



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA

ELÉCTRICA

**Diseño de maquina percutora neumática para trabajos en
socavón estrecho en la empresa Proyectos y Construcciones
R&R SAC**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Naranjo Murcia, Yorman Alberto (orcid.org/0000-0002-5108-6890)

ASESOR:

Dr. Inciso Vasquez, Jorge Antonio (orcid.org/0000-0001-8798-1283)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi amada esposa Jessica, por el apoyo brindado en todo momento, creer en mi capacidad y a la vez ser quien siempre me insistió que debía culminar mi carrera.

A mi hija Vedrana quien es el motivo de mi inspiración para lograr mis objetivos.

A mi madre que me enseñó los valores para ser un hombre de bien.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por darme salud y bienestar cada día para lograr mis objetivos y a mi esposa por el apoyo moral en todo momento siempre deseando lo mejor para Mi.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación	16
3.2. Variables y operacionalización	16
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	18
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS.....	21
4.1. Diseño Conceptual.....	26
4.1.1. Prototipo 1.....	27
4.1.2. Prototipo 2.....	28
4.1.3. Prototipo 3.....	29
4.2. Dimensionamiento de la maquina.....	32
4.3. Cálculo del diseño de los componentes críticos de la máquina	33
4.4. Simulación por el método de elementos finitos.....	39
4.5. Planos de fabricación.....	42
4.6. Análisis económico	43
V. DISCUSION	47
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS	52
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Potencia de percusión en función del diámetro de varillaje.....	15
Tabla 2	Operacionalización de variables.....	17
Tabla 3	Técnicas de recolección de datos	18
Tabla 4	Resultado de las entrevistas	23
Tabla 5	Resultado de las entrevistas (Continuación).....	24
Tabla 6	Especificaciones de ingeniería.....	25
Tabla 7	Matriz morfológica.....	26
Tabla 8	Matriz de selección del concepto de diseño mediante criterios ponderados.....	31
Tabla 9	Escala de valoración.....	31
Tabla 10	Lista de planos de fabricación	43
Tabla 11	Lista de planos de fabricación	44
Tabla 12	Costos de equipos y/o componentes para el diseño propuesto.....	44
Tabla 13	Costos de mano de obra para el diseño propuesto	45
Tabla 14	Costos de mano de obra para el diseño propuesto	45

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1 Personal operando martillo neumático	3
Figura 2 Socavón de 1 m por 1.20 m	3
Figura 3 Esquema del mecanismo de percusión de un martillo.....	7
Figura 4 Esfuerzos sobre el varillaje.....	9
Figura 5 Disposición de elementos en perforación neumática	11
Figura 6 Martillo neumático.....	12
Figura 7 Disposición de equipos de perforación.....	12
Figura 8 Funcionamiento del martillo en fondo.....	13
Figura 9 Primer prototipo de equipo percutor	27
Figura 10 Segundo prototipo de equipo percutor	28
Figura 11 Tercer prototipo de equipo percutor.....	29
Figura 12 Esquema de la maquina percutora neumática	32
Figura 13 Martillo percutor neumático.....	33
Figura 14 Diagrama de cuerpo libre del martillo percutor	34
Figura 15 Geometría del avance del martillo percudir	34
Figura 16 Posición de altura mínima del percutor neumático	35
Figura 17 Posición de altura máxima del percutor neumático	36
Figura 18 Distribución de fuerzas aplicadas sobe la estructura.....	37
Figura 19 Diagrama de cuerpo libre del sujetador móvil.....	38
Figura 20 Resultados de la simulación para la deformación máxima	40
Figura 21 Resultados de la simulación para el esfuerzo de Von Mises.....	40
Figura 22 Resultados de la simulación para el Factor de Seguridad en carga estática	41
Figura 23 Resultados de la simulación para el Factor de Seguridad en Fatiga.....	41
Figura 24 Diseño completo de la maquina percutora neumática	42

RESUMEN

En el desarrollo del trabajo de investigación aquí presentado se ha realizado el Diseño de una maquina percutora para realizar trabajos perforación en socavón estrecho para la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC. Debido a que la empresa actualmente realiza los trabajos de perforación empleando equipo manual y personal técnico, los cuales por las condiciones del trabajo se exponen a severos riesgos que atentan contra su salud, además en el mercado actual, existen equipos de percusión de gran tamaño las cuales no se adaptan a las dimensiones del socavón en donde se realizan los trabajos, es así como se propuso diseñar una maquina percutora que cumpla con las especificaciones requeridas por la empresa.

Para el desarrollo del equipo se ha tomado la metodología de diseño de los autores Eggert- Dieter (Eggert, 2005; Dieter & Schmidt, 2009) en la cual el proceso de diseño empieza con la recolección de información que se realizó mediante entrevistas al personal que trabaja en la empresa. Con esta información se realizó una tabla de especificaciones de ingeniería para definir las características del diseño. Seguidamente se propusieron posibles soluciones, de entre las cuales se obtuvo un diseño optimo empleando una matriz de selección por criterios ponderado. Después de definirse el diseño se realizaron los cálculos de ingeniería que se centró en el análisis de fatiga de la estructura que soporta al roto-percutor neumático. Los cálculos se validaron mediante una simulación por el método de elementos finitos (FEM) y un análisis modal para verificar las frecuencias y modos de vibración de la estructura. Al finalizar los cálculos de ingeniería se realizó la selección de componentes de uso estándar y la elaboración de los planos de fabricación y ensamblaje. Finalmente se realizó el presupuesto y el análisis económico para la implementación de este diseño.

Palabras clave: Diseño, roto-percutor, neumático, socavón, FEM.

ABSTRACT

In the development of the research work presented here, the Design of a percussive machine has been carried out to carry out drilling work in a narrow tunnel for the company Proyectos y Construcciones R&R SAC. Due to the fact that the company currently carries out the drilling works using manual equipment and technical personnel, which due to the working conditions are exposed to severe risks that threaten their health, in addition, in the current market, there are large percussion equipment which do not adapt to the dimensions of the tunnel where the work is carried out, this is how it was proposed to design a percussive machine that meets the specifications required by the company.

For the development of the team, the design methodology of the Eggert-Dieter authors (Eggert, 2005; Dieter & Schmidt, 2009) has been taken, in which the design process begins with the collection of information that was carried out through interviews with the personnel who works in the company. With this information, a table of engineering specifications was made to define the characteristics of the design. Next, possible solutions were proposed, among which an optimal design was obtained using a weighted criteria selection matrix. After defining the design, the engineering calculations were carried out, which focused on the fatigue analysis of the structure that supports the pneumatic rotary hammer. The calculations were validated through a simulation by the finite element method (FEM) and a modal analysis to verify the frequencies and modes of vibration of the structure. At the end of the engineering calculations, the selection of standard use components and the elaboration of the manufacturing and assembly drawings were carried out. Finally, the budget and economic analysis for the implementation of this design were carried out.

Keywords: Design, hammer drill, tire, sinkhole, FEM.

I. INTRODUCCIÓN

La minería es una actividad cuyo desarrollo es apoyado por muchas industrias manufactureras, que a su vez es una fuente importante de crecimiento económico en los países en desarrollo. El desarrollo de las actividades mineras tuvo diversas contradicciones ya que, por un lado, las actividades mineras al atraer inversiones en los países generaban así mayores ingresos económicos y mayor valor de exportación. La actividad minera reciente también afectó la evolución positiva del mercado de valores mundial debido al alza en los precios de los metales. Por otro lado, la minería es una fuente importante de responsabilidades ambientales, así como de conflictos sociales debido a su naturaleza inherente y evolutiva.

El análisis de la demanda de minerales y metales incluye el análisis del consumo en relación con la dinámica del PIB mundial. A lo largo de la década de 1990, la tasa de crecimiento de la demanda siguió superando la tasa de crecimiento del PIB mundial. Por ejemplo, el níquel y el cobre, los dos principales productos utilizados en las industrias energética y manufacturera, registraron un crecimiento de consumo promedio de 3,4% anual (1990-2001), que es superior a cero. 0,8 puntos porcentuales en comparación con el crecimiento del PIB mundial (2,6 %). Asimismo, registraron crecimientos el oro (2,9%), el zinc (2,7%) y el aluminio (27%), que se utilizan principalmente en la fabricación de joyas y productos químicos. La tasa de crecimiento del consumo es superior a la tasa de crecimiento del PIB de los países industrializados. (Lira y Aristondo, 2007)

Los costos de la minería, así como los beneficios de gran escala para las comunidades locales, así como el desarrollo de sus relaciones con las empresas mineras son un problema creciente en países de todo el mundo. Para establecer una investigación en profundidad sobre la relación entre las comunidades locales y los mineros se lanzó un proyecto sobre grandes empresas y comunidades mineras en tres países mineros tradicionales en América Latina Bolivia Chile y Perú donde la minería se ha formado durante siglos una parte importante de sus respectivas economías nacionales. Dada la historia minera relativamente larga y feroz de estos tres países se cree que estos estudios proporcionarán lecciones importantes para otros países de la región y del mundo. (Lira y Aristondo, 2007)

El Perú ocupa una posición importante en América Latina y así como también el mundo en términos de potencial de producción y explotación. En América Latina, los minerales que ocupan el primer lugar es la producción de zinc, plomo, estaño, plata y oro, y en segundo lugar cobre. Para el caso a nivel mundial, quien ocupa el primer lugar es la plata (16,48%), mientras que en tercer lugar el zinc (12,15%), cobre (6,86%) y estaño; El cuarto lugar está a la cabeza con (9.52%) y el quinto lugar es oro (8.01%). (Lira y Aristondo, 2007)

La empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC se encarga de realizar trabajos en cantera para abastecimiento de roca en obras civiles, especialmente para defensas ribereñas la cual se solicita rocas con dimensiones mayores a un metro cuadrado es por ello que se cuenta con la experiencia necesaria para este tipo de trabajos.

Este tipo de trabajo es de alta demanda en las zonas andinas de nuestro país. Por ejemplo, en los últimos dos años la empresa viene realizando trabajos de perforación para la extracción de roca en la provincia del Santa.

La empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC actualmente, realiza el proceso de perforación y posterior extracción de roca, lo cual se realiza usando tres operarios (Figura 1) que sostienen una maquina roto-percutora en un socavón estrecho de 1.2 m x 1.00 m a una longitud de 15 metros lineales (Figura 2). Este tipo de procedimiento expone a los trabajadores a riesgos propios del trabajo en socavón, como por ejemplo el excesivo polvo generado en esta forma de trabajo, así como también el riesgo de ser lesionados abruptamente por el impacto del retroceso de martillo percutor, o en forma acumulativa por la vibración.

Para este diseño utilizaremos un martillo percutor neumático porque la empresa cuenta con sus compresoras y equipos para este tipo de trabajo por lo tanto no hay forma de utilizar otros equipos.

Es por ello que se diseñara un equipo percutor neumático que pueda ser maniobrado a distancia y que cumpla con las especificaciones técnicas adecuadas ya que en el mercado no existe un equipo de estas dimensiones para este tipo de trabajo.

Figura 1

Personal operando martillo neumático



Nota. Tomado en Cantera LA JOYA CAMBIO PUENTE. Fuente: Proyectos y Construcciones R&R SAC.

Figura 2

Socavón de 1 m por 1.20 m



Nota. Tomado en Cantera LA JOYA CAMBIO PUENTE. Fuente: Proyectos y Construcciones R&R SAC.

Por lo mencionado anteriormente este trabajo está enfocado en el diseño de una máquina de percusión neumática para realizar trabajos en socavón estrecho, que sea compacto y controlado a distancia, permitiendo así reducir la cantidad de operarios y la posibilidad de que ellos sufran lesiones o adquieran enfermedades laborales por actividades dentro del socavón, además reducir los tiempos de operación y extracción de roca, lo cual a su vez tendrá en un pacto económico positivo para la empresa.

Y es así, que el problema del presente trabajo se definió como: ¿Cuáles son las características técnicas que debe poseer una máquina percutora neumática controlada a distancia para realizar los trabajos de perforación dentro de un socavón estrecho?

Este trabajo de investigación se justifica por medio de la adecuación de un diseño aplicando conocimientos específicos del área de ingeniería para desarrollar una máquina percutora compacta, pues en el mercado estas máquinas suelen ser demasiado grandes para las dimensiones del socavón, razón por la cual se busca desarrollar un diseño que pueda trabajar dentro de estas dimensiones y que además posea la posibilidad de ser operado a distancia, logrando así una mayor eficacia en la ejecución de estos trabajos, ahorrando tiempo y dinero.

En consecuencia, se formuló el siguiente objetivo general: Diseñar una máquina percutora neumática controlada a distancia para realizar trabajos de perforación en socavones estrechos.

Para conseguir a cabalidad el objetivo general se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- (1) Recolectar datos requeridos para el diseño, como especificaciones de la máquina y características del material a remover.
- (2) Generar en el diseño conceptual 3 prototipos posibles de la máquina y seleccionar la mejor propuesta.
- (3) Realizar el cálculo del diseño de los componentes críticos de la máquina.
- (4) Validar los resultados del diseño mediante una simulación numérica.
- (5) Elaborar los planos de partes y conjunto del prototipo seleccionado.
- (6) Realizar el análisis económico para verificar la viabilidad del diseño.

II. MARCO TEÓRICO

En las líneas siguientes se mencionan los antecedentes obtenidos de la revisión bibliográfica relacionados al tema principal de este trabajo.

Mestas (2019). En este trabajo, el autor realizó un análisis del consumo de aire para los taladros de Jack en La Mina Las Bravas, ubicada en el distrito de Chaparra, provincia de Caravelí, Caravelí, área. La investigación al ser de revisión estaba centrada en el análisis y la metodología del flujo de trabajo de otros autores, teniendo como objetivos evaluar el consumo de aire para corregir la altura de perforación de la máquina Jack Leg en la mina de BRAVAS y evaluar el consumo de aire total eficiente a una altura de 1820 msnm a través de una perspectiva metodológica. Para el análisis el autor tuvo a consideración emplear las fórmulas de consumo de aire, factores de corrección de altura. En los resultados de este trabajo se encontraron los requerimientos del aire, corregido a una altitud máxima de 1820 msnm en perforadoras; el valor adecuado para esto termino siendo de 192 cfm con un requerimiento efectivo de aire de 746 cfm.

UI (2010) En esta tesis de maestría el autor realizó el diseño y modelado de un acumulador de pistón para una perforadora de roca en conjunto con el análisis de su resistencia a la fatiga. Este trabajo fue realizado en Atlas Copco Rock Drills AB, Orebro y en la Universidad de Linkoping, Suecia. El trabajo se enfoca en mejorar el rendimiento de la máquina perforadora de roca hidráulica fabricada por Atlas Copco Rock Drills y el uso de un software desarrollado en la misma Universidad de Linkoping, el cual proporciona un entorno de simulación integrado para la simulación de sistemas de energía de fluidos. Durante el trabajo, el autor desarrollo un modelo HOPSAN de un acumulador de pistón y estudio su desempeño con un martillo perforador. Además, los cálculos de resistencia a la fatiga del acumulador de pistón fueron realizados sobre la base del análisis de tensión realizado con el software ANSYS.

Pariente (2014). Esta tesis cubre el diseño de una perforadora hidráulica que se puede utilizar en la construcción de pozos en la región de Piura, así como en otras regiones agrícolas del país. El quipo posee un diámetro promedio de 6033

mm y un alcance máximo de 150 m de profundidad. En cuanto al trazado para conocer el entorno utilizando para la perforadora hidráulica el autor realizó una descripción de los reservorios de agua subterránea y los métodos de recuperación de agua, así como también el proceso de construcción del pozo. Después de eso fue realizado el diseño del taladro hidráulico basado en la arquitectura de máquinas similares que se encuentra disponibles comercialmente. Básicamente cada equipo de perforación de pozos de agua hidráulica tiene una unidad de conducción, una bomba hidráulica, una unidad de empuje y tracción, una unidad giratoria un bastidor y una estructura de transporte. Por otra parte, fueron hechos cálculos de las fuerzas hidráulicas necesarias para obtener el movimiento del actuador hidráulico como el elemento giratorio el elemento push-and-pull y el pistón hidráulico para posicionar el bastidor en la dirección correcta. Finalmente utilizando el software SolidWorks Simulation fueron realizados los modelos de todos los componentes de equipo con el fin de simular el comportamiento de la estructura debido a las fuerzas de trabajo aplicadas y verificando así la resistencia del diseño.

A continuación de la recopilación de antecedentes se ha realizado la descripción de los conceptos teóricos más importantes necesarios para el entendimiento del tema desarrollado en esta tesis.

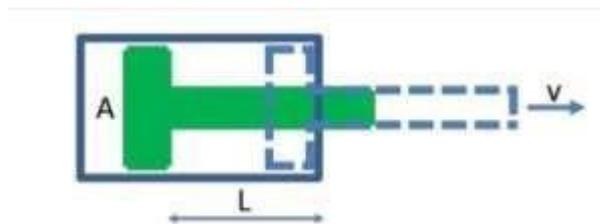
Los temas de este trabajo incluyen sistemas de perforación por percusión. Esta designación incluye todas las formas de perforación en las que las rocas se rompen principalmente por el impacto de una herramienta con un borde más o menos afilado. El sistema de percusión simple todavía se usa en algunas plataformas de perforación de pozos de agua más antiguas (plataformas de alambre), que consistían esencialmente en un taladro de placa con un borde inferior ligeramente cónico suspendido por un cable hasta el fondo del pozo. En este contexto, los residuos generados se vacían periódicamente con una herramienta especial (pala) que los recoge con la adición de una determinada cantidad de agua para facilitar la operación. Este sistema está completamente desactualizado. En estos sistemas, la velocidad de perforación es proporcional a la fuerza aplicada (el producto de la energía de impacto y la frecuencia de carrera). Por el contrario, la rotación y el empuje son medidas auxiliares secundarias, siempre que se supere el umbral para proporcionar suficiente espacio libre en los puntos de impacto y mantener el taladro

en contacto con la roca. El martillo es la parte que proporciona la fuerza de impacto debido al movimiento alternativo de la culata, el pistón, que golpea constantemente la broca. Los pistones pueden ser accionados por neumáticos (perforación neumática) o aceite hidráulico (perforación hidráulica). (Bernola et al., 2013)

Potencia de Percusión: Dado que la única forma técnicamente aceptable de juzgar un martillo perforador es su fuerza y eficiencia de impacto, es necesario describir y analizar los aspectos que determinan la fuerza, y existen otras formas de medirla y los parámetros por los que se mide. adicto. La Figura 3 aclara un plan para el mecanismo principal de la isla. Este mecanismo consiste en una parte móvil (pistón) que se mueve hacia adelante y hacia adelante dentro de la habitación (cilindro) con el efecto del líquido de presión (aire o aceite) que funciona en una superficie Dinh (área de acción). La longitud de este desplazamiento, generalmente una constante de diseño, se denomina trazo. (Bernola et al., 2013)

Figura 3

Esquema del mecanismo de percusión de un martillo



Nota. Tomado de Bernaola, J., Castilla, J., Herrera J. (2013). Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, 2013.

Para el cálculo de la energía de impacto “E” se puede hacer de dos formas: La primera sería haciendo el cálculo del trabajo realizado sobre el pistón mediante la siguiente ecuación:

$$E_1 = P_m \cdot A_p \cdot L_p \quad (1)$$

Donde:

P_m : Presión media efectiva del fluido.

A_p : Área de trabajo del pistón.

E_1 : Energía de impacto.

L_p : Carrera del pistón.

La otra manera de hacerlo, que no incluiría las pérdidas por rozamiento, sería mediante el cálculo de la energía cinética del pistón al final de su carrera:

$$E_2 = \frac{1}{2} m_p v_p^2 \quad (2)$$

Donde:

m_p : Masa del pistón.

v_p : Velocidad del pistón al final de la carrera.

