

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Implementación de aplicación móvil libre para el cálculo de los  
parámetros en el proceso de perforación, carguío y voladura**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero de Minas**

**Autor:**

**Bach. Ayrton Brian ESTRADA LEÓN**

**Asesor:**

**Mg. Edwin Elias SÁNCHEZ ESPINOZA**

**Cerro de Pasco - Perú - 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**



**T E S I S**

**Implementación de aplicación móvil libre para el cálculo de los  
parámetros en el proceso de perforación, carguío y voladura**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ  
PRESIDENTE

---

Ing. Toribio GARCÍA CONTRERAS  
MIEMBRO

---

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA  
MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado primordialmente a Dios por la bendición de poder alcanzar las metas trazadas.

A mis querido padres: María del Rosario y Víctor, por su incondicional apoyo, por ellos que siempre me alentaron a poder realizar el presente trabajo

A mi hermano Charlie por ser el guía de mi profesión y por ser el motivo de haber culminado la hermosa profesión de ingeniería de minas.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión que hizo posible mi formación académica.

A los catedráticos de la Facultad de Ingeniería de Minas quienes compartieron sus enseñanzas y me dieron las herramientas para poder triunfar.

A los ingenieros y colaboradores de la empresa Chang Asociados S.A.C., por haber permitido realizar los estudios en sus operaciones, haber compartido la información y su valioso tiempo.

Particularmente agradezco al Mg . Edwin SANCHEZ ESPINOZA por su apoyo incondicional, paciencia y enseñanza.

## RESUMEN

Mi tesis de investigación que tiene como título:

“IMPLEMENTACIÓN DE APLICACIÓN MÓVIL LIBRE PARA EL CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS EN EL PROCESO DE PERFORACIÓN, CARGUÍO Y VOLADURA”, plantea como objetivo principal acceder de forma “rápida y sencilla a los cálculos de parámetros de voladura” con el uso de aplicativos móviles en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí – Bolivia.

como hipótesis principal propone: la factibilidad de acceso de “forma rápida y sencilla a los cálculos de parámetros de voladura” con el uso de aplicativos móviles en la Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí – Bolivia, Las variables identificadas son **Variable Independiente** Implementación de aplicación móvil **Variable Dependiente** acceso de “forma rápida y sencilla a los de parámetros de voladura

Respecto a la metodología, la investigación realizada es aplicada, y el diseño es de tipo no experimental y dentro de la técnica utilizada tenemos, La observación y la recopilación documental.

Dentro de los Métodos de investigación Se empleará el método científico, apoyado en los métodos deductivo y análisis.

Como conclusiones principales se arribaron a:

- La aplicación presenta ciertas diferencias en los cálculos de diseño, esto debido a que no siempre el cálculo que se ejecuta se efectúa de manera eficiente, para lo cual se requiere revisar la programación de la aplicación en los cálculos de factor de carga.

- Estas pruebas se realizaron antes de realizar los trabajos en campo, por motivos de calidad y con las diferencias mostrados, no se procedió con la ejecución de los parámetros obtenidos por la aplicación.

- Las condiciones óptimas que se ha de considerar tienen que ser menor al 10%, para tener cierta aceptabilidad, en el diseño.

- La aplicación no tiene la calidad de resultado de un software profesional, sin embargo, ayuda en la ejecución de trabajos en campo, sin la necesidad de un software, con una actualización corrigiendo los errores, se tendrá una mayor precisión y factibilidad para su uso.

**Palabras claves:** Aplicación móvil, parámetros de voladura, aplicativo móvil Blastpro, teléfono móvil.

## ABSTRACT

My research thesis that has as title:

“IMPLEMENTATION OF A FREE MOBILE APPLICATION FOR THE CALCULATION OF THE PARAMETERS IN THE PROCESS OF DRILLING, LOADING AND BLASTING”, states as its main objective to access “quickly and easily the calculations of blasting parameters” with the use of mobile applications in the - Company Chang Associates S.A.C. - Chiquihuata - Potosi - Bolivia.

As a main hypothesis, it proposes: the feasibility of access "quickly and easily to the calculations of blasting parameters" with the use of mobile applications in the Company Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí – Bolivia, The variables identified are Independent Variable Implementation of mobile application Dependent Variable access “quickly and easily to the blasting parameters

Regarding the methodology, the research carried out is applied, and the design is non-experimental and within the technique used we have, Observation and documentary collection.

Within the Research Methods The scientific method will be used, supported by deductive methods and analysis.

As main conclusions were reached:

- The application presents certain differences in the design calculations, this is due to the fact that the calculation that is executed is not always carried out efficiently, for which it is necessary to review the application programming in the load factor calculations.

- These tests were carried out before carrying out the work in the field, for quality reasons and with the differences shown, the parameters obtained by the application were not executed.

- The optimal conditions to be considered must be less than 10%, to have a certain acceptability, in the design.

- The application does not have the quality of the result of a professional software; however, it helps in the execution of work in the field, without the need for software, with an update correcting the errors, it will have greater precision and feasibility for its use.

**Keywords:** Mobile application, blasting parameters, Blastpro mobile application, mobile phone.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso del dispositivo móvil es casi universal, la presencia de estos dispositivos es hoy tan importante que incluso algunos pronostican el fin de los ordenadores personales, mientras los dispositivos móviles incrementan su potencia, prestaciones, caben en el bolsillo, poseen gran portabilidad, son flexibles, son programables, fácil de manejo.

Teniendo en cuenta estas características y la tecnología existente planteamos la presente investigación sobre el uso de los aplicativos móviles Blastpro, para el cálculo de los parámetros en el proceso de perforación, carguío y voladura a cielo abierto; este aplicativo supone un paso más en nuestra estrategia de digitalización, de la captura, análisis y explotación de los datos que se generan en las operaciones. El objetivo era crear una herramienta fácil de utilizar, que incorporase todos los cálculos y datos más frecuentes que un personal dedicado a la perforación y voladura puede necesitar en una operación para realizar una voladura eficiente y, sobre todo, segura.

En lo referido al desarrollo de la investigación, se realizó por capítulos de la siguiente manera:

El capítulo I trata sobre el planteamiento del estudio que abarca el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

En cuanto al Capítulo II, se analiza el Marco Teórico comparando los antecedentes nacionales sobre el uso de aplicativos móviles que se lleva a cabo en las diferentes empresas mineras Se plantea las bases teóricas sobre dispositivos móviles, culminando con la terminología usada a lo largo de la investigación.

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología empleada en lo referente a, al método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV mostramos los Resultados obtenidos a lo largo de la investigación realizada. Sobre la aplicación del dispositivo móvil en la mina, en lo referente a la perforación y voladura

Finalizando con las conclusiones y recomendaciones.

