Yanaquihua, tiene un sistema de transporte de material convencional no mecanizada, siendo su explotación de tipo subterráneo a través del método de corte y relleno ascendente. Durante el periodo 2020 -2021 se ha identificado problemas en el sistema en el sistema de carguío y transporte de material, identificándose lo siguiente:

Dado que, en la zona Esperanza, Veta Paola, labor TJ678W la apertura y cierre de las tolvas ubicadas en los packs de almacenamiento para el llenado de los Skips se realiza de forma manual, es decir: un operario se encarga de forma manual de aperturar y cerrar la tolva usando una plancha metálica para el llenado de los Skips teniendo como consecuencia un bajo rendimiento en el proceso de carguío y transporte de material (llenado menor al 95%) ya que existe una demora manual (entre 8 y 12 segundos) y no se puede verificar si está o no llenado dado que depende del criterio, visualización y experiencia del operador encargado. Así mismo al llevar acabo esta tarea genera condiciones laborales inseguras para el operador, puede presentarse incidentes y accidentes durante su ejecución, tales como; atrapamiento de miembros superiores, aplastamiento de manos- dedos, caída de material rodado alrededor del operador. Ante lo expuesto es necesario buscar una mejora de condiciones operativas y laborales, donde se pueda controlar y supervisar de forma eficiente, segura y continua estos procesos operacionales; lo cual se puede llevar a cabo realizando un diseño de automatización de cierre y apertura de tolvas en el carguío de Skips para la optimización del proceso de transporte de material en minería subterránea. La presente investigación está conformada por los capítulos:

En el capítulo 1 se realizó el planteamiento del problema, conformado por la descripción del problema, así como los objetivos de la investigación a cumplirse con la finalidad de brindar un aporte para la unidad minera de estudio.

En el capítulo 2 se presenta el marco de referencia, el cual está conformado por los antecedentes de investigación, marco conceptual y el marco teórico donde se desarrolló teóricamente las variables de investigación.

El capítulo 3 consta de la metodología y técnicas utilizadas, las limitaciones que presenta el trabajo de investigación, a su vez, la población utilizada para el mismo.

El capítulo 4 se presenta el desarrollo el diagnóstico del proceso operacional, así como su producción y factores que influyen en este.

Finalmente, en el capítulo 5 se expone el diseño a escala de proceso, así como los resultados de este para posteriormente realizar el análisis comparativo pre y post automatización del sistema.





1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

En las labores extractivas de la minería subterránea es importante tener un diseño que sea eficiente donde los procesos de carguío y transporte de mineral estén en sinergia ya que son operaciones unitarias que implican vital importancia para toda empresa minera. A medida que las labores se van expandiendo y profundizando las distancias aumentan, acompañado de varias deficiencias en el sistema extractivo de mineral hacia superficie, requiriendo así la búsqueda de proyectos, propuestas, diseños, que permitan reducirlos de la mayor forma posible a beneficio de la empresa.

A su vez, como se mencionó se tiene una variación de la cantidad de llenado de los Skips con capacidad de 0.670 Tn cada uno y un promedio de 0.636 Tn por viaje, generando una menor producción por viaje (llenado del 85%), por guardia y por mes; lo cual no permite llegar a la meta diaria de 93.00 Tn de movimiento de material.

Teniendo presente que las zonas de descarga de tolvas y carga de Skips no se encuentran reguladas, es decir no se puede aperturar y/o cerrar el paso de material de forma inmediata, así como medir y/o controlar la cantidad del mismo que pasa de las tolvas hacia los Skips, se genera contaminación del área de trabajo por material rodado, ocasionando con ello requerimientos de tiempos de limpieza de la zona de trabajo. Dificultades de los equipos, dañando los componentes de sistema: rodajes del sistema de izaje, motor de izaje, cuerpo del skip, teniendo por consecuencia mayores tiempos de mantenimiento y mayor probabilidad de falla de los equipos. Podemos concluir que el problema central es que existen deficiencias en el control de cierre y apertura de las tolvas en el carguío de Skips.

Ante la problemática descrita se propone: realizar una propuesta de diseño para la automatización de cierre y apertura de las tolvas en el carguío de Skips, así mismo se realizará una evaluación del diseño del prototipo a escala, en la cual se verificará el funcionamiento de la misma. presentado finalmente una alternativa que pueda servir para la optimización del sistema

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influirá la automatización de apertura y cierre de las tolvas en el carguío de skips?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos General

Realizar un diseño de automatización de cierre y apertura de tolvas en el carguío de Skips para la optimización del proceso de transporte de material en minería subterránea.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico situacional del proceso de transporte de material en la unidad minera de Yanaquihua
- Realizar un diseño a escala del sistema de transporte por skips incluyendo la automatización.
- Recolectar los valores de tiempo de llenado, tiempo de viaje por ciclo de los skips y nivel de carga realizado en el diseño a escala.
- Proyectar el funcionamiento de la automatización de apertura y cierre a estándares reales.
- Comparar los valores iniciales y experimentales, e identificar el impacto de la automatización de cierre y apertura de tolvas que tendrían en los indicadores de producción.

1.4. Línea de Investigación

La presente tesis está alineada a la optimización de procesos mineros, pues se busca proponer una alternativa de mejora, automatizando el proceso de carguío y transporte de material, proponiendo la automatización de apertura y cierre de tolvas para Skips.

1.5. Justificación

La presente investigación aportará una alternativa de optimización mediante la automatización que lograría la mejora y aumento de la productividad de los procesos operativos en minería subterránea para la etapa de carguío y transporte de material por Skips utilizando sensores, pistones y un controlador lógico programable que permita medir, controlar y evaluar el material a mover.

Mediante la propuesta de automatización se busca regular la cantidad de material a transportar y reduciendo el tiempo de ciclo del mismo; esto podría repercutir en la eficiencia del proceso de carguío y transporte de material.

Asimismo, se considera que la automatización podría lograr reducir los accidentes ocupacionales. Disminuir el riesgo mejorando el control, medición del proceso en estudio.



CAPITULO II

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Álvarez (2021) *“Incremento de la rentabilidad económica optimizando la operación transporte de mineral en la E.C.M. Martínez Contratistas e Ingeniería S.A.”* Unidad Minera Atacocha, Universidad Continental, Huancayo-Perú.

En el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal incrementar la productividad de la rentabilidad económica de la operación de transporte de mineral, optimizar y reducir los costos de transporte del mismo; a través de la medición, control e implementación de KPI y realizando un mayor control de tiempos de trabajo. Las herramientas utilizadas fueron aplicadas a la E.C.M. Martínez Contratistas e Ingeniería S.A. en la unidad minera Atacocha, obteniendo como conclusión el poder incrementar la rentabilidad económica en un 7.23%; así como reducir el número de equipos necesarios y demoras operacionales. La presente investigación presenta importancia puesto que, evalúa más de una variable que se pretende investigar en este estudio, el aumento de la productividad en los procesos, así como los ingresos recibidos a través de herramientas que nos permitan medirlas y controlarlas es fundamental en la búsqueda de mejora para cualquier empresa al mismo tiempo el lugar donde esta se desarrolla también es una unidad minera.

Ramos y Salomón (2021) *“Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua”*. Universidad Continental, Huancayo-Perú.

En la investigación el objetivo principal fue optimizar el ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la unidad minera Andaychagua, mediante el análisis de notas, planos, reportes operacionales y herramientas de la empresa de CN Minería y Construcción S.A.C. Estas herramientas fueron aplicadas en la Unidad Minera Andaychagua, que dio por conclusión la optimización de producción de mineral y la reducción de costos operacionales. Esta investigación resulta ser importante porque evalúa más de una variable que se pretender investigar en este estudio, muestra la optimización del carguío y transporte de mineral, reducción de tiempos, aumento de la producción, así como la reducción de los costos operacionales logrando el aumento de ingresos financieros y el lugar donde se evaluaría la variable es también una unidad minera.

Martínez (2016) *“Incremento de producción a partir de la gestión del tiempo en el transporte de mineral en el sector Nicole, concesión minera Esperanza II, Empresa Minera Minecsa, Zaruma-Ecuador”*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.

En la presente investigación tiene como objetivo principal aportar un plan de mejora en base a la gestión de tiempos y aumentar el número de ciclos de extracción de vagones, mediante la recopilación de datos de las actividades de transporte de material desde las diferentes labores, estas herramientas fueron aplicadas en el sector Nicole, concesión minera Esperanza II, Empresa minera Minecsa, la cual tuvo como conclusión la eliminación de tiempos muertos y el aumento del ritmo de producción logrando así aumentar las toneladas extraídas a superficie. La investigación logra ser importante, puesto que, evalúa más de una variable que se pretende investigar en este estudio, la reducción de tiempos muertos y la optimización de la producción, además que el lugar donde se evaluaría la variable es también una unidad minera.

Quiliche y Torres (2021) *“Evaluación del sistema de transporte de mineral en una mina subterránea-Pataz La Libertad”* Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú.

En la investigación presente el objetivo principal fue evaluar el sistema de transporte de mineral de una mina subterránea Pataz-La Libertad mediante la recolección de datos, análisis documental y observación en campo, mismas que fueron aplicadas en todas las labores de mina subterránea Patas- La Libertad, teniendo como resultado el informe de tiempos de ciclos, material movido, costos operacionales y la comparativa entre los sistemas de extracción manual y mecanizada, siendo la ultima la que muestra mayor eficiencia en cantidad de material movido. Esta investigación resulta ser importante porque evalúa una variable que se pretende investigar en este estudio, los tiempos de ciclos y los mismos al implementarse un modo extractivo mecanizado, además de desarrollarse en labores mineras subterráneas.

Coris (2017) *“Optimización y confiabilidad del sistema de izaje del Loading Pocket Nv. 250 mediante la automatización del proceso en Winche Esperanza (Minera Animon Cerro de Pasco)”* Universidad Continental, Huancayo-Perú.

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal determinar la influencia de la automatización del sistema de izaje Loading Pocket Nv. 250 sobre la optimización y confiabilidad del proceso en Winche Esperanza a través de recolección de datos, utilización de sensores ultrasónicos y un controlador lógico programable, estos instrumentos fueron

aplicados en la Mina Animon – Cerro de Pasco, teniendo como resultado el aumento de la producción haciendo uso de menor fuerza laboral y permitió aumentar el nivel de disponibilidad mecánica. Esta investigación presenta importancia, puesto que, evalúa más de una variable mediante el uso de varios instrumentos que se pretenden investigar en este estudio, también la utilización tecnológica como sensores y controladores lógico programables que nos permita automatizar un proceso con el fin de optimizar, maximizar y medir su desempeño, paralelamente buscando la reducción de tiempos y costos operativos, a su vez el lugar donde se evaluaría también es una unidad minera subterránea.

Túllume y Llontop (2016) “*Automatización e implementación de un sistema Scada para mejorar el desempeño del sistema de izaje por winches en minería subterránea de la Compañía Minera Casapalca S.A*”. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Perú.

En la investigación tiene como objetivo principal mejorar el desempeño del winche de izaje de la empresa minera Casapalca S.A. automatizando y supervisando el sistema de izaje en todo su proceso con la finalidad de reducir las paradas no programadas y aumentando la producción, utilizando un sistema de control apoyado por sensores y controladores lógico programables (PLC) en la Unidad Minera Casapalca S.A. La presente investigación resulta ser importante porque evalúa más de una variable que se pretende investigar en este estudio, la utilización de PLC y sensores para llevar a cabo la mejora del proceso, apoya al planteamiento de solución que se busca en la investigación a realizar, con el fin de medir, controlar, aumentar y mejorar la producción de la operación a través de la optimización del mismo; además de desarrollarse en una unidad minera subterránea.

Ore (2020) “*Mejora del sistema de extracción para reducir el costo en Zona II de la Unidad Minera Yauricocha*”. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú.

En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal reducir el costo de extracción en Zona II de la Unidad Minera Yauricocha mediante la obtención de datos de los indicadores de desempeño (KPI) y los reportes de equipo para visualizar la utilización y disponibilidad mecánica en la ZONA II de la Unidad Minera Yauricocha, teniendo como resultado el ahorro de costos de extracción y el incremento de la producción promedio del sistema de extracción. El presente trabajo es de importancia ya que presenta una optimización del sistema de extracción y producción mediante la mejora de tiempos muertos,

utilización efectiva y movimiento de material hacia los packs para posteriormente ser transportado por los Skips.

1.2. Estado del arte

Dado que, se busca mejorar o incrementar la rentabilidad económica de los procesos operativos en mina, es importante conocer todo el proceso de transporte de mineral incluyendo los costos que conlleva cada operación unitaria, con el fin de medir, analizar y regular los costos y producción; es por ello que Álvarez (2021) en la tesis “Incremento de la rentabilidad económica optimizando la operación transporte de mineral en la E.C.M. Martínez Contratistas e Ingeniería S.A.”, nos muestra como buscar la mejora operativa del proceso de transporte de mineral en minería. A su vez, continuando con la búsqueda de mejorar y/o optimizar los procesos de carguío y acarreo en minería, se debe recalcar que al lograr la optimización de las operaciones unitarias éste tendrá un impacto favorable en las ganancias mensuales, tal y como muestran Ramos y Salomón (2021) en la tesis “Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua”, al analizar los datos de operacionales se puede lograr una mejora de las tareas extractivas, teniendo como resultado un incremento de ganancia neta.

De igual forma, Martínez (2016) en la tesis “Incremento de producción a partir de la gestión del tiempo en el transporte de mineral en el sector Nicole, concesión minera Esperanza II, Empresa Minera Minecsa, Zaruma-Ecuador” nos aporta alcances de oportunidades de mejora y optimización de los procesos extractivos a través de la reducción de los tiempos operacionales, maximizando la utilización neta de los equipos, así como de los procesos

Teniendo en cuenta la maximización de las ganancias, así como la reducción de los costos operativos, es importante el análisis tanto de la parte extractiva como de transporte de mineral, como se observa según Quiliche y Torres (2021) en la tesis “Evaluación del sistema de transporte de mineral en una mina subterránea-Pataz La Libertad”, es de alta prioridad verificar que el método de extracción seleccionado, las rutas de transporte de mineral y equipos/maquinarias sean las adecuadas para cumplir con la estimación diaria de material movido. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, vemos que según Coris (2017) en la tesis “Optimización y confiabilidad de izaje del Loading Pocket Nv. 250 mediante la automatización del proceso en Winche Esperanza (Minera Animon Cerro de Pasco)”, es

necesario estar en la búsqueda de la mejora continua de los procesos operativos, un medio para lograrlo es la automatización de los procesos para poder maximizar la utilización de equipos, así como la reducción de costos; de igual forma según Túllume y Llontop (2016) en la tesis “Automatización e implementación de un sistema Scada para mejorar el desempeño del sistema de izaje por winches en minería subterránea de la Compañía Minera Casapalca S.A”, también nos aporta los beneficios que brinda el automatizar los procesos operacionales en minería, en este caso en la etapa de transporte de mineral de un nivel inferior a uno superior en minería subterránea. Recalcando que a través de la automatización de los procesos extractivos y transporte en minería alcanzamos mejoras operativas tal cual Ore (2020) busca en la tesis “Mejora del sistema de extracción para reducir el costo en Zona II de la Unidad Minera Yauricocha”, mostrándonos lo vital de lograr la reducción de costos y los grandes beneficios que ello trae a la empresa donde se realizan las mejoras en cuestión.

1.3. Marco conceptual

1.3.1. Minería Subterránea

Es un tipo de minería que se encarga de extraer el recurso subterráneo como es el caso de los minerales que no se pueden extraer de las minas a cielo abierto por razones ambientales o económicas, mediante el descubrimiento de yacimientos minerales subterráneos que, en el caso de la minería subterránea, tienen un valor económico suficiente para compensar la construcción de la mina; las minas subterráneas son una alternativa a las minas a cielo abierto en que se excavan de arriba hacia abajo, lo que es ineficaz a profundidades superiores a 60 metros (Ingeoexpert, 2019).

1.3.1.1. Perforación

Como afirma Bernaola et al. (2013) para la perforación se basa en el efecto mecánico del impacto y la rotación del equipo de perforación, cuyo impacto, presión y fricción generan el agrietamiento y fragmentación de la roca.

Su propósito es crear un agujero cilíndrico llamado taladro en la roca para luego introducir el material explosivo y sus accesorios de detonación. La elección de la perforadora y los explosivos es muy importante para una voladura eficaz. Este trabajo debe hacerse con buen juicio y cuidado.

1.3.1.2. Voladura

Como afirma Bernaola et al. (2013) la voladura de rocas consiste en la fragmentación del macizo rocoso en piezas más pequeñas, ello debido al correcto seleccionamiento de material explosivo que se insertan dentro los taladros perforados, siendo debidamente analizados

según el tipo de roca, presencia de nivel freático, velocidad de detonación, energía producida por el explosivo

A su vez, se puede afirmar que el proceso de voladura está íntimamente ligado a la perforación y generación de los taladros en el cuerpo mineralizado, generando una relación de dependencia, es decir, una buena perforación favorece una buena voladura, así como, una mala perforación favorece una mala voladura.

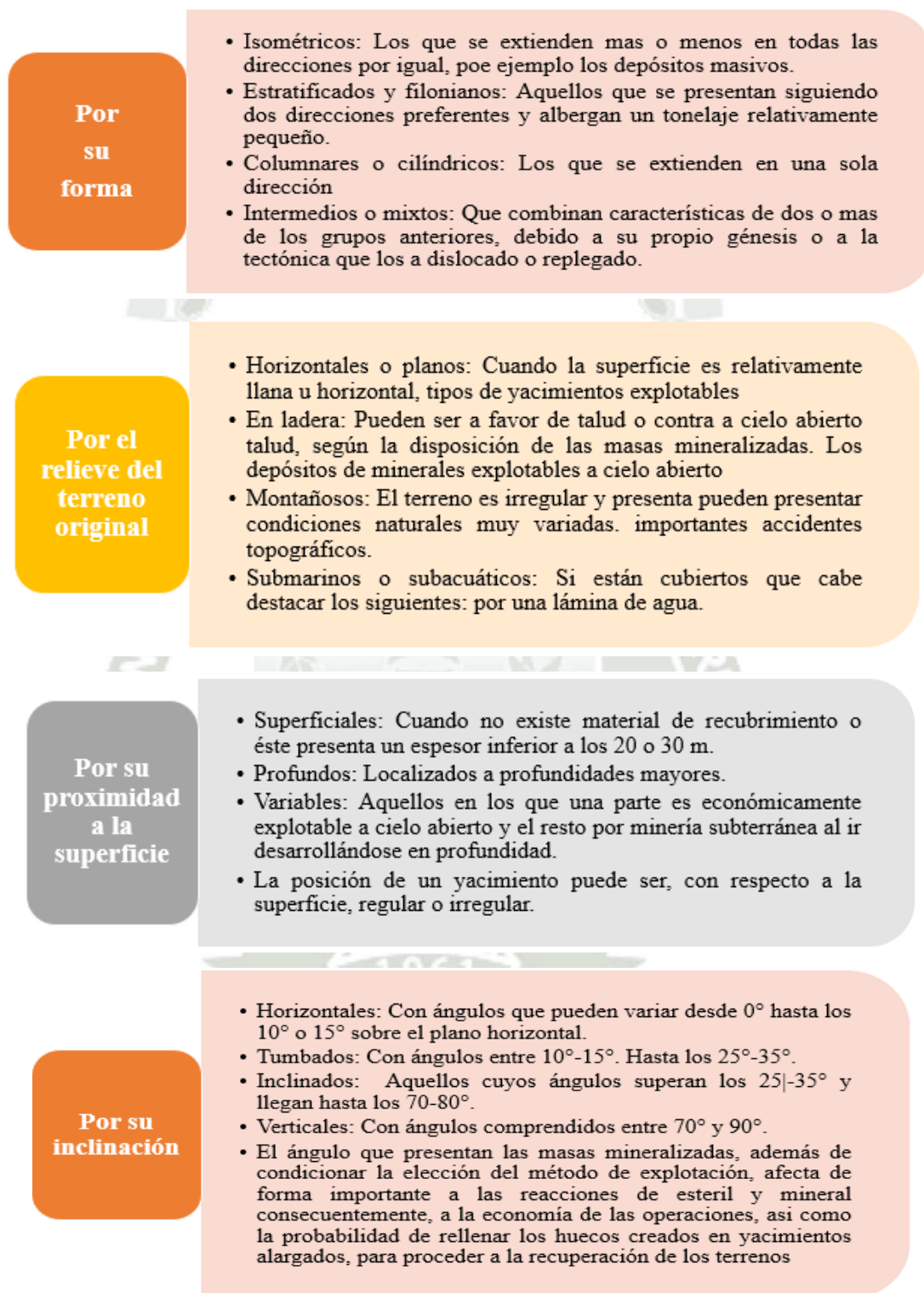
1.3.1.3. Ventilación

El autor Herrera (2019) señala la importancia de la ventilación debido a que todas las explosiones generadas por el proceso de voladura son en mayor o menor medida el resultado de gases tóxicos producidos por las diversas reacciones químicas que ocurren durante la explosión; como es en el caso del uso de ANFO produce diversos óxidos de nitrógeno que pueden ser letales incluso en bajas concentraciones; motores de combustión interna emiten una gran cantidad de contaminantes como óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, etc. principalmente debido a la falta de mantenimiento o a la gran altitud; el gas de formación se encuentra contenido dentro de la estructura de la roca del yacimiento y son producidos por arrastre, su exposición puede producir altas concentraciones de gases tóxicos; todo el mundo exhala dióxido de carbono (CO₂), por lo tanto, la ventilación debe mantener un ambiente que permita trabajar en condiciones ambientales adecuadas, convirtiéndose en una herramienta muy versátil para el control y mantenimiento de la atmósfera en las operaciones extractivas.