Generalmente, es bastante aproximado suponer que:

$$E_2 = K \cdot E_1 ; \quad (K < 1) \quad (3)$$

Esta proporcionalidad entre E_2 y E_1 permite, despejando V , escribir la siguiente proporcionalidad:

$$v_p = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P_m \cdot A_p \cdot L_p}{m_p}} \quad (4)$$

También existe una proporcionalidad entre la función de las variables de diseño entre la velocidad final del pistón V y el producto de la carrera igual a la frecuencia de impacto siendo N la frecuencia de impacto.

$$V \text{ a } (L \cdot N) \quad (5)$$

N : Frecuencia de Impacto

De estas dos relaciones de proporcionalidad, se puede extraer una tercera para calcular la potencia de percusión:

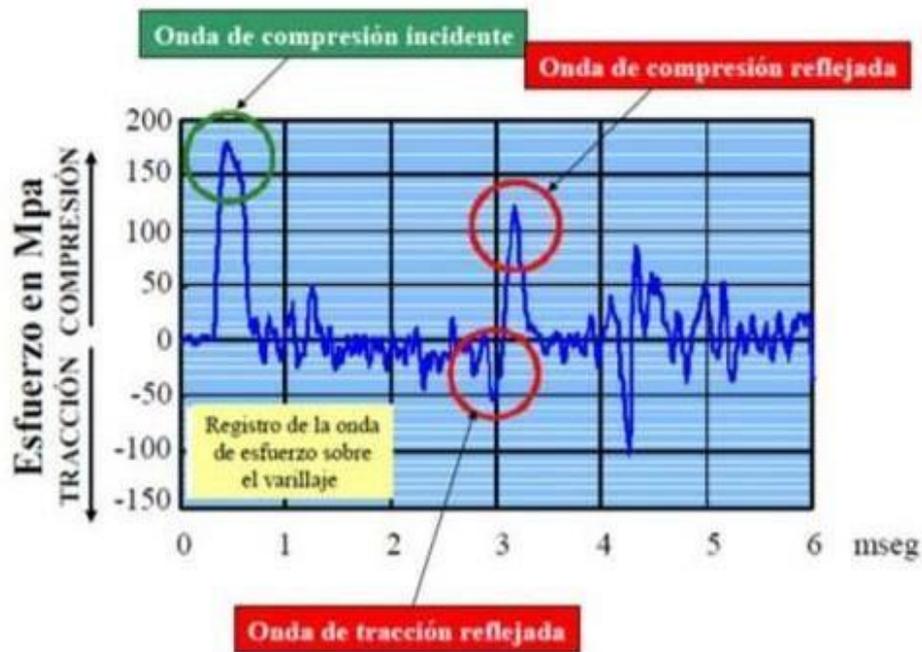
$$W \text{ a } E \cdot N \text{ a } P_m \cdot A \cdot L \cdot N \text{ a } P_m \cdot A \cdot V \quad (6)$$

Esta relación indica que la presión del fluido de trabajo y el área de trabajo del pistón son los parámetros que más influyen en la fuerza de impacto del martillo. Las tres M , A y L son variables de diseño que el operador no puede manejar. Sin embargo, debería poder hacer esto con la presión del fluido del motor para lograr una amplia gama de capacidades de escritura según las necesidades de la aplicación en particular. (Bernola et al., 2013)

Un tercer método es calcular la energía de choque registrando los esfuerzos de compresión generados por la onda de choque que viaja a través del enlace. Esto dará como resultado un registro como el que se muestra en la Figura 4, donde múltiples ondas incidentes y de reflexión se mueven a través del enlace en ambas direcciones. En esta figura podemos ver que el frente de la onda incidente está razonablemente comprimido y por tanto la onda reflejada consta de dos partes: la primera es la fuerza de tracción correspondiente a la penetración de las rocas en el suelo y la otra es la fuerza de compresión. La reacción que produce la roca en esto detiene el parasitismo. (Bernola et al., 2013)

Figura 4

Esfuerzos sobre el varillaje



Nota. Tomado de Bernaola, J., Castilla, J., Herrera J. (2013). Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, 2013.

La energía de una onda puede calcularse mediante la fórmula:

$$E_3 = \frac{S \cdot c}{Y} \int_n^{t_2} f^2 dt \quad (7)$$

S = Sección del varillaje.

c = Velocidad de propagación de la onda.

Y = Módulo de Young.

f = Esfuerzo unitario de compresión sobre el varillaje.

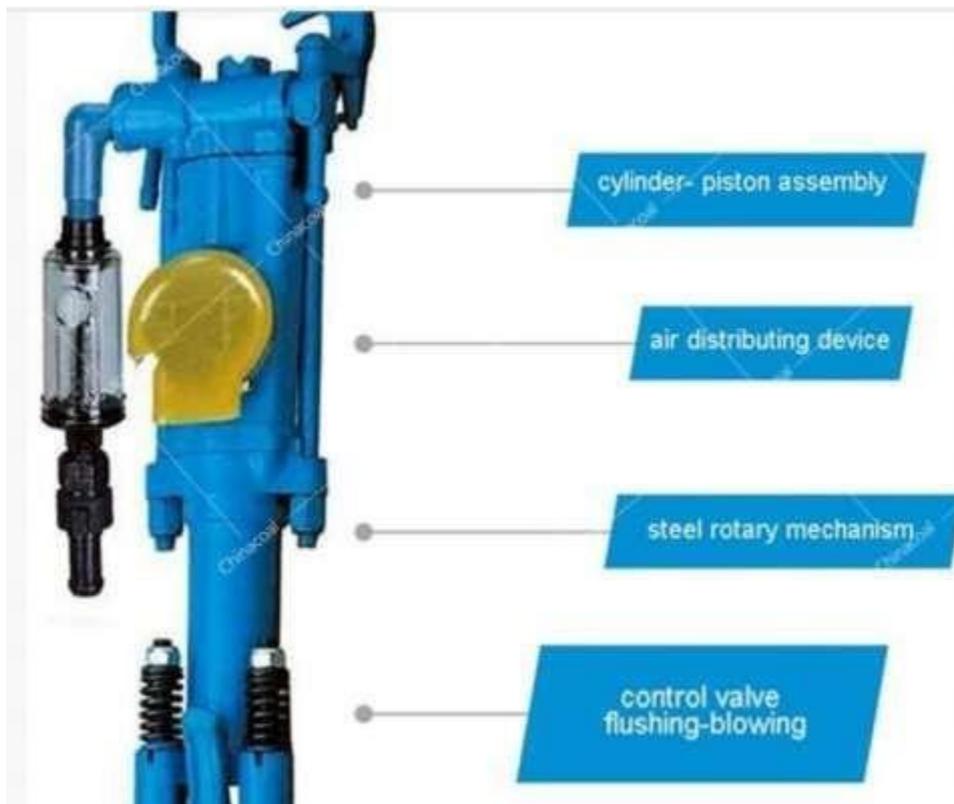
t = Tiempo.

La diferencia de energía entre la onda incidente y la onda reflejada representa la energía transferida a la roca. Por supuesto el valor E_3 correspondiente a la energía de la onda de compresión incidente y por tanto calculado será inferior a los dos valores anteriores porque se excluirá la pérdida de energía durante la acción del pistón con el varillaje. (Bernaola et al., 2013)

Perforación Neumática: El fluido propulsor en el caso de la perforación neumática es aire comprimido a una determinada presión, normalmente entre 7 y 25 ar. Hay dos alternativas: 1) la percusión se produce fuera del pozo y se transmite a la roca por la aguja de perforación (martillo superior). 2) Coloque el martillo en la parte inferior de la paleta y presione directamente el émbolo (martillo DTH). La disposición de los diferentes elementos en cada una de estas variantes se muestra en la Figura 5. (Bernola et al., 2013).

Figura 5

Disposición de elementos en perforación neumática



Nota. <https://www.y-sld.com/yt29a-air-leg-rock-drill-product/>

Perforadoras con martillo en cabeza: Son taladros percutores diseñados para trabajar con aire a una presión máxima de 7 a 8 bar. Por tanto, para obtener suficiente energía de impacto, la superficie de trabajo del pistón debe ser grande (teniendo en cuenta que la energía de impacto es el producto de 3 factores: presión aplicada, área y carrera del pistón). Los martillos verticales también pueden incluir un mecanismo giratorio que puede o no ser independiente del ritmo según el tamaño y el estilo. La propulsión es proporcionada por un motor delantero (neumático), que a su vez impulsa una cadena a la que se une el martillo y así se desliza sobre un marco conocido como "corredera" o "corredera". El conjunto suele ir montado sobre un bastidor que sirve de soporte al resto de elementos, proporcionando todos los movimientos de traslación y posicionamiento.

Figura 6

Martillo neumático



Nota. <https://www.y-sld.com/yt29a-air-leg-rock-drill-product/>

En los modelos más antiguos, el aire comprimido se suministraba desde un compresor remolcable separado, que tenía sus propias ruedas y estaba conectado al taladro con una manguera flexible. El dispositivo se puede ubicar a unos 20-40 m de la plataforma de perforación para que la presión no caiga excesivamente.

Figura 7

Disposición de equipos de perforación

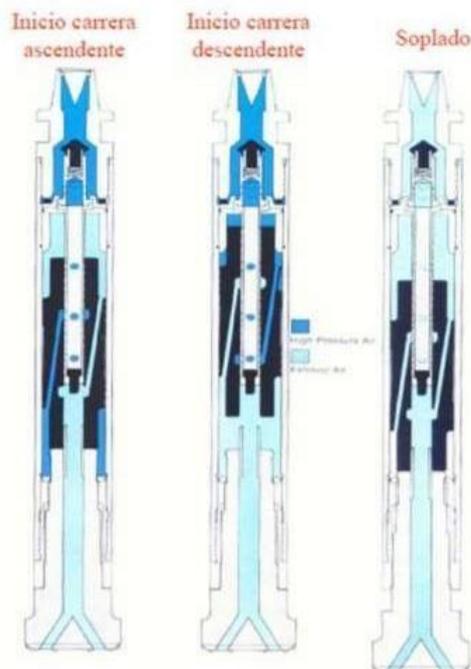


Nota. Tomado de Bernaola, J., Castilla, J., Herrera J. (2013). Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, 2013.

Perforadoras con martillo en fondo: Se trata de perforadoras donde, a diferencia de los martillos de cabeza, el elemento que proporciona la percusión o el martillo se encuentra dentro del taladro e incluye solo el mecanismo de percusión como se muestra en la Figura 8. El marco y demás elementos son idénticos a dicho elemento punzón de cabeza, y también incluye la cabina del compresor y del actuador. El martillo tiene forma cilíndrica y su mecanismo de percusión funciona de la misma manera que se muestra en la Figura 3. La posición "a" marca el comienzo de la carrera ascendente del pistón. El aire comprimido abre la válvula de retención en el extremo del martillo y entra en el colector central. De los tres orificios de este orificio, solo el orificio central está abierto, de ahí la figura 5: La disposición del taladro: Con el martillo superior (izquierda) y con el martillo inferior (derecha), el aire llega al fondo del pistón. a través de las partes internas y lo levanta. En la posición "B", el pistón está arriba y ahora el orificio inferior es el único orificio. Así, el aire llega a la parte superior del pistón a través de otro canal y lo empuja hacia abajo.

Figura 8

Funcionamiento del martillo en fondo



Nota. Tomado de Bernaola, J., Castilla, J., Herrera J. (2013). Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, 2013.

Finalmente, la posición "c" indica la condición de que el martillo no penetre en el caso de que la roca no esté en el suelo y el pistón esté en la posición más baja. En estos casos, el aire escapa por el orificio superior y por el interior del pistón a través de los orificios de barrido de la parte superior, soplando el orificio sin operar el mecanismo de martillo, evitando así el soplado por vacío. Poner el martillo en el orificio da como resultado algunas limitaciones de ingeniería y, quizás lo más importante, una reducción significativa en el área de trabajo del pistón. Por ejemplo, si el diámetro del orificio es de 10 mm, el martillo superior apropiado tiene un diámetro de pistón de 150 a 200 mm y un área de trabajo de 175 a 300 cm², luego gire el orificio correspondiente a este diámetro de orificio. Es como cualquier otro pistón. El diámetro es de 70 mm y la superficie de trabajo es 56 veces menor que el diámetro antes mencionado. Esto significa que la energía de impacto y la resistencia al impacto de un martillo DTH suelen ser menores que la energía disponible de un martillo más grande del mismo orificio. Entonces, la única forma de compensar este inconveniente debido a la pequeña área de trabajo de los martillos DTH es diseñar estos martillos para que puedan usar presión media (10 - 14 ar) o alta presión. (17 - 25 es) Vuelo. La presión ejercida por el martillo debajo del orificio para el diámetro del pistón es mayor que para el diámetro del orificio pequeño. Por esta razón, se puede decir que el martillo DTH de mayor diámetro es más eficiente que el martillo de menor diámetro. También se puede decir que para diámetros de perforación inferiores a 80 mm, no existe una broca con un rendimiento aceptable. Sin embargo, no todas las desventajas de los martillos DTH lo son. Este sistema también tiene ventajas significativas sobre los martillos de cabeza neumática, tales como:

- La velocidad de perforación es constante independientemente de la profundidad. Sin embargo, con un martillo alto, la energía disponible en cada varilla se pierde entre 5 y 10 grados, por lo que la velocidad de perforación disminuye con la profundidad en la misma proporción.
- Aprovecha al máximo la energía del aire comprimido disponible, ya que el desgasificador del martillo actúa como un eliminador de aire para expulsar los desechos.
- Tiene un nivel de ruido más bajo.
- Menos tensión en las barras de perforación.

- Hay menores desviaciones.

En la Tabla 1 se indican las potencias de percusión aplicables normalmente a los distintos varillajes, según se trate de martillos neumáticos o hidráulicos.

Tabla 1

Potencia de percusión en función del diámetro de varillaje

Diámetro varillaje	Martillo Neumático	Martillo hidráulico
7/8,,	3 kW	5 kW
1,, HEX	6 kW	9 kW
1 ¼,,	8 kW	12 kW
1 ½,,	10 kW	15 kW
1 ¾,,	12 kW	18 kW
2,,	15 kW	22 kW

Nota. Tomado de Bernaola, J., Castilla, J., Herrera J. (2013). Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, 2013.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Es aplicada, pues se hará uso de los conocimientos obtenidos en los cursos de ingeniería, para dar solución a un problema determinado, en este caso, diseñar una maquina percutora para realizar trabajos en socavón estrecho (Hernández et al. 2014).

Diseño de investigación: Es no experimental, y correlacional-causal, porque en base a los requerimientos para el tipo de trabajo se determinarán las especificaciones que debe poseer la máquina para cumplir tales funciones (Hernández et al. 2014).

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente

- Resistencia al impacto de la roca (dureza) 161 MPa.

Variable dependiente

- Configuración de la máquina.

Indicadores:

- Dureza de la roca
- Resistencia al impacto
- Tamaño de los componentes
- Resistencia estructural de los componentes

Tabla 2*Operacionalización de variables*

Variable	Tipo	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Escala de Medición
Resistencia de la roca hasta 161 MPa	Independiente	se realizan ensayos de compresión encofinada aplicando carga axial en los diferentes núcleos extraídos	Su valor se estima realizando golpes consecutivos a la roca hasta que esta se rompa. (Espinoza Ortega, R. N. (2018).	Dureza de la roca Resistencia al impacto	Intervalo
Configuración de la maquina	Dependiente	Disposición de los elementos estructurales y de potencia de la maquina	Disposición espacial de los componentes mecánicos de la maquina percutora	Tamaño de los componentes Resistencia estructural de los componentes	Intervalo

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: Las máquinas de perforación del tipo Jack Hammer para trabajos de perforación en canteras.

Muestra: Una máquina de percusión neumática con control a distancia para trabajo en socavón estrecho.

Muestreo: Muestreo no probabilístico de tipo por conveniencia, pues se selecciona de manera arbitraria y en base a los requerimientos propuestos por la empresa.

Unidad de Análisis: Una máquina de percusión neumática con control a distancia para trabajo en socavón estrecho.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleados en el presente trabajo se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Técnicas de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Validación
Entrevista	Ficha de encuesta a personal de operación	Por expertos
Observación	Registro de observación de campo	Por expertos

3.5. Procedimientos

En el desarrollo del presente trabajo se siguieron los siguientes pasos:

- Se realizó la recolección de datos mediante entrevistas hechas al personal de la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC, para obtener los requerimientos de diseño.
- Se creó una tabla de especificaciones de ingeniería
- Con las especificaciones de ingeniería se generaron conceptos prototipos para el diseño de la máquina, de las cuales mediante criterios de evaluación se seleccionó la opción más adecuada.
- Se realizó los cálculos y el diseño paramétrico de los elementos críticos del equipo.
- Los resultados obtenidos fueron luego validados por medio del método de elementos finitos en una simulación estructural.
- Con el diseño final se generaron los planos de los componentes del equipo.
- Finalmente se realizó un análisis económico para verificar que la ejecución de este diseño genere rentabilidad en la empresa.

3.6. Método de análisis de datos

Se emplearán técnicas cuantitativas para determinar los valores mínimos y máximos para los requerimientos de diseño; con esta información se realizará la elaboración de conceptos de diseño. Los conceptos generados serán luego evaluados por medio de una matriz de selección de criterios ponderados para obtener el concepto de diseño más adecuado para los requerimientos de la empresa. Con el concepto de diseño definido, se realizarán los cálculos de ingeniería para obtener mediante un análisis paramétrico un punto de diseño que relacione de forma óptima la variable dependiente e independiente. Como parte del proceso de diseño se realizará una validación de los resultados mediante una simulación numérica basada en el método de elementos finitos. Finalmente se realizará un análisis económico para verificar que el diseño propuesto es rentable a la empresa.

3.7. Aspectos éticos

El autor de presente trabajo se compromete a cumplir con los requerimientos de validación de la veracidad de la recolección y uso de datos evitando incurrir en plagio de los trabajos de otros autores y la protección de la información expedida por la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC; información que fue proporcionada bajo previa coordinación y autorización de la misma empresa. Por otra parte, el desarrollo del presente trabajo está sujeta al Código de Ética en Investigación de la Universidad Cesar Vallejo.

IV. RESULTADOS

El primer paso en el desarrollo de los resultados es la recolección de los requerimientos de diseño que tiene la empresa.

Se realizó entrevistas al personal técnico calificado y obreros de la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC, para estimar las necesidades relacionadas al diseño de la maquina percutora. El formato de entrevista vacía con el grupo de preguntas preparadas se encuentra en el Anexo 1, mientras que las 5 entrevistas hechas al personal de la empresa se encuentran en el Anexo 2.

El resumen de estas entrevistas se encuentra en (ver tabla N°04,05,06 y 07), a continuación, las conclusiones de estas.

Pregunta N°1: ¿Operarios que se necesita para realizar la perforación del socavón?

Según los entrevistados se necesita un promedio de 3 operarios, los cuales realizan trabajos de limpieza, perforación y voladura.

Pregunta N°2: ¿Cuáles son los equipos y/o máquinas que se utilizan para realizar el proceso de perforación de roca y que características poseen?

Compresora, lubricadora y perforadora.

Pregunta N°3: ¿Cuáles es la longitud del barreno que se utiliza para hacer el socavón?

De 2 a 4 pies

Pregunta N°4: ¿Qué problemas se presentan con mayor frecuencia al realizar el socavón?

Acumulación de gases y limpieza.

Pregunta N°5: ¿En cuanto al tamaño del socavón cuales son las medidas del orificio y su longitud en metros?

Diámetro 1.5 m, longitud 13 m y tasa 2 m.

Pregunta N°6: ¿Tiene conocimiento del tipo de roca que se está perforando? Describa brevemente.

Roca ígnea.

Pregunta N°7: ¿Cuál es el tiempo que se demora en hacer un socavón?

12 días.

Pregunta N°8: ¿Qué característica o función considera usted apropiada incluir en el diseño de la maquina percutora?

Liviana y pequeña.

Pregunta N°9: Por cada socavón terminado ¿Cuántos metros cúbicos de roca se puede extraer?

1800 metros cúbicos.

Pregunta N°10: ¿Cuál es el costo en mano de obra e insumos para hacer el socavón?

De 12000 a 18000 soles.

Pregunta N°11: ¿Cuál es el costo del metro cubico de roca vendido en el mercado?

Es de S/25 metro cubico en cantera.

A manera de resumen se presenta la Tabla 4 con la información obtenida de cada uno de los entrevistados, esta información está sustentada en el conjunto de entrevistas escaneadas que se encuentran en el Anexo 2.

Tabla 4*Resultado de las entrevistas*

Entrevista	Yeder Osorio Broncano	Luis Chirinos Sanchez	Leonardo Osorio Boncano	Manuel La Rosa Reyes	Milton Lopez Moreno
Preguntas					
Cantidad de operarios	04 personas	02 personas	03 personas	04 personas	03 operarios
Equipos y/o máquinas utilizadas	- Compresores de 185 CFM - Pie de avance Epiroc YT27 - Perforadora - Lubricadora - Manguera ¾" - Barrenos y broca cónica de 34 mm Epiroc	- Compresora - pie de avance YT27 - perforadora - lubricadora - manguera ¾" - barrenos	- Compresora - Martillo neumatico - Barreno de 2, 3 y 4 pies -Broca - Lubricadora - Manguera de alta presión	- Compresora kaiser M50 - Perforadora Harryson de 60 lb - Lubricadora -Manguera de ¾" de alta presión - Barrenos - Brocas diamantadas.	- Compresor, - Perforadora con pie de avance - Lubricadora - Brocas cónicas 38, 36 y 34 mm. - Manguera de ¾" alta presión
Longitud del barreno	Barreno de 2, 3 y 4 pies	Barreno de 2, 3 y 4 pies	De 2, 3 y 4 pies	Variada arranca con 2 pies y culmina en 4 pies.	Barreno de 4 pies
problemas con mayor frecuencia	Limpieza y acumulación de gases	Acumulación de gases y limpieza	Confinamiento y gases	Ventilación y gases tóxicos	Perfilado con barreta y gases tóxicos
Diámetro y longitud del socavón	- Diámetro 1.5 m. - Longitud 13 m. - Tasa 2 m por lado.	- Diámetro 1m a1.5 m. - Longitud 10 m. - Tasa 2 m por lado.	- Diámetro 1 m a 1.2 m. - Longitud 8 m a 12 m	- Diámetro 1 m a 1.5 m. - Longitud 15 m.	- Diámetro 1.2 m. - Longitud 12 m. - Tasa 3 m por lado.