También se encontrarán las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	2
1.2.1. Delimitación espacial .....	2
1.2.2. Delimitación temporal .....	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema General.....	2
1.3.2. Problema Específicos .....	3
1.4. Formulación de Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Justificación de la investigación. ....	3
1.5.1. Importancia y Alcances de la Investigación.....	4
1.6. Limitaciones de la investigación .....	4

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	5
2.2. Bases teóricas – científicas.....	7
2.2.1. Dispositivos electrónicos móviles.....	7
2.2.2. Características generales de los dispositivos móviles.....	7
2.2.3. Tipos de dispositivos móviles.....	8
2.2.4. Aplicaciones para móviles (App):.....	9
2.3. Definición de términos básicos.....	10
2.4. Formulación de la hipótesis.....	12
2.4.1. Hipótesis General .....	12
2.4.2. Hipótesis específicas .....	12
2.5. Identificación de variables .....	12
2.5.1. Variables para la hipótesis general .....	12
2.5.2. Variables para la hipótesis específicas .....	12
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.....	13

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación .....	14
3.2. Nivel de investigación .....	14
3.3. Métodos de investigación.....	14
3.4. Diseño de investigación .....	15
3.5. Población y muestra.....	15

3.5.1. Población.....	15
3.5.2. Muestra .....	15
3.6.1. Técnicas .....	15
3.6.2. Instrumentos.....	16
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	16
3.8. Tratamiento estadístico.....	16
3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.....	16

## CAPITULO IV

### PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Descripción del trabajo en campo .....	17
4.1.1. Ubicación geográfica .....	17
4.1.2. Accesibilidad.....	17
4.1.3. Área de trabajo .....	19
4.1.4. Método de explotación.....	19
4.1.5. Perforación .....	19
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	24
4.2.1. Desarrollo de la aplicación BLASTPRO.....	24
4.2.2. Consideraciones previas.....	24
4.2.3. Aplicación propuesta .....	25
4.2.4. Herramientas de desarrollo:.....	25
4.2.5. Seguridad del usuario:.....	26
4.2.6. Requisitos:.....	26
4.2.7. Tecnologías:.....	26

4.2.8. Codificación de la aplicación.....	29
4.2.9. Funcionamiento .....	31
4.3. Prueba de Hipótesis.....	39
4.3.1. Componentes de aplicativo BLASTPRO.....	39
4.3.2. Parámetros de la perforación y voladura con el BLASTPRO .....	40
4.4. Discusión de resultados .....	65
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS:	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores.....	13
Tabla 2 Accesibilidad opción 1.....	17
Tabla 3 Accesibilidad opción 2.....	18
Tabla 4 Características de los equipos de perforación.....	22
Tabla 5 Tiempo de retraso de fragmentación máximo.....	55
Tabla 6 Factor de roca.....	63
Tabla 7 Información de campo.....	66
Tabla 8 Resultados de taladros de producción.....	69
Tabla 9 Información de campo taladros de pre-corte.....	70
Tabla 10 Resultados para taladros de PRE – CORTE.....	73
Tabla 11 Resultados de taladros de producción y de pre-corte.....	75
Tabla 12 Información de campo Taladros de producción.....	76
Tabla 13 Resultados para taladros de Producción.....	79
Tabla 14 Información de campo de taladros de Buffer.....	80
Tabla 15 Resultados para taladros de buffer.....	83
Tabla 16 Información de campo taladros de pre-corte.....	84
Tabla 17 Resultados para taladros de Pre-corte.....	87
Tabla 18 Resultados de taladros de producción.....	89
Tabla 19 Resultados de taladros de Buffer.....	89
Tabla 20 Resultados de taladros de Pre-corte.....	90
Tabla 21 Información de campo taladros de producción.....	91
Tabla 21 Resultados para taladros de producción.....	94

Tabla 22 Información de campo taladros Buffer .....	95
Tabla 23 Resultados para taladros de buffer.....	98
Tabla 24 Resultados de taladros de producción .....	100
Tabla 25 Resultados de taladros de Buffer .....	100



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la mina.....	18
Figura 2 Equipo de perforación Track Drill .....	20
Figura 3 Equipo de perforación DX 700 .....	20
Figura 4 Equipo de perforación DX 800 .....	21
Figura 5 Equipo de perforación DP 1500 .....	21
Figura 6 Malla de perforación con el simulador JKSimblast N° 26 .....	22
Figura 7 Malla de perforación con el simulador JKSimblast N° 56 .....	23
Figura 8 Malla de perforación con el simulador JKSimblast N° 78 .....	23
Figura 9 Línea de tiempo de las versiones del SO Android.....	26
Figura 10 Lenguajes de programación más usados.....	27
Figura 11 Android Studio ejecutando una aplicación.....	28
Figura 12 Acelerómetro con sus respectivos ejes .....	29
Figura 13 Capturar de código de la aplicación 1 .....	29
Figura 14 Capturar de código de la aplicación 2 .....	30
Figura 15 Código fuente de la clase de calculo.....	30
Figura 16 Algoritmo de una fórmula de calculo .....	31
Figura 17 Ventana principal .....	32
Figura 18 Lista de Formulas .....	32
Figura 19 Ventana Conversión.....	33
Figura 20 Ventana vibrometro.....	33
Figura 21 Lista de Tipos de conversión.....	34
Figura 22 Ventana de cálculo de una formula.....	34

Figura 23 Ventana ayuda de formula .....	35
Figura 24 Lista de Tipos de conversión.....	35
Figura 25 Ventana de conversión .....	36
Figura 26 Ventana de conversión .....	36
Figura 27 Ventana de inicio .....	37
Figura 28 Medición en ejecución.....	37
Figura 29 Reporte de la medición .....	38
Figura 30 Reporte de vibrometro .....	38
Figura 31 Reporte del Sonómetro .....	39
Figura 32 Obtención del Burden .....	66
Figura 33 Obtención del Espaciamiento.....	67
Figura 34 Obtención de la sobre-perforacion .....	67
Figura 35 Obtención del Taco superior .....	68
Figura 36 Obtención del Volumen de roca por taladro .....	68
Figura 37 Obtención de Factor de Carga .....	69
Figura 38 Burdel de taladros de pre-corte .....	70
Figura 39 Espaciamiento de taladros de pre-corte .....	71
Figura 40 Sobre-perforacion de taladros de pre-corte.....	71
Figura 41 Taco Superior de taladros de pre-corte .....	72
Figura 42 Volumen de roca de taladros de pre-corte .....	72
Figura 43 Factor de carga de taladros de pre-corte .....	73
Figura 44 Diseño de carga de taladros de voladura .....	74
Figura 45 Burden de taladros de producción.....	76