1.3.2. Yacimientos minerales

De acuerdo con Herrmann y Zappettini (2014) son originadas por irregularidades de la naturaleza en varios procesos geológicos, concentrando una variedad de sustancias metálicas explotables a cielo abierto o de forma subterránea que generen un beneficio económico. Los depósitos se clasifican generalmente:

Figura 1
Tipos de yacimiento



**Por la
complejidad
o número de
mineralizaciones**

- **Simples:** Se caracterizan por una estructura homogénea sin presencia de otros niveles mineralizadores o inclusiones; en este caso todos los minerales se extraen conjuntamente del yacimiento.
- **Complejos:** Pueden contener, junto con minerales de altas leyes, masas de mineral pobres o esterilizadas con unos contactos claros; en tales casos la explotación se realiza de forma selectiva para evitar la pérdida o dilución del mineral aprovechable.
- También se incluyen dentro de este grupo aquellos depósitos con diferentes masas o niveles mineralizados que obligan a una explotación más compleja, aun cuando los contactos con el esteril sean nítidos.

**Por la
distribución
de la calidad
del mineral
en el
yacimiento.**

- **Uniformes:** Cuando la calidad o ley del mineral es la misma dentro de los límites del yacimiento. En este caso la explotación se lleva a cabo con uno o varios tajos, pero sin proceder a la mezcla de los minerales extraídos.
- **No uniformes:** Cuando la mineralización presenta calidades distintas en alguna dirección, en planta o en profundidad, dentro del depósito. En estos casos se suele efectuar la extracción simultánea en varias zonas, para proceder a la mezcla y homogeneización de los minerales extraídos.

**Por el tipo
de roca
dominante**

- El recubrimiento de esteril y el mineral rocas compactas metamórficas o ígneas.
- El recubrimiento está constituido por rocas ígneas o metamórficas no homogéneas con alternancia de esteriles blandos y duros y el mineral e intrusiones de esteriles rocas compactas o meteorizadas y también de origen ígneo o metamórfico.
- Las rocas del esteril de recubrimiento son blandas y densas con el mineral y rocas de intrusión compactas o meteorizadas de origen ígneo o metamórfico.
- Las rocas de recubrimiento son blandas y sedimentarias y el mineral no es homogéneo.
- El recubrimiento y el mineral son blandos, de origen sedimentario.

Nota. Diferentes tipos de yacimientos. Adaptado “Manual de arranque, carga y transporte en minería” por Instituto Tecnológico Geominero de España, 2001.

1.3.3. Maquinaria Minera

1.3.3.1. Indicadores de gestión (KPI)

Refiere Schwarz (2012) que dichas métricas permiten monitorear los procesos organizacionales y reflejar su desempeño, y para un óptimo resultado se debe encontrar las métricas adecuadas para gestionar y tomar decisiones en base a ellas para mejorar el rendimiento de cada proceso; el riesgo de medir todo lo que existe en la empresa solo conducirá a la ineficiencia, aumentará los costos y no agregará valor al negocio, por ello es

importante seleccionar de manera cuidadosa y selectiva las métricas por adelantado que realmente representen el comportamiento del proceso y que la administración operativa pueda actuar de manera efectiva y segura para mejorar el desempeño de la industria minera; los indicadores utilizados en el abastecimiento pueden ser pre concurrentes o pos concurrentes, según la parte del proceso que se mida en la entrada, transformación o salida de un producto o servicio a otros procesos o al usuario final. A continuación, en el concepto de Schwarz, algunos de los indicadores más importantes utilizados en la industria minera:

Figura 2
Indicadores de gestión KPI



Nota. Indicadores del proceso por Schwarz, 2012.

Como se observa, la mayoría de las métricas buscan medir la relación de entrada a salida o, en otros casos, el rendimiento de cada proceso en función de los recursos primarios utilizados para desarrollar el proceso; en tales casos, el conjunto de métricas requeridas por la organización puede ser muy amplia y en un momento dado depende del tipo y tamaño de cada operación, por lo que es importante planificar con anticipación y, si es posible, desarrollar sus opciones en consecuencia. asegurar una mejor gestión de los procesos en los que estamos involucrados; la clave está en lograr una combinación óptima que garantice la mayor rentabilidad operativa, ambiental, administrativa, económica y social, minimizando los riesgos y maximizando la productividad efectiva.

1.3.4. Cálculo de los parámetros

1.3.4.1. Parámetros de la tolva de alimentación

Para el cálculo de la compuerta de tolva de alimentación es necesario saber cuánta fuerza aplicada debe resistir como tal, procedente del material que pasará y se almacenará en el chute, mencionado lo anterior se procederá a calcular la presión vertical ejercido por el mineral acumulado hacia la compuerta utilizando la ecuación 1 para el cálculo de presión vertical sobre compuertas de tolvas (Y. Choccelahua, 2021).

$$P_v = \frac{gAt}{U * \mu * K_j} [1 - e^{-h * K_j \frac{\mu * U}{At}}] \quad (1)$$

Donde:

Pv = Presión vertical

F = Fuerza ejercida

A = Área de compuerta

At = Área de sección transversal pared

U = Perímetro interior pared

μ = Coef. de rozamiento

h = Altura tolva

Kj = Coef. de Janssen

g = Densidad de material

Habiendo realizado el cálculo de carga a soportar en la compuerta de la tolva, se procede a la óptima selección de pistones, los cuales serán los encargados de soportar la carga del material tanto al momento de aperturar como de cerrar la compuerta

1.3.4.2. Cálculo de volumen de skip escalado

Para poder comprobar que las dimensiones seleccionadas sean correctas y óptimas para el escalado del modelo, se procede a realizar el cálculo del volumen del cuerpo del skip

utilizando la ecuación 2 para el cálculo integral del volumen de un objeto geométrico (Ingeniería básica, s.f.)

$$V = \int_0^c \int_0^b \int_0^a dx dy dz = \int_0^c \int_0^b a * dy dz = \int_0^c a * b * dz = a * b * c \quad (2)$$

Donde:

V = Volumen

a = Largo

b = Ancho

c = Alto

1.3.5. Automatización

Los procesos automatizados pueden eliminar los errores humanos, reducir las pérdidas y el tiempo de inactividad, garantizar la ejecución segura de los procesos, reducir los costos y aumentar los rendimientos (Rumbo Minero, 2019).

1.3.6. Sensores infrarrojos

Este dispositivo optoelectrónico es un medidor de radiación electromagnética infrarroja de los objetos en su campo de visión que emiten cierta cantidad de radiación imperceptible para la visión humana, aunque estos sensores no pueden ver en el rango del espectro por debajo de la luz visible ya que están diseñados específicamente para detectar, clasificar y ubicar objetos; incluso en condiciones ambientales adversas, también pueden detectar diferencias en forma, color y superficie; en el área de seguridad, estos dispositivos son mecanismos para varios dispositivos, movimiento, gas, detección de inundaciones, etc., los sensores externos se utilizan en algunos electrodomésticos, como los hornos microondas, para poder medir la temperatura interna de la distribución (Seguridad 360, 2022).

1.3.7. Ingeniería de control

Está íntimamente relacionada con el control automático del comportamiento de los sistemas, por lo que un ingeniero de control será el encargado de diseñar sistemas que mantengan el comportamiento exigido por sus diseñadores (Micarrera Universitaria, 2022).

1.3.8. Arduino IDE

Se trata de una placa de desarrollo enfocada en un microcontrolador Atmel, resaltamos que son circuitos integrados en los que se les puede grabar información e instrucciones mediante un lenguaje de programación y en un entorno compatible. Mencionando su entorno, se refiere al IDE Arduino, la cual es una aplicación capaz de ser adaptado a

cualquier plataforma, en esta aplicación se logra escribir y cargar programaciones en las placas Arduino (C. Peña, 2020).

Su funcionamiento consiste en el procesador que se comunica con el software de nivel superior, procesando la información recibida del software de gestión de almacenes realizando tareas según reglas pre programadas; este tipo de microprocesadores suelen ser versátiles para su uso y programación.

Un Arduino IDE nos permite realizar varias acciones, así como también se caracteriza por:

- Escribir nuestros propios códigos
- Depurar, grabar y editar los programas de manera rápida y sencilla
- Es de fácil adquisición, puesto que se puede obtener de forma gratuita a través de la web, brindándonos un ahorro económico al no requerir comprar algún aditamento extra
- Al encontrarse de forma gratuita nos permite tener acceso al código fuente del IDE para cualquier modificación que se requiera
- La interfaz hacia el usuario es de forma amigable y sencilla

1.3.9. Programación.

1.3.9.1. Lenguaje de programación.

Es un conjunto de reglas gramaticales (sintaxis y semántica) que le indican a una computadora o dispositivo que se comporte de cierta manera; cada lenguaje de programación tiene un vocabulario, un conjunto único de palabras clave que siguen una sintaxis específica para formar y organizar instrucciones informáticas (Chakray, 2022).

1.4. Hipótesis

Se propondrá el diseño para la automatización del cierre y apertura de tolvas en el carguío de Skips, como una alternativa de mejora para el proceso de transporte de material de la unidad minera de Yanaquihua.

1.5. Operacionalización de las variables

Tabla 1
Operacionalización de variables

<i>Variables</i>	<i>Dimensiones</i>	<i>Indicadores</i>
Automatización de cierre y apertura en el carguío de Skips. V. Independiente	Diseño	Materiales
		Disposición
		Instalación
	Control	Software
		Programación
		Interfaz de lectura
	Principio de funcionamiento	Sensor de nivel
		Apertura y cierre
		Elevación
	mantenimiento	Tiempo de vida
Programación de Mantto		
Proceso de transporte de material. V. Dependiente.	Indicadores	tiempo de transporte
		Capacidad de carga
		Número de fallas
		Productividad
	Sistema de transporte	Apertura y cierre de la tolva manual
		Carga de Skip con material
		Transporte mecánico.
		Control manual

Nota. En la tabla 1 se muestra la operacionalización de las variables.

1.6. Prueba de Hipótesis

1.6.1. Comprobación de resultados.

Se aplicará la simulación del software Arduino IDE para realizar la estimación y control de tiempos y carga de material a mover por los Skips con el proceso automatizado del mismo.

Así mismo se analizarán los resultados, tiempo de cierre, tiempo de apertura, cantidad de mineral transportado.

También se estimará el impacto de la automatización de cierre y apertura de tolvas que tendrían en los indicadores de producción.

La viabilidad de la hipótesis se puede verificar mediante el análisis de los resultados de la aplicación del software Arduino IDE para el proceso de transporte de material de la unidad minera,



CAPITULO III

1. MODELO METODOLÓGICO

1.1. Alcances y Limitaciones.

1.1.1. Alcances.

- Presentar un diseño de automatización al proceso mecánico de carga de material a través de la tolva hacia los Skips como alternativa de mejora.
- Analizar mediante la aplicación del software el correcto funcionamiento de la automatización y realizar el diseño óptimo para el caso de estudio.
- Calcular las cantidades de material y tiempos generados en el proceso de carguío y transporte de material que se lograrían de aplicar el diseño de automatización.

1.1.2. Limitaciones.

- La recopilación de información de años posteriores para definir la realidad operativa de la empresa, esto debido a que la información obtenida está comprendida hasta el mes de marzo del año 2020.
- La poca cooperación de ciertos trabajadores al ser consultados sobre problemáticas, situaciones de mejora, oportunidades de crecimiento de la empresa, que puedan percibir y que ayudarán a determinar actividades críticas.
- El desconocimiento de las herramientas en mención sin la adecuada capacitación y de forma que se aplique fácilmente
- La expiración de la información recopilada para definir la realidad operativa, puesto que, la unidad minera se encuentra en constante crecimiento, modificación y expansión.

1.2. Tipo y nivel de investigación

La presente tesis de investigación es de tipo descriptiva - explicativa, porque se analizará el proceso actual de transporte de material, su eficiencia y sus características, así mismo en base a ello se postulará la automatización apertura y cierre en el carguío de Skips.

La presente tesis es de nivel correlacional debido a que busca explicar la relación existente entre las variables independientes y dependientes, la relación entre proceso de transporte de material y la automatización de apertura y cierre en el carguío de Skips.

1.3. Enfoque de la investigación

La presente investigación tiene un enfoque mixto, ya que se analizará cualitativamente el funcionamiento, control y desarrollo del proceso de transporte de material, así como la caracterización del mismo para poder evaluar su eficiencia, y cuantitativamente mediante la recolección de información histórica registrada respecto a la cantidad de producción de material movido de los packs de almacenamiento hacia el exterior de la operación, así como

el tiempo que este conlleva para el posterior análisis respectivo y obtener el registro operacional base de transporte de material.

1.4. Diseño de la investigación

- Etapa 01 - Diagnóstico situacional
 - Recolectar datos de la cantidad de material de producción diaria
 - Obtener tiempo de apertura y cierre de la tolva de paso de material
 - Obtener el tiempo de carga del skip
 - Obtener el tiempo de ciclo del skip
 - Obtener la cantidad de material cargado en el skip
 - Recolectar el número de ciclos realizados por el skip por guardia(12hr)
- Etapa 02 – Calculo y diseño
 - Selección del material a usar para la realización del diseño a escala
 - Realizar el diseño a escala del proceso de carguío y transporte a través de skips
 - Selección de tipos de sensores a utilizar en el sistema
 - Elección del modelo de los sensores a utilizar
 - Selección de tipo de pistones a colocarse en la tolva para el paso de material
 - Selección del tipo de sistema de control
 - Exactitud del sistema de control
 - Selección de encoders para la comunicación de transmisor y el indicador
 - Selección del tipo de lenguaje de programación para el sistema de control
 - Establecer el protocolo de comunicación entre los componentes del sistema
 - Selección del software a utilizar
 - Integración de la programación
- Etapa 03 - Comparación y estimación.
 - Calcular los tiempos carga y transporte de material en el diseño a escala
 - Comparar los tiempos identificados del transporte mecánico de material con el transporte automatizado
 - Calcular la cantidad de material movido con el transporte automatizado
 - Comparar la cantidad de material cargado por los Skips en un ciclo después de la automatización y previo a ello

1.5. Población y muestra

- Población

Equipos del transporte de material a partir de las tolvas de alimentación y carguío de skips de labores profundizadas de la unidad minera.

- Muestra

Se tomó la muestra de dos SKIPS para una correcta medición de tiempos, así como de porcentaje de llenado, es decir, sistema de dos SKIPS del proceso de transporte de material de labores profundizadas de la unidad minera.

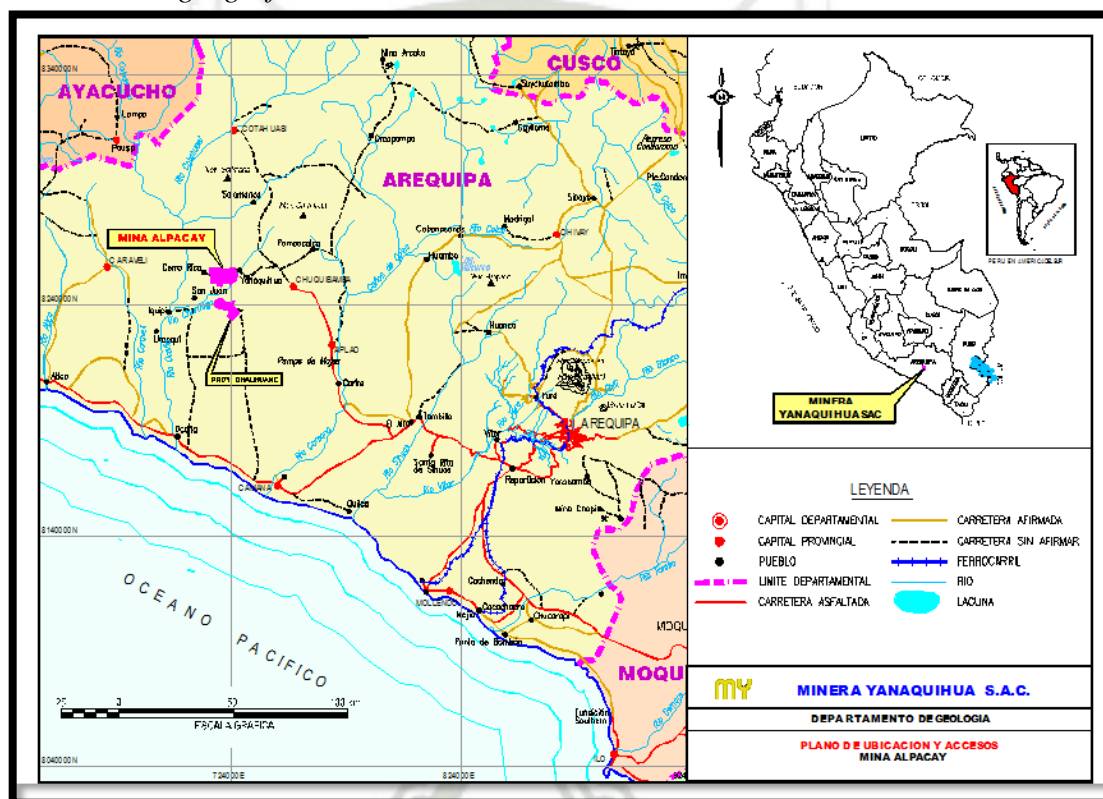
1.6. Métodos de investigación.

- Área de estudio.

La investigación se realizará en una unidad minera productora de oro perteneciente al distrito de Yanaquihua, provincia de Chuquibamba, departamento de Arequipa.

Figura 3

Ubicación geográfica del área de estudio.



Nota. Adaptado del estudio: Informe técnico de prácticas pre profesionales de minería Yanaquihua S.A.C. – Caceres M, 2015.

- Recolección de datos.

- Observación.

Para la presente investigación se utilizará la técnica de observación, ya que, se requiere tomar información y registrarla para el posterior análisis de las labores subterráneas donde se quiere aplicar la automatización del proceso de transporte de material.

- Análisis documental.

Para la presente investigación se utilizará la técnica de análisis documental mediante la recolección de cuadernos de registro de campo, archivos de registro de control de tiempos y producción y reportes operacionales.

- Cálculo Matemático.

Se empleará un método estadístico donde se efectuará un análisis comparativo entre la data recolectada previa a la automatización del proceso con la data posterior a la automatización del proceso.

- Software.

Para el presente trabajo de investigación se usará el software Arduino IDE dado que nos permite poder programar, controlar, medir y analizar todo el proceso a automatizar de forma sencilla y práctica; además de poder crear nuestras propias instrucciones para el sistema.

1.7. Materiales y equipos

- Software Arduino IDE.

Se utilizará para el modelado, análisis y control del proceso de transporte de material a través de los Skips, permite la comunicación entre los sensores de medición para el llenado de los Skips y los pistones de las compuertas de tolvas para el paso de material, de esta forma podremos verificar el llenado de los Skips.

Con esto podremos afirmar que la propuesta de diseño de automatización sería una alternativa óptima para la problemática de la minera.

- Programación – Arduino (bits).

Será usado para la comunicación entre el sistema automatizado y el operario para poder monitorear señales y el estado en que se encuentre el sistema, así como realizar operaciones de emergencia.



CAPITULO IV

1. RESULTADOS Y DISCUSION

1.1. Diagnóstico del proceso de transporte de material

En la presente minera subterránea ubicada en el distrito de Yanaquihua se trabaja a través del método extractivo de corte y relleno ascendente, mencionado ello, el proceso de transporte de material desde el frente de producción hasta los packs de almacenamientos destinados al chancado y posteriormente a planta se realiza mediante el movimiento del material recién volado hacia a los piques (chutes) en dirección a un nivel inferior aprovechando la gravedad para su almacenamiento en las tolvas de los piques, una vez almacenado es vaciado mediante la apertura manual de la tolva para llenar los Skips que se encuentran en el área de trabajo, en esta etapa al realizarse de forma manual la apertura y cierre de la tolva se presentan ineficiencias en el llenado de los Skips, así como contaminación de la zona de trabajo por material rodado y un aumento de tiempo tanto para llenar el Skips como para la apertura y cierre de la tolva, repercutiendo en la producción por guardia (12hrs) y diaria.

Una vez cargado el Skips, transporta el material hacia el nivel superior para posteriormente cargar los carros mineros U35 que se encuentran a la espera, estos son movilizados de forma manual a través de rieles con dirección a la galería principal donde esperan a ser remolcados por el ferrocarril hacia el exterior de bocamina. Luego es apilado en packs para ser levantados por el cargador frontal y llenar los volquetes que llevarán el material a la zona de chancado para su conminución y puedan ser derivados a su posterior proceso en planta.