Tabla 5

Resultado de las entrevistas (Continuación)

Entrevista Preguntas	Yeder Osorio Broncano	Luis Chirinos Sanchez	Leonardo Osorio Boncano	Manuel La Rosa Reyes	Milton Lopez Moreno
Tipo de roca	Roca ígnea	Roca ígnea	Roca azul	Roca ígnea	Roca azul
Tiempo en realizar el socavón	De 10 a 13 días	De 10 a 12 días	De 7 a 12 días	De 10 a 12 días	De 10 a 12 días
Características que considera para el diseño	- Pequeña - Liviana	Liviana	- Fácil mantenimiento - Liviana	- Liviana - Fácil de cerrar el aire	Recortar pie de avance.
Metros cúbicos que se extraen	De 1400 a 1800 m3	1200 m3	De 1000 a 2000 m3	De 1200 a 2000 m3	De 2000 a 3000 m3
Costo de mano de obra e insumos	Mano de obra metro lineal S/ 300.00	Mano de obra metro lineal S/ 250.00	De S/ 12000 a S/ 18000 mano de obra e insumos	- Mano de obra metro lineal S/ 300.00 - Mecha lenta de 400 m	- Mano de obra metro lineal S/ 300.00- - Mecha lenta S/ 350
Costo del metro cubico de roca	S/ 22.00 a pie de cantera	Puesto en cantera S/ 25	Varia de S/ 25 a S/30 el m3 en cantera	A pie de cantera S/ 25 m3	De S/ 20 a S/30 en cantera

Después de llevar a cabo un estudio de las necesidades de la empresa para el diseño del percutor, se puede crear una tabla de especificaciones identificando subfunciones que realizará dicho sistema y los valores o rangos límites para las variables dentro de los cuales se puede ajustar el diseño. En la Tabla 8 se muestran las especificaciones de ingeniería.

Tabla 6

Especificaciones de ingeniería

Subfunción	Características de Ingeniería	Unidad	Limite
Perforación	Longitud del barreno	pies	2 - 4
Perforación	Brocas	Milímetros	34 - 38
Medidas	Longitud del socavón	metros	8 - 15
Tiempo	De operación	Días	10 - 12
Costos	Roca extraída	soles	25-30

4.1. Diseño Conceptual

En el diseño conceptual se elaboraron tres conceptos como posibles prototipos empleando la matriz morfológica de la Tabla 7.

Tabla 7

Matriz morfológica

		ALTERNATIVAS		
Subfunciones		Nº 1	Nº 2	Nº 3
1	Propulsión	 Motor combustión	 Motor eléctrico	 Motor neumático
2	Traslado	 Llanta	 Oruga	 Rieles
3	Conducción	 Cable	 Wifi	 Bluetooth
4	Accionamiento	 Neumático	 Eléctricos	 Hidráulicos
5	Estabilidad	 Pistón neumático	 Pistón hidráulico	 contrapeso
6	Control	 Automatizado	 Semiautomatizado	 Operado

Solución 1 

Solución 2 

Solución 3 

Empleando las alternativas de solución de la Tabla 7 se generaron las siguientes ideas prototipo.

4.1.1. Prototipo 1

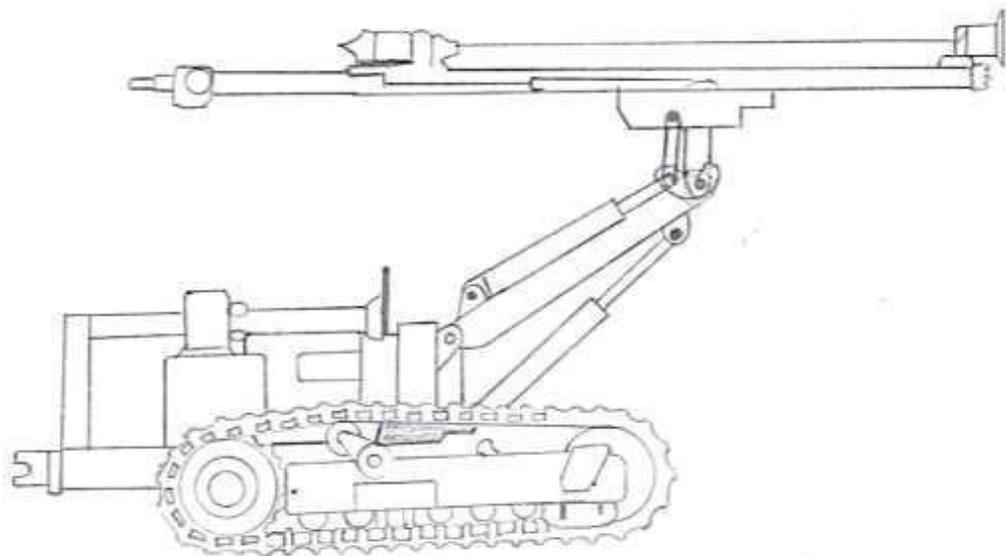
Este concepto se caracteriza por tener el barreno ubicado en la parte superior del equipo, además emplea como propulsión un motor neumático y se desplaza por medio de un tren de potencia de orugas. El sistema de accionamiento es neumático y la forma de controlar el equipo es por wifi. Para la estabilidad emplea pistones neumáticos.

Ventajas: Como se observa en la imagen la maquina percutora es más fácil de maniobrar ya que su diseño del vástago es más sencillo y lo hace más liviano para su trabajo y traslado.

Desventajas: Unas de las desventajas es que, al ser más liviana, cuando realice el trabajo con el impacto no va a tener buena estabilidad. Por otro lado, debido a la cantidad de componentes que requiere su diseño es más complejo y costoso.

Figura 9

Primer prototipo de equipo percutor.



4.1.2. Prototipo 2

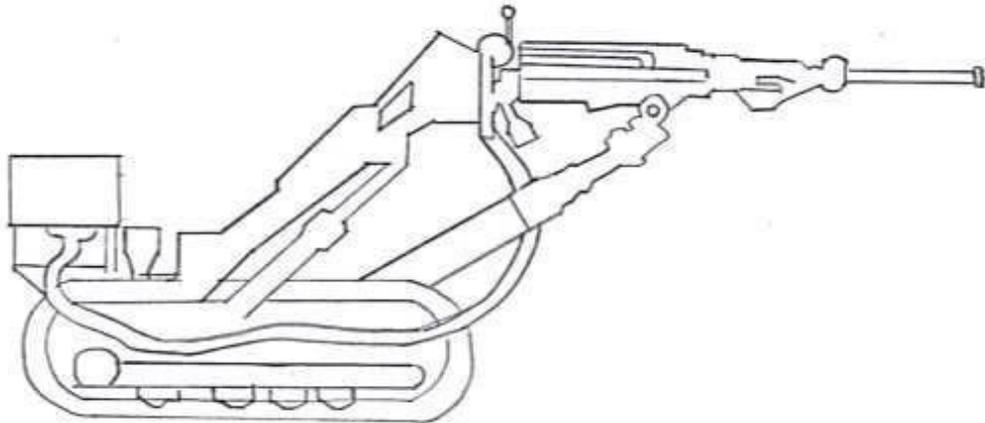
Este concepto se caracteriza porque tiene el barreno ubicado en la parte delantera y trasladarse sobre orugas. además, emplea como propulsión un motor eléctrico. El sistema de accionamiento es neumático y la forma de enviar señales eléctricas y controlar el equipo es por medio de cable eléctrico. Para la estabilidad emplea un contrapeso en la parte posterior de la unidad móvil.

Ventajas: Cómo se puede observar en la figura al tener el barreno en la parte delantera ayuda a que las dimensiones del equipo sean más adecuadas a la medida que se requiere. Otra ventaja es lo liviano que puede ser al ser pocos componentes.

Desventajas: Por otro lado, al no contar con estabilizadores a la hora de trabajar dificulta un poco la perforación.

Figura 10

Segundo prototipo de equipo percutor.



4.1.3. Prototipo 3

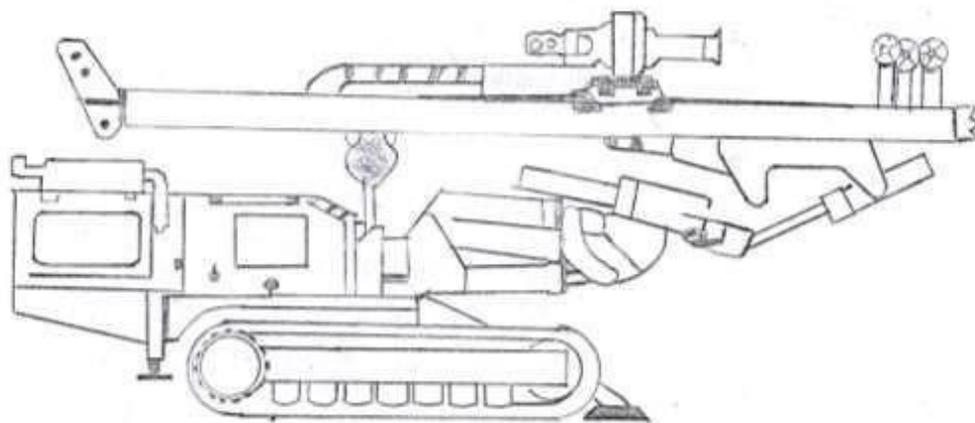
Este concepto se caracteriza por tener estabilizadores en la parte delantera y trasera, y porque su barreno lo ubica en la parte superior. Como propulsión emplea un motor neumático y su desplazamiento por medio de orugas. El control se realiza por medio de bluetooth y el sistema de accionamiento es hidráulico. Adicionalmente, para mejorar la estabilidad se emplea pistones hidráulicos.

Ventajas: Como se observa en la figura este equipo presenta estabilizadores en la parte trasera y delantera que nos ayuda a tener mejor estabilidad a la hora que está trabajando el equipo para así tener mayor avance.

Desventajas: Una de las dificultades es que al tener el barreno en la parte superior y ser tan largo nos dificulta para la ubicación de los orificios dentro del socavón, además usar un sistema hidráulico lo hace mas pesado y costoso.

Figura 11

Tercer prototipo de equipo percutor.



En la Tabla 8 se presenta una matriz de selección de criterios ponderados en base a la importancia para el diseño final. Se tomara como criterio que el diseño tenga un tamaño reducido, debido a que las dimensiones del área de trabajo son muy reducidas, es por eso que se ha considerado con 30 % de importancia para el diseño. Que el equipo sea ligero también se ha tomado como criterio debido a que el área donde se va a trabajar el acceso es complicada para trasladar equipos, por eso se le ha asignado un 25% de importancia en el diseño. Que el equipo sea estable es importante para realizar una buena perforación y segura sin que el barreno se atore o se rompa, por eso se le ha asignado un 20% de importancia en el diseño. Que el equipo tenga rigidez estructural es importante debido a que el trabajo va a ser de altas vibraciones debido al impacto del percutor, es por ello por lo que se ha considerado un 15% de importancia en el diseño. Que el equipo sea seguro es un criterio para considerar ya que siempre es necesario la seguridad para este tipo de trabajos de alto riesgo siempre proteger la integridad del operario, por lo que se ha asignado un 10% de importancia en el diseño.

Adicionalmente en la Tabla 8 se ha resumido la escala de valoración que se emplea en la matriz de selección, esta escala va desde el 0 hasta el número 4, donde 0 significa que el concepto no cumple con el criterio, el 1 significa que cumple, pero levemente con el criterio de selección, 2 significa que satisface la necesidad para el criterio de selección, 3 significa que está muy satisfecho para su criterio de selección pero no en su totalidad y 4 significa que está muy satisfecho con su criterio de selección, por lo tanto cumple con todas las necesidades.

Tabla 8*Matriz de selección del concepto de diseño mediante criterios ponderados*

Conceptos de diseño							
Criterio	Peso (%)	Concepto 1		Concepto 2		Concepto 3	
		valoración	calificación	valoración	calificación	valoración	calificación
Tamaño reducido	30 %	2	0.6	3	0.6	1	0.3
Bajo peso	25 %	3	0.75	4	1	1	0.25
Estabilidad mecánica	20 %	2	0.4	2	0.4	4	0.8
Rigidez estructural	15 %	3	0.45	3	0.45	3	0.45
Mantenimiento	10 %	2	0.2	3	0.3	1	0.1
	100%	2.4		2.75		1.9	

Tabla 9*Escala de valoración*

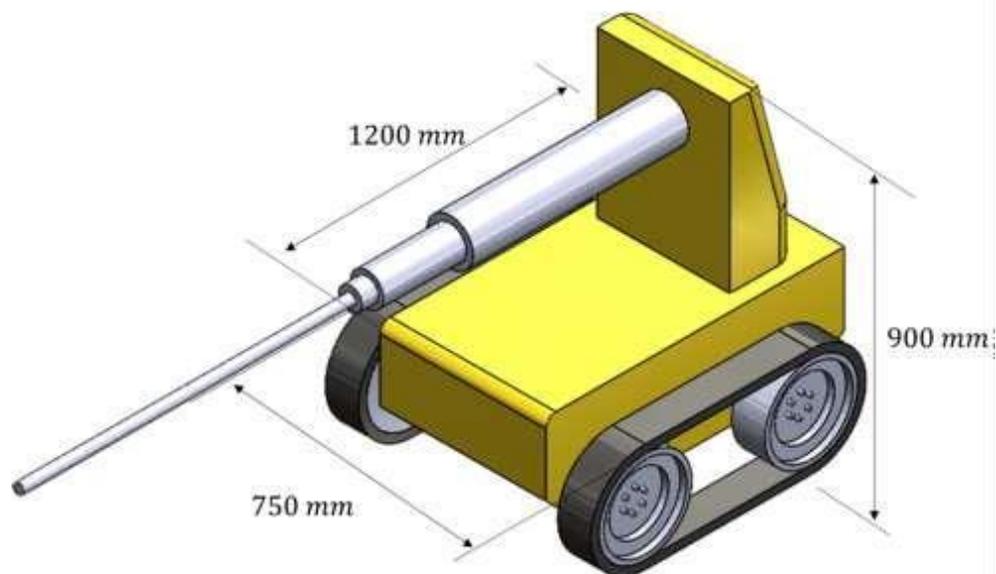
Clasificación	Valor
Insatisfecho	0
Poco Satisfecho	1
Satisfecho	2
Muy Satisfecho	3
Completamente satisfecho	4

4.2. Dimensionamiento de la maquina

El equipo de percusión estará compuesto por una unidad móvil que será la encargada de sostener al martillo percutor neumático. En la Figura 12 se muestra una representación del concepto ganador con las medidas iniciales que se tomara para el cálculo. Estas medidas son inferiores a las mediadas del socavón que se encuentran en los resultados de las entrevistas (Tabla 4). La figura muestra la proporción del equipo percutor con relación a las dimensiones de la unidad móvil, además se muestra que la tracción será por medio de orugas, las cuales serán movidas por un sistema de transmisión montado dentro del cuerpo del vehículo.

Figura 12

Esquema de la maquina percutora neumática.



4.3. Cálculo del diseño de los componentes críticos de la máquina

De los elementos que componen la maquina el más crítico es el sistema de montaje del martillo percutor, ya que este se encargará de mantener a la herramienta en una posición estable durante la perforación, a la vez que soporta las fuerzas de impacto cíclico que genera el martillo percutor. El martillo percutor que usan en la empresa es el Jackleg YT28 el cual tiene sus especificaciones técnicas en el Anexo 4. En la Figura 13 se muestra el martillo percutor neumático que será montado en la unidad móvil.

Figura 13

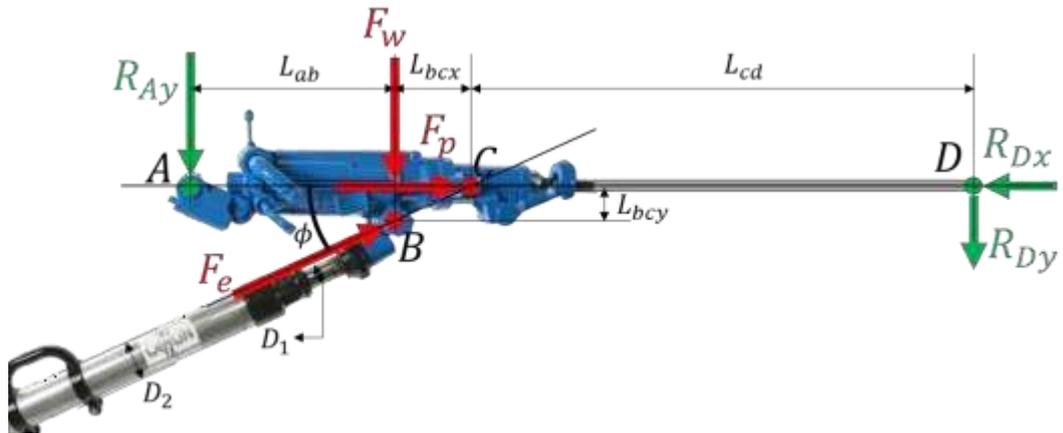
Martillo percutor neumático.



Para realizar el diseño del sistema de montaje del martillo percutor, se deben determinar las fuerzas que se aplican sobre el martillo durante la percusión. Para este análisis se realizó el diagrama de cuerpo libre (DCL) de la Figura 14, donde se puede ver la aplicación de la fuerza de empuje (F_e), la fuerza de percusión (F_p) y el peso de la herramienta (F_w). Para resistir la acción de las fuerzas se tienen las reacciones en A (R_{Ay}) y D (R_{Dx}). El valor de la fuerza de empuje varia con el ángulo de inclinación con respecto a la horizontal (ϕ) y su máximo valor se da a los 27.15° .

Figura 14

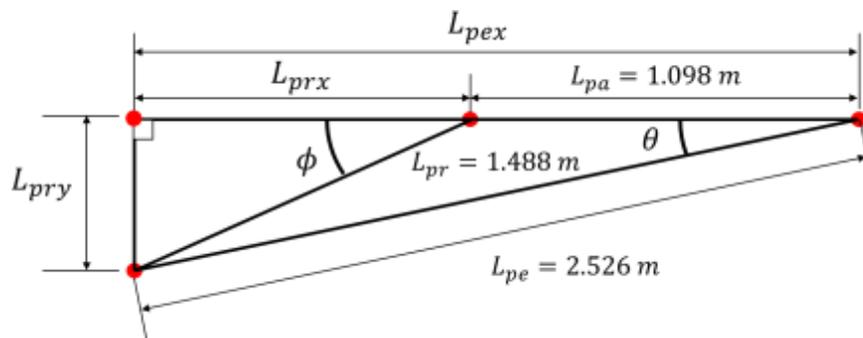
Diagrama de cuerpo libre del martillo percutor



La fuerza de empuje (F_e) es la que se encarga de generar el avance de la herramienta mientras va perforando y su magnitud depende de la presión de aire que ingresa al cilindro del pie de avance. Conforme la broca del martillo percutor ingresa en la roca, el pie de avance se va extendiendo con lo cual el ángulo de aplicación de la fuerza de empuje (ϕ) va cambiando, lo cual también cambia la distribución de las fuerzas de reacción. En la Figura 15 se muestran las longitudes conocidas del avance y las variables desconocidas.

Figura 15

Geometría del avance del martillo percutor

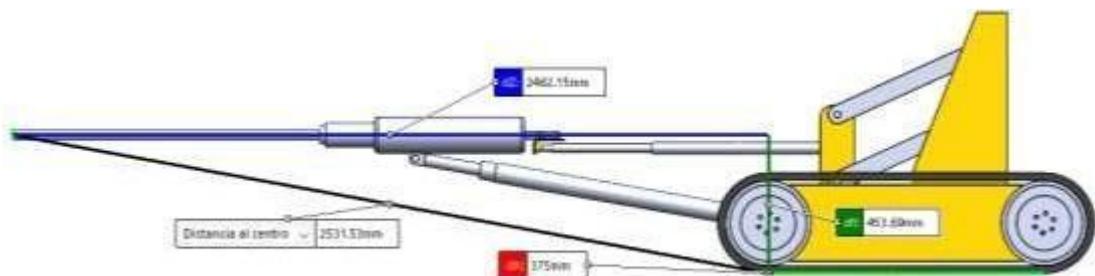


Las longitudes conocidas se obtuvieron de catálogos para el pie de avance, siendo (L_{pa}) la longitud del avance de la herramienta, (L_{pr}) la longitud del pie de avance cuando esta retraída y (L_{pe}) la longitud del pie de avance cuando se encuentra extendido. Los valores de las variables desconocidas dependen del avance de la herramienta como se puede ver en la Figura 15, la cual puede variar tanto en altura (L_{pry}) y longitud (L_{prx}).

Debido a que el sistema debe mantenerse de manera horizontal se ha considerado un sistema de soporte tipo trapecio el cual permite cambiar la altura de la herramienta antes de realizar el proceso de perforación. En la Figura 16 se observa la posición de la herramienta de percusión a la altura mínima por medio del soporte tipo trapecio.

Figura 16

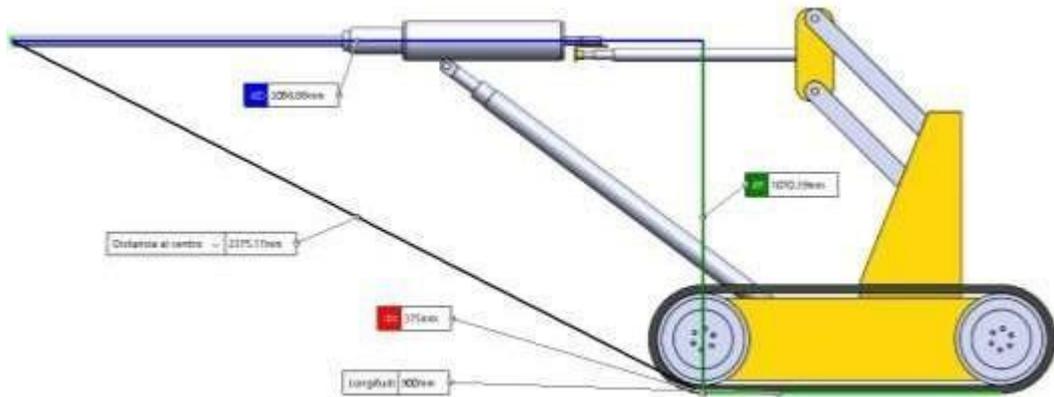
Posición de altura mínima del percutor neumático



De manera similar en la Figura 17 se muestra la condición de altura máxima para la herramienta. La altura máxima que se logra con este equipo es $h = 1070.39 \text{ mm}$, lo cual se obtiene para un ángulo máximo de $\phi = 27.15^\circ$. En esta condición de funcionamiento se aplicará el diagrama de cuerpo libre para obtener la distribución de fuerzas. Debido a que el límite de altura del socavón es de 1.2 m, por seguridad se está tomando el 90% de esta altura como cota superior para la altura de la herramienta.