Figura 46 Espaciamiento de taladros de producción.....	77
Figura 47 Sobre perforación de taladros de producción.....	77
Figura 48 Taco Superior de taladros de producción.....	78
Figura 49 Taco intermedio de taladros de producción.....	78
Figura 50 Factor de Carga de taladros de producción .....	79
Figura 51 Burden de taladros de taladros de Buffer.....	80
Figura 52 Espaciamiento de taladros de taladros de Buffer .....	81
Figura 53 Sobre-perforacion de taladros de taladros de Buffer .....	81
Figura 54 Taco superior de taladros de taladros de Buffer.....	82
Figura 55 Taco Intermedio de taladros de taladros de Buffer.....	82
Figura 56 Factor de Potencia de taladros de taladros de Buffer.....	83
Figura 57 Burden de taladros de pre-corte.....	84
Figura 58 Espaciamiento de taladros de pre-corte .....	85
Figura 59 Sobre-perforacion de taladros de pre-corte.....	85
Figura 60 Taco Superior de taladros de pre-corte.....	86
Figura 61 Taco Intermedio de taladros de pre-corte.....	86
Figura 62 Factor de Carga de taladros de pre-corte.....	87
Figura 63 Diseño de carga de taladros de voladura .....	88
Figura 64 Burden taladros de producción .....	91
Figura 65 Espaciamiento taladros de producción.....	92
Figura 66 Sobre-perforacion taladros de producción.....	92
Figura 67 Taco Superior taladros de producción.....	93
Figura 68 Taco intermedio taladros de producción.....	93

Figura 69 Factor de Carga taladros de producción .....	94
Figura 70 Burden taladros de Buffer .....	95
Figura 71 Espaciamiento taladros de Buffer.....	96
Figura 72 Sobre-perforacion taladros de Buffer .....	96
Figura 73 Taco Superior taladros de Buffer.....	97
Figura 74 Taco Intermedio taladros de Buffer .....	97
Figura 75 Factor de carga taladros de Buffer .....	98
Figura 76 Diseño de carga de taladros de voladura .....	99

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

Teniendo en cuenta que en todo tipo de negocio pequeño o grande y en sus diferentes etapas o procesos se puede hacer uso de tecnología de la información, tecnologías simples como complejas, en el caso de la minería donde se tiene empresas de todo tamaño el empleo de la tecnología de la información está bastante difundido.

Hoy en día el proceso de perforación y voladura no solo es aplicado a la industria minera, sino también a otros tipos de industria como civiles, geológicos, etc. Donde es fundamental la información técnica de este proceso, para todas las personas que quieran adentrarse a este mundo de la perforación y voladura.

Por otro lado, la tecnología avanza a pasos agigantados y se diversifica en diferentes industrias, ya que ayudan de cierta manera en los procesos de producción, optimizando el tiempo, reduciendo costos, prediciendo posibles escenarios y tomando datos reales de campo lo cual ayuda a una mejora continua.

Teniendo diversas dificultades, principalmente en este proceso como lo siguientes factores:

Comunitarios: Las relaciones comunitarias afectan mucho hoy en día, teniendo como fundamento el malestar de la población al realizar el proceso de perforación y voladura, como el ruido, las vibraciones, el polvo, las rocas proyectadas (fly rocks).

Económicos: Como es de saber todo proceso tiene un costo, el cual debe ser controlado y usado de la mejor manera posible, al realizar un proceso de calidad, cantidad y sobre todo seguro.

Naturales: La geología del terreno, en el Perú la geología es muy diversificada, las condiciones del macizo rocoso pueden cambiar en cualquier momento, las muestras tomadas en sí, no representan en su totalidad de la geología del terreno.

Tiempo: En la mayoría de trabajos de perforación y voladura, el tiempo es muy fundamental para toda la cadena de valor, ya que se tiene que cumplir con los trabajos programados y así no afectar a los trabajos de producción.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

El presente trabajo de investigación se realizó en la Mina Santa Elena Pallan – Chiquihuta – Potosí – Bolivia.

### **1.2.2. Delimitación temporal**

El tiempo de realización de la investigación es de un año: junio de 2017 – mayo de 2018

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema General**

¿De qué manera se puede acceder de “forma rápida y sencilla a los cálculos de parámetros de voladura” con el uso de aplicativos móviles en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí - Bolivia?

### **1.3.2. Problema Específicos**

- a) ¿Qué parámetros de voladura se puede realizar de “forma rápida y sencilla con el uso de aplicativos móviles” en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí - Bolivia?
- b) ¿Cómo podemos evaluar los resultados de una voladura en forma rápida y sencilla con el uso de aplicativos móviles en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí - Bolivia?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Acceder de forma “rápida y sencilla a los cálculos de parámetros de voladura” con el uso de aplicativos móviles en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí - Bolivia.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a) Determinar los parámetros de voladura que se puede realizar de “forma rápida y sencilla” con el uso de aplicativos móviles en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí – Bolivia.
- b) Evaluar los resultados de una voladura en forma rápida y sencilla con el uso de aplicativos móviles en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí – Bolivia.

## **1.5. Justificación de la investigación.**

La justificación de la investigación lo vemos desde los siguientes puntos:

- “Desde el punto de vista práctico, que al ser analizados mediante una estadística de datos se pudo evaluar la eficiencia y la eficacia de la utilización del aplicativo móvil aplicadas a las unidades de producción minera”.
- “Desde el punto de vista teórico, esta investigación generó reflexión y discusión tanto sobre el conocimiento existente del área investigada, como dentro del ámbito de las tecnologías de información”.

- “Desde el punto de vista metodológico, esta investigación está generando el análisis descriptivo y confiable dentro del proceso de explotación como guía de los diferentes usuarios, enmarcados de la industria minera”.

Por tanto, la investigación presentada es una herramienta que nos puede ayudar a poder enfrentar las dificultades que se presentan en este proceso de la perforación y voladura.

#### **1.5.1. Importancia y Alcances de la Investigación**

La investigación será de gran importancia porque nos permitirá digitalizar los datos, capturarlos, analizarlos y aplicar los datos que podemos generar en las operaciones que realizamos. “Permitiéndonos crear una herramienta fácil de utilizar, y que incorporase todos los cálculos y datos más frecuentes que un perforista puede necesitar en una operación para realizar una voladura eficiente y, sobre todo, segura”. Esta investigación pondrá a disposición de cualquiera una parte del conocimiento que podemos generar y que se puedan ir acumulando a lo largo de las operaciones que se desarrollen.

Por tanto, la investigación presentada es una herramienta que nos puede ayudar a poder enfrentar las dificultades que se presentan en este proceso de la perforación y voladura.

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

Las limitaciones que se podría encontrar en el desarrollo podrían ser del tiempo de duración de la investigación. En la parte económica se recibió el apoyo de la EMPRESA CHANG ASOCIADOS S.A.C.