Por lo tanto, el proceso se organiza a través de los siguientes pasos:

- Material minado del frente es dirigido hacia el pique (chute) en dirección al nivel inferior, moviéndose a través de la gravedad.
- El material es retenido y almacenado en el pique a través de una placa metálica.
- La tolva se cierra o apertura de forma manual para habilitar el pase de material.
- Una vez liberada la placa, se procede a llenar el Skips que se encuentra previamente ubicado en la salida de la tolva.
- Luego de haber logrado llenar el Skips, se realiza el cierre manual de la tolva.
- El Skips llenado comienza a realizar su elevación en dirección al nivel superior.
- Llegado del Skips al nivel superior, este realiza su vaciado del material para poder llenar los carros U-35 y Z-20 que se encuentran a la espera.

- Los carros mineros ya cargados, se desplazan hacia la galería principal donde se ubican los rieles de la locomotora.
- Llegada de la locomotora, los carros mineros son conectados a la locomotora para su transporte hacia el exterior de la labor.

Figura 4

Diagrama del proceso de transporte de material



Nota. Se aprecia como es el desarrollo y recorrido del proceso de extracción y transporte del material desde el frente de minado hasta su salida de bocamina según los cuadernos de registro y observación en campo.

1.1.1. Análisis de la producción diaria

A través de la recopilación de datos tomada nos muestra que entre el número de viajes realizados por el skip y el material movido presenta varias deficiencias de tiempo que nos conlleva a una menor tasa de rendimiento del equipo, las cuales son atoramiento de los rodajes, contaminación de la zona de trabajo, atascamiento de la placa metálica para restringir el paso de material, y en algunos casos golpe del equipo con las paredes por tema de balanceo, así como caída de material proveniente de la sobrecarga del equipo.

Al mismo tiempo podemos observar que la producción diaria (93.00 Tn) también varía en tema de cantidad (Tabla 2) por el hecho que no todos los días se almacena la misma cantidad de material a través del pique por los trabajos de sostenimiento, plasteo de corona o nivelación de las labores, así como los tiros cortados o sopladados que retrasan la operación de voladura.

1.1.1.1. Proceso de carguío

Este proceso empieza desde el vaciado de material a través del pique hacia las tolvas de almacenamiento, donde de forma manual el trabajador retira la placa metálica para proceder a llenar el balde del Skips con ayuda de la gravedad, una vez el trabajador visualiza que el Skips está lleno procede a cerrar la tolva para restringir el paso de material hasta la llegada del siguiente Skips y repetir el proceso.

En esta etapa se tiene que considerar retrasos extras que se puedan producir durante la guardia, lo cual conlleva a una menor eficiencia operativa de carguío de material.

Figura 5

Proceso de carguío del Skips



Nota. Adaptado de “Incremento de producción a partir de la gestión del tiempo en el transporte de mineral en el sector Nicole, concesión minera Esperanza II, Empresa Minera Minecsa, Zaruma-Ecuador, Capitulo 2, pag.(28), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú “por Randy Martínez, 2016.

Según la Figura 5 se puede apreciar el estado físico del proceso de carguío del skip a través de la tolva de alimentación para su posterior ascenso a los niveles superiores.

1.1.2. Proyecto diario

Tomando en cuenta los tiempos promedio tanto para el proceso de carguío y transporte, así como las horas trabajadas por guardia nos da como resultado que la cantidad de material movido por el skip se encuentra por debajo de la proyección diaria estimada de esa labor que es aproximadamente de 93.00 Tn/día.

Tabla 2*Dimensiones y productividad del Skips*

Skip Pique 270 - Esperanza	Valor
Ancho	0.6 (m)
Largo	1.13 (m)
Alto	0.47 (m)
Volumen	0.3195 (m ³)
Densidad	2.8 (Tn)
Esponjamiento	0.75
Factor de carga	0.95
Tonelaje	0.636 (Tn)
Rendimiento	46.50 (Tn/guardia)
Rendimiento	93.00 (Tn/día)

Nota. Apreciación de la cantidad de carga y rendimiento proyectado según los cuadernos de registro de campo y reportes operacionales.

Al analizar la Tabla 2, podemos reconocer las características geométricas que presenta el skip y labor donde este trabaja, así como los datos del material que se carga, a su vez, los porcentajes de esponjamiento y llenado del mismo. Información que aporta al cálculo de tonelaje movido por viaje y guardia a través del equipo.

1.1.3. Análisis del proceso manual*1.1.3.1. Descripción del proceso.*

Para la apertura y cierre de la tolva del pique la cual es la encargada alimentar los Skips para su posterior izaje al nivel superior requiere de la presencia y funcionamiento de personal presente en la zona de trabajo, para que puedan de forma manual abrir la tolva y liberar el material, también son los encargados de llenar los Skips acorde a su criterio visual de llenado del mismo, puesto que, son los únicos que pueden supervisar y llevar a cabo la labor de carguío, la variación de la cantidad de llenado del Skips se debe al nivel de experiencia del personal y al criterio del mismo, una vez llenado el Skips, proceden a cerrar manualmente la tolva del pique para restringir el paso del material y así evitar un sobrellenado y/o una gran contaminación de la zona de trabajo por material rodado.

Figura 6*Proceso de apertura y cierre de tolva*

Nota. El proceso de cierre y apertura se realiza de forma manual, quitando y recolocando una placa metálica, lo cual es realizado por 2 operadores según lo observado en campo.

1.1.4. Apertura y cierre de la tolva

La realización de esta tarea como se mencionó, es de forma manual a través de un operario el cual se encarga de retirar la placa metálica para permitir el paso del material, así como de volver a colocar la placa metálica para restringir el paso de material una vez este cargado el skip y repetir el procedimiento para el siguiente skip.

Para este proceso que nos permite el carguío de los Skips se realizó una serie de tomas de tiempo que involucra 15 ciclos de viaje o trabajo tanto desde la tolva hasta el retorno del skip, las cuales se mostrarán en el punto.

1.1.4.1. Análisis del proceso de carguío

1.1.4.1.1. Análisis del ciclo del skip

La realización de este análisis nos permitiría conocer el estado productivo y/o operacional que presenta el skip para transportar el material, para ello se realizó la toma de tiempos a través de todas las etapas en las que se involucra el skip.

1.1.5. Medición de tiempos de subida y bajada

Esta parte considera la ruta del skip del nivel inferior donde es cargado con el material a transportar hasta el nivel superior para cargar los carritos mineros, para ello se consideró la información de 15 muestras

Tabla 3
Tiempos de subida y descenso del Skips

Número de viajes	Tiempo de subida cargado (min)	Tiempo de descenso (min)
1	1:40.2	1:36.6
2	1:39.8	1:38.6
3	1:39.9	1:40.0
4	1:40.0	1:40.2
5	1:39.8	1:37.0
6	1:39.9	1:40.8
7	1:39.9	1:40.3
8	1:40.6	1:40.2
9	1:40.1	1:40.1
10	1:40.1	1:38.7
11	1:40.2	1:39.3
12	1:40.1	1:34.8
13	1:40.1	1:36.5
14	1:40.0	1:38.7
15	1:39.9	1:36.3

Nota. Los tiempos tomados de subida cargado y descenso del Skips son realizados previo al diseño de automatización según los cuadernos de registro y reportes operacionales.

Como se muestra en la Tabla 3, se tomó un rango de 15 muestras; donde revela que el tiempo de subida-cargado presentan una ligera variación de + - 2 segundos, así como una variación en el tiempo de descenso de + - 3 segundos, con lo cual indica que, los tiempos de cada tarea no son uniformes, conllevando a una acumulación de tiempo adicional a lo largo de toda la guardia. Además de considerar que algunas variaciones son producto de demoras operativas como: colocación del skip en su lugar antes de comenzar el descenso, sobrecarga de material en el skip antes de iniciar la subida.

1.1.6. Medición de tiempo de carga del skip

Se toma el cronometraje del tiempo desde el momento en que el material pasa a través de la tolva de apilamiento hasta que el skip se encuentre lleno, para su llenado se considera la capacidad del skip al 95% así como una toma de 15 muestras.

Tabla 4*Tiempos de carguío del skip*

Número de viajes	Tiempo de carguío (min)
1	1:34.2
2	1:40.3
3	1:43.3
4	1:56.8
5	1:27.6
6	00:44.3
7	1:00.3
8	00:36.7
9	00:36.7
10	00:38.1
11	1:28.9
12	1:48.6
13	2:10.5
14	1:34.3
15	1:48.3

Nota. Presentación y análisis en 15 muestras de los tiempos de carguío de material previo al diseño de automatización según los cuadernos de registro y reportes operacionales.

A través de la Tabla 4, revela que el tiempo de carguío presenta variaciones con lo cual indica que, los tiempos de cada tarea no son uniformes, conllevando a una acumulación de tiempo adicional a lo largo de todo el funcionamiento del skip. Al realizar la tarea de llenado del equipo no siempre se logrará un llenado óptimo ni eficaz, debido a la influencia de la experiencia y visualización que tendrá el operador para ejecutar la tarea.

1.1.7. Medición de tiempo de descarga del skip

Se considera desde el momento que el skip llega al nivel superior y procede a inclinarse para dejar caer el material hasta el momento en que regresa a su posición inicial y procede a descender nuevamente.

Tabla 5

Tiempos de descarga y colocado del Skips

Número de viajes	Tiempo de descarga y colocado (min)
1	00:14.4
2	00:20.1
3	00:15.7
4	00:18.6
5	00:16.2
6	00:15.4
7	00:15.1
8	00:15.9
9	00:15.5
10	00:14.0
11	00:16.0
12	00:15.5
13	00:15.2
14	00:13.1
15	00:12.0

Nota. Las 15 muestras tomadas presentan una correlación en sus tiempos de descarga debido a la influencia de la gravedad según los cuadernos de registro y reportes operacionales.

Analizando la información de la Tabla 5, muestra que el tiempo de descarga presentan una ligera variación de + - 2 segundos, con lo cual indica que, los tiempos de cada tarea son casi uniformes, sin embargo, también presentará una acumulación de tiempo adicional a lo largo de toda la guardia debido a que no se puede controlar aun de forma adecuada y temporizada la descarga del material para lograr un ahorro de tiempo operativo.

1.1.8. Medición de la cantidad de material cargado por el skip por viaje

Se obtiene la información a partir de las características físicas del skip, factor de esponjamiento del material y la eficiencia de carga.

Tabla 6

Cantidad real de material cargado por el Skips

Skip	Valor
Ancho	0.6 (m)
Largo	1.13 (m)
Alto	0.47 (m)
Volumen	0.3195 (m ³)
Densidad	2.8 (Tn/m ³)
Esponjamiento	0.75
Factor de carga	0.85
Tonelaje	0.570 (Tn)
Rendimiento	41.61 (Tn/guardia)
Rendimiento	83.22 (Tn/día)

Nota. Se analiza los datos de carga del skip obtenidos en campo según los cuadernos de registro y reportes operacionales.

Según la Tabla 6, los datos recolectados en el funcionamiento del Skips, se puede evidenciar que el factor de carga y llenado del skip no se alinea con los valores estimados inicialmente, la diferencia del factor de carga es de 0.10; con ello genera una variación final en el tonelaje transportado por viaje del skip.

Mencionado anteriormente, esta variación es producto de la habilidad y capacidad de los operarios encargados del llenado del equipo, puesto que, para evitar sobrecargar el equipo y el motor de izaje, así como la contaminación de la zona de trabajo, no logran llenar adecuadamente el skip.

1.1.9. Medición del número de viajes realizados por el skip por guardia (12hr)

Cada guardia está comprendida por 12hrs, pero el tiempo de trabajo del skip no comprende todo ese rango de horas, puesto que se presentan varios retrasos operacionales, como los almuerzos, charlas de seguridad, supervisión de la zona de trabajo por el ingeniero y por el capataz, balanceo del skip, atoramiento del equipo, tiempo para que los trabajadores realicen su boleo, refrigerio.

Así como también retrasos por otros procesos operacionales: perforación y voladura, puesto que esta área es la encargada de proveer el material hacia los piques de almacenamiento que alimenta el skip; sostenimiento, puesto que sin este proceso no se puede seguir avanzando en el frente de extracción.

Tabla 7
Número de viajes realizado por el skip por guardia

Número de viajes	Tiempo total del ciclo (min)
1	06:34.3
2	06:00.5
3	04:53.8
4	06:10.6
5	05:31.6
6	06:51.8
.	.
.	.
.	.
71	05:38.5
72	05:00.4
73	05:20.6

Nota. Sumados los tiempos de cada etapa se logra un tiempo total por viaje, con ello también se obtiene la cantidad total de viajes realizados por skip durante la guardia según los

cuadernos de registro y reportes operacionales.

Como se muestra en la Tabla 7, se ha obtenido un total de 73 viajes del skip por guardia, sumando tanto el tiempo de tareas como retrasos, dando una visualización de numerosas variaciones de tiempo en cada viaje. Todo ello producto del poco control que se tiene en el desarrollo de cada tarea dentro del ciclo de trabajo del skip.

1.1.10. Parámetros del proceso de carguío de Skips

1.1.10.1. Número de operadores

La cantidad de número de operadores está dirigido a los requerimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de carguío, esto con lleva para las tareas tanto de apertura y cierre de la tolva de alimentación para el skip, como para las subtareas de cuadrado alineado e indicación para elevar y descender el skip entre los niveles en donde cumple su funcionamiento. Por tal razón es que se presenta el requerimiento de 2 operadores.

1.1.10.2. Presencia de material rodado

Este acontecimiento se presenta en el proceso de carguío de skip, puesto que, al no tener un control preciso para restringir el paso de material genera un acumulamiento excesivo de material en el skip, provocando que las rocas fragmentadas caigan alrededor y cerca del skip. Motivo por el cual los trabajadores que se encuentran laborando en la zona se toman un tiempo extra para limpiar la zona o regresar el material al skip en su siguiente viaje, con la finalidad de no contaminar la zona de trabajo, así como evitar la dilución del mineral.

Figura 7

Acarreo del material en niveles secundarios con vagones z-20



Nota. Apreciación del área de trabajo donde el skip descarga el material para el llenado de los carros mineros. Adaptado de “Análisis de transporte por locomotoras eléctricas y a baterías en el nivel principal y abastecimiento de los niveles secundarios en PRODUMIN S.A.” por Wilmar Ríos, 2020

Tabla 8

Dimensiones y diferencia de productividad del skip

Skip	Valor estimado	Valor real
Ancho	0.6 (m)	0.6 (m)
Largo	1.13 (m)	1.13 (m)
Alto	0.47 (m)	0.47 (m)
Volumen	0.3195 (m ³)	0.3195 (m ³)
Densidad	2.8 (Tn)	2.8 (Tn/m ³)
Espojamiento	0.75	0.75
Factor de carga	0.95	0.85
Tonelaje	0.636 (Tn)	0.570 (Tn)
Rendimiento	46.50 (Tn/guardia)	41.61 (Tn/guardia)
Rendimiento	93.00 (Tn/día)	83.22 (Tn/día)

Nota. Apreciación de la diferencia de cantidad de carga y rendimiento estimado y real del skip según los cuadernos de registro y reportes operacionales.

Al analizar la Tabla 8, podemos reconocer la evidencia de la pérdida de material cargado en el skip respecto a la estimación realizada previamente, esta diferencia se debe a varios factores que influyen en el proceso de llenado y transporte del equipo, como son: demoras en el proceso de apertura y cierre de tolva, en el izaje y vaciado del skip, así como, las demoras operativas al momento de llenar el equipo por parte del personal. Obteniendo una

diferencia de 9.78 Tn/día al restar los valores del rendimiento estimado (93.00 Tn) y rendimiento real (83.22 Tn).

1.2. Cálculo del diseño de los Skips

1.2.1. Diseño a escala del proceso

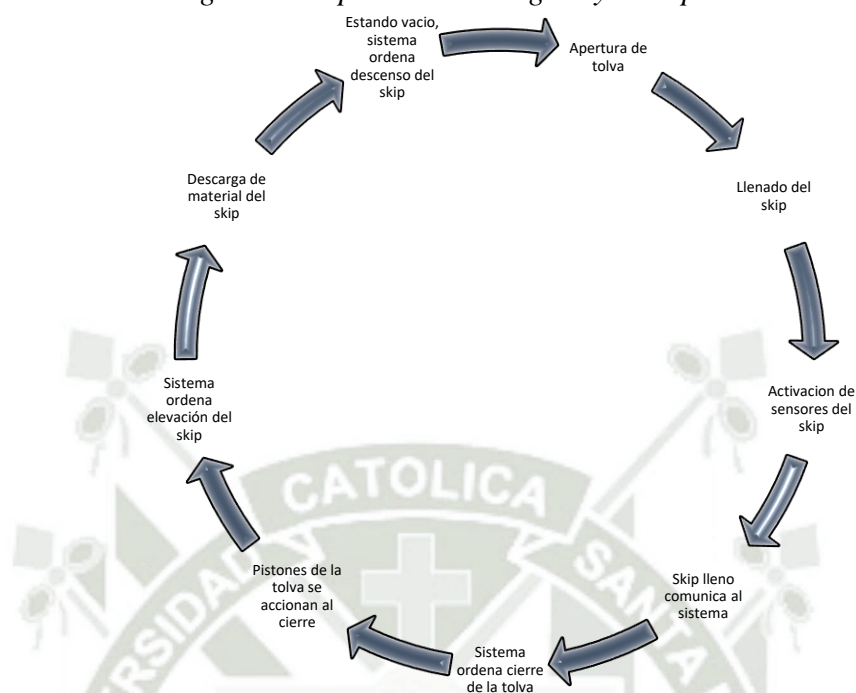
Para la realización del proceso a escala del sistema de carguío y transporte de Skips consideraremos un escalado de 1:100 y como punto de partida será el paso de material que viaja a través del pique o pack de almacenamiento, luego el material será retenido por la compuerta de la tolva la cual a través del accionamiento de pistones hidráulicos apresurará y cerrará la misma para permitir y restringir el paso de material para el carguío del skip, luego los sensores colocados en el skip emitirán una señal hacia el sistema de control donde indicará que al llenarse su capacidad accionará el cierre de la tolva a fin de no sobrecargar el skip y evitar rodamientos de material en la zona, así como el eficiente llenado del skip; seguidamente de esta acción, activará el motor para transportar el skip lleno hacia el nivel superior para su posterior descarga del mismo, ya encontrándose vacío el skip y medido por el sensor indicará al sistema que debe bajar hacia la tolva de alimentación y repetir el proceso, como punto final se considera el posicionamiento del skip vacío que retornó del nivel superior hacia la tolva de alimentación.

Por lo tanto, los siguientes pasos que realizara el sistema a escala serán:

- Material viaja a través del pique hasta llegar a la tolva.
- El material es retenido y almacenado en el pique a través de una placa metálica, la cual es sujeta por 2 pistones hidráulicos.
- La tolva se cierra o apertura de forma automática, según la indicación brindada por el software y sensores para habilitar el pase de material.
- Una vez llenado el skip según los criterios de los sensores, el sistema ordena el cierre inmediato de la tolva.
- Activación de los pistones para el cierre de la tolva.
- El skip llenado comienza a realizar su elevación en dirección al nivel superior.
- Llegado del skip al nivel superior, este realiza su vaciado del material.
- Ya vacío y posicionado el skip, el sistema ordena el descenso del equipo.
- El skip llega nuevamente a la posición de carga de material.
- Se repite el ciclo.

Figura 8

Diagrama del proceso de carguío y transporte de material



Nota. El diagrama de flujo del proceso de flujo del proceso esta interrelacionado entre todos sus componentes para un adecuado funcionamiento del sistema.

1.2.2. Dimensiones y medidas del diseño a escala

Las dimensiones que se usaran en el diseño se encuentran escaladas respecto a sus medidas reales en campo, para poder tener una recolección de datos más precisa y confiable. Todo ello con el fin de poder realizar posteriormente la comparativa de datos antes y después de la automatización del sistema.

Los datos con los que se trabajaran en el diseño se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9

Dimensiones del skip escalado.

Dimensiones del skip escalado	Valor
Ancho	6 (cm)
Largo	11.3 (cm)
Alto	4.7 (cm)
Volumen	319 (cm ³)
Distancia de recorrido del skip	60 (cm)
Ancho de tolva	6 (cm)
Alto de tolva	4 (cm)
Largo de cuello de tolva	10 (cm)
Ancho de cuello de tolva	6 (cm)
Distancia entre tolvas	13 (cm)
Inclinación de la tolva	35 (0°)

Nota. Se muestran los valores de las dimensiones para la realización de la maqueta del skip.

La información que se muestra en la tabla 9, son elegidos a escala en base a los datos reales en campo, puesto que, en campo el tamaño del skip es más grande, así como la distancia a recorrer es mucho mayor.

1.2.3. Cálculo de presión vertical sobre las compuertas de tolvas

Para el cálculo de la compuerta de tolva de alimentación es necesario saber cuánta fuerza aplicada debe resistir como tal, procedente del material que pasará y se almacenará en el chute, mencionado lo anterior se procederá a calcular la presión vertical ejercido por el mineral acumulado hacia la compuerta utilizando la ecuación 1.

$$g = 2800/m^3 * 9.8m/s^2$$

$$g = 27.44 KN/m^3$$

Se reemplaza los datos obtenidos:

$$Pv = \frac{27.44 * 2.88}{3.4 * 0.4 * 0.2604} [1 - e^{-2 * 0.2604 * \frac{0.4 * 3.4}{2.88}}]$$

$$Pv = 35.3 KN/m^2$$

$$F = (35.3KN/m^2) * (0.16m * 0.19m)$$

$$F = 107312 N$$

Habiendo realizado el cálculo de carga a soportar en la compuerta de la tolva, se procede a la óptima selección de pistones, los cuales serán los encargados de soportar la carga del material tanto al momento de aperturar como de cerrar la compuerta

1.2.4. Cálculo de volumen de skip escalado

Para poder comprobar que las dimensiones seleccionadas sean correctas y óptimas para el escalado del modelo, se procede a realizar el cálculo del volumen del cuerpo del skip utilizando la ecuación 2.