Figura 17

Posición de altura máxima del percutor neumático



Tomando la condición mas critica, la cual se da a la altura máxima, y por medio de las condiciones de equilibrio aplicadas al DCL de la Figura 14 se tiene que las reacciones para el ángulo máximo (27.15°), son:

$$R_{Dx} = 3.984 \text{ kN}$$

$$R_{Dy} = 0.345 \text{ kN}$$

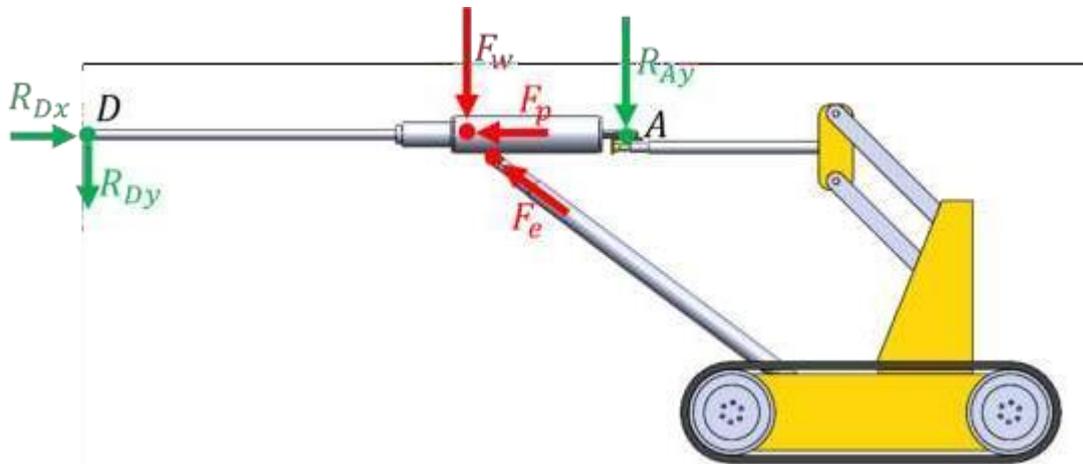
$$R_{Ay} = 0.689 \text{ kN}$$

Estos resultados se pueden corroborar con detalle en la secuencia de cálculo del Anexo 5. En este anexo se puede ver que la fuerza de empuje es de $F_e = 3166.7 \text{ N}$, la fuerza de percusión $F_p = 1166.7 \text{ N}$ y el peso del percutor es $F_w = 412 \text{ N}$.

En la Figura 18 se observa la maquina percutora con el martillo percutor montado sobre el soporte de tipo trapecio, mientras que el pie de avance se sujeta a la parte inferior de la estructura. La fuerza de empuje $F_e = 3166.7 \text{ N}$ se trasmite al chasis de la maquina y la fuerza de reacción R_{Ay} se aplica sobre las barras telescópicas del soporte de trapecio, luego esta fuerza se transmite hacia la estructura por medio de los brazos del trapecio.

Figura 18

Distribución de fuerzas aplicadas sobre la estructura

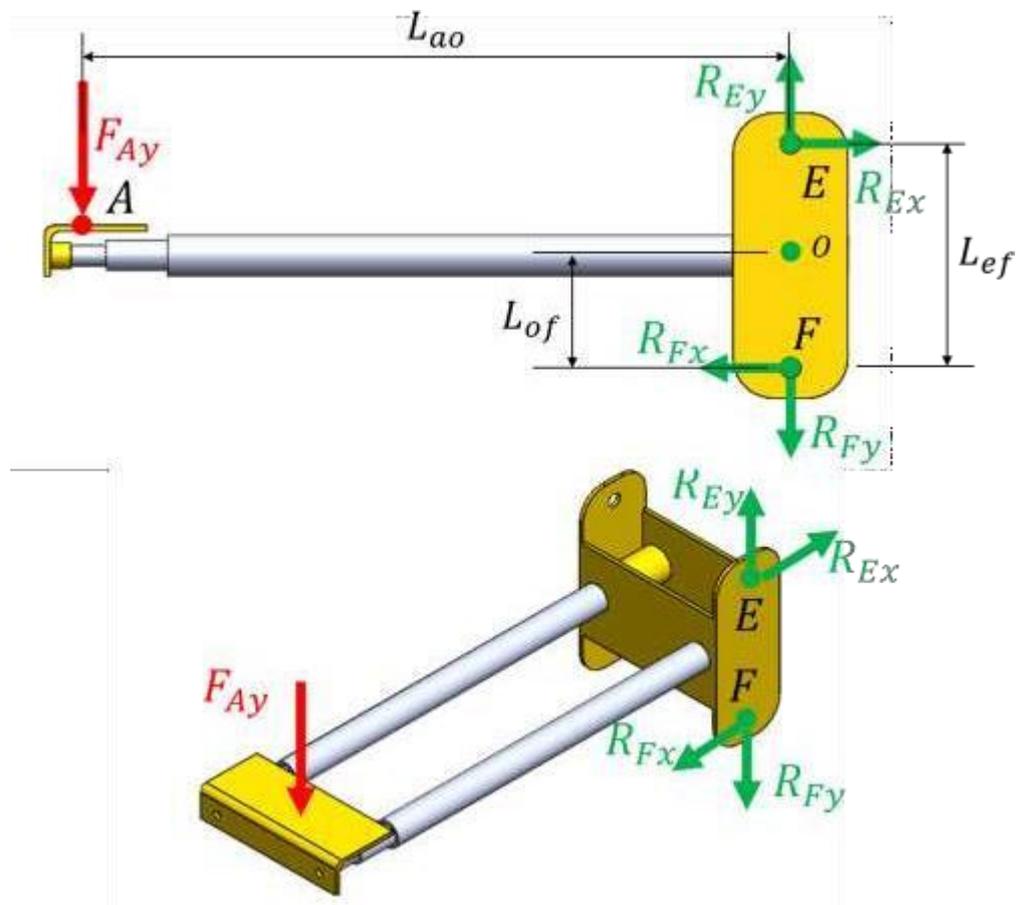


Para soportar la fuerza de reacción R_{Ay} se emplea una barra telescópica de 3 cuerpos, el cual se extiende conforme avanza el martillo percuto dentro de la roca. Esta barra telescópica se encuentra empotrada en el sujetador móvil del soporte tipo trapecio, tal y como se ve en la Figura 19. En la vista isométrica de la misma figura se muestra la ubicación de la fuerza $F_{Ay} = 0.69 \text{ kN}$, que por el principio de acción y reacción tiene la misma magnitud, pero sentido contrario que la reacción R_{Ay} . La fuerza aplica es soportada por las reacciones en los puntos E y F , los cuales reparten la fuerza de reacción a ambos lados del sujetador. Como esta pieza es simétrica se realizó un análisis en el plano, donde se muestra la fuerza de acción vertical y las dos reacciones R_E y R_F con sus respectivos componentes.

En la Figura 19 el diagrama de cuerpo libre muestra las longitudes importantes para determinar la distribución de fuerzas. Donde $L_{ao} = 0.668 \text{ m}$ es la longitud de aplicación de la fuerza F_{Ay} con respecto al punto centro de ambas reacciones (O). Como la acción de la fuerza es a largo del eje vertical las componentes verticales de ambas reacciones deberán sostener a dicha fuerza, por lo que la fuerza se repartirá en ambos de manera equitativa ya que estas están en la misma línea de acción.

Figura 19

Diagrama de cuerpo libre del sujetador móvil



Aplicando los valores obtenidos en la secuencia de cálculo del Anexo 5 se tiene que las reacciones son:

$$R_{Ex} = 2091.1 \text{ N}$$

$$R_{Ey} = 344.3 \text{ N}$$

$$R_{Fx} = 2091.1 \text{ N}$$

$$R_{Fy} = 344.3 \text{ N}$$

Como la geometría es compleja se realizó una simulación por el método de elementos finitos para determinar los valores de deformación, esfuerzos y factores de seguridad tanto en carga estática como en fatiga.

4.4. Simulación por el método de elementos finitos

Se aplicó una simulación por el método de elementos finitos al deslizador móvil de sujetador de trapecio, debido a que se considera como el elemento más crítico, ya que durante el proceso de perforación soportara las cargas generadas en el taladro percutor. Esta simulación se empleó para corroborar que a nivel estructural los elementos críticos puedan soportar las cargas estáticas y en fatiga durante la operación de taladrado.

En las Figuras 20, 21 y 22 se muestran los resultados de la simulación realizado al elemento crítico en la estructura de la maquina percutora. Para esta simulación se empleó como materia el ASTM A36, por ser un material económico y de fácil acceso en el mercado nacional. Por otra parte, para conseguir un factor de seguridad alto se modificó la geometría de las barras telescópicas, las cuales en el resultado final han quedado definidas como $D_1 = 2$, $D_2 = 1.5$ y $D_3 = 1$ ". Para estos diámetros la deformación máxima que se puede ver en la Figura 20 es 1.02 mm, en la región donde se aplica la fuerza. Para el esfuerzo de Von Mises el valor máximo es de 40.07 MPa y su ubicación corresponde al lugar donde las barras telescópicas se encuentran empotrada sobre el soporte de tipo trapecio, de manera similar se puede identificar una correspondencia entre la ubicación del esfuerzo máximo con la ubicación del mínimo valor de Factor de Seguridad, tanto en carga estática como en fatiga. Para el primer caso el mínimo Factor de Seguridad en carga estática es 6.24, que corresponde a la división entre la resistencia del acero ASTM A36 (250 MPa) y el esfuerzo de Von Mises obtenido. Mientras que para el segundo caso el mínimo Factor de Seguridad en fatiga es 2.15, utilizando la teoría de Falla ASME-Elíptica junto con la curva de esfuerzo-deformación del acero ASTM A36.

Figura 20

Resultados de la simulación para la deformación máxima

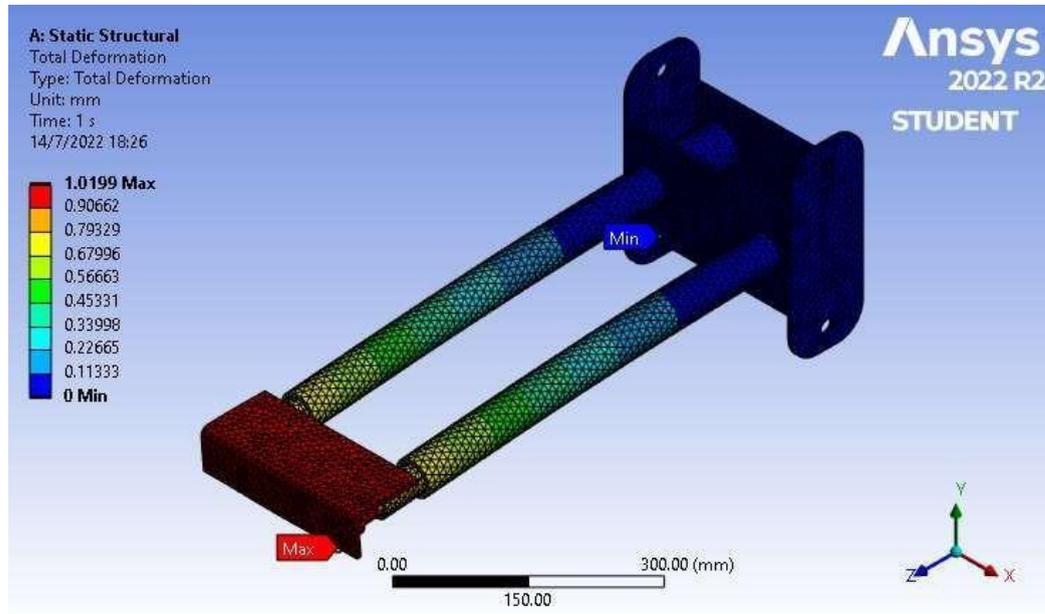


Figura 21

Resultados de la simulación para el esfuerzo de Von Mises

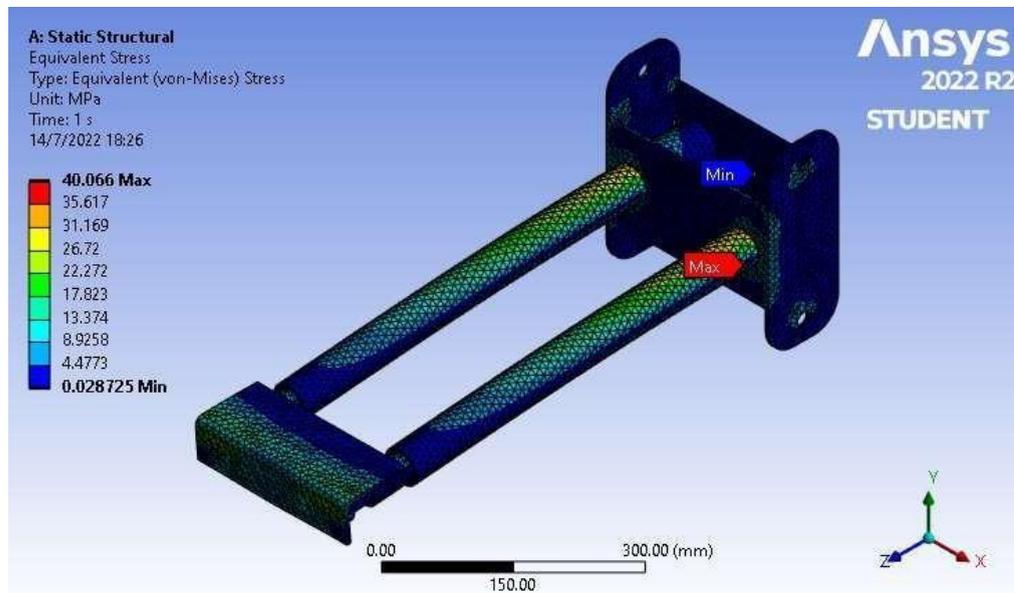


Figura 22

Resultados de la simulación para el Factor de Seguridad en carga estática

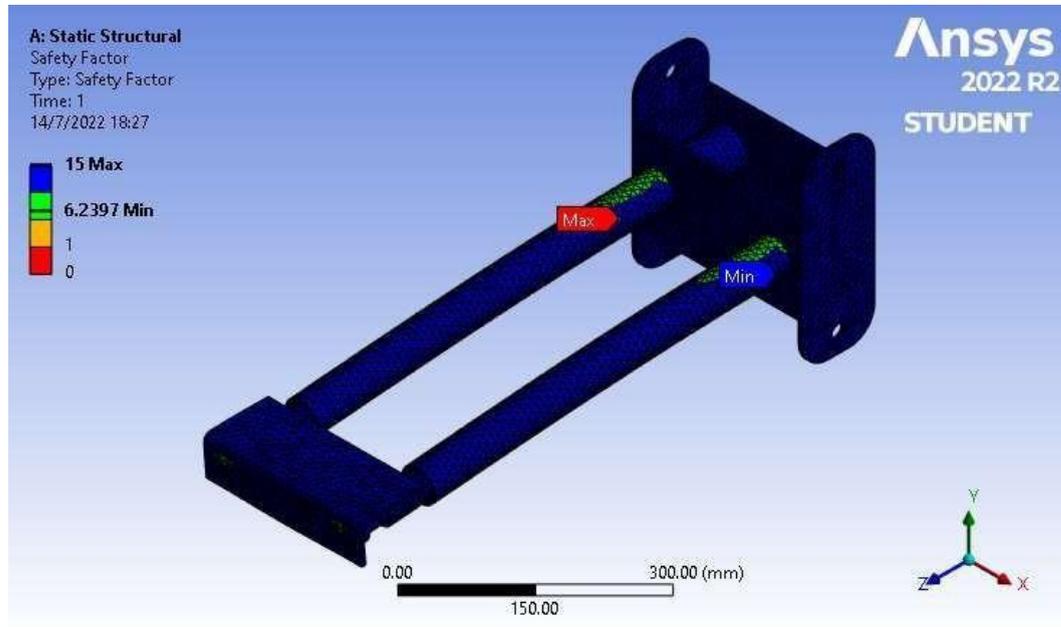
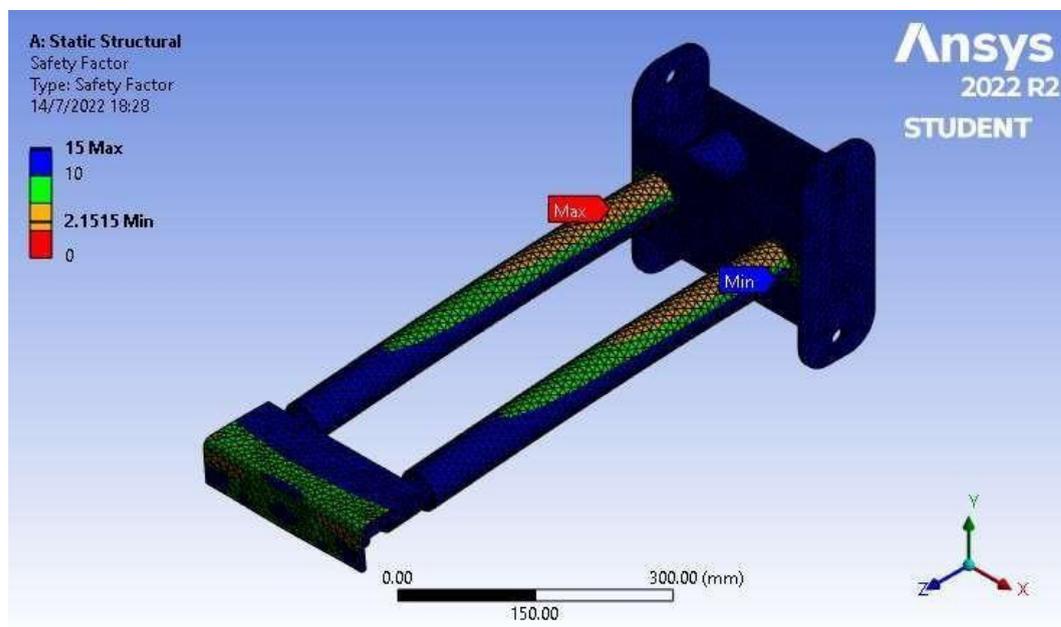


Figura 23

Resultados de la simulación para el Factor de Seguridad en Fatiga

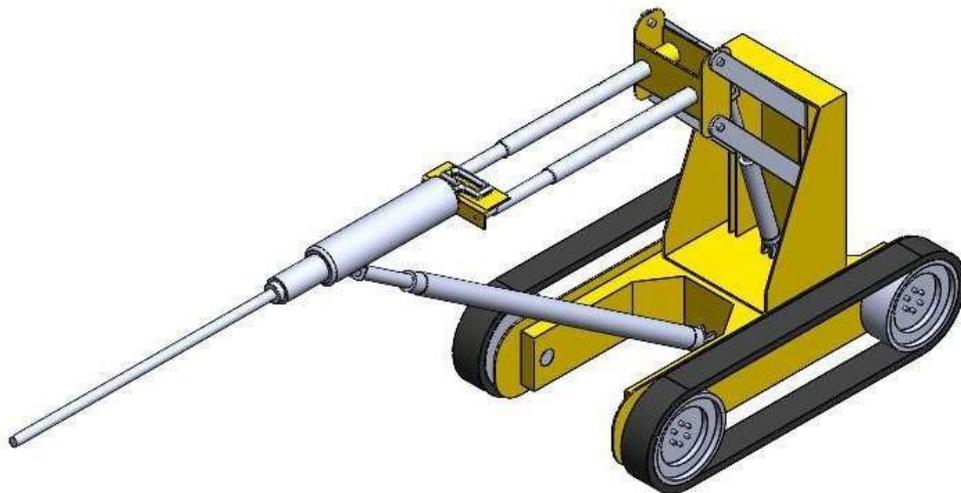


4.5. Planos de fabricación

Después de analizar los elementos críticos de la máquina percutora neumática, en la Figura 20 se presenta el diseño completo en vista isométrica. Para este diseño se tiene el conjunto de planos del Anexo 7 con el detalle de las medidas de cada componente.

Figura 24

Diseño completo de la maquina percutora neumática



La lista de los planos de fabricación con sus respectivos códigos se presenta en la Tabla 10. Como se mencionó en las secciones anteriores, el material que se usará para la fabricación de la maquina será el ASTM A36, esto en conjunto con los planos y los procesos de maquinado y soldadura permitirán tener la maquina finalizada.