Hubo limitación en cuanto a la bibliografía referente al tema.



## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio.**

Habiendo realizado una revisión e investigación sobre la implementación sobre tecnologías de información en la industria minera, encontramos que hay poca información sobre estos temas en las minas; considerando que los avances tecnológicos de los aplicativos móviles van implementándose con el transcurrir de los años.

Podemos mencionar algunos antecedentes.

##### **Primer antecedente**

La empresa (MAXAM, 2019) indica que el software XX – BLASTERGUIDE nos ayuda a calcular los parámetros de perforación y voladura en forma rápida y sencilla, además cuenta con funciones de seguridad en voladura, carguío de explosivos.

Es una herramienta gratuita y se puede descargar la aplicación, usándose en todo tipo de Androide o IOS, son fácil de usar.

##### **Segundo antecedente**

En la tesis “elaboración de software aplicativo en dispositivo móvil para el diseño y rediseño de parámetros de perforación y voladura y análisis de resultados en operación de minería superficial, mina las bambas” de (RIVERA,

2021) indica como objetivo el desarrollar un software para dispositivos androide para diseñar parámetros de perforación y voladura controlada

Como conclusión dice.

El software ADN VOLADURA presenta resultados bastante semejantes a los hallados en los cálculos realizados por la empresa, es una herramienta bastante sencillo flexible, se puede actualizar y generar simulaciones.

Su uso está diseñado para celulares inteligentes, modernos, los parámetros generados deben ser bien analizados, bien interpretados para no tener problemas de aplicación y también los datos se puede actualizar constantemente.

### **Tercer antecedente**

En la siguiente tesis “tablas dinámicas para optimizar toma de decisiones en perforación y voladura en Consorcio Minero Horizonte S.A.” de (ROMERO, 2016) tiene como objetivo el usar tablas dinámicas para optimizar las operaciones de perforación y voladura en la Empresa Minera Horizonte.

Como conclusión se tiene.

Con las tablas dinámicas se pueden tomar decisiones en tiempo real, y poder manejar más de 600 datos

Las tablas dinámicas permiten optimizar varios parámetros de perforación y voladura como calidad de explosivo, costos.

### **Cuarto antecedente**

La tesis “Gestión para la optimización del proceso de perforación y voladura para incrementar el avance por disparo en las labores de la unidad minera Carahuacra - Volcán Compañía Minera S.A.A, a través de la aplicación del método de mejora continua PDCA” de (INFANTAS, 2021) su objetivo plantea. Optimizar la perforación y voladura para mejorar el avance por disparo en la mina Carahuacra.

Como conclusión manifiesta.

Teóricamente se puede obtener un ahorro mensual de más de 50,000 \$ al tener un avance de 3.5 m.

Las mejoras que se realizó contienen aspectos humanos, técnicos, de gestión lo cual trajo un aumento en el avance por disparo de 3.00 m a 3.53 significando un 14.7 % mas

Se logro mejorar la malla de perforación, logrando estandarizar y reduciendo de 38.59 a 33.28 kg/m el consumo de explosivo

Los costos se redujeron significativamente por los controles realizados logrando bajar de 146 Soles a 65 soles lo que significa un 55 % menos.

## **2.2. Bases teóricas – científicas.**

Las bases teóricas que seleccionamos para el estudio, fueron seleccionados teniendo en cuenta las variables

### **2.2.1. Dispositivos electrónicos móviles**

“Un dispositivo móvil se puede definir como un aparato de pequeño tamaño, con algunas capacidades de procesamiento, con conexión permanente o intermitente a una red, con memoria limitada, que ha sido diseñado específicamente para una función, pero que puede llevar a cabo otras funciones más generales” (VALDEZ, 2014)

### **2.2.2. Características generales de los dispositivos móviles**

Una gran cantidad de equipos móviles tienen las mismas características como se menciona en:

“dispositivos electrónicos se clasifican actualmente como dispositivos móviles, desde teléfonos hasta Tablet, pasando por dispositivos como lectores de RFID. Con tanta tecnología clasificada como móvil, puede resultar complicado determinar cuáles son las características de los dispositivos móviles

A continuación, detallamos las características esenciales que tienen los dispositivos móviles:

Son aparatos pequeños

La mayoría de estos aparatos se pueden transportar en el bolsillo del propietario o en un pequeño bolso

Tienen capacidad de procesamiento

Tienen conexión permanente o intermitente a una red

Tienen memoria (RAM, tarjetas MicroSD, flash, etc.)

Normalmente se asocian al uso individual de una persona, tanto en posesión como en operación, la cual puede adaptarlos a su gusto

Tienen una alta capacidad de interacción mediante la pantalla o el teclado” (MORILLO, 2015)

“En la mayoría de los casos, un dispositivo móvil puede definirse con cuatro características que lo diferencian de otros dispositivos que, aunque pudieran parecer similares, carecen de algunas de las características de los verdaderos dispositivos móviles” MORILLO, 2015)

Estas cuatro características son:

- 1) movilidad
- 2) tamaño reducido
- 3) comunicación inalámbrica
- 4) interacción con las personas”

### **2.2.3. Tipos de dispositivos móviles**

Existen diferentes tipos de dispositivos móviles, creados para cubrir diferentes funcionalidades.

**Teléfonos inteligentes o smartphones.** “Podemos decir que son como teléfonos móviles convencionales pero contruidos sobre una estructura informática móvil, que les proporciona mayor capacidad de almacenamiento y de procesamiento. Se asemejan bastante a un ordenador. Son usados a menudo tanto para el entretenimiento como herramientas de trabajo” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**Tabletas.** “Son ordenadores portátiles personales integrados en una pantalla táctil, con acceso a Internet y capacidad para ejecutar aplicaciones instaladas sobre un sistema operativo. Su manejo es fácil e intuitivo” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**Relojes inteligentes.** “Son relojes de pulsera que poseen funcionalidades como acceso a Internet, recibir llamadas o enviar mensajes” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**Reproductores digitales.** “Son dispositivos destinados a almacenar y reproducir archivos digitales como audio o vídeo”

**Cámaras.** “Dispositivos que permiten captar imágenes, audio y videos. Además, pueden tener capacidades de conectividad, que permiten enviar y compartir los archivos capturados” MORILLO, 2015)

**GPS.** “Son dispositivos que permiten a los usuarios determinar la posición de forma precisa de un vehículo o una persona que use este dispositivo” MORILLO, 2015)

**Ordenadores portátiles.** “Son ordenadores completos que, debido a su tamaño reducido y compacto, permiten su transporte y gracias a su batería, su uso mientras no esté conectado el cargador a la red eléctrica” (VALDEZ, 2014)

Además, podemos encontrar muchos otros dispositivos de acuerdo a las necesidades que requerimos.