Entonces se procede a reemplazar los datos para el volumen del skip:

$$\int_0^6 \int_0^{11.3} \int_0^{4.7} dx dy dz = \int_0^6 \int_0^{11.3} a * dy dz = \int_0^6 4.7 * 11.3 * dz$$

$$= 4.7 * 11.3 * 6$$

$$V = 4.7 * 11.3 * 6$$

$$V = 318.7 cm^3$$

Mismos que serán ubicados en las paredes y base de los Skips para poder corroborar la información de factor de llenado (95%) y peso/carga adecuada, los cuales nos permitirán tener un mejor control respecto a la cantidad de material transportada por viaje mediante el skip.

1.2.6.1.1. Tipo de pistón

Puesto que, la tolva que permitirá el paso del material del pique tendrá que soportar cantidades elevadas de carga y que necesita un constante uso, se opta por la elección de pistones hidráulicos cilíndricos de doble efecto marca Larzep modelo D07532 capaces de soportar cargas de hasta 75 Tn por pistón.

Estos pistones se ubicarán en la compuerta de la tolva del pique que alimenta a los Skips. Con ello podremos controlar y mejorar el paso o bloqueo de material a través del mismo, permitiendo un mejor control de llenado y evitar la constante contaminación del área de trabajo.

Figura 11

Pistones hidráulicos cilíndricos de doble efecto marca Larzep



Nota. Tipo y modelo de pistón son elegidos por su capacidad de carga de trabajo. Adaptado de “Catálogo de cilindros hidráulicos” por Larzep Hydraulic, 2015, p.56.

Cabe mencionar que para el control de apertura y cierre de la tolva de alimentación, se utilizarán 2 pistones de doble efecto, puesto que, con ello se tendrá la fuerza y presión suficiente para contener la cantidad de peso que ejercerá el material sobre la placa metálica cuando esta se encuentre reteniendo el paso del material.

1.2.6.2. Tipo del sistema de control

Tomando en cuenta que se busca la automatización del proceso de carguío de mineral, por ende, se selecciona un sistema de control automático donde al recibir la información proveniente de los sensores y según sea seteado la información en el software, le permitirá

de forma autónoma poder abrir y cerrar la tolva del pique de alimentación del skip, así como subir, descargar y bajar el skip al punto de inicio para posteriormente repetir el proceso.

Gracias a que se opta por este tipo de sistema, nos resulta más fácil realizar el monitoreo y control respectivo, así como poder detener el mismo en caso de mantenimiento o fallas que se presenten en su utilización.

1.2.6.3. Exactitud del sistema de control

Gracias a la integración del HMI que nos permite controlar el sistema de una forma más didáctica, podemos tener una exactitud más precisa a comparación de contar el sistema automatizado, dándonos un margen de error de $\pm 2\%$, lo cual está en relación a los fallos ocasionados por corto del fluido eléctrico, así como sismos, etc.

Todo ello con la finalidad de poder controlar y medir eficazmente los tiempos operacionales que el equipo toma en realizar cada actividad de su ciclo de trabajo.

1.2.6.4. Selección de encoders para la comunicación de transmisor e indicador

Son los equipos encargados de transmitir los valores de los sensores hacia el sistema, es decir, recibe, comunica y codifica los movimientos mecánicos de un dispositivo mecánico móvil y un controlador. Entre la variedad que estos presentan se opta por elegir los encoders de tipo absoluto magnético en la marca Rockwell Automation, puesto que, puede mostrar y conservar la información de posición sin requerir un punto de referencia, además de brindar una gran confianza anti falla en sistemas que así lo requieran. De este modo podremos conectarlos al DeviceNet para funciones más avanzadas y reducir el costo de cableado.

Figura 12

Encoder magnético en la marca Rockwell Automation



Nota. Tipo y modelo de encoder son elegidos por su capacidad trabajo y confiabilidad de funcionamiento. Adaptado de “Catálogo Rockwell Automation” por Rockwell Automation, 2023.

1.2.7. Selección del software a utilizarse

1.2.7.1. Software

Para el desarrollo y funcionamiento del sistema se requiere de un software que nos brinde la capacidad de combinar tanto la parte mecánica, digital y analógica en un solo lugar, puesto que se necesita un funcionamiento óptimo, confiable y fácil de entender, así como para utilizarse, siendo este el caso, se opta por el software Arduino IDE. Este programa nos brinda la facilidad de poder generar nuestras propias instrucciones, así como, la disposición de ser compatible con cualquier plataforma.

Con esta herramienta se podrá hacer más fácil la comunicación entre los diferentes componentes, se realizará el envío y recepción de ordenes desde los sensores ubicados en los Skips hacia el sistema y hacia los pistones que se encuentran en la compuerta de la tolva para indicar en que momentos aperturar y cerrar este elemento del sistema. Por lo tanto, se tendrá una mejor comunicación y coordinación entre todos los elementos con la finalidad de optimizar el proceso de carguío y transporte de material.

1.2.7.2. Lenguaje de programación

Se usará el lenguaje de tipo BIT, con este tipo de lenguaje de programación las operaciones lógicas trabajan con 1 y 0, es decir, trabaja con un sistema binario; con ello podemos trabajar accionamientos de activación y desactivación según sea requerido. Estos ceros y unos cuando se combinan dan como producto un resultado lógico, que a su vez estas operaciones con bits nos brindan la posibilidad de trabajar funciones más diversas.

1.2.7.3. Protocolo de comunicación

Es indispensable que todos los componentes del sistema estén en sincronía, así como en una permanente comunicación, por ello es necesario usar tecnologías de comunicación para la señal recibida por los sensores y controladores en valores inteligibles que se puedan transportar. Dentro de los procesos automatizados en las industrias se utilizan los buses de campo, ya que han demostrado ser los más eficaces

Con esta herramienta será más fácil y posible poder intercomunicar todos los elementos del sistema, trabajando de la siguiente forma:

- Ambos sensores tanto infrarrojos ultrasónicos como de peso (célula de carga) ubicados en el skip al corroborar la cantidad y nivel de carga transmitirán su señal al sistema.
- El sistema recibe la señal y ordena restringir el paso de material proveniente de la tolva de alimentación.
- Se accionan al instante los pistones ubicados en la compuerta de la tolva de alimentación.

- Se le indica al skip hacer el recorrido de subida para transportar el material que lleva consigo.
- Llegado al nivel superior, realiza el vaciado de toda la carga.
- Terminado el vaciado de carga se le indica regresar a su posición de llegada.
- Estando en la posición correcta, empieza su descenso con dirección a la tolva de alimentación.
- Llegado a su posición inicial en el nivel inferior, comunica al sistema la apertura del paso de material.
- Comienza a repetir el ciclo de carga y transporte del sistema.

1.2.7.4. Integración del HMI

Es el punto donde se une la persona con la tecnología ya que es la interfaz de comunicación entre ambas partes, gracias al HMI es posible monitorear las señales y estados sistema, así como, poder realizar operaciones de emergencia.

Para ello haremos uso del HMI Panel View Plus 1500, dado que cuenta con terminales de diálogo PV+ nos brinda acceso a visualización de mensajes, alarmas, sistema, señalar fallas, poder modificar variables, controlar procesos dentro del sistema y ver el menú principal, todo ello a través de sus teclas/botones y pantalla táctil.

Figura 13
HMI Panel View Plus 1500



Nota. Se aprecia como es el panel de control en el cual el operario monitoreará el desarrollo del trabajo del equipo. Adaptado de “*Classic Automation*” por *Classic Automation*, 2023.

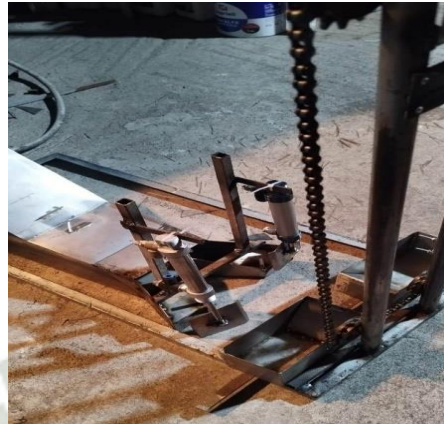
1.2.8. Prueba de la automatización

1.2.8.1. Prueba de funcionamiento

Una vez realizado el escalado al cual será 1:100, se procedió a la elaboración del diseño a escala con material inox, al tener finalizado el diseño, se procede a realizar las pruebas de ensayo o funcionamiento para corroborar que todos los componentes se encuentren en sinergia y en correcto funcionamiento.

Figura 14

Elaboración del sistema de subida, bajada, armazón del desemboque de la tolva de alimentación del sistema a escala.



Nota. Toda la estructura del sistema a escala fue elaborada con material inox.

Se comprueba que la línea de subida y bajada está correctamente ensambladas y posicionadas, así como la ubicación del armazón de las tolvas de alimentación junto con sus pistones.

Al principio se probó el funcionamiento del motor, el cual se encarga de subir y bajar los Skips, el cual demostró que se encontraba en buen estado al jalar los Skips, así como cambiar su sentido de rotación y descenderlos.

Figura 15

Pruebas de funcionamiento del izaje y descenso de los Skips del sistema a escala.



Nota. Se comprueba que las estructuras están correctamente alineadas para evitar fricciones o contacto entre los componentes.

Se verifica que los componentes no estén solamente alineados, sino que también cuenten con las medidas métricas adecuadas al escalado para poder tener mejor precisión en la fase

de pruebas y recolección de datos. Teniendo esto presente, se confirma que el peso que puede cargar el skip sin repercutir en su velocidad de transporte es de 722 gr, así como sus dimensiones, las cuales son: ancho de 6 cm, largo de 11.3 cm y alto de 4.7 cm.

Figura 16

Pruebas de funcionamiento y ensamble de las compuertas de las tolvas de alimentación



Nota. Se verifica el correcto funcionamiento de los pistones, así como del sistema electrónico.

Como segunda prueba se procedió a la prueba de los pistones, pues se encargarán de la apertura y cierre de la tolva de alimentación, los cuales respondieron favorablemente al conectar la compresora de aire, así como el sistema electrónico programable.

Figura 17

Pruebas de funcionamiento de la apertura y cierre de las tolvas de alimentación del sistema a escala



Nota. Se comprueba el correcto funcionamiento de los pistones, respecto a la apertura y cierre de la compuerta.

Una vez terminado el ensamble, conexión de los pistones con la compresora de aire, comprobamos que ambos se encuentran alineadas correctamente, así como, la velocidad de respuesta de la presión de aire desde la compresora hasta los pistones es inmediata.

Posteriormente se realizó la prueba del sistema electrónico y programación, el cual se encarga de recibir y enviar las ordenes de apertura y cierre de la tolva, así como la subida, descarga y descenso de los Skips, el cual no presentó inconvenientes en su desarrollo.

Figura 18

Pruebas de funcionamiento del sistema electrónico del sistema a escala



Nota. Se procede a verificar si la programación se encuentra en sinergia con los componentes electrónicos

Finalmente se procedió a unir todos los componentes en su respectiva ubicación, verificando que el sistema no presentaba interrupciones tanto energéticas, mecánicas o analógicas.

Figura 19

Pruebas de funcionamiento de todo el sistema ensamblado y conectado



Nota. Se procede a probar y verificar si todo el sistema se encuentra en sinergia.

Como se muestra en la Figura 19, se procede a verificar el correcto funcionamiento de todo el sistema con la finalidad de encontrar fallas, tanto en el sistema electrónico, como mecánico.

Figura 20

Sistema a escala finalizado y en funcionamiento.

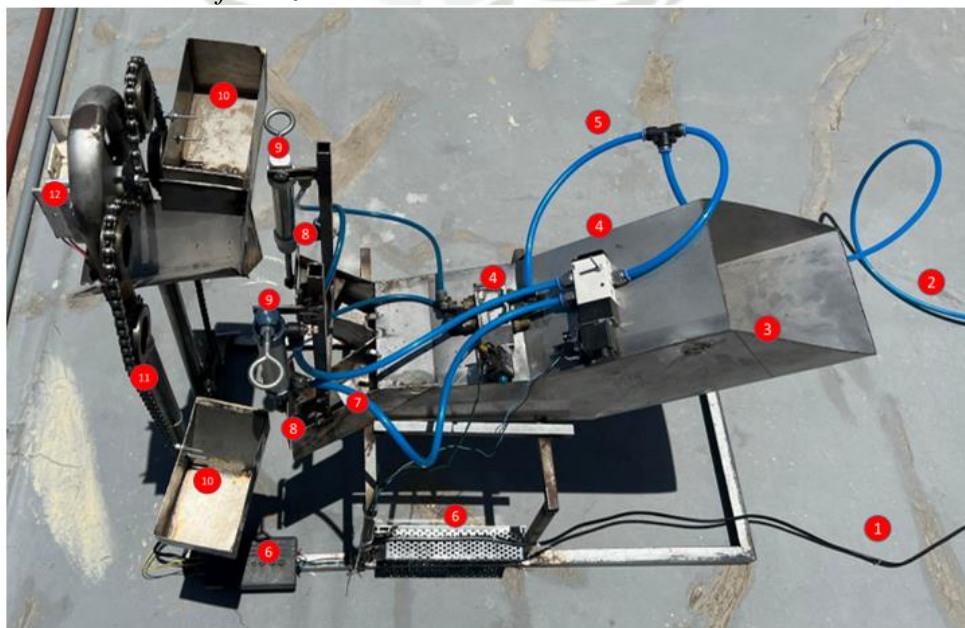


Nota. Se conecta el sistema al abastecimiento eléctrico para su funcionamiento.

Después de varias pruebas y reajustes en la programación tanto para la parte de la apertura de los pistones, así como el tiempo de espera luego de haberse cerrado la tolva de alimentación, se logra una sincronía y sinergia eficaz en todo el sistema. Con el sistema totalmente operativo se procede a realizar las actividades de funcionamiento del ciclo de trabajo del skip para lograr la obtención de los tiempos operativos de cada actividad que este realiza, para posteriormente recolectar la data en mención y compararla con la información previa a la automatización del sistema.

Figura 21

Sistema a escala finalizado



Nota. Se señala e indica los componentes del sistema a escala finalizado.

1. Cable de conexión para el fluido eléctrico
2. Manguera de conexión hacia la compresora de aire
3. Chute de alimentación
4. Electroválvula
5. Manguera de conexión ente la electroválvula y los pistones
6. Fuente de energía y componente analógico programable
7. Tolva de alimentación de los Skips
8. Compuerta de la tolva
9. Pistón
10. Skip
11. Cadena de izaje de los Skips
12. Motor de accionamiento para la subida y bajada de los Skips

1.3. Comparación del impacto de la automatización en los indicadores de producción

1.3.1. Análisis de resultados del diseño a escala

1.3.1.1. Tiempos de carga y transporte de material

Esta parte considera la ruta del skip del nivel inferior donde es cargado, a través de las compuertas automatizadas mediante el funcionamiento de pistones y sensores, con el material a transportar hasta el nivel superior para cargar los carritos mineros, para ello se consideró la información de 15 muestras.

Tabla 10

Tiempos de carga y transporte del skip con la implementación de la automatización

Número de viajes	Tiempo de carguío (min)	Tiempo de subida – cargado (min)	Tiempo de descenso (min)
1	00:36.0	01:38.0	01:38.0
2	00:35.0	01:38.0	01:38.0
3	00:35.0	01:38.0	01:38.0
4	00:35.0	01:38.0	01:38.0
5	00:35.0	01:38.0	01:38.0
6	00:35.0	01:38.0	01:38.0
7	00:35.0	01:38.0	01:38.0
8	00:35.0	01:38.0	01:38.0
9	00:35.0	01:38.0	01:38.0
10	00:35.0	01:38.0	01:38.0
11	00:35.0	01:38.0	01:38.0
12	00:35.0	01:38.0	01:38.0
13	00:35.0	01:38.0	01:38.0
14	00:35.0	01:38.0	01:38.0
15	00:35.0	01:38.0	01:38.0

Nota. Se aprecia la exactitud de los tiempos de las actividades realizadas según los datos tomados en campo.

Como se muestra en la Tabla 10, de las 15 muestras tomadas, los tiempos que tardan en realizar las actividades de carguío, subida y descenso mantienen una simetría en cada una de ella, verificando que se logra una mejora en el control de los tiempos que tardan en realizar cada actividad, así como una reducción de la variación de los mismos.

1.3.2. Cantidad de material transportado por viaje

A través del diseño a escala del sistema automatizado, se obtiene un incremento en el factor de carga del equipo, debido a la mejora en el control del paso del material que nos permite una mejor medición y llenado del mismo, lo cual resulta en una diferencia en la cantidad de material cargado por viaje del skip.

Tabla 11

Cantidad de material transportado por el skip por viaje con la implementación de la automatización

Skip escalado 1:100	Valor
Ancho	0.6 (m)
Largo	1.13 (m)
Alto	0.47 (m)
Volumen	0.319 (m ³)
Densidad	2.8 (Tn/m ³)
Esponjamiento	0.75
Factor de carga	0.95
Tonelaje	0.636 (Tn)

Nota. Se aprecia el aumento del factor de carga del skip según los datos recolectados en campo.

Como se muestra en la Tabla 11, a través de la automatización del sistema de apertura y cierre de la tolva, se logra un mejor control del paso de material (0.636Tn), teniendo como resultado un llenado más parejo y eficiente del skip, llegando o logrando llegar al factor de carga que se realizó en la estimación inicial pero que por factores humanos no se lograba llegar (0.95), a su vez para que los valores obtenidos tengan relevancia, se consideró tomar la información inicial del skip real, los cuales son las medidas volumétricas (0.319m³), densidad de material (2.8Tn/m³) y esponjamiento (0.75); siendo esta última proporcionada por el área de geología y recopilada de los archivos operacionales.

1.3.3. Número de viajes del Skips

Cada guardia está comprendida por 12hrs, pero el tiempo de trabajo del skip no comprende todo ese rango de horas, puesto que se presentan varios retrasos operacionales, teniendo presente ello se realiza la implementación de la automatización de la apertura y cierra de la tolva de alimentación del skip con el fin de reducir los tiempos operaciones del ciclo del skip y aumentar la productividad del mismo.

Tabla 12

Número de viajes realizado por el skip por guardia sin la implementación de la automatización

Número de viajes	Tiempo total (min)
1	05:21.1
2	04:35.4
3	04:31.2
4	04:27.3
5	04:22.1
6	06:26.7
·	·
·	·
·	·
71	04:22.1
72	04:25.6
73	04:21.8

Nota. Se considera como muestra mismo número de viajes del skip antes de la automatización según los cuadernos de registro y reportes operacionales.

Como se muestra en la Tabla 12, se tomó como muestra 73 viajes del skip con la finalidad de recolectar la información respecto a cuánto tiempo tarda el sistema automatizado en realizar cada ciclo de trabajo, es decir, cuanto tiempo toma en realizar cada viaje. Al analizar los datos obtenidos se observa que el tiempo que toma en realizar cada viaje se ha reducir con comparación a cuando el sistema no se encontraba automatizado.

Esta información de tiempo total por ciclo o viaje servirá para la próxima comparación de tiempos antes y después del diseño del sistema automatizado.

1.3.4. Comparativa del proceso pre y post automatización

1.3.4.1. Tiempos de transporte de material a través del skip

Se realiza la comparativa respecto a el tiempo tomado en transportar los Skips desde de la tolva de alimentación hacia el nivel superior antes y después de la implementación de la automatización de la apertura y cierre de las tolvas. Se puede apreciar que hay una ligera diferencia en los tiempos mostrados, puesto que, a través de la automatización de este proceso operacional, se puede alinear con más precisión el tiempo en cada viaje; tratando o logrando una simetría respecto al tiempo antes de la automatización.

Tabla 13

Comparación del número de viajes realizado por el skip por guardia antes y después de la implementación de la automatización

N° viajes	T. subida – cargado (min)	T. descenso (min)	N° viajes	T. subida – cargado (min)	T. descenso (min)
1	1:40.2	1:36.6	1	01:38.0	01:38.0
2	1:39.8	1:38.6	2	01:38.0	01:38.0
3	1:39.9	1:40.0	3	01:38.0	01:38.0
4	1:40.0	1:40.2	4	01:38.0	01:38.0
5	1:39.8	1:37.0	5	01:38.0	01:38.0
6	1:39.9	1:40.8	6	01:38.0	01:38.0
7	1:39.9	1:40.3	7	01:38.0	01:38.0
8	1:40.6	1:40.2	8	01:38.0	01:38.0
9	1:40.1	1:40.1	9	01:38.0	01:38.0
10	1:40.1	1:38.7	10	01:38.0	01:38.0
11	1:40.2	1:39.3	11	01:38.0	01:38.0
12	1:40.1	1:34.8	12	01:38.0	01:38.0
13	1:40.1	1:36.5	13	01:38.0	01:38.0
14	1:40.0	1:38.7	14	01:38.0	01:38.0
15	1:39.9	1:36.3	15	01:38.0	01:38.0

Nota. Se considera como muestra mismo número de viajes del skip antes de la automatización (15 muestras) correspondiente a los archivos operacionales y datos de campo.

