

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**  
**BENEDICTO XVI**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**DISEÑO DE MALLA DE PERFORACIÓN Y VOLADURA PARA  
MEJORAR LOS AVANCES POR DISPARO DE UNA MINA  
SUBTERRÁNEA DEL DISTRITO DE HUAYLLAY, 2021.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL EN  
INGENIERO DE MINAS**

**AUTOR**

Br. Jehn Marco Marcelo Valverde

**ASESOR**

Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Procesos y tecnología

**TRUJILLO - PERÚ**

**2021**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**Mons. Dr. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.**

Arzobispo Metropolitano de Trujillo  
Fundador y Gran Canciller de la Universidad  
Católica de Trujillo - Benedicto XVI

**R.P. Fray Dr. Juan José Lydon Mc Hugh, OSA**

Rector de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI

**Dra. Silvia Ana Valverde Zavaleta**

Vicerrectora académica

**Dr. Francisco Alejandro Espinoza Polo**

Vicerrector de Investigación

**Mg. Edwar Glorimer Luján Segura**

Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura

**Mg. José Andrés Cruzado Albarrán**

Secretario General

## **PÁGINA DE JURADO**

---

Mg. Ing. Fernando Saldaña Milla

**PRESIDENTE**

---

Mg. Ing. Estuardo Bravo Asanza

**SECRETARIO**

---

Mg. Ing. John Bejarano Guevara

**SECRETARIO**

## **Página de conformidad del asesor**

Yo, Bejarano Guevara John Piter, con DNI N° 41520959, asesor de la Tesis de pre grado titulada:

“Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar los avances por disparo de una mina subterránea del distrito de Huayllay, 2021”; presentado por el bachiller: Jehn Marco Marcelo Valverde, con DNI N° 71419777, informo lo siguiente:

En mi calidad de asesor, me permito conceptuar que la tesis reúne los requisitos técnicos, metodológicos y científicos exigidos según las normas establecidas en el reglamento de la Universidad Católica de Trujillo – Benedicto XVI.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación está en condiciones para su presentación y defensa ante un jurado.

Trujillo, 07 de octubre de 2021



---

**Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara**

**Asesor**

## **Dedicatoria**

Mi especial gratitud a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de la carrera de mi vida por ser mi fortaleza en momentos de debilidad.

A toda mi familia y sobre todo a mis amados padres Juan Javier Marcelo Orbegoso y Santos Anastacia Valverde Arenas y a mi hermano Brandon Marcelo Valverde, quienes a lo largo de mi formación universitaria me dieron siempre el respaldo moral necesario para poder tener una formación académico en todo momento.

## **Agradecimiento**

A la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, a mi Facultad de Ingeniería y Arquitectura, y sobre todo a la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas y a todos los valiosos docentes por ser parte de las enseñanzas y consejos impartidos durante mi etapa de formación universitaria.

Al Mg. Ing. John Piter Bejarano Guevara por la asesoría en la realización de esta investigación.

## **Declaratoria de autenticidad**

Yo, Jehn Marco Marcelo Valverde con DNI 71419777, egresado del Programa de Estudios de Ingeniería de minas de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, doy fe que he seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, para la elaboración y sustentación del informe de tesis titulado: “Diseño de malla de perforación y voladura para mejorar los avances por disparo de una mina subterránea del distrito de Huayllay, 2021”, el cual consta de un total de 80 páginas, en las que se incluye 17 tablas y 7 figuras, más un total de 27 páginas en anexos.

Dejo constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaro bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento, corresponde a mi autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizo que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de mi entera responsabilidad.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 17 %, el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.



*El autor*

---

Jehn Marco Marcelo Valverde

DNI 71419777

## Índice de contenido

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS .....	ii
PÁGINA DE JURADO .....	iii
Página de conformidad del asesor .....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento .....	vi
Declaratoria de autenticidad .....	vii
Índice de contenido.....	viii
Índice de figuras .....	xi
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
<b>I. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general .....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Formulación de objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos .....	2
1.4. Justificación de la investigación .....	3
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes de la investigación.....	4
2.2. Bases teórico científicas .....	5
2.3. Definición de términos básicos.....	11
2.4. Formulación de la hipótesis .....	12
2.4.1. Hipótesis general .....	12



2.4.2. Hipótesis específicas.....	13
2.5. Operacionalización de variables .....	13
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo de investigación.....	15
3.2. Métodos de investigación .....	15
3.3. Diseño de investigación .....	15
3.4. Población, muestra y muestreo. ....	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recojo de datos.....	16
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	17
3.7. Ética investigativa.....	17
IV. RESULTADOS .....	18
4.2. Discusión de resultados .....	45
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50
ANEXOS.....	54