#### **2.2.4. Aplicaciones para móviles (App):**

Se tiene una serie de aplicaciones para los diversos dispositivos móviles que se tiene en el mercado, pudiendo citar.

**Redes Sociales:** Como Facebook, Twitter, Instagram, etc. donde las personas pueden compartir, opiniones, imágenes, videos a todo el mundo

**Apps de ofimática:** Como google Docs, Excel, etc. Relativas a editar documentos o leerlos

**Apps de Edición multimedia:** Como Snapseed, Vivacut, etc. aplicaciones donde puedes editar fotos, videos, música, audio además de compartirlos

**Apps de cálculo:** Aplicativos donde se pueden hacer cálculos generales o especializadas a cada rama

**Apps de geolocalización:** Como Google Maps, Glovo, Uber, etc. Donde se puede ubicar sitios, calcular áreas, recorridos, etc. hacer comercio electrónico.

**Apps de Entretenimiento:** Como juegos, música, video, fotografía, etc

**Apps especializadas:** Dependiendo del sensor hay aplicativos que miden distancias, grabación, vibración, aceleración, etc” (VALDEZ, 2014)

### 2.3. Definición de términos básicos

#### **Aplicativo móvil**

“Diseñada para ser ejecutada en teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles. Las aplicaciones permiten al usuario efectuar un conjunto de tareas de cualquier tipo profesional, de ocio, educativas, de acceso a servicios, etc, facilitando las gestiones o actividades a desarrollar” MORILLO, 2015)

#### **Smartphones**

“Son los teléfonos inteligentes, teléfono móvil capaz de realizar funciones de una Agenda Electrónica (PDA)” MORILLO, 2015)

#### **Tablet**

“Es una computadora portátil de un tamaño poco mayor al de un Smartphone o de un PDA, integrado de una pantalla táctil para su uso primario” MORILLO, 2015)

#### **Sistema operativo para dispositivos móviles**

“Son el alma de los dispositivos móviles, estos sistemas controlan un dispositivo al igual que las versiones de PC. Son más simples, orientados a la conectividad inalámbrica” MORILLO, 2015)

**Palm OS**

“Sistema operativo desarrollado por Access Systems”

**Symbian**

“Sistema operativo desarrollado por varias empresas del sector (Nokis, Samsung, Sony Ericsson, LG, Motorola, Lenovo, etc)” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**Windows Mobile/Phone**

“Sistema operativo desarrollado por Microsoft” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**iOS**

Sistema operativo desarrollado por Apple

**Android**

“Sistema operativo desarrollado por Google” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**BlackBerry OS**

“Sistema operativo desarrollado por Research In Motion para BlackBerry” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**Redes sociales**

“Son comunidades virtuales, es decir, son plataformas en donde las personas se agrupan y se relacionan entre sí, compartiendo información y otros intereses comunes” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**Mensajería instantánea**

“Es un servicio de comunicación en tiempo real entre dispositivos, como computadoras, smartphones, Tablet” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

**WLAN**

“Es un sistema de comunicación de datos que puede concebirse como una extensión de la red LAN cableada dentro de una determinada zona de cobertura” (GOBIERNO DE NAVARRA, 2016)

## **2.4. Formulación de la hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Es factible el acceso de “forma rápida y sencilla a los cálculos de parámetros de voladura” con el uso de aplicativos móviles en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosi - Bolivia

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a) Los parámetros de voladura que se puede realizar de “forma rápida y sencilla” con el uso de aplicativos móviles son los mismos al usar una computadora normal, en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí – Bolivia.
- b) La evaluación de los resultados de una voladura en forma rápida y sencilla con el uso de aplicativos móviles se realizará mediante un diseño de voladura en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosí – Bolivia.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variables para la hipótesis general**

Acceso de “forma rápida y sencilla a los de parámetros de voladura”  
Implementación de aplicativo móvil.

### **2.5.2. Variables para la hipótesis específicas**

- Uso de forma rápida y sencilla los parámetros de voladura
- Evaluación de los resultados de una voladura.



## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

Tabla 1

Operacionalización de variables e indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCION	INDICADORES
<p><b>Variables para la hipótesis general</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Acceso de forma rápida y sencilla a los de parámetros de voladura</li> <li>-Implementación de aplicativo móvil.</li> </ul> <p><b>Variables para la hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Uso de forma rápida y sencilla los de parámetros de voladura</li> <li>-Evaluación de los resultados de una voladura.</li> </ul>	<p><b>Aplicativo móvil</b></p> <p>Diseñada para ser ejecutada en teléfonos inteligentes, tabletas y otros dispositivos móviles. Las aplicaciones permiten al usuario efectuar un conjunto de tareas de cualquier tipo profesional, de ocio, educativas, de acceso a servicios, etc, facilitando las gestiones o actividades a desarrollar.</p>	<p>Acceso de forma rápida y sencilla a los cálculos de parámetros de voladura con el uso de aplicativos móviles en la - Empresa Chang Asociados S.A.C. - Chiquihuata – Potosi - Bolivia</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Parámetros de perforación</li> <li>-Parámetros de voladura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- metros o pies</li> <li>- <math>\frac{tn}{m^3}</math></li> <li>- ms</li> <li>- %</li> <li>- <math>\frac{tn}{m}</math></li> </ul>

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

“El tipo de estudio de la presente Investigación es APLICADA”, como dice (TAMAYO Y TAMAYO, 2003) “Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías”

#### **3.2. Nivel de investigación**

“El nivel de la presente Investigación es APLICATIVO”, como se menciona anteriormente la investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías , como dice (TAMAYO Y TAMAYO, 2003) “Es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas.

#### **3.3. Métodos de investigación**

“A efectos de abordar todos los factores que intervienen en el problema” emplearemos el método científico, se empleó métodos. Como nos manifiesta (BERNAL, 2010) “El método científico se refiere al conjunto de procedimientos que, valiéndose de los instrumentos o técnicas necesarias, examinan y solucionan un problema o conjunto de problemas de investigación”

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño que utilizare en la investigación será el diseño no experimental transversal de acuerdo con (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014) “Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede”

### **3.5. Población y muestra**

La población está constituida por todo el personal de la Empresa Chang S.A.C. y mina Santa Elena que se encuentran laborando, para implementar una solución que ofrece proveer al usuario del aplicativo móvil.

#### **3.5.1. Población**

Para nuestro caso la población estará conformado por todas las labores que están en plena actividad de la Empresa Chang S.A.C. y mina Santa Elena, teniendo en cuenta que la población es “totalidad de un fenómeno de estudio, incluyendo la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse” (TAMAYO Y TAMAYO, 2003)

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra se elegirá por conveniencia de la investigación y constituyen tres labores del nivel 200, tajeo T50, T55, T60

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Las técnicas e instrumentos que se empleó en nuestra investigación fueron

#### **3.6.1. Técnicas**

“Las técnicas usadas en la presente investigación son los análisis de documentos, entrevistas, observación y medición”.