1.3.5. Tiempos de carga del skip

Se realiza la comparativa respecto a el tiempo tomado en cargarse los Skips a través de la tolva de alimentación hacia los Skips antes y después de la implementación de la automatización de la apertura y cierre de las tolvas. Se puede apreciar que hay una diferencia notoria en los tiempos mostrados, puesto que, a través de la automatización de este proceso operacional, se reducen los retrasos por sobrecarga del skip, así como los tiempos de limpieza de la zona de carguío ya que se minimiza la presencia de estos por el óptimo-ideal llenado de los equipos.

Tabla 14

Comparación del tiempo de carguío del skip antes y después de la implementación de la automatización

Número de viajes	Tiempo de carguío (min)	Número de viajes	Tiempo de carguío (min)
1	1:34.2	1	00:36.0
2	1:40.3	2	00:35.0
3	1:43.3	3	00:35.0
4	1:56.8	4	00:35.0
5	1:27.6	5	00:35.0
6	00:44.3	6	00:35.0
7	1:00.3	7	00:35.0
8	00:36.7	8	00:35.0
9	00:36.7	9	00:35.0
10	00:38.1	10	00:35.0
11	1:28.9	11	00:35.0
12	1:48.6	12	00:35.0
13	2:10.5	13	00:35.0
14	1:34.3	14	00:35.0
15	1:48.3	15	00:35.0

Nota. Se considera el como muestra mismo número de viajes del skip antes de la automatización.

1.3.6. Cantidad de material diario transportado por el skip

Anteriormente la cantidad que entregaba el skip por ciclo y por guardia no llegaba a la meta diaria estimada de 93.00 Tn, ello debido al no óptimo llenado del equipo, puesto que, a pesar de considerar un esponjamiento del 0.85 no se podía obtener un factor de llenado del 0.95 como se tenía estimado inicialmente (Tabla 2).

Mediante el diseño a escala del sistema automatizado realizado, se puede apreciar un llenado del skip más preciso y parejo por cada viaje y ciclo realizado (Tabla 11). Teniendo este resultado más cercano y preciso al proyectado diario estimado, se puede corroborar un llenado más simétrico al factor de llenado de 0.95.

1.3.7. Número de operadores

La cantidad de número de operadores está inicialmente dirigido a los requerimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de carguío, presentando la implementación de la automatización de apertura y cierre de las tolvas el procedimiento de cada tarea se vuelve más rápido como también entrega un menor requerimiento manual por parte del personal. Por tal razón es que se presenta el requerimiento de solo 1 operador para la constante supervisión del proceso y del sistema.

1.3.8. Impacto de la automatización en la productividad.

Analizando inicialmente como se encontraba la productividad del skip en su trabajo por viaje y guardia, da como resultado una serie de tiempos por cada etapa de su ciclo, se considera el trabajo realizado del mismo durante una guardia considerando horario de almuerzo, así como tiempos extra (boleo, charlas, supervisión, fatiga, uso de servicios higiénicos, ingesta de agua, etc.)

Tabla 15

Tiempos operacionales de cada etapa del ciclo de trabajo del skip por viaje y por guardia antes de la implementación de la automatización

Nº viajes	Apertura de tolva (min)	Cierre de tolva (min)	T. carguío (min)	T. subida – cargado (min)	T. descarga y colocado (min)	T. espera (min)	T. descenso (min)	T. extra (min)	T. total (min)
1	00:09.2	00:08.1	01:34.2	01:40.2	00:14.4	00:09.7	01:36.3	01:02.1	06:34.3
2	00:10.5	00:07.8	01:40.3	01:39.8	00:20.1	00:05.1	01:38.6	00:18.4	06:00.5
3	00:08.9	00:06.4	00:43.3	01:39.9	00:15.7	00:05.4	01:40.0	00:14.2	04:53.8
4	00:10.3	00:07.4	01:56.8	01:40.0	00:18.6	00:06.9	01:40.2	00:10.3	06:10.6
5	00:10.4	00:06.3	01:27.6	01:39.8	00:16.2	00:09.2	01:37.0	00:05.1	05:31.6
6	00:09.4	00:06.3	00:44.3	01:39.9	00:15.4	00:06.0	01:40.8	02:09.7	06:51.8
7	00:10.7	00:06.1	01:07.4	01:39.9	00:15.1	00:12.0	01:40.3	00:04.4	05:15.9
8	00:12.4	00:06.3	01:00.3	01:40.6	00:15.9	00:07.2	01:40.2	00:08.1	05:11.0
9	00:07.3	00:08.2	00:36.7	01:40.0	00:15.5	00:07.0	01:40.1	00:06.7	04:41.5
10	00:08.2	00:06.4	00:38.1	01:40.1	00:14.0	00:06.0	01:38.7	00:08.2	04:39.6
11	00:09.4	00:08.9	01:28.9	01:40.1	00:16.0	00:05.2	01:39.3	00:05.5	05:33.3
12	00:08.0	00:07.8	01:48.6	01:40.1	00:15.5	00:06.4	01:34.8	00:04.6	05:45.9
13	00:07.7	00:07.6	02:10.5	01:41.1	00:15.2	00:05.8	01:36.5	05:37.2	11:41.7
14	00:08.1	00:16.6	01:34.3	01:40.0	00:13.1	00:06.4	01:38.7	00:04.1	05:41.3
15	00:08.4	00:14.9	01:48.3	01:39.9	00:12.0	00:06.5	01:36.3	00:03.4	05:49.8
16	00:09.3	00:12.4	01:40.1	01:36.8	00:13.5	00:06.3	01:37.3	00:07.2	05:42.9
17	00:08.8	00:11.8	01:37.5	01:38.4	00:12.3	00:05.9	01:38.8	00:04.3	05:37.8
18	00:08.6	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	00:05.1	05:38.5
19	00:09.1	00:06.9	01:18.1	01:38.6	00:18.3	00:09.1	01:38.5	00:06.5	05:25.1
20	00:08.2	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	00:05.1	05:38.1
21	00:09.7	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.9
22	00:09.2	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:19.4
23	00:08.9	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	06:48.2	12:21.9
24	00:10.4	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:01.6
25	00:11.3	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:21.5
26	00:09.5	00:07.6	02:10.5	01:41.1	00:15.2	00:05.8	01:36.5	00:08.2	06:14.5
27	00:09.2	00:16.6	01:34.3	01:40.0	00:13.1	00:06.4	01:38.7	00:04.1	05:42.4
28	00:11.8	00:14.9	01:48.3	01:39.9	00:12.0	00:06.5	01:36.3	00:03.4	05:53.2
29	00:09.1	00:12.4	01:40.1	01:36.8	00:13.5	00:06.3	01:37.3	00:07.2	05:42.7
30	00:10.7	00:11.8	01:37.5	01:38.4	00:12.3	00:05.9	01:38.8	00:04.3	05:39.7
31	00:07.6	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	00:05.1	05:37.5
32	00:09.7	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	02:35.1	08:09.6
33	00:12.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:03.4
34	00:11.6	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:21.8
35	00:10.4	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:20.6
36	00:10.6	00:06.9	01:18.1	01:38.6	00:18.3	00:09.1	01:38.5	00:06.5	05:26.6
ALMUERZO									
37	00:09.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.4
38	00:10.4	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:20.6
39	00:10.6	00:06.9	01:18.1	01:38.6	00:18.3	00:09.1	01:38.5	00:06.5	05:26.6
40	00:08.6	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	00:05.1	05:38.5
41	00:09.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.4
42	00:10.4	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:20.6
43	00:10.6	00:06.9	01:18.1	01:38.6	00:18.3	00:09.1	01:38.5	00:06.5	05:26.6
44	00:08.6	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	02:35.1	08:08.5
45	00:09.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.4
46	00:10.4	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:20.6

47	00:10.6	00:06.9	01:18.1	01:38.6	00:18.3	00:09.1	01:38.5	00:06.5	05:26.6
48	00:08.6	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	00:05.1	05:38.5
49	00:09.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.4
50	00:10.4	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:20.6
51	00:08.6	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	06:48.2	12:21.6
52	00:09.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.4
53	00:10.4	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:20.6
54	00:10.6	00:06.9	01:18.1	01:38.6	00:18.3	00:09.1	01:38.5	00:06.5	05:26.6
55	00:09.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.4
56	00:09.4	00:06.3	00:44.3	01:39.9	00:15.4	00:06.0	01:40.8	02:09.7	06:51.8
57	00:10.7	00:06.1	01:07.4	01:39.9	00:15.1	00:12.0	01:40.3	00:04.4	05:15.9
58	00:12.4	00:06.3	01:00.3	01:40.6	00:15.9	00:07.2	01:40.2	00:08.1	05:11.0
59	00:07.3	00:08.2	00:36.7	01:40.0	00:15.5	00:07.0	01:40.1	00:06.7	04:41.5
60	00:08.2	00:06.4	00:38.1	01:40.1	00:14.0	00:06.0	01:38.7	00:08.2	04:39.6
61	00:09.4	00:08.9	01:28.9	01:40.1	00:16.0	00:05.2	01:39.3	00:05.5	05:33.3
62	00:08.0	00:07.8	01:48.6	01:40.1	00:15.5	00:06.4	01:34.8	00:04.6	05:45.9
63	00:07.7	00:07.6	02:10.5	01:41.1	00:15.2	00:05.8	01:36.5	05:37.2	11:41.7
64	00:08.1	00:16.6	01:34.3	01:40.0	00:13.1	00:06.4	01:38.7	00:04.1	05:41.3
65	00:08.4	00:14.9	01:48.3	01:39.9	00:12.0	00:06.5	01:36.3	00:03.4	05:49.8
66	00:09.3	00:12.4	01:40.1	01:36.8	00:13.5	00:06.3	01:37.3	00:07.2	05:42.9
67	00:08.8	00:11.8	01:37.5	01:38.4	00:12.3	00:05.9	01:38.8	00:04.3	05:37.8
68	00:08.6	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	00:05.1	05:38.5
69	00:09.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.4
70	00:10.6	00:06.9	01:18.1	01:38.6	00:18.3	00:09.1	01:38.5	00:06.5	05:26.6
71	00:08.6	00:07.6	01:34.6	01:40.6	00:15.4	00:08.4	01:38.2	00:05.1	05:38.5
72	00:09.2	00:06.5	00:54.2	01:39.8	00:15.6	00:06.2	01:40.3	00:08.6	05:00.4
73	00:10.4	00:07.2	01:13.6	01:40.3	00:16.1	00:07.5	01:40.7	00:04.8	05:20.6
T.	00:09.6	00:08.7	04:44.3	01:39.8	00:15.3	00:07.1	01:38.7	00:36.0	08:22.7
PROME DIO									
T. TOTAL/ GUARDIA (hrs)			7h 10min						

Nota. Se considera el como muestra el número de viajes por guardia del skip antes de la automatización según los cuadernos de registro y reportes operacionales.

Tabla 16

Tiempos operacionales de cada etapa del ciclo de trabajo del skip por viaje y por guardia después de implementación de la automatización

N° viajes	Apertura de tolva (min)	Cierre de tolva (min)	T. carguío (min)	T. subida – cargado (min)	T. descarga y colocado (min)	T. espera (min)	T. descenso (min)	T. extra (min)	T. total (min)
1	00:05.0	00:02.0	00:36.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	01:02.1	05:21.1
2	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:18.4	04:35.4
3	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:14.2	04:31.2
4	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:10.3	04:27.3
5	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.1	04:22.1
6	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	02:09.7	06:26.7
7	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:10.6	04:27.6
8	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.8	04:25.8
9	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.1	04:25.1
10	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:09.4	04:26.4
11	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.3	04:24.3
12	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.8	04:24.8
13	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.1	04:25.1
14	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.4	04:23.4
15	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.9	04:23.9
16	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.8	04:22.8
17	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.4	04:24.4
18	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.5	04:22.5
19	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.4	04:21.4
20	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.5	04:23.5
21	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.1	04:24.1
22	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.6	04:24.6
23	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.1	04:25.1

24	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.7	04:23.7
25	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.2	04:25.2
26	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.5	04:22.5
27	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.6	04:21.6
28	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	05:37.2	09:54.2
29	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.1	04:21.1
30	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:03.4	04:20.4
31	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.2	04:24.2
32	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.3	04:21.3
33	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.1	04:22.1
34	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.6	04:25.6
35	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.8	04:21.8
36	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.5	04:23.5

ALMUERZO

37	00:05.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.6	04:26.6
38	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.7	04:23.7
39	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.1	04:24.1
40	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.3	04:25.3
41	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.4	04:24.4
42	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.8	04:23.8
43	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.5	04:24.5
44	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:07.1	04:24.1
45	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.6	04:23.6
46	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.9	04:22.9
47	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.9	04:23.9
48	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.3	04:25.3
49	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.4	04:23.4
50	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.7	04:22.7
51	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.8	04:21.8
52	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.5	04:23.5
53	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.1	04:22.1
54	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.6	04:25.6
55	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.8	04:21.8
56	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.5	04:23.5
57	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	02:35.1	06:52.1
58	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.6	04:25.6
59	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.8	04:21.8
60	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.5	04:23.5
61	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.1	04:22.1
62	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.6	04:25.6
63	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.8	04:21.8
64	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	06:48.2	11:05.2
65	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.6	04:25.6
66	00:05.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.8	04:22.8
67	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.5	04:23.5
68	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.8	04:22.8
69	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:06.3	04:23.3
70	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.9	04:21.9
71	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:05.1	04:22.1
72	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:08.6	04:25.6
73	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:04.8	04:21.8
T.	00:04.0	00:02.0	00:35.0	01:38.0	00:15.0	00:05.0	01:38.0	00:21.4	05:30.4

PROMEDI
O

T. TOTAL/
GUARDIA (hrs) 5h 30min

Nota. Se considera el como muestra mismo número de viajes por guardia del skip después de la automatización.

Como se muestra en la Tabla 15 y Tabla 16, se analiza los tiempos del proceso previamente y posteriormente en base a los resultados obtenidos y plasmados al caso de estudio desde el diseño a escala. Se corrobora que al generar la automatización del sistema

se logra una reducción de tiempos operacionales, así como del tiempo total trabajo por guardia (pasa de ser 7h 10min a 5h 30min), ello nos indica lo siguiente:

- Al automatizar el sistema de carga del skip se reduce el tiempo de espera y trabajo del skip en parte de su ciclo.
- Se logra un mejor control del paso de material desde la tolva hacia el skip.
- Al lograr un control más óptimo del paso de material a través del sistema de automatización aumenta la eficiencia de transporte del skip, puesto que, al reducirse el tiempo por ciclo, brinda la facilidad de poder realizar más viajes/ciclos por guardia y con ello lograr un aumento en la producción por guardia y diaria. La diferencia de tiempo de trabajo por guardia considerando los 73 ciclos realizados, es de 1 hora 40 minutos.
- Paralelamente a lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que con la automatización del sistema se logra llegar a la proyección ideal de factor de llenado del skip (Tabla 17) de 95%, ya que previo a ello se trabajaba un valor de 85%.

1.3.9. Comparación estadística pre y post automatización

Teniendo los resultados de la tabla 15 y tabla 16, se puede apreciar un ahorro de tiempo tanto en el ciclo del skip como el tiempo de trabajo por guardia.

Por lo tanto, este ahorro de tiempo se puede expresar de forma estadística para poder tener un valor porcentual que nos muestre que tan provechoso fue la automatización del sistema.

Tabla 17

Tiempos operacionales de cada etapa del ciclo de trabajo del skip por viaje y por guardia después de implementación de la automatización

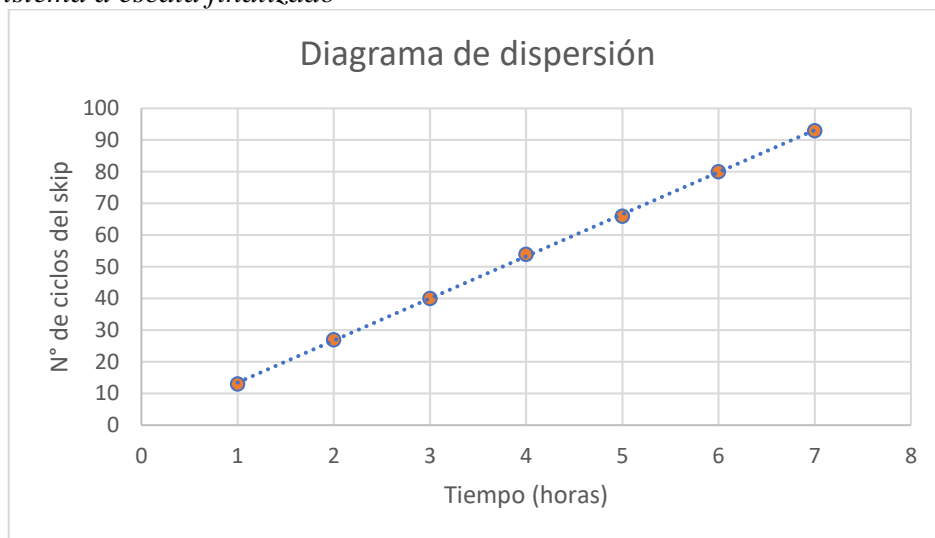
Items	Pre Automatización	Post Automatización
Número de ciclos realizados	73	73
Tiempo promedio/ciclo	08:22.7 (min)	05:30.4 (min)
Tiempo total/guardia	07:10.0 (hrs)	05:30.0 (hrs)
Factor de llenado	0.85	0.95
Tonelaje/ciclo	0.570 (Tn/ciclo)	0.636 (Tn/ciclo)
Tonelaje/guardia	41.61 (Tn/guardia)	46.50 (Tn/guardia)
Tonelaje/día	83.22 (Tn/día)	93.00 (Tn/día)

Nota. Apreciación de la diferencia de cantidad de carga y rendimiento estimado y real del skip según los reportes operacionales.

Se aprecia una reducción de tiempos de ciclo del skip en la Tabla 17, así como en los tiempos totales por guardia, siendo estos de 1 hora y 40 minutos, es decir, un aumento aproximado de 9.84 Tn de material movido por día a través de la optimización del rendimiento y control de carguío y acarreo de los Skips. A su vez, se visualiza el aumento del factor de llenado, brindando un óptimo control del proceso, así como el aumento de los valores de carguío por ciclo del skip en 10.58%.

Para corroborar que la automatización del sistema nos brinda no solo una mejora en cantidad de producción sino también en el control de sus procesos y tiempos realizamos un diagrama de dispersión y coeficiente de correlación de Pearson.

Figura 22
Sistema a escala finalizado



Nota. Puede reflejarse una tendencia positiva conforme aumenta el tiempo.

Seguido procedemos a hallar el coeficiente de correlación de Pearson a través de la ecuación 3:

$$r = \frac{cov(x,y)}{S_x * S_Y} \quad (3)$$

Donde:

Cov(x,y) = covarianza de las variables x y

Sx = desviación estándar de variable x

Sy = desviación estándar de variable y

Reemplazando:

$$r = 0.999884$$

Con el diagrama de dispersión y el coeficiente de correlación de Pearson obtenidos podemos interpretar que, el valor del coeficiente concuerda con la tendencia del diagrama de dispersión puesto que se encuentra en tendencia positiva y con una correlación positiva fuerte, sin embargo, no llega a 1 por lo que las variables de tiempo y número de viajes poseen relación entre sí, así como se puede reflejar que la automatización del proceso logra un control en los tiempos de los ciclos del skip, aumentando los valores de número de viajes de forma pareja con poca fluctuación conforme aumenta el tiempo transcurrido.

CONCLUSIONES

Al realizar un diseño de automatización de cierre y apertura de tolvas en el carguío de skips para la optimización del proceso de transporte de material en minería subterránea se concluye que, el proceso automatizado brinda un mejor control del material llenado y transportado, así como, una reducción de los tiempos de ciclo de transporte de los skips, logrando una optimización operacional en el match de carguío y transporte del material.

Al realizar un diagnóstico situacional del proceso de transporte de material en la unidad minera de Yanaquihua se concluye que, el proceso en mención presenta deficiencias en el ciclo de carguío y transporte tanto por aspectos de tiempo como pérdida de material en el recorrido del mismo, generando que los valores esperados de obtención de material por día sean menores.

Al realizar un diseño a escala del sistema de transporte por Skips incluyendo la automatización se concluye que, se puede apreciar y confirmar un aumento de la productividad del llenado y acarreo de los Skips, esto debido a que gracias a los valores de las dimensiones escaladas del sistema se genera una mayor exactitud de resultados obtenidos.

Al recolectar los valores de tiempo de llenado, tiempo de viaje por ciclo de los Skips y nivel de carga realizados en el diseño a escala se concluye que, los valores obtenidos presentan una mejor simetría en sus datos por tarea, conllevado a una mejor optimización del llenado y ciclo de trabajo del skip, dando un óptimo control del proceso, así como el aumento de los valores de carguío por ciclo del skip en 10.58%.