## Índice de tablas

<b>Tabla 2.1.</b> <i>Coeficiente de acuerdo al tipo de roca y distancia entre taladros</i> .....	10
<b>Tabla 2.2.</b> <i>Operacionalización de variables</i> .....	14
<b>Tabla 4.1.</b> <i>Geología regional</i> .....	18
<b>Tabla 4.2.</b> <i>Parámetros de perforación</i> .....	23
<b>Tabla 4.3.</b> <i>Parámetros de voladura</i> .....	23
<b>Tabla 4.4.</b> <i>Parámetros de perforación</i> .....	24
<b>Tabla 4.5.</b> <i>Datos de la sección</i> .....	25
<b>Tabla 4.6.</b> <i>Cálculos de áreas por secciones</i> .....	26
<b>Tabla 4.7.</b> <i>Diseño de arranque</i> .....	30
<b>Tabla 4.8.</b> <i>Cálculos de distribución</i> .....	30
<b>Tabla 4.9.</b> <i>Carga del pozo con emulsión Emulex 65</i> .....	33
<b>Tabla 4.10.</b> <i>Carga del pozo de emulsión Emulex 45</i> .....	34
<b>Tabla 4.11.</b> <i>Modelos de carga unitaria de cada uno de los taladros</i> .....	34
<b>Tabla 4.12.</b> <i>Secuencia de salida de los taladros</i> .....	37
<b>Tabla 4.13.</b> <i>Eficiencia de la malla de perforación y voladura</i> .....	40
<b>Tabla 4.14.</b> <i>Costos de la malla simulada 4.0 x 4.0 - jumbo</i> .....	41
<b>Tabla 4.15.</b> <i>Costos de la malla actual 4.0 x 4.0 - jumbo</i> .....	43

## Índice de figuras

<b>Figura 4.1.</b> Malla actual usada en la mina subterránea en estudio .....	22
<b>Figura 4.2.</b> Sección de la labor .....	25
<b>Figura 4.3.</b> Diseño de malla de perforación .....	31
<b>Figura 4.4.</b> Modelos de explosivos cargados en el software .....	32
<b>Figura 4.5.</b> Modelos de carga de taladros .....	33
<b>Figura 4.6.</b> Distribución de los tiempos de retardos en la malla. ....	37
<b>Figura 4.7.</b> Distribución de energía .....	39

## RESUMEN

El actual informe de investigación asumió como propósito realizar el diseño de una malla de perforación y voladura con el fin de mejorar los avances por disparo de una mina subterránea del distrito de Huayllay. Para la realización de este informe se consideró una población conformada por 2 unidades mineras ubicadas en la provincia de Cerro de Pasco, la muestra es no probabilística y está compuesta por una mina perteneciente al distrito de Huayllay, y el muestreo está constituido por la Galería María 320 NW, con una sección de 4 m x 4 m, desarrollado en roca suave, en la mina del distrito de Huayllay, además se desarrolló un trabajo investigativo de tipo aplicada y un diseño cuantitativo Pre experimental. Por otro lado, en el procesamiento de información se hicieron uso de métodos analíticos y técnicas de observación y análisis documental, con sus concernientes instrumentos, como son las guías de observación y guía de análisis documental, asimismo se utilizó el programa Excel y el software I-Blast como herramientas para el análisis y generación de resultados. Finalmente, los resultados obtenidos arrojaron un rendimiento de avance de 91 % con la malla actual, mientras que al realizar la simulación de voladura en el software I-Blast con la malla de perforación diseñada mediante el método de Holmberg, se obtiene un rendimiento del avance de 95 %, alcanzando una longitud de avance de 3,66 m, en comparación a la malla actual de la mina que tiene un avance de 3,50 m por disparo, logrando reducir los costos en \$ 8,21 por metro lineal disparado y aumentando el avance por disparo en 4,37 %.

**Palabras clave:** Diseño de malla, método de Holmberg, avance por disparo.

## ABSTRACT

The current investigation report assumed the purpose of designing a drill and blast mesh in order to improve the progress per shot of an underground mine in the Huayllay district. For the realization of this report, a population made up of 2 mining units located in the province of Cerro de Pasco was considered, the sample is non-probabilistic and is made up of a mine belonging to the district of Huayllay, and the sample is made up of Galería María 320 NW, with a section of 4 mx 4 m, developed in soft rock, in the Huayllay district mine, an applied research work and a pre-experimental quantitative design were also developed. On the other hand, in the information processing, analytical methods and techniques of observation and documentary analysis were used, with their relevant instruments, such as observation guides and document analysis guide, as well as the Excel program and the software I -Blast as tools for the analysis and generation of results. Finally, the results obtained yielded an advance performance of 91% with the current mesh, while when performing the blast simulation in the I-Blast software with the drilling mesh designed using the Holmberg method, an advance performance is obtained. of 95%, reaching an advance length of 3.66 m, compared to the current mesh of the mine, which has an advance of 3.50 m per shot, reducing costs by \$ 8.21 per linear meter shot and increasing advance per shot by 4.37%.

**Keywords:** Mesh design, Holmberg method, shot advance.