Tabla 10*Lista de planos de fabricación*

CODIGO	DESCRIPCION	FECHA
MPN-01	Plano Vista General	13/07/2022
MPN -02	Plano Vista Isométrica	13/07/2022
MPN -03	Chasis	13/07/2022
MPN -04	Soporte Posterior	13/07/2022
MPN -05	Sujetador de guía	13/07/2022
MPN -06	Deslizador móvil	13/07/2022
MPN -07	Eslabón de trapecio	13/07/2022
MPN -08	Refuerzo transversal	13/07/2022
MPN -09	Soporte de cilindro	13/07/2022
MPN -10	Contrapeso	13/07/2022

4.6. Análisis económico

Para el análisis económico se realizó el presupuesto de las Tabla 11, 12, 13 y 14. Aquí se muestran los costos por separado de los materiales, equipos y mano de obra. Dentro de los materiales se ha considerado la plancha de acero estructural ASTM A36, el cual se empleará en la fabricación del chasis, la platina se empleará para fabricar los brazos del soporte de tipo trapecio y los tubos circulares se usarán para el mecanismo de barras telescópicas. Para los equipos se consideró los más importantes, como por ejemplo el tren de rodajes de oruga y los motores eléctricos, a parte de los componentes para el circuito de aire comprimido.

Tabla 11*Costos de material para el diseño propuesto*

MATERIALES			
DESCRIPCION	CANT	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
Plancha ASTM A36 1200x2400x6mm	4	S/ 684.06	S/ 2,736.25
Platina 60X600X6mm	4	S/ 65.40	S/ 261.60
Barra circular Diam: 20mm, L:300mm	1	S/ 12.00	S/ 12.00
Tubo circular Diam: 2", L: 660mm	1	S/ 29.30	S/ 29.30
Tubo circular Diam: 1.5", L: 660mm	1	S/ 14.70	S/ 14.70
Tubo circular Diam: 1", L: 660mm	1	S/ 13.30	S/ 13.30
		TOTAL	S/ 3,067.15

Tabla 12*Costos de equipos y/o componentes para el diseño propuesto*

EQUIPOS/COMPONENTES			
DESCRIPCION	CANT	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
Motor eléctrico 3000W	2	S/ 2,349.00	S/ 4,698.00
Cilindro actuador lineal eléctrico	2	S/ 263.88	S/ 527.76
Tren de rodaje de oruga de goma	1	S/ 3,165.12	S/ 3,165.12
Manguera neumática (m)	150	S/ 1.99	S/ 298.50
Manómetro 3 - 300 PSI	2	S/ 45.00	S/ 90.00
		TOTAL	S/ 8,779.38

Tabla 13*Costos de mano de obra para el diseño propuesto*

MANO DE OBRA			
DESCRIPCION	CANT	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
Soldador	2	S/ 1,200.00	S/ 2,400.00
Pintor	2	S/ 300.00	S/ 600.00
Ensamblador	3	S/ 900.00	S/ 2,700.00
		TOTAL	S/ 5,700.00

Tabla 14*Costos de mano de obra para el diseño propuesto*

SERVICIOS			
DESCRIPCION	CANT	COSTO UNITARIO (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
Taladro/tronzadora/esmeril	1	S/ 400.00	S/ 400.00
Torno CNC	1	S/ 300.00	S/ 300.00
Máquina de corte por plasma CNC	1	S/ 240.00	S/ 240.00
Máquinas de soldar	1	S/ 200.00	S/ 200.00
		TOTAL	S/ 1,140.00

Al sumar todos los gastos relacionados a la maquina tenemos que la inversión total para la fabricación es S/. 18,6876.53. Para determinar el retorno de la inversión es necesario definir el beneficio económico que tendría la empresa una vez se implemente el presente diseño.

Tomando los datos de las Tablas 4 y 5, se sabe que en promedio la cantidad de operarios que requiere la empresa en un socavón es de 03 personas, a los cuales se le paga en promedio S/. 300.00 por metro lineal de socavón, además, en un día de trabajo generalmente se realizan 1.3 m del socavón.

Haciendo los cálculos, para un día de trabajo el pago que reciben los operarios es de S/. 390.00 diario cada uno. Con este diseño se estima que la cantidad de operarios se reducirá a 2, con lo cual lo que se ahorraría la empresa por día es S/. 390.00 (pago de 1 operario). Considerado que un socavón se termina en 12 días y en un mes se pueden hacer 2 socavones, el ahorro total sería S/. 9,360.00. De esta manera tomando el beneficio mensual S/. 9,360.00 que equivale al ahorro económico que percibe la empresa en un mes el retorno de la inversión sería:

$$ROI = \frac{Inversion}{Beneficio}$$

$$ROI = \frac{18,6876.53 S/}{9,360.00 S/./mes} = 1.99 \text{ meses}$$

V. DISCUSION

En este trabajo se siguió una metodología de diseño, la cual permitió ordenar el proceso desarrollo de la maquina percutora neumática. Como paso inicial en esta metodología de diseño, se realizó la recopilación de información necesaria para definir el diseño y el proceso de análisis, en este sentido se propuso como primer objetivo realizar conocer los requerimientos de la empresa que desea solucionar la problemática que tiene la empresa y que le ha llevado decidir por conseguir un equipo a las medidas del socavón en el cual trabajan. Como se mencionó en la introducción la empresa necesita un equipo de pequeñas dimensiones, pero al no estar disponibles en el mercado se ha optado por realizar el diseño formal de un nuevo equipo. Por lo tanto, para iniciar con el diseño fue necesario conocer los requerimientos de la empresa, y para ello se empleó como método de recolección de datos la entrevista. Información obtenida se detallan en la primera parte de los resultados, ya que a través de ello se consiguen definir las especificaciones de ingeniería con los rangos dentro de los cuales se puede modificar el diseño, con el fin de cumplir con los requerimientos de la empresa. Adicionalmente como la bibliografía es escasa para este tipo de máquinas, se buscó trabajos previos, pero se encontró que estos tenían otros enfoques, como por ejemplo Mestas (2019) quien realizó la evaluación del consumo de aire en martillos percutores del tipo JackLeg. Otro autor que también se puede mencionar es UI (2010) quien en su tesis diseño y modelo un acumulador de pistón para una perforadora en Atlas Copco, el enfoque de su trabajo está en mejorar el rendimiento del equipo y el uso de un software. Para ambos se puede contrastar con el diseño presentado en este trabajo es que el objetivo que se quiere alcanzar es un nuevo equipo capaz de trabajar en zonas angostas.

Teniendo definida las especificaciones de ingeniería y siguiendo la metodología de diseño, se elaboraron varios conceptos de solución utilizando para ello una matriz morfológica. Esta matriz considera las subfunciones con las que debe contar el equipo para generar diseños originales mediante la combinación de cada una de las funciones. En este trabajo se crearon tres conceptos los cuales fueron evaluados mediante 5 criterios en una matriz de selección de pesos ponderados.

Obteniéndose con ello que el concepto que más se ajusta lo que la empresa desea es un equipo de bajo número de piezas, con el barreno ubicado en la parte delantera de la unidad móvil con un sistema de orugas y que permita ajustar la altura del martillo percutor según se requiera. Otra consideración es que el equipo trabaje con aire comprimido el cual es proporcionado por la misma empresa, desde un compresor.

El equipo más importante de la maquina es el martillo percutor, este equipo ya está definido por la empresa pues es el que utilizan para sus trabajos de perforación, por lo tanto, la maquina se diseñó con las dimensiones de ese equipo, del cual sus especificaciones se encuentran en el Anexo 4. Para el proceso de perforación el equipo debe mantener estable al martillo percutor mientras este va ingresando en la roca, por eso la maquina cuenta con sistema de soporte de tipo trapecio que mantiene horizontal a la herramienta a cualquier altura, además se emplea un sistema de barras telescópicas que sirven de guía al martillo percutor durante su movimiento horizontal. Durante la operación las fuerzas que actúan sobre la estructura que soporta al martillo dependen del ángulo del pie de avance, es así como se tomó la condición de funcionamiento más crítica para el diseño de la máquina. Esta condición corresponde a cuando la herramienta se encentra retraída a su altura máxima, en este caso la fuerza sobre las barras telescópicas es máxima y los esfuerzos se transmiten hacia el soporte del tipo trapecio. Por lo tanto, se realizó el análisis en esta parte para determinar las dimensiones y espesores adecuados para el sistema soporte la carga generada por el martillo percutor.

Después de aplicada la simulación tanto en carga estática como en fatiga se obtuvieron factores de seguridad bastante altos. En el caso de carga estática el factor de seguridad es 6.14, esto debido a que se están usando tubos con diámetros estándar en pulgadas, ya que son los más fáciles adquirir en el mercado. De igual forma para el factor de seguridad en fatiga se obtiene un factor de seguridad de 2.15. Estos valores proporcionaran una alta confiabilidad a la estructura, pero lo hará más pesada. Aunque generalmente en la maquinas es importante conseguir un bajo peso, en este caso es lo contrario, pues al ser un equipo de pequeñas dimensiones es necesario aumentar el peso para balancear el peso del martillo percutor y evitar volcadura.

Para el proceso de fabricación del equipo se realizaron los planos de la Tabla 10 y los cuales se encuentran en el Anexo 7. Los planos de este diseño tan solo muestran las dimensiones de las piezas que se pueden fabricar, para el caso de los equipos ajenos a la fabricación estos no se incluyen en los planos. Es por esta razón que el martillo percutor no se incluye en los planos de fabricación, pero si en los planos de vista general (MPN-01) y el plano de vista isométrica (MPN-02).

En lo concerniente al análisis económico se realizó cuatro tablas con los costos por separado de los materiales, equipos o componentes, mano de obra y contratación de servicios adicionales. Para el primer caso el mayor gasto se encuentra en las planchas de acero ASTM A36, de la cuales se usarán para la estructura y para fabricar el contrapeso, el cual se hará soldando planchas consecutivas una sobre otra, el cual a su vez servirá de plataforma y base para los motores eléctricos que irán montados en la parte posterior del vehículo. Para el caso del costo de los equipos los más costosos son los motores eléctricos y el tren de rodajes de oruga. Para el caso de los servicios adicionales se están considerando los procesos de fabricación elementales con sus costos por trabajo concluido. Después del detalle económico se tiene que la inversión total es S/. 18,687.53 y el beneficio económico mensual es S/. 9.360.00 al mes, con que se obtiene un retorno de la inversión de aproximadamente 2 meses, lo cual es un retorno muy rápido, con lo cual podemos ver que el gasto que hace la empresa por mano de obra es considerable

VI. CONCLUSIONES

Respetando la metodología de diseño tomada se realizó la recopilación de información de los requerimientos de la empresa, empleando para ello un conjunto de entrevistas como método de recolección de datos; así como también una revisión bibliográfica, de la cual se observó los escasos de información relacionada al tema desarrollado en este trabajo.

Con la información obtenida se realizaron 3 conceptos de solución mediante una matriz morfología y mediante una matriz de selección de criterios ponderados se obtuvo el concepto que cumplan con los requerimientos de la empresa. Para este diseño el equipo debe ser pequeñas dimensiones, que emplee orugas y tengan el barreno en la parte frontal.

Para cumplir con la función de mantener estable al martillo percutor durante el proceso de perforado se incluyó en el diseño un soporte de tipo trapecio con un sistema de barras telescópicas, de esta manera el barreno se mantendrá de forma horizontal mientras ingresa en la roca. Para el análisis se tomó la condición de altura máxima de la herramienta, para lo cual se calcularon las fuerzas resultantes sobre la estructura.

De la simulación se obtuvieron factores de seguridad altos debido a que están usando materiales con medidas estándar que son fáciles de adquirir en el mercado. Con los factores de seguridad tanto carga estática en fatiga obtenidos se pudo asegurar que el equipo trabajara con una buena confiabilidad.

Para el análisis económico se obtuvo un retorno de la inversión de 2 meses lo cual muestra que la inversión es rápidamente amortizada por el beneficio económico. Esto también muestra la viabilidad económica, pues después de los dos primeros meses el ahorro de S/. 9,630.00 al mes se percibirá como ganancias para la empresa.

VII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se desprenden del presente trabajo son las siguientes:

- Operar el equipo dentro de los parámetros establecidos, forzar la máquina por encima de las recordaciones de diseño causara mal funcionamiento o un deterioro prematuro de la máquina.
- Llevar un registro del desempeño de la máquina para futuras evaluaciones o mejorar que se pueden implementar.
- Realizar un plan de mantenimiento para la maquina con el fin de evitar un deterioro prematuro de sus partes.

REFERENCIAS

- ADITC – Australian Drilling Industry Training Committee Limited (2015). The Drilling Manual, 5 ed, CRC Press.
- Arambulo Delgado, J. A. (2020). Implementacion de muestreo mecanizado con taladro roto-percutor en operaciones mineras, zonas hadas–farallon, Unidad Minera Raura.
- BALCHANDRA, V. G. (2018). Rotary drilling and blasting in large surface mines. CRC Press.
- Bernaola, J., Castilla, J., Herrera J. (2013). Perforación y Voladura de Rocas en Minería. Madrid, 2013.
- Cheng, P., Zhang, W., Li, W., He, J., & Feng, Y. (2021). Vibration behavior during underground drilling based on an innovative measurement method and the application. Shock and Vibration, 2021.
- Dieter, G. E., & Schmidt, L. C. (2009). Engineering design (pp. 18-20). Boston: McGraw-Hill Higher Education.
- Eggert, R. (2005). Engineering design. Pearson/Prentice Hall.
- Han, X., Li, P., & Li, J. (2020). CFD-DEM simulation of reverse circulation pneumatic cuttings removal during coal seam drilling. Mathematical Problems in Engineering, 2020.
- Li, Y. (2021). Research on the matching of impact performance and collision coefficient of hydraulic rock drill. Shock and Vibration, 2021.
- Lira, Alfredo Dammert, and Fiorella Molinelli Aristondo. Panorama de la Minería en el Perú. Osinergmin, 2007.
- Lyons, W. C., Stanley, J. H., Sinisterra, F. J., & Weller, T. (2020). Air and Gas Drilling Manual: Applications for Oil, Gas, Geothermal Fluid Recovery Wells, Specialized Construction Boreholes, and the History and Advent of the Directional DTH. Gulf Professional Publishing.

- Mestas Ali, W. J. (2019). Evaluación del consumo de aire para perforadora Jack Leg de acuerdo a la altitud-Mina Las Bravas.
- Pariente Málaga, C. G. (2014). Diseño y simulación de perforadora hidráulica para pozos de agua.
- Pernia, J et al. (1987). Manual de perforación y voladura de rocas. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
- Sekercioglu, T. (2006). Failure study of pneumatic rock drill piston. *Engineering Failure Analysis*, 13(7), 1108-1115.
- Seo, J., Noh, D. K., Lee, G. H., & Jang, J. S. (2016). A percussion performance analysis for rock-drill drifter through simulation modeling and experimental validation. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 17(2), 163-170.
- Ul Haq, N. (2010). Design and Modeling of a Piston Accumulator for a Rock Drill and its Fatigue Strength.
- Vardhan, A., Dasgupta, K., & Mishra, S. K. (2019). Dynamic analysis of a closed-circuit hydraulic drive system used in the rotary head of blasthole drilling machine using MATLAB–Simulink environment. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I: Journal of Systems and Control Engineering*, 233(6), 702-719.
- Vergne, J. N. (2008). *Hard Rock Miner's Handbook*, Edition 5, Stantec Consulting Ltd.
- Yang, U. H., Han, T. H., Han, U. C., Tae, I. G., Hong, R. M., & Kim, S. C. (2022). Numerical Analysis of a Small Pneumatic Hammer Performance Based on Evaluation Method of Friction Force. *Shock and Vibration*, 2022.
- Zhong, L. I. U., Wang, H., Xiong, Z., Huo, J., Zhan, J., & Yanfei, H. E. (2021, March). Modeling and research of fuzzy PID control strategy for hydraulic rock drill propulsion system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1820, No. 1, p. 012188). IOP Publishing.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de entrevista vacía.

ENTREVISTA N° 1

DISEÑO DE MAQUINA PERCUTORA NEUMÁTICA PARA TRABAJOS EN SOCAVÓN ESTRECHO EN LA EMPRESA PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES R&R SAC.

Recolectar datos requeridos para el diseño, como especificaciones de la máquina, mano de obra, características del material a remover y costos.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres:

Cargo:

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Naranjo Murcia Yorman Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: “Diseño de maquina percutora neumática para trabajos en socavón estrecho en la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC”.

ASPECTO TECNICO

1. ¿Cuántos operarios se necesita para realizar la perforación del socavón?

.....
.....
.....

2. ¿Cuáles son los equipos y/o máquinas que se utilizan para realizar el proceso de perforación de roca y que características poseen?

.....
.....
.....
.....
.....

3. ¿Cuáles es la longitud del barreno que se utiliza para hacer el socavón?

.....
.....

4. ¿Qué problemas se presentan con mayor frecuencia al realizar el socavón?

.....
.....
.....

5. ¿En cuanto al tamaño del socavón cuales son las medidas del orificio y su longitud en metros?

.....
.....
.....

6. ¿Tiene conocimiento del tipo de roca que se está perforando? Describa brevemente.

.....
.....
.....

7. ¿Cuál es el tiempo que se demora en hacer un socavón?

.....
.....
.....

8. ¿Qué característica o función considera usted apropiada incluir en el diseño de la maquina percutora?

.....
.....
.....

9. Por cada socavón terminado ¿Cuántos metros cúbicos de roca se puede extraer?

.....
.....
.....
.....

ASPECTO ECONÓMICO

10. ¿Cuál es el costo en mano de obra e insumos para hacer el socavón?

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

11. ¿Cuál es el costo del metro cubico de roca vendido en el mercado?

.....
.....
.....
.....

Anexo 2. Entrevistas realizadas al personal de la Empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC.

ENTREVISTA N° 1

DISEÑO DE MAQUINA PERCUTORA NEUMÁTICA PARA TRABAJOS EN SOCAVÓN ESTRECHO EN LA EMPRESA PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES R&R SAC.

Recolectar datos requeridos para el diseño, como especificaciones de la máquina, mano de obra, características del material a remover y costos.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: *YEDER ELÍ OSORIO BRONCANO*

Cargo: *Capataz*

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Naranjo Murcia Yorman Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: "Diseño de máquina percutora neumática para trabajos en socavón estrecho en la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC".

ASPECTO TECNICO

1. ¿Cuántos operarios se necesita para realizar la perforación del socavón?

04 personas

2. ¿Cuáles son los equipos y/o máquinas que se utilizan para realizar el proceso de perforación de roca y que características poseen?

*Compresora de 185 CFM, Piez de avance
Epiras y TR3 con su respectiva perforadora, 01
Lubricadora, Manguera 3/4" alta presión flexible
Barranetas y BRIDAS CONICAS de 34MM Epiras.*

3. ¿Cuáles es la longitud del barreno que se utiliza para hacer el socavón?

Barreno de 2, 3 y 4 pies

4. ¿Qué problemas se presentan con mayor frecuencia al realizar el socavón?

Por ser el espacio corto de la Ventilación y la limpieza que es manual ya que por el gas de la Voladura Harra a la gente

5. ¿En cuanto al tamaño del socavón cuales son las medidas del orificio y su longitud en metros?

Orificio de ϕ 1.5M longitud de 1.3M corrido y tasa de 2M por lado.

6. ¿Tiene conocimiento del tipo de roca que se está perforando? Describa brevemente.

Roca Ignea granulítica, es una roca que no se ve sales impurezas en la roca de buena dureza.

7. ¿Cuál es el tiempo que se demora en hacer un socavón?

10 a 13 Días

8. ¿Qué característica o función considera usted apropiada incluir en el diseño de la maquina percutora?

Maquina percutor debe ser pequeña y poco peso

9. Por cada socavón terminado ¿Cuántos metros cúbicos de roca se puede extraer?

Un promedio de 1,400 a 1,800 m³

ASPECTO ECONÓMICO

10. ¿Cuál es el costo en mano de obra e insumos para hacer el socavón?

- 1 1/2 Caja de Dinamita al 65%	
- 420 M. de Hoche lenta	
- 04 Cajas de FULMINANTS	
- 04 Sacos Nitato Amario	90 325.00
- Mano de obra x M.l	300.00

11. ¿Cuál es el costo del metro cubico de roca vendido en el mercado?

El precio actual va en 722.0 x m³ de roca Volada a pie de LANTERO

ENTREVISTA N° 1

DISEÑO DE MAQUINA PERCUTORA NEUMÁTICA PARA TRABAJOS EN SOCAVÓN ESTRECHO EN LA EMPRESA PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES R&R SAC.

Recolectar datos requeridos para el diseño, como especificaciones de la máquina, mano de obra, características del material a remover y costos.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: Chirinos Sanchez Luis Edgard

Cargo: Manipulador de Explosivos

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Naranjo Murcia Yorman Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: "Diseño de maquina percutora neumática para trabajos en socavón estrecho en la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC".

ASPECTO TECNICO

1. ¿Cuántos operarios se necesita para realizar la perforación del socavón?

02 personas para la perforación

2. ¿Cuáles son los equipos y/o máquinas que se utilizan para realizar el proceso de perforación de roca y que características poseen?

01 compresora, una perforadora con barra de avance, 4727 barrenos y bracas en tramo de manguera de 3/4 de alta presión y lubricadora de mastillo

3. ¿Cuáles es la longitud del barreno que se utiliza para hacer el socavón?

Se utiliza 2, 3 y 4 pies.

4. ¿Qué problemas se presentan con mayor frecuencia al realizar el socavón?

Después de los disparos hay acumulación de gases lo que dificulta el trabajo de limpieza.

5. ¿En cuanto al tamaño del socavón cuales son las medidas del orificio y su longitud en metros?