Al proyectar el funcionamiento de la automatización de apertura y cierre a estándares reales se concluye que, el sistema funcionará de forma eficiente y controlada, de igual forma, se logra el objetivo de poder controlar el paso del material, reduciendo la pérdida de cantidad del mismo, así como una optimización en el ciclo de transporte del skip.

Al comparar los valores iniciales, y experimentales, e identificar el impacto de la automatización de cierre y apertura de tolvas que tendrían en los indicadores de producción se concluye que, el diseño a escala realizado presenta un ahorro de 1 hora 40 minutos, es decir, un aumento aproximado de 9.84 Tn de material movido por guardia con la optimización del rendimiento y control de carguío y acarreo a través de los Skips.

RECOMENDACIONES

Realizar una evaluación económica para la buena pro de la implementación del proyecto de automatización del sistema con el fin de maximizar la producción en beneficio de la unidad minera.

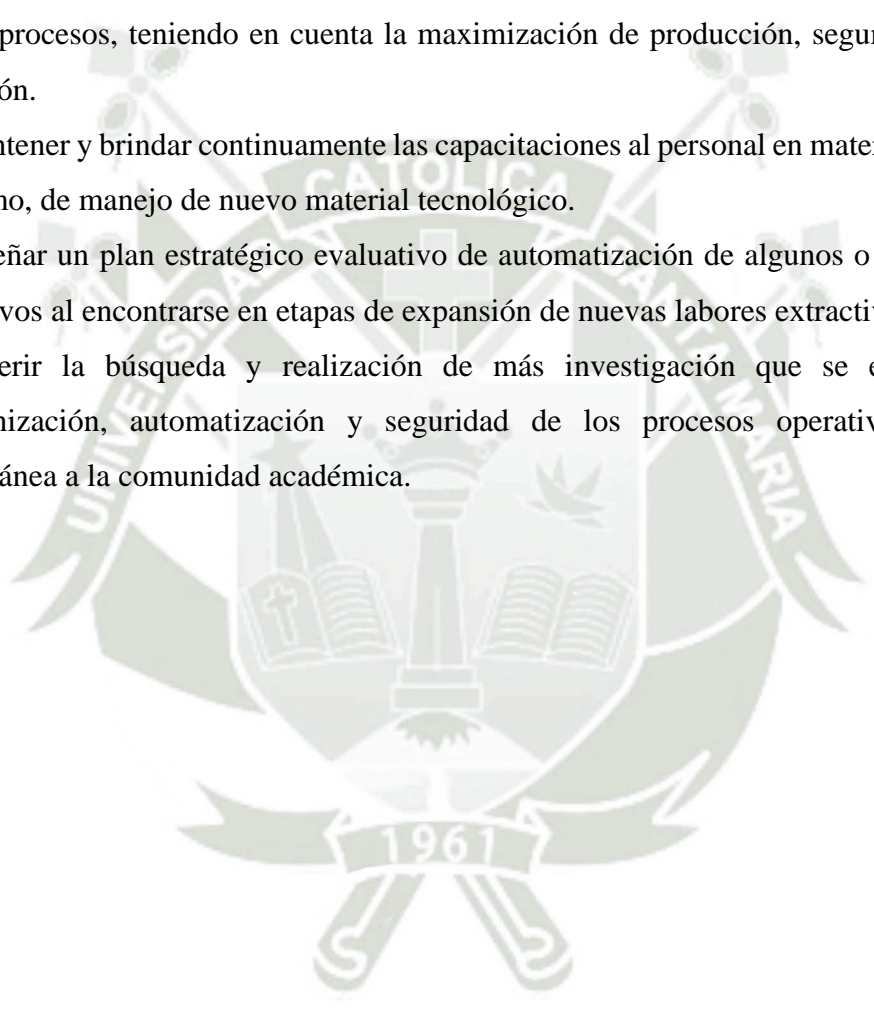
Supervisar y verificar constantemente la correcta funcionabilidad del sistema en caso se obtenga la buena pro del proyecto por parte de la empresa.

Continuar con el monitoreo de las operaciones unitarias en busca de la mejora continua de los procesos, teniendo en cuenta la maximización de producción, seguridad y costo de inversión.

Mantener y brindar continuamente las capacitaciones al personal en materia de seguridad, así como, de manejo de nuevo material tecnológico.

Diseñar un plan estratégico evaluativo de automatización de algunos o varios procesos operativos al encontrarse en etapas de expansión de nuevas labores extractivas.

Sugerir la búsqueda y realización de más investigación que se enfoquen en la modernización, automatización y seguridad de los procesos operativos en minería subterránea a la comunidad académica.



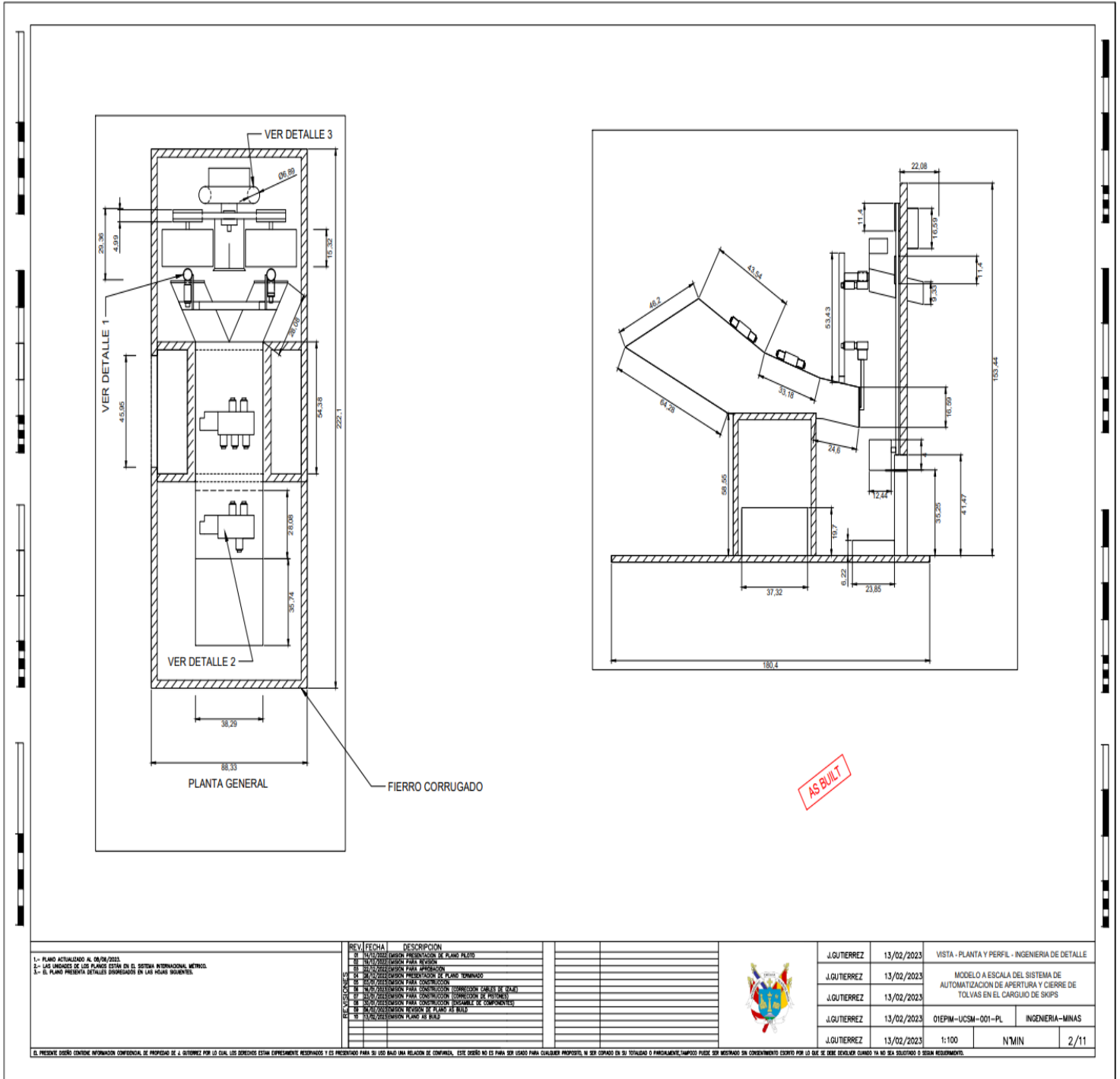
REFERENCIA

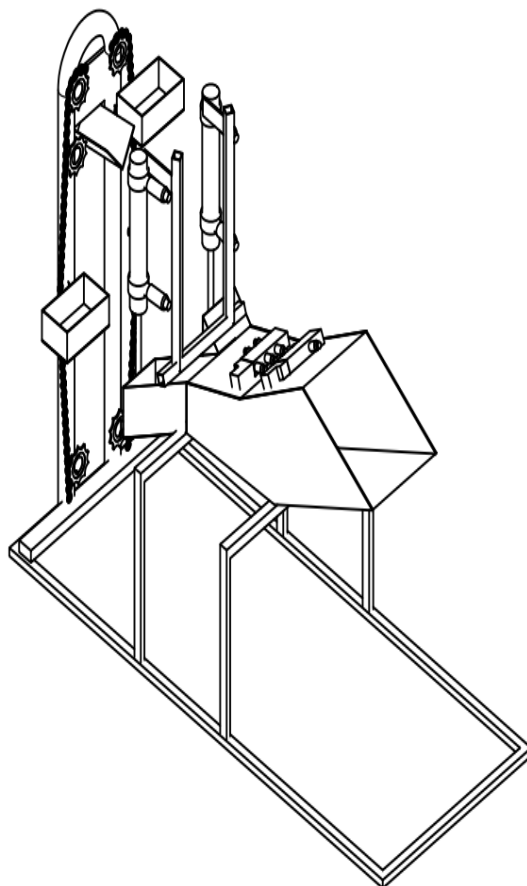
- Álvarez (2021) *Incremento de la rentabilidad económica optimizando la operación transporte de mineral en la E.C.M. Martínez Contratistas e Ingeniería S.A. Unidad Minera Atacocha*. Universidad Continental, Huancayo-Perú.
- Cavender (1999) *Mineral production costs: Analysis and management*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- Coris (2017) *Optimización y confiabilidad del sistema de izaje del Loading Pocket Nv. 250 mediante la automatización del proceso en Winche Esperanza (Minera Animon Cerro de Pasco)*. Universidad Continental, Huancayo-Perú.
- Hoek (2000) *Practical Rock Engineering*. Sudafrica, University of Cape Town
- Hustruuld y Bullock (2001). *Underground Mining Methods*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.
- López, Jimeno. (2014) *Manual de perforación y voladura de rocas*. España, Instituto tecnológico Minero.
- Martínez (2016) *Incremento de producción a partir de la gestión del tiempo en el transporte de mineral en el sector Nicole, concesión minera Esperanza II, Empresa Minera Minecsa, Zaruma-Ecuador*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo-Perú.
- Ore (2020) *Mejora del sistema de extracción para reducir el costo en Zona II de la Unidad Minera Yauricocha*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú.
- Quilche y Torres (2021) *Evaluación del sistema de transporte de mineral en una mina subterránea-Pataz La Libertad*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú.
- Ramos y Salomón (2021) *Optimización del ciclo de carguío, transporte y descarga de mineral para aumentar la producción de mineral en la Unidad Minera Andaychagua*. Universidad Continental, Huancayo-Perú.
- Rivera, Mantilla (2011) *Geología general*. Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Torres et. Al (2010) *Geomecánica aplicada al control de las labores mineras para la minimización de caída de rocas en la mina Madrugada Cía. Minera Huinac SAC-Ancash-2009*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- Túllume y Llontop (2016) *Automatización e implementación de un sistema Scada para mejorar el desempeño del sistema de izaje por winches en minería subterránea de la Compañía Minera Casapalca S.A.* Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque-Perú.

ANEXOS

1. Planos

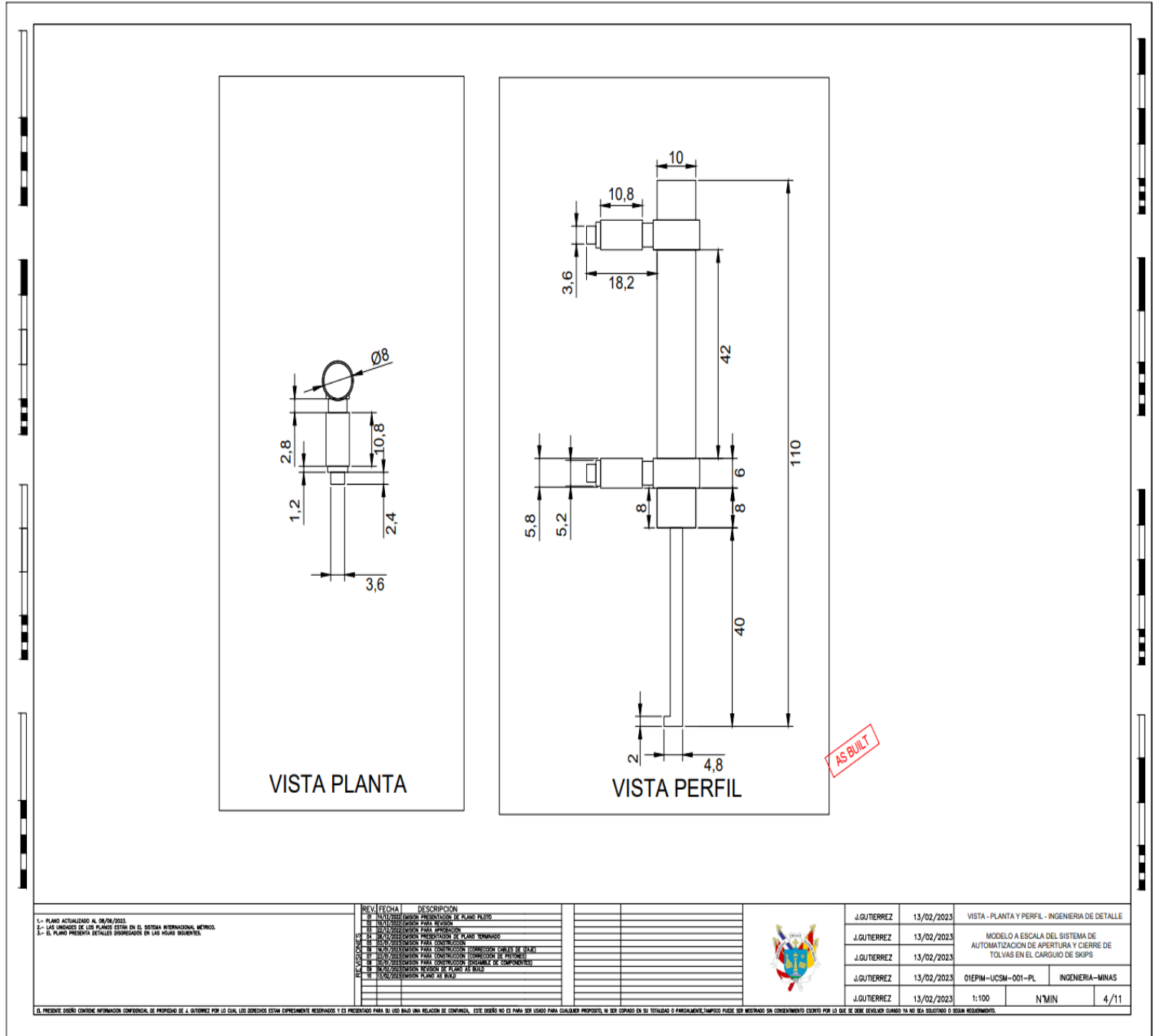
1.2. Planos generales

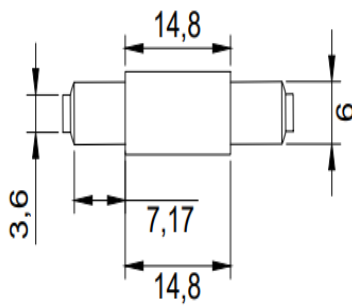




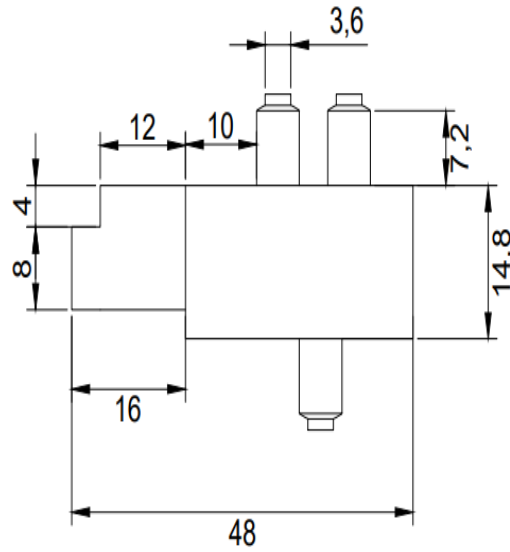
<p>1.- PLANO ACTUALIZADO AL 08/02/2023</p> <p>2.- LAS UNIDADES DE LOS PLANOS ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL METRICO.</p> <p>3.- EL PLANO PRESENTA DETALLES DISEÑADOS EN LAS HOJAS SIGUIENTES.</p>	<p>N° FECHA DESCRIPCION</p> <p>01 14/02/2022 DISEÑO PRESENTACION DE PLANO PÍLITO</p> <p>02 15/02/2022 DISEÑO PARA REVISION</p> <p>03 15/02/2022 DISEÑO PARA APROBACION</p> <p>04 16/02/2022 DISEÑO PRESENTACION DE PLANO TERMINADO</p> <p>05 16/02/2022 DISEÑO PARA CONSTRUCCION</p> <p>06 16/02/2022 DISEÑO PARA CONSTRUCCION (CORRECCION CABLES DE TALA)</p> <p>07 16/02/2022 DISEÑO PARA CONSTRUCCION (CORRECCION DE PISTONES)</p> <p>08 16/02/2022 DISEÑO PARA CONSTRUCCION (CAMBIO DE COMPONENTES)</p> <p>09 16/02/2022 DISEÑO REVISION DE PLANO AS BULO</p> <p>10 15/02/2023 DISEÑO PLANO AS BULO</p>	<p>N° DE PLANO PLANOS DE REFERENCIA</p>		<p>PRESENTADO: J.GUTIERREZ</p> <p>FECHA: 13/02/2023</p> <p>REVISADO: J.GUTIERREZ</p> <p>FECHA: 13/02/2023</p> <p>DISEÑADO: J.GUTIERREZ</p> <p>FECHA: 13/02/2023</p> <p>REVISADO: J.GUTIERREZ</p> <p>FECHA: 13/02/2023</p> <p>APROBADO: J.GUTIERREZ</p> <p>FECHA: 13/02/2023</p>	<p>PROFESION: VISTA ISOMETRICA - INGENIERIA DE DETALLE</p> <p>CONTENIDO: MODELO A ESCALA DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE APERTURA Y CIERRE DE TOLVAS EN EL CARGUJO DE SKIPS</p> <p>CODIGO DE PLANO: 01EPI-M-UCSM-001-PL</p> <p>ESPECIALIDAD: INGENIERIA-MINAS</p> <p>ESCALA: 1:100</p> <p>CODIGO DE EPESCALA: N°/MIN</p> <p>N° DE HOJA: 1/11</p>
	<p>EL PRESENTE DISEÑO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL DE PROPIEDAD DE J. GUTIERREZ POR LO CUAL LOS DERECHOS ESTAN EXPRESAMENTE RESERVADOS Y ES PRESENTADO PARA SU USO BAJO UNA RELACION DE CONFIANZA. ESTE DISEÑO NO ES PARA SER USADO PARA CUALQUIER PROPOSITO, NI SER COPIADO EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, NI POCO PUEDE SER MOSTRADO SIN CONSENTIMIENTO ESCRITO POR LO QUE SE DEBE DEVOLVER CUANDO YA NO SEA SOLICITADO O SEGUN REQUERIMIENTO.</p>				

1.1. Detalles





VISTA PLANTA



VISTA PERFIL

AS BUILT

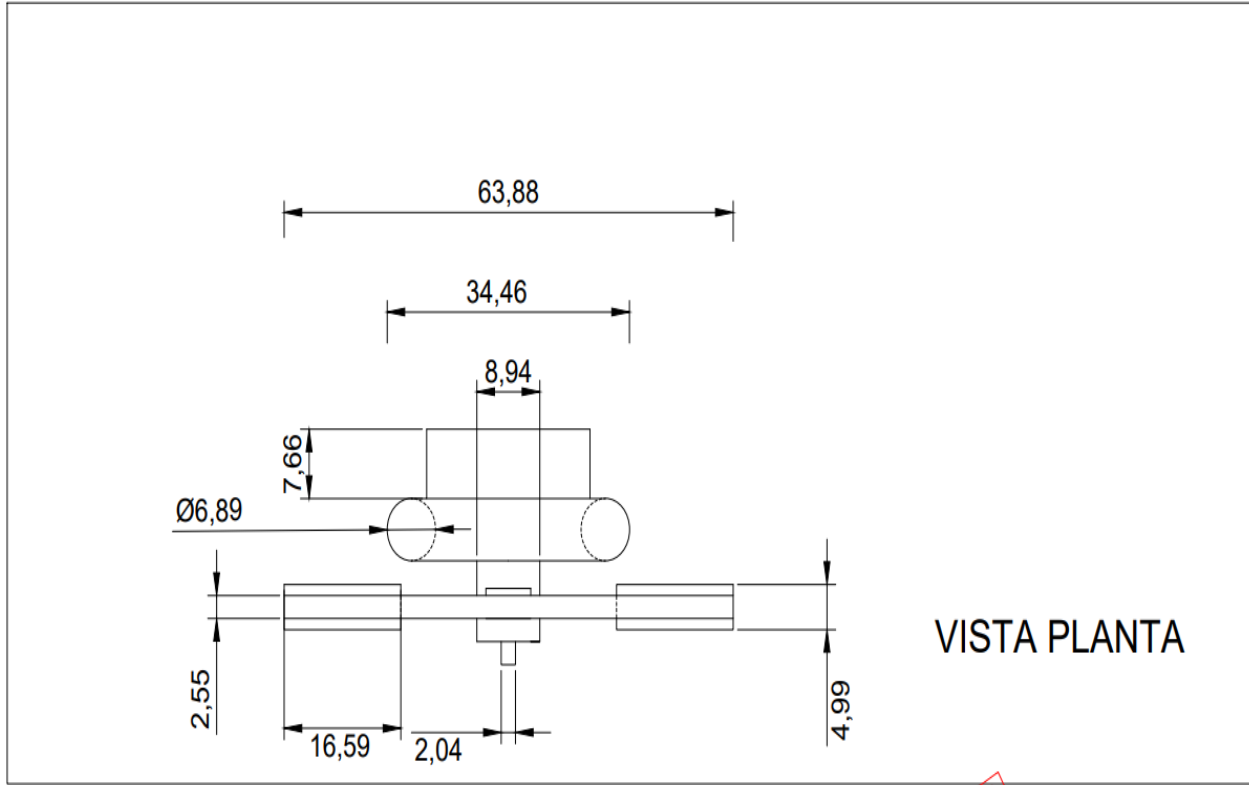
1.- PLANO ACTUALIZADO AL 08/06/2023.
2.- LAS UNIDADES DE LOS PLANOS ESTAN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL METRICO.
3.- EL PLANO PRESENTA DETALLES DISPUESTOS EN LAS HOJAS SIGUIENTES.