Según Oseda, Dulio (2008:127) la encuesta "es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador".

### **3.6.2. Instrumentos**

- Teléfono móvil o Tablet con sistema operativo Android, con la versión mínima 6.0.
- Teléfono móvil o Tablet con micrófono.
- Teléfono móvil o Tablet con acelerómetro.
- Teléfono móvil o Tablet con un tamaño de pantalla mínima de 4.5 pulgadas.
- Fichas de registro, comentario y de resumen.
- Sistema operativo Android
- La observación y evaluación.

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

- Discusión en talleres para esclarecer los problemas presentados.
- Registro de evaluación.
- Confección de cuadros para apreciar los resultados
- Codificación de la aplicación
- Cálculo, conversión, medición de sonido y vibración

### **3.8. Tratamiento estadístico**

El uso de la estadística será la estadística descriptiva para poder obtener los resultados

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.**

Nuestra investigación se desarrollará conservando rigurosamente los aspectos éticos tanto personal como del trabajo en conjunto esto es respeto a las personas, responsabilidad, honestidad, transparencia, confidencialidad.

**CAPITULO IV**  
**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

**4.1. Descripción del trabajo en campo**

**4.1.1. Ubicación geográfica**

El proyecto se encuentra ubicado en el distrito de CHIQUIHUTA en la provincia de RAFAEL BUSTILLO en el departamento de POTOSÍ-BOLIVIA.

**4.1.2. Accesibilidad**

El acceso a la obra se muestra en el presente cuadro con su respectivo recorrido, distancia, el medio y el tiempo realizado. Siendo este el medio de viaje más largo, pero más económico.

**primera opción**

**Tabla 2**

*Accesibilidad opción 1*

RECORRIDO	DISTANCIA	TRANSPORTE	TIEMPO
Lima – Juliaca.	1299 Km.	Vía aérea	Aérea (2 horas)
Juliaca – Puno.	42.8 Km.	Vía terrestre.	56 min.
Puno – La Paz –Oruro	444.4 Km.	Vía terrestre.	6h 53 min.
Oruro–Llallagua-Chiquihuta.	129.7 Km.	Vía terrestre.	2h 23 min.

### Segunda opción

El acceso a la obra se muestra en el presente cuadro con su respectivo recorrido, distancia, el medio y el tiempo realizado. Siendo este el medio de viaje más rápido, pero más caro.

**Tabla 3**

Accesibilidad opción 2

RECORRIDO	DISTANCIA	TRANSPORTE	TIEMPO
Lima-El Alto	1.074 Km.	Vía aérea	3h 15 min.
Oruro-Llallagua-Chiquihuta.	129.7 Km.	Vía terrestre.	2h 23 min.

**Figura 1**

*Ubicación de la mina*



#### **4.1.3. Área de trabajo**

El área de Operaciones tiene por objetivo desarrollar el proyecto ya diseñado realizando el trabajo de campo y resolviendo los problemas no previstos que se presentan en el momento, teniendo bajo supervisión el área de perforación y carguío, movimiento de tierras y mantenimiento mecánico los cuales son las responsables de cumplir con la producción requerida y obtener el avance deseado.

#### **4.1.4. Método de explotación**

El método de explotación que se realiza en el método superficial o a tajo abierto, realizándose voladuras por bancos, cortes cerrados, creando bermas de seguridad en el talud y abatiendo el talud para obtener un factor de seguridad óptimo.

### **Características del talud**

Tenemos las siguientes características

- Ángulo final: 55-60°
- Altura de banco: 12 m
- Ancho de banco: 6 m

#### **4.1.5. Perforación**

La perforación es la primera operación en la preparación de una voladura que realizamos en la mina. Su propósito es crear taladros en la roca los cuales contendrán el material explosivo a detonar.

Los equipos utilizados son Track Drill, DX 700, DX 800, DP 1500I

**Figura 2**

*Equipo de perforación Track Drill*



**Figura 3**

*Equipo de perforación DX 700*





**Figura 4**

*Equipo de perforación DX 800*



**Figura 5**

*Equipo de perforación DP 1500*



## Características de los equipos

**Tabla 4**

*Características de los equipos de perforación*

Características de los equipos de perforación					
Parámetros	Unidades	Track Drill	DX 700	DX 800	DP 1500I
Diámetro de taladro	Pulg.	2.5"-3"	4"- 5"	3"	3"
Metros perforados	m.	3,168	5,728	4,438	1,021
N° de taladros	u.	814	1245	795	264
Velocidad de perf.	m/h	56	68	60	68
Hrs. horómetro	hr		304	203	73
Longitud de taladro	m/tal	5.4	6.5	5.6	6.8
Disponb. mecánica	%	96	98	97	90
Disponb. De equipo	%	95	90	95	94
Utilización	%	92	87	95	87