Dependiendo del cuerpo del carro generalmente se trabaja de 10m de tendido y 2m de taza y el diámetro del orificio es de 1.0m a 1.5m.

6. ¿Tiene conocimiento del tipo de roca que se está perforando? Describa brevemente.

Roca Igara. Es una roca azuleada y dura a la perforación.

7. ¿Cuál es el tiempo que se demora en hacer un socavón?

Depende del montaje. Si se habla de 10m a 12m se utiliza de 8 a 10 días.

8. ¿Qué característica o función considera usted apropiada incluir en el diseño de la máquina percutora?

Que sea liviana de preferencia 10kg.

9. Por cada socavón terminado ¿Cuántos metros cúbicos de roca se puede extraer?

Depende del caudal del cerro pero para 10 o 12 m se debe extraer 1200 m³

ASPECTO ECONÓMICO

10. ¿Cuál es el costo en mano de obra e insumos para hacer el socavón?

Trabajo lineal \$250
1 kg de dinamita, 300m de cinta, 1 oj de full, 2 sacos de Nitrato

11. ¿Cuál es el costo del metro cúbico de roca vendido en el mercado?

Puerto en cerro (cautera) \$25 m³


Luis CHININOS
3161 8588

ENTREVISTA N° 1

DISEÑO DE MAQUINA PERCUTORA NEUMÁTICA PARA TRABAJOS EN SOCAVÓN ESTRECHO EN LA EMPRESA PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES R&R SAC.

Recolectar datos requeridos para el diseño, como especificaciones de la máquina, mano de obra, características del material a remover y costos.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: Osorio Broncano Leonardo Luis

Cargo: Logística

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Naranjo Murcia Yorman Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: "Diseño de maquina percutora neumática para trabajos en socavón estrecho en la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC".

ASPECTO TECNICO

1. ¿Cuántos operarios se necesita para realizar la perforación del socavón?

∴ 3 personas

2. ¿Cuáles son los equipos y/o máquinas que se utilizan para realizar el proceso de perforación de roca y que características poseen?

- 1. kaiser MSD
- Martillo Neumático
- 3 barrenos de 2, 3 y 4 Pies
- brocas 2. lubricadora.
- Manguera de Alta Presión.

3. ¿Cuáles es la longitud del barreno que se utiliza para hacer el socavón?

de 2, 3 y 4 Pies.

4. ¿Qué problemas se presentan con mayor frecuencia al realizar el socavón?

- Confinamiento
- Calidad del aire al perforar

5. ¿En cuanto al tamaño del socavón cuales son las medidas del orificio y su longitud en metros?

Se tubijan de 8 a 12 m de un orificio de 1 m a 1.2 m de diámetro.

6. ¿Tiene conocimiento del tipo de roca que se está perforando? Describa brevemente.

Roca Azul. Es dura de perforar, es compacta.

7. ¿Cuál es el tiempo que se demora en hacer un socavón?

de 7 a 12 días en socavos de 8 a 12 m.

8. ¿Qué característica o función considera usted apropiada incluir en el diseño de la maquina percutora?

Debe ser resistente y de facil manipulación y libras de 8 a 10 kg. facil de ser mantenimiento.

9. Por cada socavón terminado ¿Cuántos metros cúbicos de roca se puede extraer?

Se puede extraer de 1 a 2 mil metros cúbicos.

ASPECTO ECONÓMICO

10. ¿Cuál es el costo en mano de obra e insumos para hacer el socavón?

Depende de donde es en promedio de \$250 a \$350 el metro
lineal de 12,000 a 18,000 incluye al diayero.
Personal e insumos dinamita, Nitrate, Senta, Senta, falk.

11. ¿Cuál es el costo del metro cubico de roca vendido en el mercado?

Varia de \$25 a \$30 el m³ en Centara


Leonardo Luis Cori Braccaro
DNI 18144011

ENTREVISTA N° 1

DISEÑO DE MAQUINA PERCUTORA NEUMÁTICA PARA TRABAJOS EN SOCAVÓN ESTRECHO EN LA EMPRESA PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES R&R SAC.

Recolectar datos requeridos para el diseño, como especificaciones de la máquina, mano de obra, características del material a remover y costos.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: *La Rosa Reyes Manuel*

Cargo: *PERFORISTA*

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Naranjo Murcia Yorman Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: "Diseño de maquina percutora neumática para trabajos en socavón estrecho en la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC".

ASPECTO TECNICO

1. ¿Cuántos operarios se necesita para realizar la perforación del socavón?

04 Personas para limpieza y todo

2. ¿Cuáles son los equipos y/o máquinas que se utilizan para realizar el proceso de perforación de roca y que características poseen?

Compresora KAESER H50, Perforadora HARRYSON de 60 lb, lubricador, Manguera 3/4" alta presión y Barreras cau. bitas dimantadas

3. ¿Cuáles es la longitud del barrenos que se utiliza para hacer el socavón?

Variado... comença con 2 pies y Culmina en 4 pies

4. ¿Qué problemas se presentan con mayor frecuencia al realizar el socavón?

La Ventilación por el espacio reducido y el gas que se produce de la detonación que es fuerte para el personal

5. ¿En cuanto al tamaño del socavón cuales son las medidas del orificio y su longitud en metros?

El ϕ es de 1.0 a 1.5M; longitud de 1.5M

6. ¿Tiene conocimiento del tipo de roca que se está perforando? Describa brevemente.

Roca Ignea que es pesada y color blanco

7. ¿Cuál es el tiempo que se demora en hacer un socavón?

de 10 a 12 Días

8. ¿Qué característica o función considera usted apropiada incluir en el diseño de la maquina percutora?

Que sean livianas en peso y fácil de cerrar el aire cuando se este por terminado

9. Por cada socavón terminado ¿Cuántos metros cúbicos de roca se puede extraer?

Depende de la ubicación del socavón y
el sustrato del conito altura el promedio es
de 1,200 a 2,000 M³

ASPECTO ECONÓMICO

10. ¿Cuál es el costo en mano de obra e insumos para hacer el socavón?

Mano de obra x M.L. S/ 300.0
- 0.2 Caja DYNAMITA al 65%
- Mecha lenta 400M
- 0.4 Cajas FULMINANTE
- 03 Sacos de Nitrato Amonio x Saca Unid. \$330.0

11. ¿Cuál es el costo del metro cubico de roca vendido en el mercado?

A pie de Cantara la roca es de \$25.0 x M³
ese precio no incluye la selección y
acopia de la roca

32 986993



ENTREVISTA N° 1

DISEÑO DE MAQUINA PERCUTORA NEUMÁTICA PARA TRABAJOS EN SOCAVÓN ESTRECHO EN LA EMPRESA PROYECTOS Y CONSTRUCCIONES R&R SAC.

Recolectar datos requeridos para el diseño, como especificaciones de la máquina, mano de obra, características del material a remover y costos.

ENTREVISTADO

Apellidos y nombres: *Lopez MORENO Milton César*

Cargo: *Manipulador de Explosivos*

ENTREVISTADOR:

Apellidos y Nombres: Naranjo Murcia Yorman Alberto

Universidad: Cesar Vallejo

Escuela: Ingeniería Mecánica Eléctrica

Tesis: "Diseño de maquina percutora neumática para trabajos en socavón estrecho en la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC".

ASPECTO TECNICO

1. ¿Cuántos operarios se necesita para realizar la perforación del socavón?

03 Operarios

2. ¿Cuáles son los equipos y/o máquinas que se utilizan para realizar el proceso de perforación de roca y que características poseen?

*Compresores 185, Perforadora con pie Avance
Lubricadora, Boremas, Brocas Conicas 38, 35 y 34 mm
Plancheta 3M, Alta Presión*

3. ¿Cuáles es la longitud del barreno que se utiliza para hacer el socavón?

Barreno de 4 pies

4. ¿Qué problemas se presentan con mayor frecuencia al realizar el socavón?

La Validura control bien los picos y el estudio.
El socavón luego del disparo perforado con barreta
especial para prevenir la caída de taca y Ventilación adecuada el personal

5. ¿En cuanto al tamaño del socavón cuales son las medidas del orificio y su longitud en metros?

Longitud de orificio de 2.20 m y la longitud
12 m de Carrera y dependiendo al Cerro la taca
se adecua la carga taca por medio 3 m por lado

6. ¿Tiene conocimiento del tipo de roca que se está perforando? Describa brevemente.

Roca azul cuya característica es la dureza
para la perforación

7. ¿Cuál es el tiempo que se demora en hacer un socavón?

de 10 a 12 días feriado

8. ¿Qué característica o función considera usted apropiada incluir en el diseño de la máquina percutora?

Recortar el pie de Avance que viene Standard
las perforadoras y con una medida correcta para el
Socavón de 2 m de pie de avance

9. Por cada socavón terminado ¿Cuántos metros cúbicos de roca se puede extraer?

Dependiendo del Cauce del Cerro y ubicación del
Socavón aproximado 2.000 a 3.000 m³

ASPECTO ECONÓMICO

10. ¿Cuál es el costo en mano de obra e insumos para hacer el socavón?

- Cerro Mano obra y M. Litoral 300.0
- 02 Cajas de Fulminante
- 01 Caja de Dinamita al 65%.
- 350 m Lenta
- 03 Sacos Nitrito de Amonio

11. ¿Cuál es el costo del metro cubico de roca vendido en el mercado?

El m³ es vendido un desde 20 a 30 Soles Caba
en Centeno.

[Handwritten signature]

4550 2214

Anexo 3. Ensayo de roca según laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Ing. Fidel Juvenal Ramirez Aguilar CIP 7066

INFORME N° 31 -2018-RAF

A : ING. LEONCIO PAUCAR VASQUEZ
RESIDENTE DE OBRA.

DE : ING. RAMÍREZ AGUILAR FIDEL
ESPECIALISTA DE MECÁNICA DE SUELOS

ASUNTO : ENSAYOS A LA ROCA – CANTERA JOYA DEL CAMBIO PUENTE

REFERENCIA : "MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE PROTECCIÓN COSTERA CONTRA INUNDACIONES Y EROSIONES MARINAS EN EL P.J. MIRAMAR BAJO, DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DE SANTA - ANCASH"

FECHA : ANCASH, SETIEMBRE DEL 2018.

El presente informe técnico contiene los resultados de los ensayos de la ROCA, a ser empleadas en la ejecución de la obra: Mejoramiento y ampliación de los servicios de protección costera contra inundaciones y erosiones marinas en el P.J. Miramar Bajo, distrito de Chimbote, provincia de Santa-Ancash; el material es proveniente de la cantera "LA JOYA DE CAMBIO PUENTE", ubicado en el distrito de Chimbote. los ensayos que se incluyen son:

- Estudio Petrográfico Macroscópico
- Abrasión máquina de los ángeles (norma ASTM C 131).
- Ensayo de Inalterabilidad o Durabilidad con sulfato de Magnesio (ASTM C-88)
- Ensayo de Compresión Uniaxial (norma ASTM D2938-95)
- Ensayo de Propiedades Físicas (norma ASTM C97-02).

A continuación se muestra cuadro comparativo de los Resultados obtenidos en Laboratorio con el Requerimiento según Especificaciones Técnicas (Ítem L. Ensayo físico de Rocas de Defensa)

ENSAYOS REALIZADOS	REQUERIMIENTO	RESULTADO LABORATORIO	
Estudio Petrográfico	Ignea	Ignea - Andesita	OK
Ensayo Los Angeles - Abrasión	No mayor al 40%	12.1 %	OK
Inalterabilidad o Intemperismo	No mayor al 10%	0 %	OK
Compresión Uniaxial de la Roca	Mayor a 250 kg/cm2	2,635.8 kg/cm2	OK
Peso específico	No menor a 2500 kg/m3	2,899 kg/m3	OK

Por lo tanto de las muestras ensayadas en Laboratorio, cuyo detalle se adjunta en el informe; se cumplen con los procedimientos y los requerimientos establecidos en el Expediente Técnico.

Lo cual se concluye que la ROCA proveniente de la cantera LA JOYA DE CAMBIO PUENTE, cumple las características para ser empleadas en protección costera y en enrocados sometidos a oleajes y erosiones marinas.

Se adjunta:

1. Informe Estudio Petrográfico Macroscópico – Laboratorio Mineralogía / UNI
2. Informe N° S18-666 Laboratorio N°2 FIC-UNI

Atte.


FIDEL JUVENAL
RAMÍREZ AGUILAR
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 7066



INFORME N° S18-666-1

SOLICITADO : CONSORCIO MIRAMAR BAJO
PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE PROTECCIÓN COSTERA CONTRA INUNDACIONES Y EROSIONES MARINAS, EN EL PUEBLO JOVEN MIRAMAR BAJO, DISTRITO DE CHIMBOTE
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA, DPTO. DE ÁNCASH.
FECHA : LIMA, SETIEMBRE 2018

ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO

CANTERA : LA JOYA DE CAMBIO PUENTE
MUESTRA : ROCA

- **NATURALEZA DE LA ROCA:** Ignea.
- **COLOR:** Gris oscuro con tono verdoso.
- **GRADO DE METEORIZACIÓN:** Leve
- **TEXTURA:** Afanítica
- **ESTRUCTURA Y FRACTURA:** Estructura masiva. Poco fracturada, compacta, dichas fracturas muestran superficies de formas irregulares y rugosas.
- **MINERALES ESENCIALES:** Principalmente anfíboles y plagioclasas.
- **MINERALES ACCESORIOS:** No observados.
- **MINERALES SECUNDARIOS:** Óxidos de hierro (hematita) impregnando fracturas y cloritas.
- **REACCIÓN AL ÁCIDO CLORHÍDRICO (HCl):** Negativo.
- **CLASIFICACIÓN MACROSCÓPICA:** Andesita.
- **OBSERVACIONES:** Roca ígnea, compacta, poco fracturada, soporta fuertes golpes al martillo de geólogo, estimándose una resistencia a la compresión simple, de entre 90 a 110 MPa aproximadamente.

Ejecución: Ing. Carlos Rojas León
Docente UNI-FIGMM Cód. 2003866C



ING. LUISA E. SHUAN LUCAS
AUTOR DEL LABORATORIO N°2 UNI-FIC

Informe S18-666-1 - I -



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18-666-1

SOLICITADO : CONSORCIO MIRAMAR BAJO
PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE PROTECCIÓN COSTERA, CONTRA INUNDACIONES Y EROSIONES MARINAS, EN EL PUEBLO JOVEN MIRAMAR BAJO, DISTRITO DE CHIMBOTE
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE, PROVINCIA DEL SANTA, DPTO. DE ÁNCASH.
FECHA : LIMA, SETIEMBRE 2018

ESTUDIO PETROGRÁFICO MACROSCÓPICO
ANEXO FOTOGRÁFICO

CANTERA : LA JOYA DE CAMBIO PUENTE
MUESTRA : ROCA



Foto 1.- Vista macroscópica de la muestra rocosa analizada. Se aprecia color oscuro y fracturamiento.



Informe S18-666-1 - 2 -

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



INFORME N° S18 - 666-5

SOLICITANTE : CONSORCIO MIRAMAR BAJO
 PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACION DE LOS SERVICIOS DE PROTECCION
 COSTERA CONTRA INUNDACIONES Y EROSIONES MARINAS
 EN EL P. J. MIRAMAR BAJO, DISTRITO DE CHIMBOTE
 UBICACION : DISTRITO DE CHIMBOTE
 FECHA : SETIEMBRE 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Centers : La Joya de Cambio Puente
 Muestra : Roca

ENSAYO DE DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO ASTM C-66

AGREGADO GRUESO

ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL AGREGADO GRUESO*

Pérdidas (%): 0

N°	Tamaño	%	Peso Requerido (g)	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Pérdidas		Gradación Original (%)	Pérdidas Correídas (%)
						Peso (g)	(%)		
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000 ± 500	-	-	-	-	-	-
	2 1/2" a 2"	80	3000 ± 300	2740.1	2738.3	1.8	0.07	78.4	0.052
	2" a 1 1/2"	40	2000 ± 200	2005.8	2002.9	2.9	0.14	13.7	0.020
2	1 1/2" a 3/4"		1500 ± 50	-	-	-	-	-	-
	1 1/2" a 1"	67	1000 ± 50	1009.4	1007.9	1.5	0.15	6.4	0.008
	1" a 3/4"	33	500 ± 30	-	-	-	0.15	1.5	0.002
3	3/4" a 3/8"		1000 ± 10	-	-	-	-	-	-
	3/4" a 1/2"	67	670 ± 10	-	-	-	-	-	-
	1/2" a 3/8"	33	330 ± 5	-	-	-	-	-	-
4	3/8" a N°4		300 ± 5	-	-	-	-	-	-
TOTALES								100.0	0.083

ANÁLISIS CUALITATIVO DEL AGREGADO GRUESO

Tamaño	Alteración de Partículas Después del Ensayo								N° Inicial de Partículas
	Rajadas		Agrietadas		Laminadas (escamosas)		Desintegradas		
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
2 1/2" a 2"	0	0.0	0	0.0	2	16.7	0	0.0	12
2" a 1 1/2"	0	0.0	0	0.0	4	25.0	0	0.0	16
1 1/2" a 1"	0	0.0	0	0.0	4	17.4	0	0.0	23
1" a 3/4"	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Mts. - La muestra fue recibida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Tsc. A. Quirós S.

Revisión : Ing. D. Basurto R. / I.R.P.



Msc. Ing. LUIS R. SANCHEZ LUCAS
 Jefe del Laboratorio N°2 - MEC - FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 666-4

SOLICITANTE : CONSORCIO MIRAMAR BAJO
PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE PROTECCIÓN
COSTERA CONTRA INUNDACIONES Y EROSIONES MARINAS
EN EL P. J. MIRAMAR BAJO, DISTRITO DE CHIMBOTE
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE
FECHA : SETIEMBRE 2018

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : La Joya de Cambio Puente
Muestra : Roca
Tipo de Prueba : Bloque irregular

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL ASTM D 5731

D _s (cm.)	Carga (KN)	l _{cs} (MPa)	Resistencia a la Compresión Simple (MPa)
6.17	36.51	10.76	263.58

Nota - La muestra fue recibida e identificada por el Solicitante

Formulario : Form. N° Ocho 2
Revisión : Ing. D. Renato R.



Msc. Ing. LUISA E. SPUAN LUCAS
Ingeniera del Laboratorio N°2 - UNI - FIG



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 666-3

SOLICITANTE : CONSORCIO MIRAMAR BAJO
 PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE PROTECCIÓN COSTERA CONTRA INUNDACIONES Y EROSIONES MARINAS EN EL P.J. MIRAMAR BAJO, DISTRITO DE CHIMBOTE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE
 FECHA : SETIEMBRE 2018

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cantera : La Joya de Cambio Puente
 Muestra : Roca

ENSAYO DE ABRASIÓN MÁQUINA DE LOS ÁNGELES ASTM C- 535

Gradación : 1
 Revoluciones : 1000
 Desgaste : 12.1%

Nota - La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Elaborado por : Ing. R. Quere R.
 Revisado por : Ing. D. Busurto R.



Ing. LUISA E. SHIRIAN LUCAS
 Jefa del Laboratorio N°2 - DNI - FIC

Av. Topac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019
 e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 666-2

SOLICITANTE : CONSORCIO MIRAMAR BAJO
 PROYECTO : MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SERVICIOS DE PROTECCIÓN COSTERA CONTRA INUNDACIONES Y EROSIONES MARINAS EN EL P.J. MIRAMAR BAJO, DISTRITO DE CHIMBOTE
 UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE
 FECHA : SETIEMBRE 2018

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cámara : La Joya de Cambio Puente
 Muestra : Roca

ENSAYO DE PROPIEDADES FISICAS
 ASTM C97 - ASTM D2216

Densidad Húmeda (gr/cm3)	Densidad Seca (gr/cm3)	Contenido de Humedad (%)	Porosidad (%)	Absorción (%)	Gravedad Especifica
2.897	2.895	0.07	0.13	0.04	2.899

Nota: La muestra fue remida e identificada por el Solicitante

Elaboración: Mr. M. Guzmán R.

Revisión: Mg. D. Alvarado R.



MSc. Ing. LILIANA E. SHERAN LUCAS
 Jefe del Laboratorio N°2 - UNI - PIC

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo: 4019
 e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



Foto 2.- Vista similar a la anterior, mostrando la textura afanítica de la roca y visible leve oxidación en las fracturas.



Foto 3.- Vista cercana de la roca, observándose la textura en fractura reciente.



Informe 018-606-1 -3-

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3942, Central Telefónica: 481-5070 Anexo 4019
e-mail: lms_fo@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe, www.lms.uni.edu.pe

Anexo 4. Ficha técnica de compresoras, perforadoras neumáticas y barrenos.

Vibro Equipos para Construcción
 Oficinas Comerciales- Av. República de Panamá 5231-Surquillo.
 Teléfono: 242-5594 /4453037
 RUC: 20504851967

Lima, 10 de enero del 2020

Le envío la cotización de acuerdo a su solicitud de la siguiente maquinaria.