REV.	FECHA	DESCRIPCION
01	10/11/2022	VERSION PRESENTACION DE PLANO PERILO
02	10/11/2022	VERSION PARA REVISION
03	10/12/2022	VERSION PARA APROBACION
04	08/12/2022	VERSION PRESENTACION DE PLANO TERMINADO
05	05/01/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION
06	16/01/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION (CORRECCION CABLES DE ACERO)
07	22/02/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION (CORRECCION DE PROYECTOS)
08	02/03/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION (SUSTITUCION DE COMPONENTES)
09	08/02/2023	VERSION REVISION DE PLANO AS BUILT
10	15/02/2023	VERSION PLANO AS BUILT



J.GUTIERREZ	13/02/2023	VISTA - PLANTA Y PERFIL - INGENIERIA DE DETALLE
J.GUTIERREZ	13/02/2023	ELECTROVALVULAS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE APERTURA Y CIERRE DE TOLVAS EN EL CARGUIO DE SKIPS
J.GUTIERREZ	13/02/2023	01EPM-UCSM-001-PL INGENIERIA-MINAS
J.GUTIERREZ	13/02/2023	1:100 N/MIN 3/11

EL PRESENTE DISEÑO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL DE PROPIEDAD DE J. GUTIERREZ POR LO CUAL LOS DERECHOS ESTAN EXPRESAMENTE RESERVADOS Y ES PRECISADO PARA SU USO BAJO UNA RELACION DE CONFIDANCIA. ESTE DISEÑO NO ES PARA SER USADO PARA CUALQUIER PROPOSITO, NI SER COPIADO EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, TAMPOCO PUEDE SER MOSTRADO SIN CONSENTIMIENTO ESCRITO POR LO QUE SE DEBE DEVOLVER CUANDO YA NO SEA SOLICITADO O SEGUN REQUERIMIENTO.



VISTA PLANTA

AS BUILT

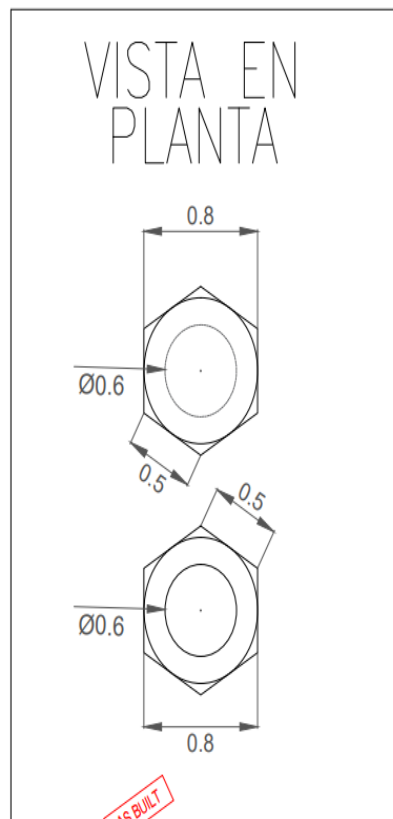
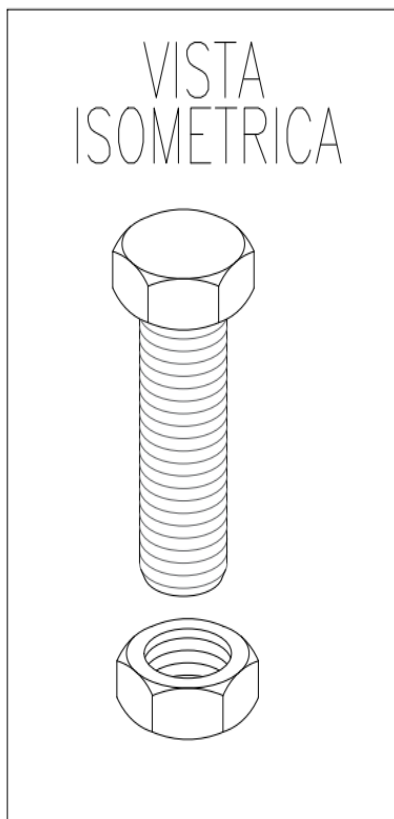
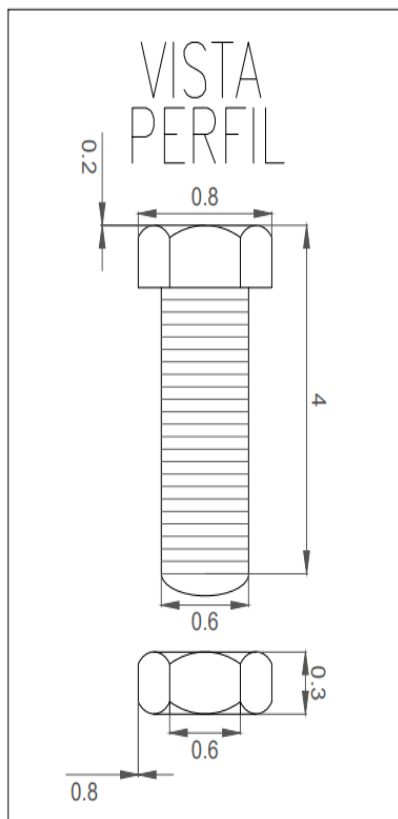
1.- PLANO ACTUALIZADO AL 08/04/2023.
2.- LAS UNIDADES DE LOS PLANOS ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL METRICO.
3.- EL PLANO PRESENTA DETALLES PROYECTADOS EN LOS VIGAS INFERIORES.

REV.	FECHA	DESCRIPCION
01	14/12/2022	EMISION PROYECTO DE PLANO PLANTA
02	15/12/2022	EMISION PARA REVISION
03	22/12/2022	EMISION PARA APROBACION
04	28/12/2022	EMISION PARA CANCELACION DE PLANO TERMINADO
05	02/01/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION
06	14/01/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION (CORRECCION LINEAS DE CERRA)
07	15/01/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION (CORRECCION DE PROYECTOS)
08	16/01/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION (EMBALE DE COMPONENTES)
09	18/01/2023	EMISION REVISION DE PLANO AS BUILT
10	13/02/2023	EMISION PLANO AS BUILT



J.GUTIERREZ	13/02/2023	VISTA - PLANTA Y PERFIL - INGENIERIA DE DETALLE
J.GUTIERREZ	13/02/2023	MODELO A ESCALA DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION DE APERTURA Y CIERRE DE TOLVAS EN EL CARGUIO DE SKIPS
J.GUTIERREZ	13/02/2023	01EPM-UCSM-001-PL INGENIERIA-MINAS
J.GUTIERREZ	13/02/2023	1:100 N/MIN 5/11

EL PRESENTE DISEÑO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL DE PROPIEDAD DE J. GUTIERREZ POR LO CUAL LOS DERECHOS ESTAN EXPRESAMENTE RESERVADOS Y ES PROHIBIDO PARA SU USO BAJA UNA RELACION DE CONFIDANCIA. ESTE DISEÑO NO DEBE SER USADO PARA CUALQUIER PROPOSITO, SI SE COPIA EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, TAMPOCO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN CONSENTIMIENTO ESCRITO POR LO QUE SE DEBE DEVOLVER CUANDO YA NO SEA NECESARIO O SEAN RELEVANTES.

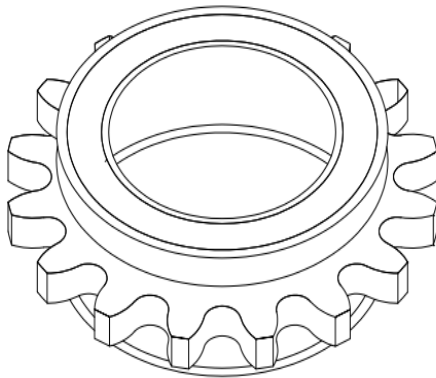


AS BUILT

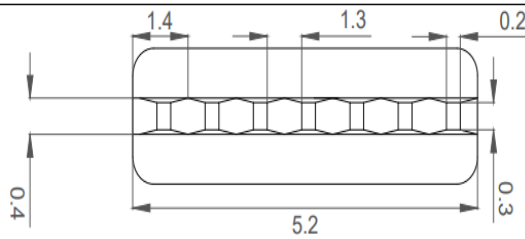
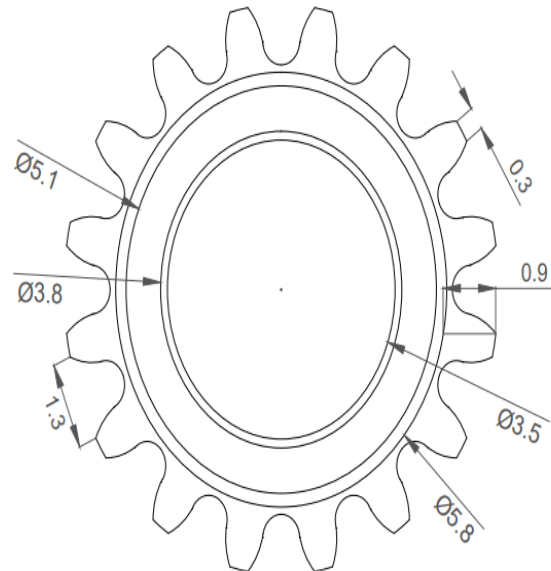
<p>1.- PLANO ACTUALIZADO AL 08/02/2023. 2.- LAS UNIDADES DE LOS PLANOS ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL METRICO. 3.- EL PLANO PRESENTA DETALLES DIMENSIONADOS EN LAS UNIDADES INDICADAS.</p>	REV.	FECHA	DESCRIPCION		J.GUTIERREZ	13/02/2023	VISTA - PLANTA Y PERFIL - INGENIERIA DE DETALLE
	01	13/02/2023	EMISION PARA PRESENTACION DE PLANOS PLANTAS		J.GUTIERREZ	13/02/2023	PERNO Y TUERCA DE SUJECION DE PISTONES, ELECTROVALVULAS Y CANGILONES
	02	13/02/2023	EMISION PARA REVISION		J.GUTIERREZ	13/02/2023	
	03	13/02/2023	EMISION PARA APROBACION		J.GUTIERREZ	13/02/2023	
	04	13/02/2023	EMISION PARA TRABAJOS		J.GUTIERREZ	13/02/2023	
05	13/02/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION	J.GUTIERREZ	13/02/2023			
06	13/02/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION COMPLECCION BARRILES DEL MOTOR	J.GUTIERREZ	13/02/2023	01EPM-UCSM-001-PL	INGENIERIA-MINAS	
07	13/02/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION COMPLECCION CARGO DEL PERNO	J.GUTIERREZ	13/02/2023	1:100	N°MIN	6/11
08	13/02/2023	EMISION PARA CONSTRUCCION COMPLECCION MANGOTE DE TUBERIA	J.GUTIERREZ	13/02/2023			
09	13/02/2023	EMISION PLANTAS DE PLANO AS BUILT	J.GUTIERREZ	13/02/2023			
10	13/02/2023	EMISION PLANO AS BUILT	J.GUTIERREZ	13/02/2023			

EL PRESENTE DISEÑO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL DE PROPIEDAD DE J. GUTIERREZ POR LO CUAL LOS DERECHOS ESTAN EXPRESAMENTE RESERVADOS Y ES PROHIBIDO PARA SU USO MAS ALLA RELACION DE CONFIANZA. ESTE DISEÑO NO ES PARA SER USADO PARA CUALQUIER PROPOSITO, NI SER COPIADO EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, NI IMPRESO NI REPRODUCIDO SIN CONSENTIMIENTO EXPRESO POR LO QUE SE DEBE EVITAR CUANDO YA NO SEA SOLICITADO O SEAN REQUERIDOS.

VISTA
ISOMETRICA



VISTA EN PLANTA



VISTA PERFIL

AS BUILT

REV	FECHA	DESCRIPCION			
01	10/04/2022	VERSION PRESENTACION DE PLANO PILOTO			
02	10/04/2022	VERSION PARA IMPRESION			
03	13/02/2023	VERSION PARA APROBACION			
04	13/02/2023	VERSION PRESENTACION DE PLANO TERMINADO			
05	13/02/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION			
06	13/02/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION (CORRECCION TAMAÑO DEL PIRON)			
07	13/02/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION (CORRECCION DISEÑO DE LOS DIENTES DEL PIRON)			
08	13/02/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION			
09	13/02/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION			
10	13/02/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION			
11	13/02/2023	VERSION PARA CONSTRUCCION			
12	13/02/2023	VERSION PLANO AS BUILT			
13	13/02/2023	VERSION PLANO AS BUILT			

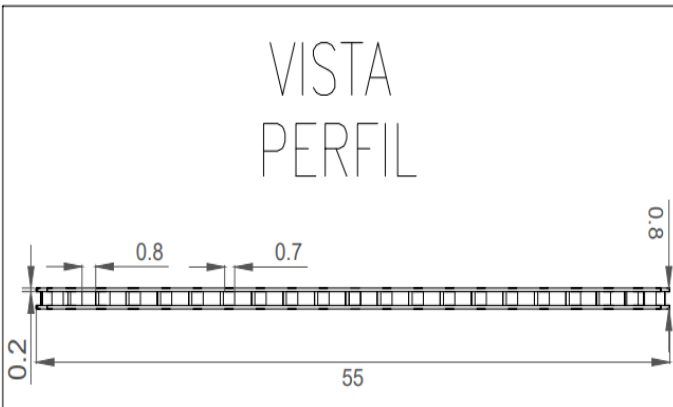
J.GUTIERREZ	13/02/2023	VISTA - PLANTA Y PERFIL - INGENIERIA DE DETALLE
J.GUTIERREZ	13/02/2023	PIÑONES PARA RECORRIDO DE LA CADENA EN EL SISTEMA DE IZAJE
J.GUTIERREZ	13/02/2023	
J.GUTIERREZ	13/02/2023	01EPM-UCSM-001-PL INGENIERIA-MINAS
J.GUTIERREZ	13/02/2023	1:100 N°MIN 7/11

EL PRESENTE DISEÑO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL DE PROPIEDAD DE J. GUTIERREZ POR LO CUAL LOS DERECHOS ESTAN EXPRESAMENTE RESERVADOS Y ES PROHIBIDO PARA SI LOS BAJO UNA RELACION DE CONFIDENCIA. ESTE DISEÑO NO ES PARA SER USADO PARA CUALQUIER PROPOSITO, NI SER COPIADO EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, TAMPOCO PUEDE SER MOSTRADO SIN CONSENTIMIENTO ESCRITO POR LO QUE SE DEBE DEVOLVER CUANDO YA NO SEA SOLICITADO O SEAN REQUERIDOS.