## Malla de perforación

Se muestran algunas mallas realizadas en el simulador JKSimblast

**Figura 6**

*Malla de perforación con el simulador JKSimblast N° 26*

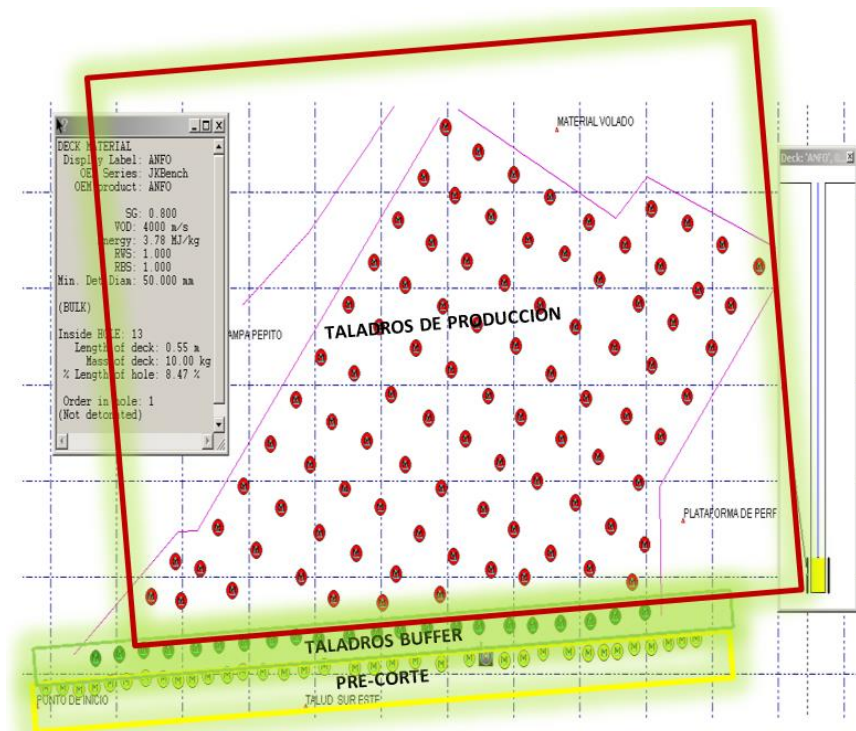


Figura 7

Malla de perforación con el simulador JKSimblast N° 56

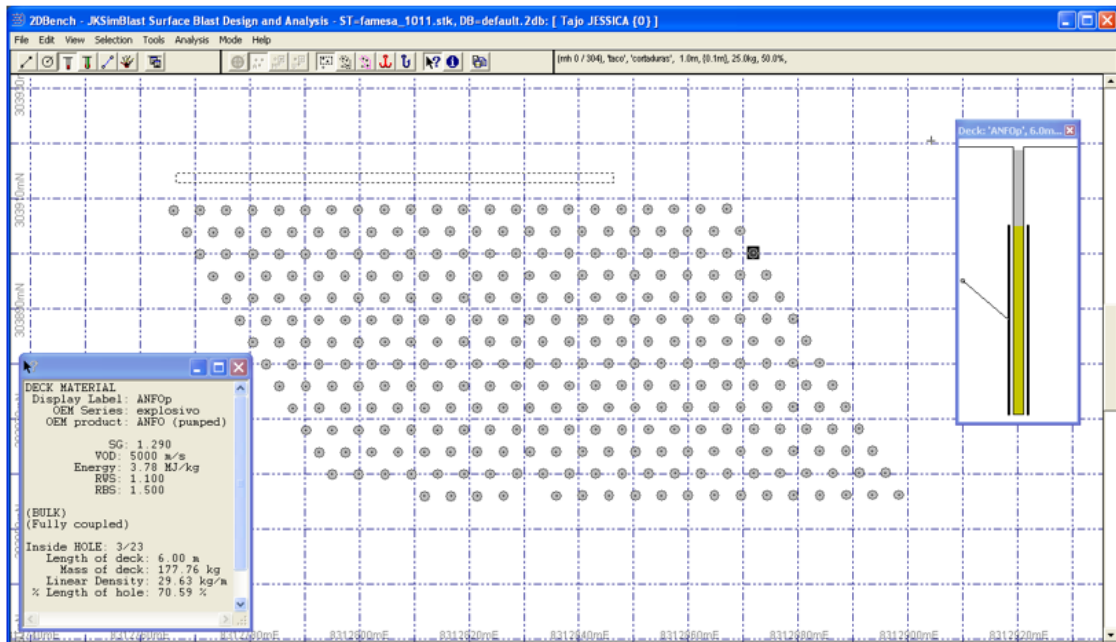
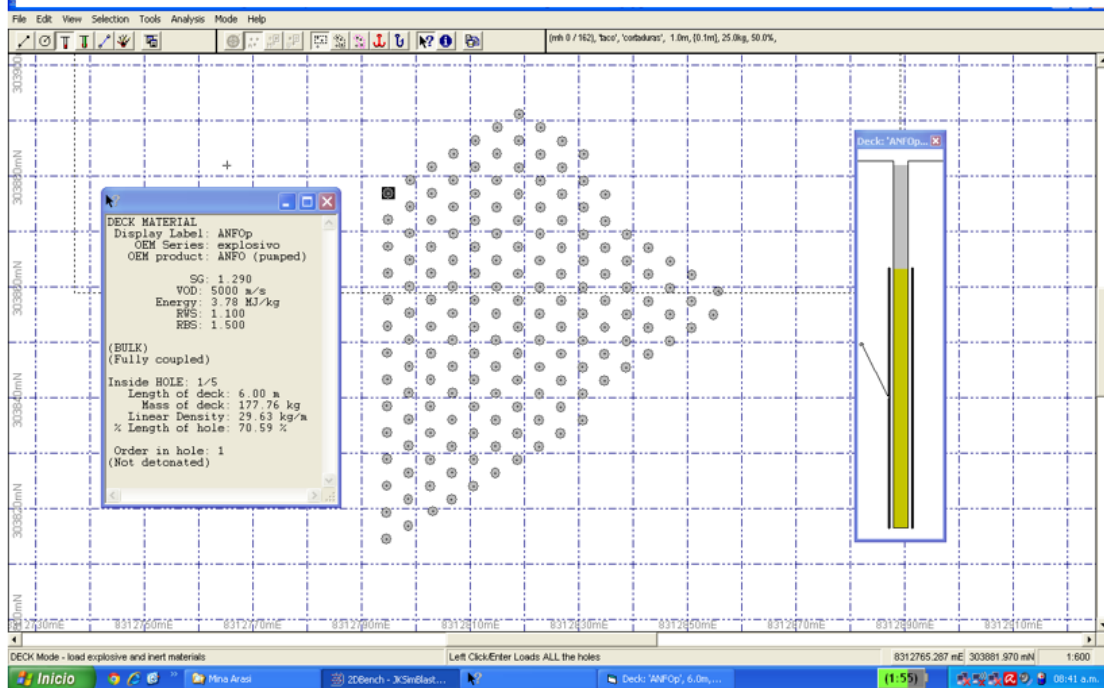


Figura 8

Malla de perforación con el simulador JKSimblast N° 78



## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.**

### **4.2.1. Desarrollo de la aplicación BLASTPRO.**

Referente al aplicativo móvil BLASTPRO en minería haremos un breve análisis del proceso que se siguió para el desarrollo de una aplicación móvil para el ámbito minero.

Empezamos con las bases de diseño, los requisitos para para el buen desempeño y utilidad de la aplicación.

Seguidamente se muestra las tecnologías utilizadas para el aplicativo en cuestión.

Además del desarrollo en sí.

Por último, se muestra el funcionamiento y resultados de la aplicación.

### **4.2.2. Consideraciones previas**

Actualmente debido al auge de los dispositivos móviles, el software y la electrónica, las aplicaciones móviles se han vuelto más accesibles a las personas.

Los cuales cada vez tienen mayor envergadura, ya que facilita muchas tareas de procesamiento, comunicación y lectura.

Algunos ejemplos de aplicaciones existentes son:

- **Redes Sociales:** Como Facebook, Twitter, Instagram, etc. donde las personas pueden compartir, opiniones, imágenes, videos a todo el mundo.
- **Apps de ofimática:** Como Google Docs., Excel, etc. Relativas a editar documentos o leerlos
- **Apps de Edición multimedia:** Como Snapseed, Vivacut, etc. aplicaciones donde puedes editar fotos, videos, música, audio además de compartirlos.
- **Apps de cálculo:** Aplicativos donde se pueden hacer cálculos generales o especializadas a cada rama.