PERFORADORAS NEUMATICAS HORIZONTALES CON PIE DE AVANCE:

MODELO	YT28
Golpe del Cilindro (mm)	80 x 60
Trabajo en presión (Mpa)	0.63
Fuerza de Impacto (J)	≥ 70
Frecuencia de Impacto (Hz)	≥ 36
Consumo de Aire (L/S = Caudal)	< 85
Consumo de Aire (PCN)	81 = 170
Diám. de Manguera de aire (mm)	25
Diám. de Manguera de Agua (mm)	13
Cabezal de perforación (mm)	34 – 42
Pie de Avance (cm)	1mt 50
Largo (mm)	661
Peso (kg)	26

Precio US\$680.00 INCLUYE IGV

MODELO PERFORADOR	YT29A
Peso del martillo (kg)	26
Golpe del Cilindro (mm)	22 X 108
Trabajo en presión (Mpa)	0.63
Frecuencia de Impacto (Hz)	≥ 40
Consumo de Aire (L/S = Caudal)	< 82
Consumo de Aire (PCN)	
Diám. de Manguera de aire (mm)	25
Diám. de Manguera de Agua (mm)	13
Cabezal de perforación (mm)	34 – 32
Profundidad de Perforación (mt)	5
MODELO PIE AVANCE	FT – 160
Peso del Pie de Avance (Kg)	18.2
Pie de Avance (mm)	1800
Golpe al Empujar Pie de Avance (mm)	1370
Capacidad del Aceitero (ml)	250

Precio US\$700.00 INCLUYE IGV




M100



Características:

- Motor diesel Kubota de 4 cilindros para trabajo pesado que cumple con las normas de emisiones EPA Tier 3
- Tanque de combustible de gran tamaño para una operación prolongada
- Práctica caja para almacenamiento de herramientas
- Exclusiva válvula anticongelante que mantiene la óptima temperatura de trabajo y evita la congelación de las herramientas
- Cabina galvanizada con revestimiento electrostático para todo tipo de clima

Opciones:

- Presiones de hasta 205 psi
- Posentridor y paquetes de filtración
- Generador de 8KVA
- Montado sobre trineo (skid)

Compresor		Motor Diesel		Equipo completo		Dimensiones (mm)	
Caudal	375 cfm	Fabricante	Kubota V3800	Capacidad tanque combustible	40 gal.	Longitud*	4405
Máx. Presión de trabajo	100 psig	Potencia plena carga	96 hp	Peso, seco	1.480 Kg	Ancho	1780
		Frec. plena carga	2600 rpm	Salidas	3 x 3/4" 1 x 1 1/4"	Altura	5515
		Frec. sin carga	1800 rpm	Máx. nivel ruido	76db(A) a 23 pies	*con tanque de escape	

M70



Características:

- Motor diesel Kubota de 4 cilindros para trabajo pesado que cumple con las normas de emisiones EPA Tier 3
- Tanque de combustible de gran tamaño para una operación prolongada
- Práctica caja para almacenamiento de herramientas
- Exclusiva válvula anticongelante que mantiene la óptima temperatura de trabajo y evita la congelación de las herramientas
- Cabina galvanizada con revestimiento electrostático para todo tipo de clima

Opciones:

- Presiones de hasta 145 psi
- Posentridor y paquetes de filtración
- Generador de 8KVA
- Montado sobre trineo (skid)

Compresor		Motor Diesel		Empaque		Dimensiones (mm)	
Caudal	250 cfm	Marca	Kubota V2003T	Capac. tanque de combustible	28 gal.	Largo*	4130
Presión de trabajo	100 psig	Potencia a plena carga	59 hp	Peso, seco	1230 kg.	Ancho	1700
		Velocidad a plena carga	2950 rpm	Salidas	2 x 3/4" 1 x 1"	Altura	1430
		Velocidad de operación sin carga	2000 rpm	Máx. nivel de ruido	78 db(A) a 23 pies	*con tanque de escape	

Lima, 17 de Junio del 2019

Atención: le adjunto cotización solicitada

Barreros adicionales



BAR - 8 PIES	BARRENO (7/15Hexagonal) 8 PIE	Barreno de 8 Pies	PRECIO U\$50.00
BAR - 7 PIES	BARRENO (7/14Hexagonal) 7 PIE	Barreno de 7 Pies	PRECIO U\$45.00
BAR - 6 PIES	BARRENO (7/13Hexagonal) 6 PIES	Barreno 6pies	PRECIO U\$40.00
BAR - 4 PIES	BARRENO (7/11Hexagonal) 4 PIES	Barreno 4Pies	PRECIO U\$30.00
BAR INT -3PIES	BARRENO INT 3PIES CON BROCA DE 32MM HEX 7/8	Barreno Int. 3pies	PRECOP U\$55.00
BAR INT - 4PIES	BARENO INT 4PIES CON BROCA DE 32MM HEX 7/8	Barreo Int. 4Pies	PRECIO U\$60.00
BAR INT - 5PIES	BARRENO INT 5PIES CON BROCA DE 32MM HEX 7/8	Barreno Int. 5Pies	PRECIO U\$65.00

Brocas:

Broca Diamantada de 7 puntas de 36 mm Precio U\$35.00
Broca Diamantada en Cruz de 36 mm Precio: U\$25.00

LOS PRECIOS SON EN DOLARES E INCLUYE EL IGV.

Plazo de entrega : Inmediata
Servicio técnico : Inmediato
Forma de Pago : CONTADO

Cuenta de VibroRex E.I.R.L. Banco B.C.P.
US\$ 194-1418729-1-04
S/. 194-1475830-0-72

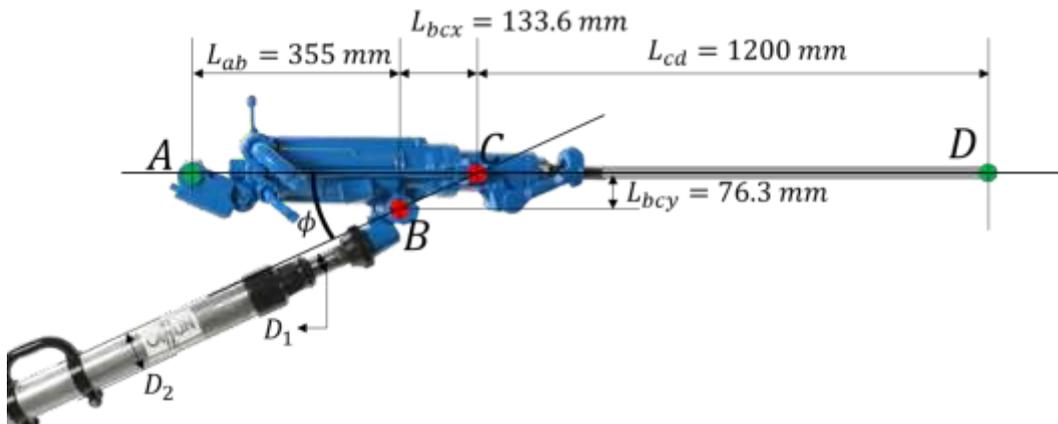
Cuenta Continental BBVA
US\$ 0011-149-0100031095-21
S/. 0011-149-000100031087-28

Atentamente.
Daniela Garcia
Coordinadora de Servicios
958987981

\$ 550
\$ 550.00

Anexo 5. Secuencia de cálculo.

Tomando el diagrama de cuerpo libre de la Figura 14 y las dimensiones de la figura siguiente, se puede determinar la distribución de fuerzas en el martillo percutor.



Para determinar la magnitud de la fuerza de empuje se emplea el dato de la presión de trabajo del martillo percutor, según su ficha técnica esta presión es $P_m = 0.63 \text{ MPa}$, la cual se aplica en un diámetro de 80mm del pistón del pie de avance (ver Anexo 4)

$$F_e = P_m \cdot A_p$$

$$F_e = (0.63 \times 10^6 \text{ Pa}) \left(\frac{\pi(0.08 \text{ m})^2}{4} \right) = 3166.7 \text{ N}$$

Debido a que la fuerza de empuje se aplica con un ángulo $\phi = 27.15^\circ$, las componentes en los ejes x, y son:

$$F_{ex} = F_e \cos(\phi)$$

$$F_{ex} = (3166.7 \text{ N}) \cos(27.15) = 2817.7 \text{ N}$$

$$F_{ey} = F_e \sin(\phi)$$

$$F_{ey} = (3166.7 \text{ N}) \sin(27.15) = 1445.2 \text{ N}$$

Por otra parte, la fuerza de percusión se obtiene de la máxima energía de impacto, que de la ficha técnica del Anexo 4 es 70J.

$$F_p = \frac{Ec}{L_{piston}}$$

$$F_p = \frac{70 J}{0.06 m} = 1166.7 N$$

Adicionalmente también es necesario determinar el peso del equipo, para lo cual se suma el peso del martillo percutor (26 kg) y la masa del pie de avance (16 kg) quedando el peso como:

$$F_w = (m_{martillo} + m_{pie}) \cdot g$$

$$F_w = (26 kg + 16 kg) \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} = 412 N$$

Tomando las condiciones de equilibrio

$$\sum F_y = 0$$

$$-R_{Ay} - F_w + F_{ey} - R_{Dy} = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{ex} + F_p - R_{Dx} = 0$$

$$\sum M_D = 0$$

$$R_{Ay}(L_{ab} + L_{bcx} + L_{cd}) + F_w(L_{bcx} + L_{cd}) - F_{ey}(L_{bcx} + L_{cd}) + F_{ex}(L_{bcy}) = 0$$

Despejando se obtiene:

$$R_{Ay} = \frac{-F_w(L_{bcx} + L_{cd}) + F_{ey}(L_{bcx} + L_{cd}) - F_{ex}(L_{bcy})}{(L_{ab} + L_{bcx} + L_{cd})}$$

$$R_{Dx} = F_{ex} + F_p$$

$$R_{Dy} = -R_{Ay} - F_w + F_{ey}$$

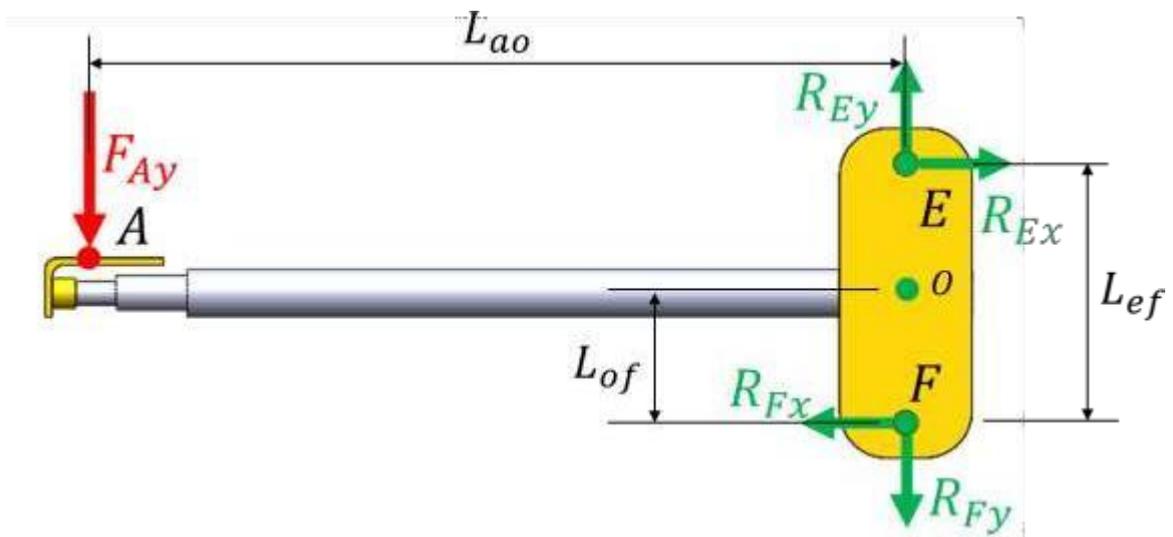
Para lo cual sustituyendo valores se tiene:

$$R_{Ay} = 688.68 \text{ N}$$

$$R_{Dx} = 3984.4 \text{ N}$$

$$R_{Dy} = 344.54 \text{ N}$$

En la figura siguiente se puede ver el diagrama de cuerpo libre del conjunto del sujetador móvil del soporte de trapecio.



Aplicando las condiciones de equilibrio en el plano se tiene:

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_{Fx} + R_{Ex} = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_{Ay} + R_{Ey} + R_{Fy} = 0$$

$$\sum M_O = 0$$

$$F_{Ay}(L_{aox}) - R_{Ex}(L_{of}) - R_{Fx}(L_{of}) = 0$$

Que despejando se tiene:

$$R_{Ex} = R_{Fx}$$
$$R_{Ey} = \frac{F_{Ay}}{2} = R_{Fy}$$
$$R_{Ex} = \left(\frac{F_{Ay}}{2}\right) \left(\frac{L_{aox}}{L_{of}}\right)$$

Considerando que la reacción R_{Fy} es igual R_{Ey} y reemplazando se tiene los siguientes resultados:

$$R_{Ex} = 2091.1 \text{ N}$$

$$R_{Ey} = 344.3 \text{ N}$$

$$R_{Fx} = 2091.1 \text{ N}$$

$$R_{Fy} = 344.3 \text{ N}$$

Anexo 6. Propiedad del acero estructural ASTM A36

13/7/22, 13:48

ASTM A36 Steel, bar

ASTM A36 Steel, bar

Categories: [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [ASTM Steel](#); [Carbon Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

Material Notes: Steel for general structural purposes including bridges and buildings.

Key Words: UNS K02600

Vendors: No vendors are listed for this material. Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in ³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 200 mm
	23 %	23 %	in 50 mm
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Bulk Modulus	180 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.26	0.26	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.29 %	0.29 %	
Copper, Cu	>= 0.20 %	>= 0.20 %	only if copper steel is specified
Iron, Fe	99 %	99 %	
Manganese, Mn	0.80 - 1.2 %	0.80 - 1.2 %	
Phosphorus, P	0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si	0.15 - 0.40 %	0.15 - 0.40 %	
Sulfur, S	0.050 %	0.050 %	

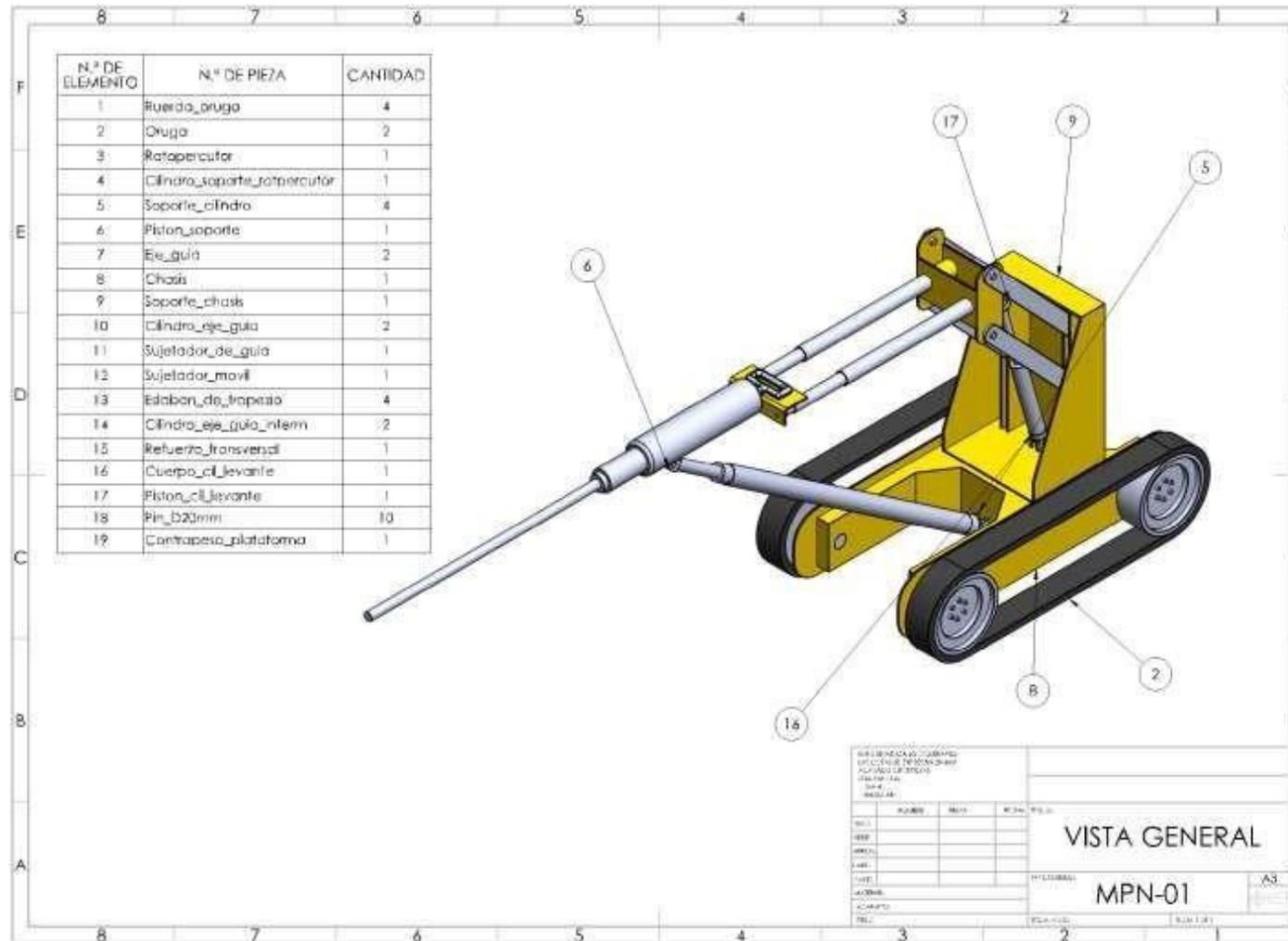
References for this datasheet:

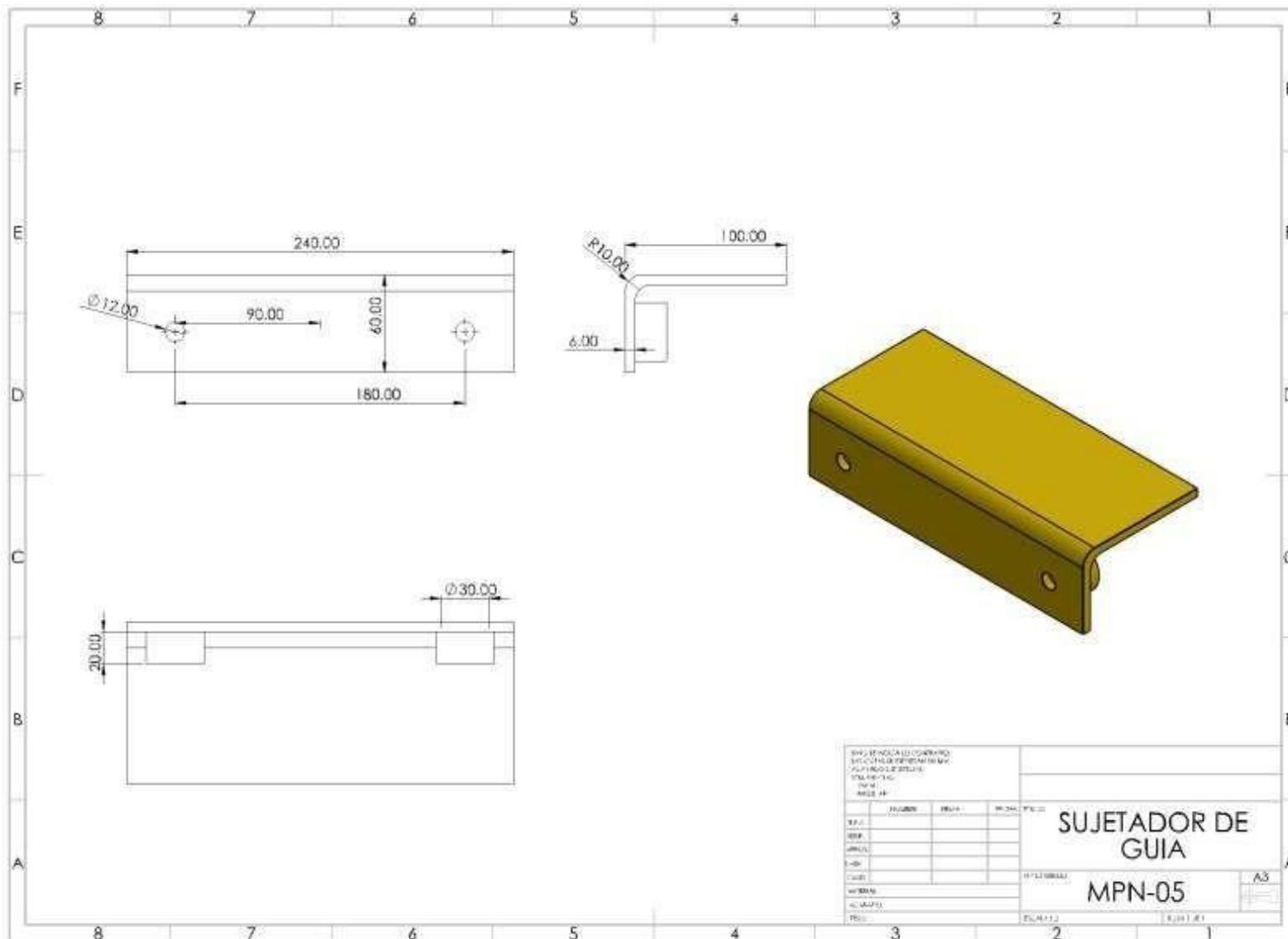
Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.