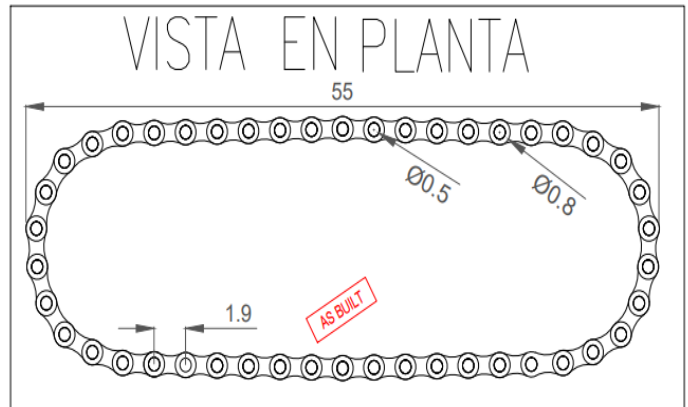
VISTA
ISOMETRICA



VISTA
PERFIL

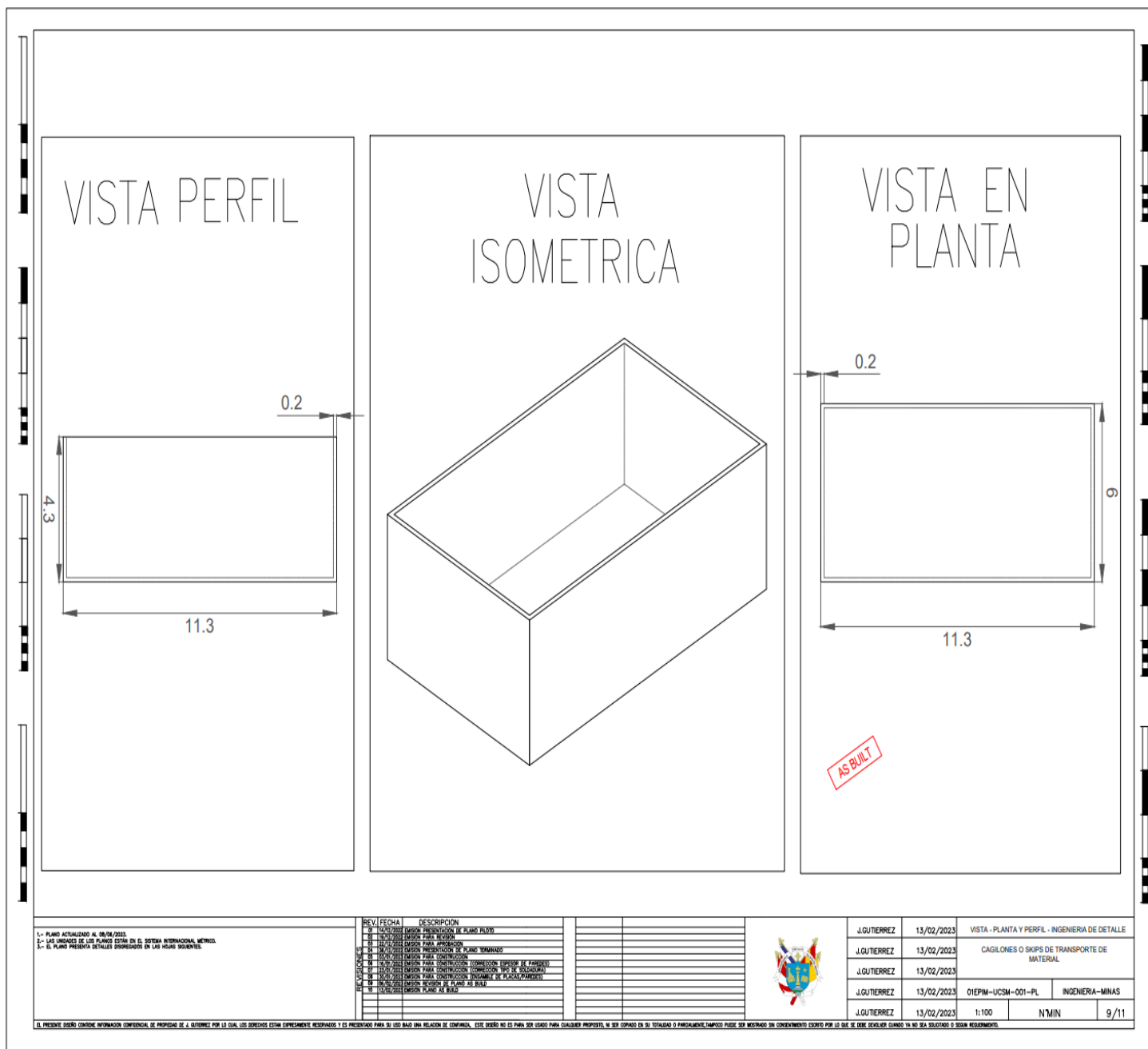


VISTA EN PLANTA

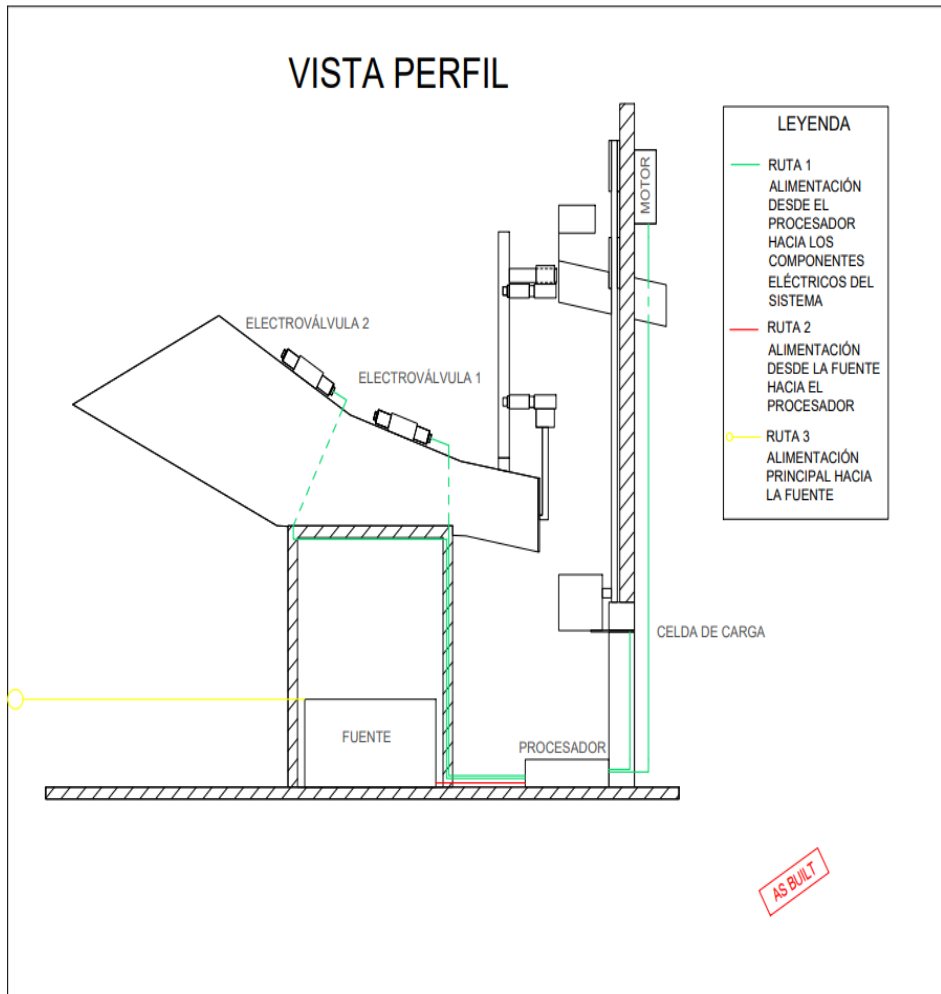


REV.	FECHA	DESCRIPCION						
1-	16/02/2023	PRESENTACION DE PLANO PLANTAS				J.GUTIERREZ	13/02/2023	VISTA - PLANTA Y PERFIL - INGENIERIA DE DETALLE
2-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	CADENA PARA EL SISTEMA DE IZAJE DE LOS SKIPS
3-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
4-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
5-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
6-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
7-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
8-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
9-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
10-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
11-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
12-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
13-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
14-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
15-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
16-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
17-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
18-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
19-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
20-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
21-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
22-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
23-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
24-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
25-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
26-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
27-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
28-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
29-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
30-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
31-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
32-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
33-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
34-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
35-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
36-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
37-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
38-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
39-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
40-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
41-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
42-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
43-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
44-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
45-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
46-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
47-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
48-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
49-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	
50-	12/02/2023	REVISION PARA APROBACION				J.GUTIERREZ	13/02/2023	

EL PRESENTE DISEÑO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL DE PROPIEDAD DE J. GUTIERREZ POR LO CUAL LOS DERECHOS ESTAN EXPRESAMENTE RESERVADOS Y ES PRESENTADO PARA SU USO BAJO UNA RELACION DE CONFIANZA. ESTE DISEÑO NO ES PARA SER USADO PARA CUALQUIER PROPOSITO NI SER COPIADO EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, TAMPOCO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN CONSENTIMIENTO ESCRITO POR LO QUE SE DEBE SEGUIR CUANDO YA NO SEA VALIDO O SEAN REQUERIDOS.



VISTA PERFIL



1.- PLANO ACTUALIZADO AL 04/06/2023.
2.- LAS UNIDADES DE LOS PLANOS ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL METRICO.
3.- EL PLANO PRESENTA DETALLES DISEÑADOS EN LAS HORAS SIGUIENTES.

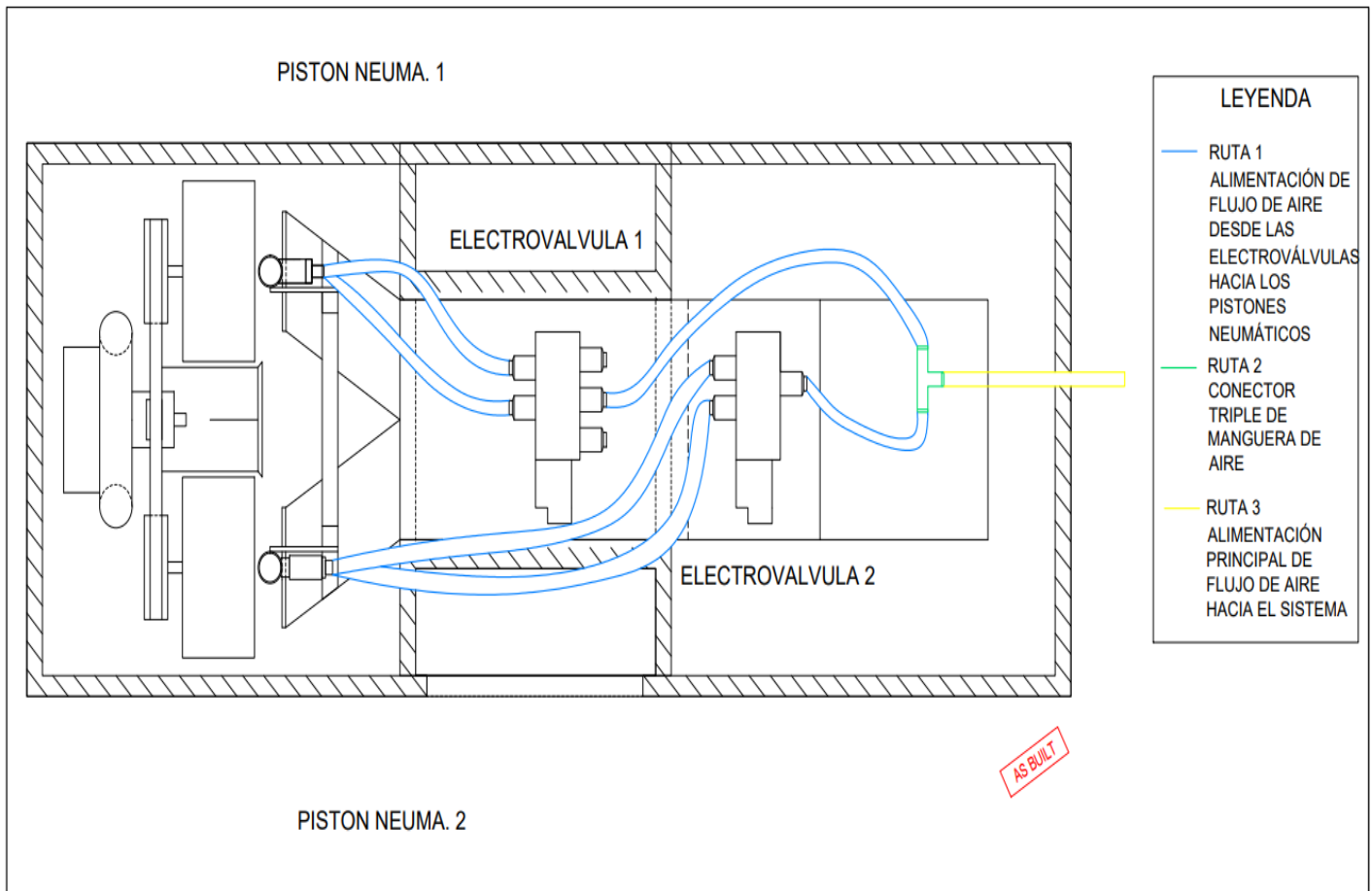
REV.	FECHA	DESCRIPCION
01	14/07/2023	EMISION PRELIMINAR DEL PLANO PLANTA
02	18/07/2023	EMISION PARA REVISION
03	18/07/2023	EMISION PARA APROBACION
04	24/07/2023	EMISION PRESENTACION DE PLANO TERMINADO
05	18/07/2023	EMISION PARA CONEXION
06	18/07/2023	EMISION PARA CONEXION (CORRECCION SOLANAS DE IMPULSO)
07	18/07/2023	EMISION PARA CONEXION (CORRECCION DE LOS CABLEAJES)
08	13/07/2023	EMISION PARA CONEXION (REVISION DE RECORRIDO ELECTRICO)
09	18/07/2023	EMISION PARA CONEXION (ADICION DE RECORRIDO ELECTRICO)
10	18/07/2023	EMISION REVISOR DE PLANO AS BUILT
11	13/02/2023	EMISION PLANO AS BUILT



J.GUTIERREZ	13/02/2023	VISTA - PLANTA Y PERFIL - INGENIERIA DE DETALLE
J.GUTIERREZ	13/02/2023	RECORRIDO DEL CABLEADO ELECTRICO DEL SISTEMA
J.GUTIERREZ	13/02/2023	
J.GUTIERREZ	13/02/2023	01EPM-UCSM-001-PL INGENIERIA-MINAS
J.GUTIERREZ	13/02/2023	1:100 N°MIN 10/11

EL PRESENTE DISEÑO CONTIENE INFORMACION CONFIDENCIAL DE PROPIEDAD DE J. GUTIERREZ POR LO CUAL LOS DERECHOS ESTAN EXPRESAMENTE RESERVADOS Y ES PROHIBIDO PARA SU USO BAJO UNA RELACION DE CONFIANZA. ESTE DISEÑO NO ES PARA SER USADO PARA CUALQUIER PROPOSITO, NI SER COPIADO EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, TAMPOCO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN CONSENTIMIENTO ESCRITO POR LO QUE SE DEBE EVALUAR CUANDO YA NO SEA SOLICITADO O SIGAN REQUISITOS.

RUTAS DEL FLUJO DE AIRE



LEYENDA

- RUTA 1
ALIMENTACIÓN DE
FLUJO DE AIRE
DESDE LAS
ELECTROVÁLVULAS
HACIA LOS
PISTONES
NEUMÁTICOS
- RUTA 2
CONECTOR
TRIPLE DE
MANGUERA DE
AIRE
- RUTA 3
ALIMENTACIÓN
PRINCIPAL DE
FLUJO DE AIRE
HACIA EL SISTEMA

1.- PLANO ACTUALIZADO AL 08/06/2023.
2.- LAS UNIDADES DE LOS PLANOS ESTÁN EN EL SISTEMA INTERNACIONAL MÉTRICO.
3.- EL PLANO PRESENTA DETALLES PROPORCIONADOS EN LAS VISTAS SIGUIENTES.

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN
01	13/02/2023	ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE PLANO PLANTAS
02	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
03	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
04	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
05	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
06	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
07	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
08	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
09	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
10	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
11	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
12	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
13	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
14	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
15	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
16	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
17	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
18	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
19	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
20	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
21	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
22	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
23	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
24	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
25	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
26	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
27	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
28	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
29	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
30	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
31	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
32	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
33	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
34	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
35	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
36	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
37	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
38	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
39	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
40	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
41	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
42	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
43	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
44	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
45	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
46	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
47	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
48	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
49	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO
50	13/02/2023	REVISIÓN PARA EL DISEÑO



J.GUTIERREZ	13/02/2023	VISTA - PLANTA - INGENIERIA DE DETALLE
J.GUTIERREZ	13/02/2023	RECORRIDO DEL FLUJO DE AIRE DEL SISTEMA
J.GUTIERREZ	13/02/2023	
J.GUTIERREZ	13/02/2023	01EPI-M-UCSM-001-PL INGENIERIA-MINAS
J.GUTIERREZ	13/02/2023	1:100 N/MIN 11/11

EL PRESENTE DISEÑO CONTIENE INFORMACIÓN CONFIDENCIAL, DE PROPIEDAD DE J. GUTIERREZ POR LO CUAL LOS DERECHOS ESTÁN EXPRESAMENTE RESERVADOS Y ES PRESENTADO PARA SU USO BAJO UNA RELACION DE CONFIANZA. ESTE DISEÑO NO ES PARA SER USADO PARA CUALQUIER PROPOSITO, NI SER COPIADO EN SU TOTALIDAD O PARCIALMENTE, TAMPOCO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN CONSENTIMIENTO ESCRITO POR LO QUE SE DEBE DEVOLVER CUANDO YA NO SEA SOLICITADO O SEGUN REQUERIMIENTOS.

2. Programación Arduino del Sistema

```
const int sensor1 = 3;
const int sensor2 = 4;
const int compuerta1 = 8;
const int compuerta2 = 9;
const int buttonPin = 2;
const int motorA = A1;
const int motorB = A2;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sensor1, INPUT);
  pinMode(sensor2, INPUT);
  pinMode(compuerta1, OUTPUT);
  pinMode(compuerta2, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  pinMode(motorA, OUTPUT);
  pinMode(motorB, OUTPUT);

  analogWrite(motorA, 0);
  analogWrite(motorB, 0);
  digitalWrite(compuerta1, LOW);
  digitalWrite(compuerta2, LOW);
}

void loop() {
  int lecturaArranque = digitalRead(buttonPin);
  if(lecturaArranque == 1){
    int lecturaSensor1 = digitalRead(sensor1);
    int lecturaSensor2 = digitalRead(sensor2);

    if(lecturaSensor1==0 && lecturaSensor2==0){
      analogWrite(motorA, 255);
```

```
    analogWrite(motorB, 0);
  }
  if(lecturaSensor1==1){
    analogWrite(motorA, 0);
    analogWrite(motorB, 0);
    digitalWrite(compuerta1, HIGH);
    delay(5000);
    digitalWrite(compuerta1, LOW);
    analogWrite(motorA, 255);
    analogWrite(motorB, 0);

    //Aqui se puede colocar un delay de 2 segundos por si no quiere subir
    //luego de ese delay se sigue colocando la configuración al motor para que siga
    //subiendo.
  }
  if(lecturaSensor2==1){
    analogWrite(motorA, 0);
    analogWrite(motorB, 0);
    digitalWrite(compuerta2, HIGH);
    delay(5000);
    digitalWrite(compuerta2, LOW);
    analogWrite(motorA, 0);
    analogWrite(motorB, 255);
```

3. Cotización del Proyecto

COSTO DE FABRICACION DE PROYECTO PARA MINERIA SUBTERRANEA				
Fecha	30-Oct-23	Codigo	30834	
Datos Empresa		Datos Cliente		
IMCO Servicios S.A.C. Via de Evitamiento km3, C.C, Arequipa Teléfono: 054 271490 Mail: informes@imcoperu.com		Jean Pierre Gutierrez Arana Urb. Colegio de ingenieros b-25, C.C. Teléfono: 986678349 Mail: jpierreg95@gmail.com		
Fecha del presupuesto	30-Oct-23	Validez	30 dias	
Especificacion del proyecto a realizar:				
El presente proyecto infraestructural encargado para su fabricacion cuenta con las especificaciones de materiales, informacion y planos de diseño propios, sin embargo, se realizarán las correcciones de diseño pertinentes para un optimo trabajo y una eficiente operatividad, procurando primar la calidad que caracteriza a nuestra empresa.				
Estado	Pendiente			
Fecha de inicio estimada	13/11/2023			
Tiempo de entrega estimado	30 dias			
Horas de trabajo	1440 horas			
Material	Acero galvanizado A36			
Costo Total	S/.			
Unidad	Descripcion de Partidas	Metrado	Precio Unitario	Precio Parcial
PARTIDAS GENERALES				
Obras Preliminares				
Glb	Movilizacion y dezmovilizacion de equipos, materiales y herramientas	1	3400	4800
Glb	Oficina, almacen y taller	1	1200	1200
Glb	Programa de seguridad y medio ambiente	1	1000	1000
Glb	Guardiana de obra	1	800	800
Glb	Limpieza final de obra	1	500	500
Glb	Levantamiento de informacion de campo, actualizacion de los planos de construccion	1	3500	3500
Glb	Elaboracion de planos Red line y planos As-built	1	1600	1600
Sub Total Obras Preliminares				13400
Obras Civiles				
Kg	Acero laminado A 36, en caliente según ASTM-A36, piezas simples para aplicaciones estructurales, acabado con imprimacion atioxidante, trabajado y montado en el taller para colocar con uniones soldadas en obra	5716.72	19.3	110332.70
Kg	Montaje de acero estructural	5716.72	14.6	83464.11
m2	Pintura de acero estructural	235	26.45	6215.75
Und	Pernos de anclaje post instalados	32	33.6	1075.20
Glb	Modificacion de grating metalico	1	3000	3000
Sub Total Obras Civiles				204087.76

Obras Mecánicas				
Glb	Levantamiento de información de campo, cálculos, planos de diseño y aprobación para procura del suministro del mecanismo de elevación y sus tableros de fuerza, control y VDF.	1	2500	2500
Glb	Levantamiento de información de campo, memorias de cálculos mecánicos y estructuras para actualización de los planos mecánicos de construcción.	1	800	800
Kg	Suministro, fabricación, pintado y montaje de campana metálica	6850	14.6	100010
Und	Suministro, montaje de Winches Eléctricos con VFD, incluye cables, tablero de fuerza, control y VDF 3305133E-TC-0011002 y accesorios (de acuerdo con el expediente 3305-1330, e (suministro de los tableros 3305133E-TC-0011002 se incluye ítem de instrumentación)	1	15600	15600
Glb	Suministro, fabricación, pintado y montaje de parantes de guía de cables	1	4325	4325
Glb	Suministro, fabricación y montaje de poleas, incluye soportes y accesorios	1	3189	3189
Glb	Recomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha de los equipos	1	3620	3620
Sub Total Obras Mecánicas				130044
Obras Electricidad				
Gbl	Desmontaje de Safety Switch (Interruptor de seguridad) en 480VAC, 03 fases, 80HZ, con manija ON/OFF; Tubería conduit R.G.S. de 2" de diámetro ; y Cable 3/C # 8 AWG + G, tipo XLPIPVC	1	620	620
Und	Montaje de Safety Switch (Interruptor de seguridad) en 480VAC, 03 fases, 60HZ, con manija ON/OFF y candado, incluye: Circuit Breaker de 3x70A, 480VAC, 03 fases, 60HZ, 5KAIC, uso exterior, encerramiento NEMA 3R, gris	2	319	638
Und	Montaje de Cubículo con Circuit Breaker de 3x10CA, 480VAC, 03 fases, 60HZ, 65KAIC, incluye tapa metálica con manija ON-TRIP-OFF, para insertar en el Centro de Control de Motores N° 230-MCC-001 tipo Center Line de Allen Bradley, 800A, 480VAC, 03 fases, 60HZ, existente	2	2800	5600
Und	Montaje de Tablero de Distribución en 480VAC, 03 fases, 60HZ, con encerramiento NEMA 3R, incluye: 02 VFD con motor de 20HP, 480VAC, 04 fases, 60HZ; Elementos de protección, mando y control en 120VAC, como (Finales de carrera, Limit switches, Sensores de posición, Selectores, Botoneras, etc.). Este Tablero de distribución será adosado a estructura	2	3400	6800
m	Tendido de Cable de cobre desnudo # 2/0 AWG	120	37.28	4473.6
m	Tendido de Cable de fuerza 3/C # 2 AWG + G, tipo XLP/PVC, 600V	420	162	68040
m	Tendido de Cable de control 91C # 14 AWG, tipo XLPIPVC, 600V	420	15.75	6615
mm	Tendido de Tubería conduit R.G.S. de 2" de diámetro con cubierta de PVC	650	315.25	204912.5
m	Tendido de Tubería conduit R.G.S. de 3/4" de diámetro con cubierta de PVC	340	15.49	5266.6
m	Tendido de Tubería flexible Sealtite de 1" de diámetro con cubierta de PVC	340	12.87	4375.8
m	Tendido de Tubería flexible Sealtite de 3/4" de diámetro con cubierta de PVC	340	14.99	5096.6
Und	Conexión tipo "T" de estructura metálica a equipo eléctrico con cable de cobre desnudo # 2/0 AWG	24	59.8	1435.2
Sub Total Obras Electricidad				313873.3
Costo Total (soles)				661405.06