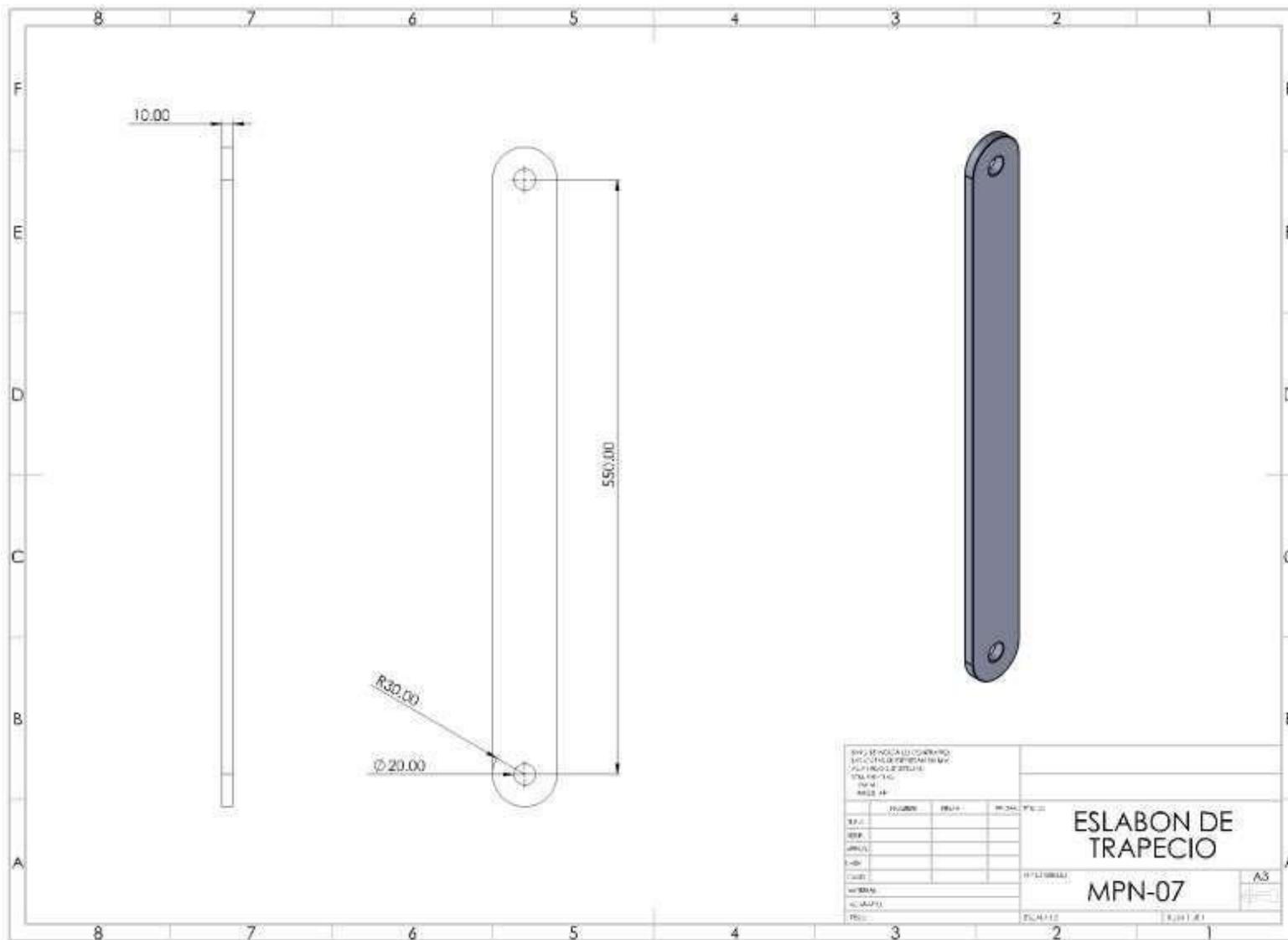
<https://www.matweb.com/search/Material.aspx?matguid=1544977c5c8440db9a3d678909c3e>

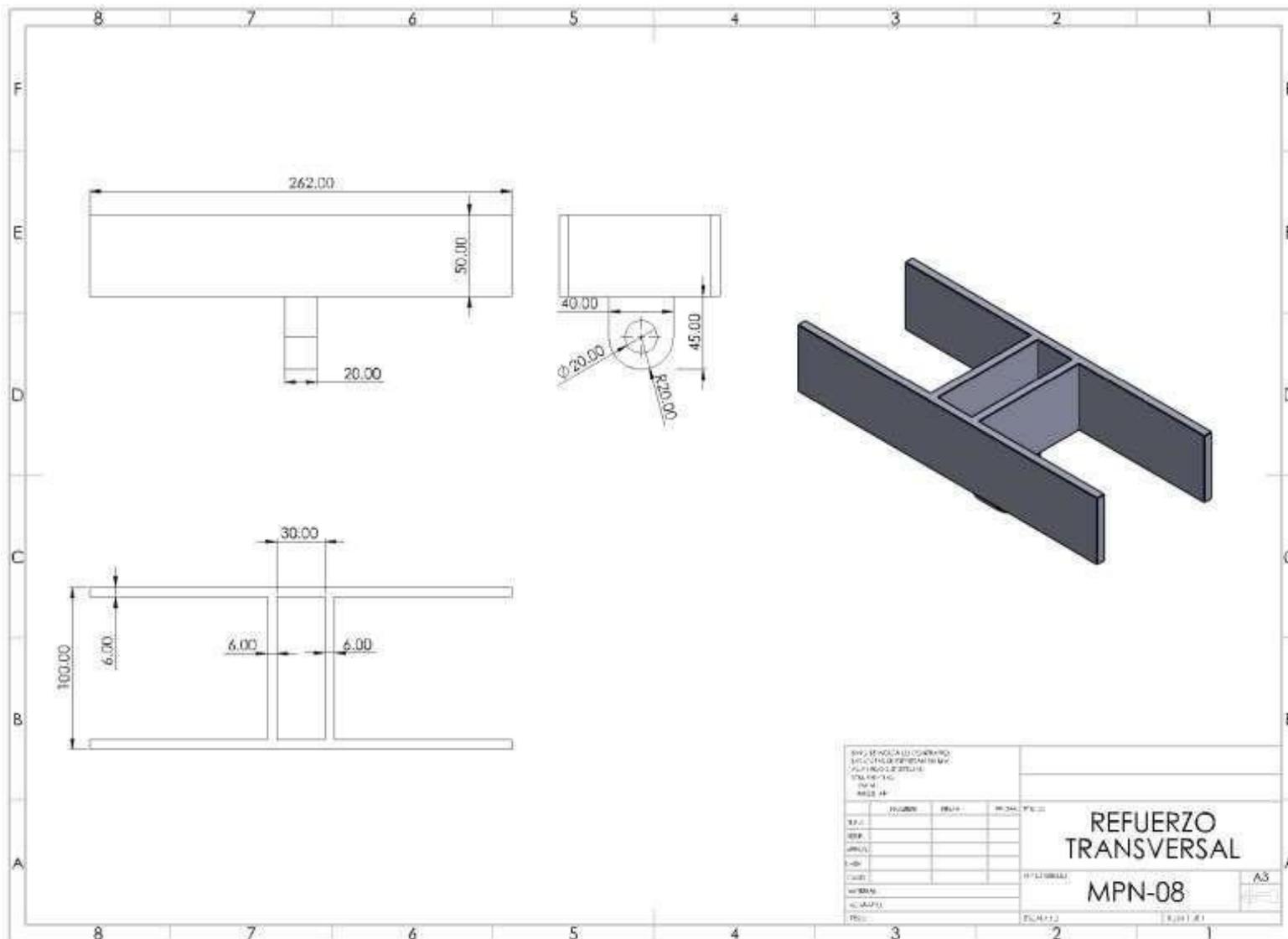
17

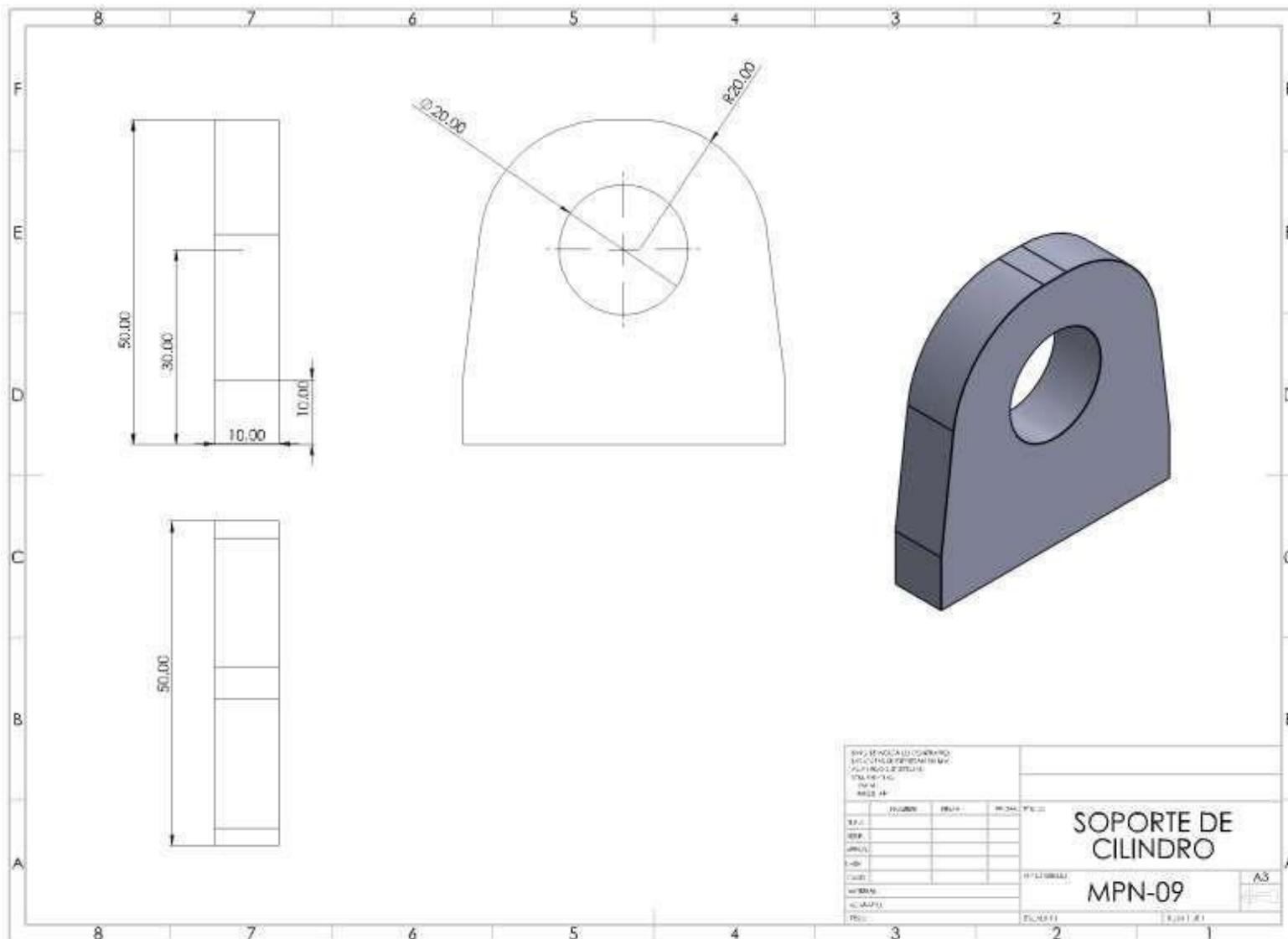
Anexo 7. Planos de la maquina percutora neumática

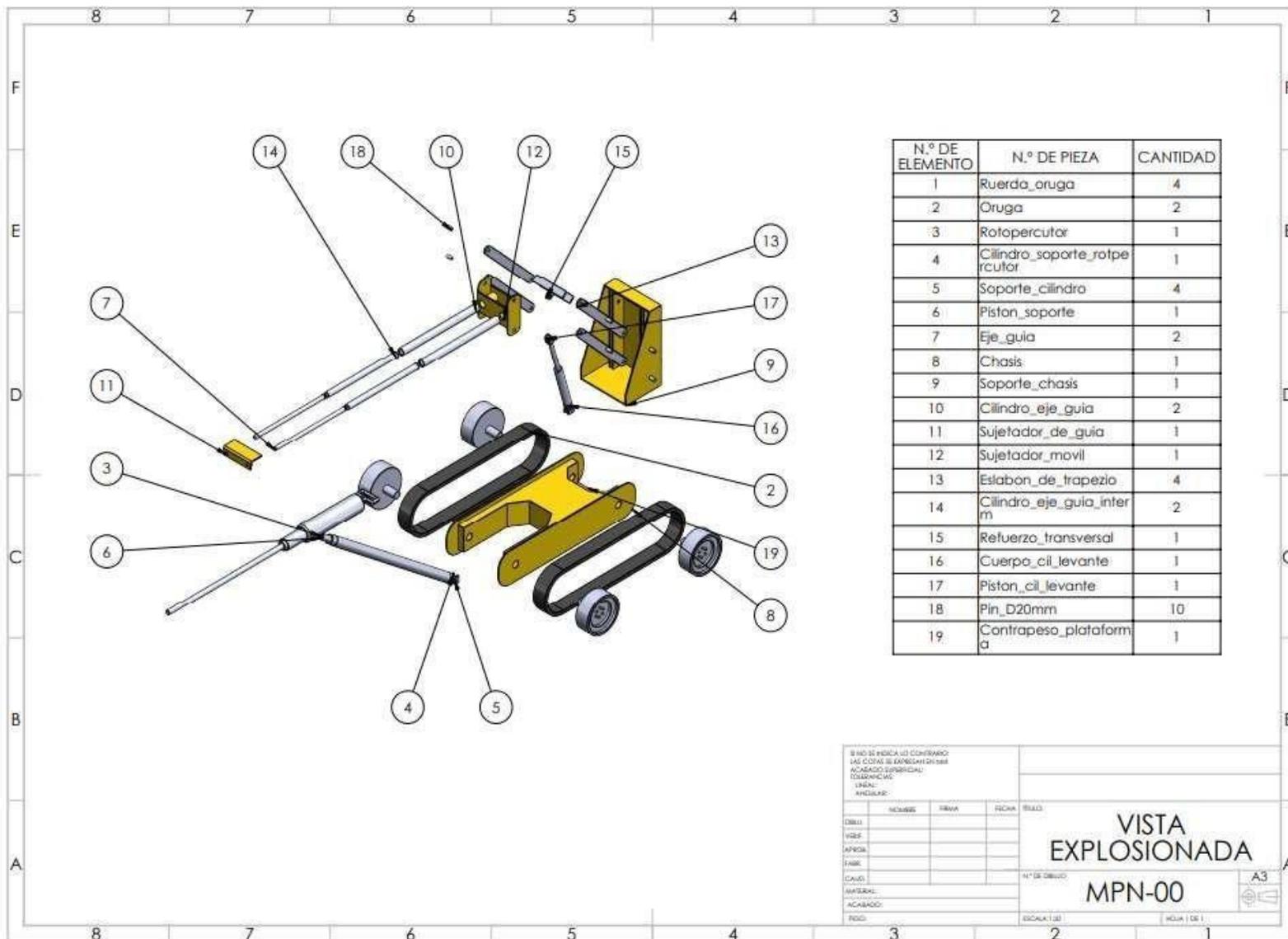












N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Rueda_oruga	4
2	Oruga	2
3	Rotopercutor	1
4	Cilindro_soporte_rotpercutor	1
5	Soporte_cilindro	4
6	Piston_soporte	1
7	Eje_guia	2
8	Chasis	1
9	Soporte_chasis	1
10	Cilindro_eje_guia	2
11	Sujetador_de_guia	1
12	Sujetador_movil	1
13	Eslabon_de_trapezio	4
14	Cilindro_eje_guia_interm	2
15	Refuerzo_transversal	1
16	Cuerpo_cil_levante	1
17	Piston_cil_levante	1
18	Pin_D20mm	10
19	Contrapeso_plataforma	1

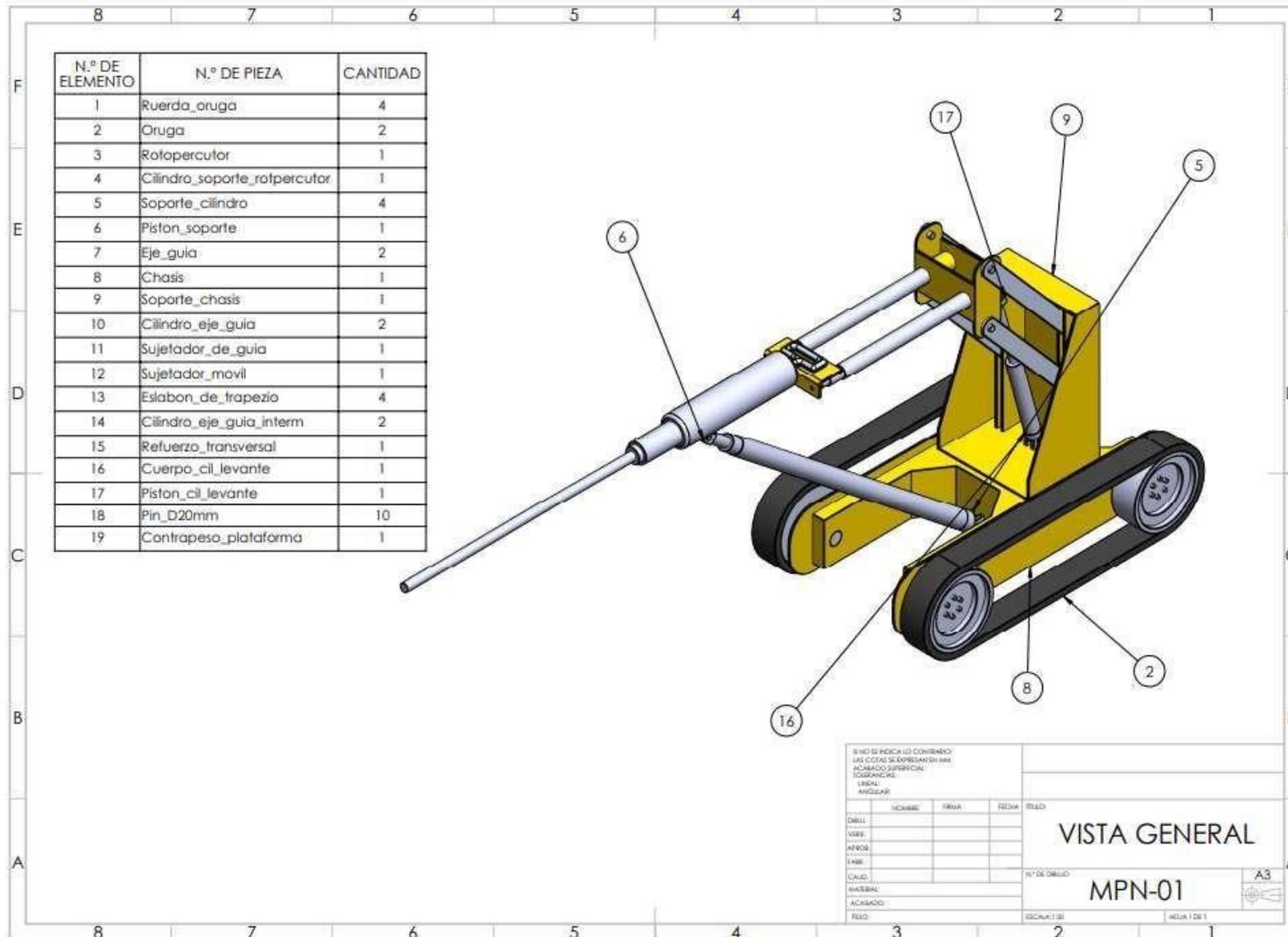
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 ELABORACION:
 LINEA:
 ANGULO:

NO.	NOMBRE	FECHA	FECHA	FECHA

DISEÑO: _____
 VISE: _____
 APROB: _____
 FABR: _____
 CAUD: _____
 ANALES: _____
 ACABADO: _____
 PECO: _____

VISTA EXPLOSIONADA
MPN-00

A3
 ESCALA: 1:20 HOJA 1 DE 1



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Rueda_oruga	4
2	Oruga	2
3	Rotopercutor	1
4	Cilindro_soporte_rotpercutor	1
5	Soporte_cilindro	4
6	Piston_soparte	1
7	Eje_guia	2
8	Chasis	1
9	Soporte_chasis	1
10	Cilindro_eje_guia	2
11	Sujetador_de_guia	1
12	Sujetador_movil	1
13	Eslabon_de_trapezio	4
14	Cilindro_eje_guia_intern	2
15	Refuerzo_transversal	1
16	Cuerpo_cil_levante	1
17	Piston_cil_levante	1
18	Pin_D20mm	10
19	Contrapeso_plataforma	1

B. MED. DE PUNTA (O) CONTRAVO
 LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
 ACABADO SUPERFICIAL:
 TORNEADO: Ra
 LIMA: Ra
 ANILAR: Ra

NO.	NOMBRE	FIRMA	FECHA	SECCION

VISTA GENERAL
MPN-01
 A3
 ESCALA: 1:1
 HOJA 1 DE 1



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, INCISO VASQUEZ JORGE ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de maquina percutora neumática para trabajos en socavón estrecho en la empresa Proyectos y Construcciones R&R SAC", cuyo autor es NARANJO MURCIA YORMAN ALBERTO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 01 de Agosto del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
INCISO VASQUEZ JORGE ANTONIO DNI: 18072601 ORCID: 0000-0001-8798-1283	Firmado electrónicamente por: JINCISO el 02- 08- 2022 07:58:02

Código documento Trilce: TRI - 0384380