- **Apps de geolocalización:** Como Google Maps, Glovo, Uber, etc. Donde se puede ubicar sitios, calcular áreas, recorridos, etc. hacer comercio electrónico.
- **Apps de Entretenimiento:** Como juegos, música, video, fotografía, etc.
- **Apps especializadas:** Dependiendo del sensor hay aplicativos que miden distancias, grabación, vibración, aceleración, etc.

#### **4.2.3. Aplicación propuesta**

La propuesta es crear una aplicación que haga los cálculos relacionados a la ingeniería de minas, de forma ordenada e ilustrativa. A la par también tener un lector de ruido, y vibración, que son necesarios en la actividad minera. La Aplicación consta de 2 módulos:

##### **Calculo:**

1. Calcular fórmulas de ingeniera de minas.
2. Ventana de ayuda por cada formula

##### **Conversión:**

1. Convertir unidades de medida.
2. Revertir unidades.

##### **Medición de parámetros:**

1. Medir ruido del ambiente y graficarlo en el tiempo
2. Medir la vibración y graficarlo en el tiempo.
3. Hacer un informe de las mediciones dentro del periodo de medición.

#### **4.2.4. Herramientas de desarrollo:**

- Java.
- HTML.
- Android Studio.
- Librerías opensource.

#### 4.2.5. Seguridad del usuario:

- Grabación de audio, previa autorización.

#### 4.2.6. Requisitos:

- Teléfono móvil o Tablet con sistema operativo Android, con la versión mínima 6.0.
- Teléfono móvil o Tablet con micrófono.
- Teléfono móvil o Tablet con acelerómetro.
- Teléfono móvil o Tablet con un tamaño de pantalla mínima de 4.5 pulgadas.

#### 4.2.7. Tecnologías:

##### a) Sistema Operativo Android

Es un sistema abierto basado en Linux, de código abierto, con la posibilidad de usar varios compiladores, por lo que se puede usar varios lenguajes.

### Figura 9

Línea de tiempo de las versiones del SO Android



Ventajas: Es libre, ampliamente difundido en los dispositivos móviles.

Desventajas: No está tan desarrollado como los sistemas operativos para pc.

## b) Java

Es un lenguaje de programación ampliamente utilizado. Tiene una sintaxis y estructura similar a otros lenguajes de programación.

Tiene características similares de otros lenguajes, como Programación orientada a objetos, clases, módulos, librerías, inserción se otros lenguajes, etc.

**Figura 10**

*Lenguajes de programación más usados*



Ventajas: Gran soporte de parte de la comunidad, mayor eficiencia en la compilación y manejo de memoria.

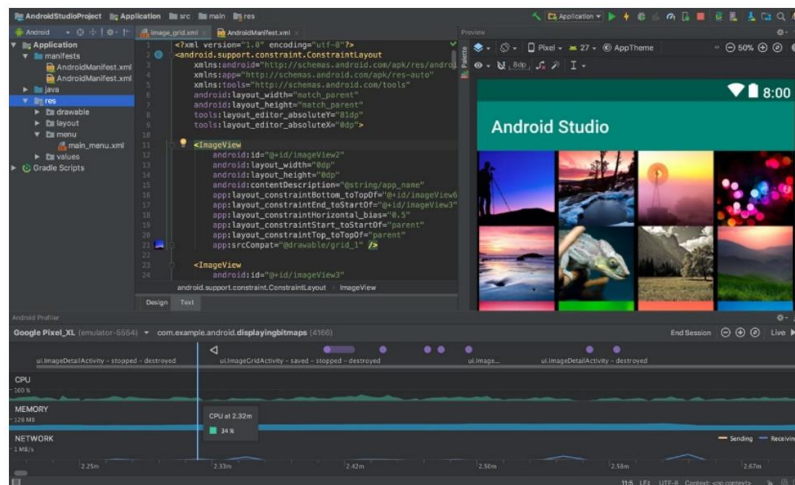
Desventajas: No es tan rápido como c++.

## c) Android Studio

Es un IDE desarrollado por Google para la creación de aplicaciones en el sistema operativo Android, no es el único para este sistema, pero es el más completo y recomendado para Android.

**Figura 11**

*Android Studio ejecutando una aplicación*



Ventajas: Soporte de Google, amplia gama de herramientas, emulador incorporado y constante actualización.

Desventajas: Necesita requisitos altos de hardware, para un funcionamiento fluido.

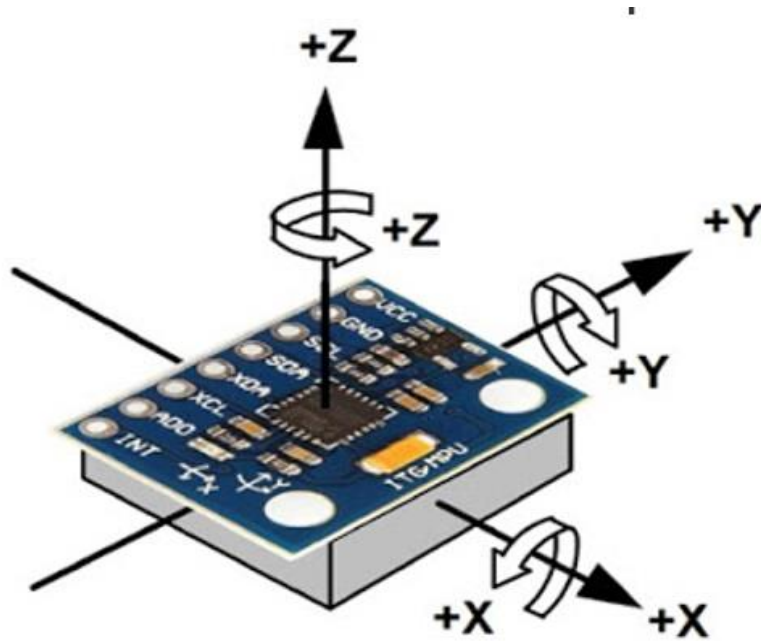
#### **d) Acelerómetro**

Es un dispositivo que proporciona la capacidad de medir y analizar la aceleración lineal y angular, es decir vibraciones y posicionamiento. Los constantes avances tecnológicos están haciendo acelerómetros más precisos.



Figura 12

Acelerómetro con sus respectivos ejes



Ventajas: Lectura de aceleración en 3 ejes x, y, z.

Desventajas: Interpolación de resultados.

#### 4.2.8. Codificación de la aplicación

La aplicación está estructurada en 24 clases, y 12 ventanas de control.

Figura 13

Capturar de código de la aplicación 1

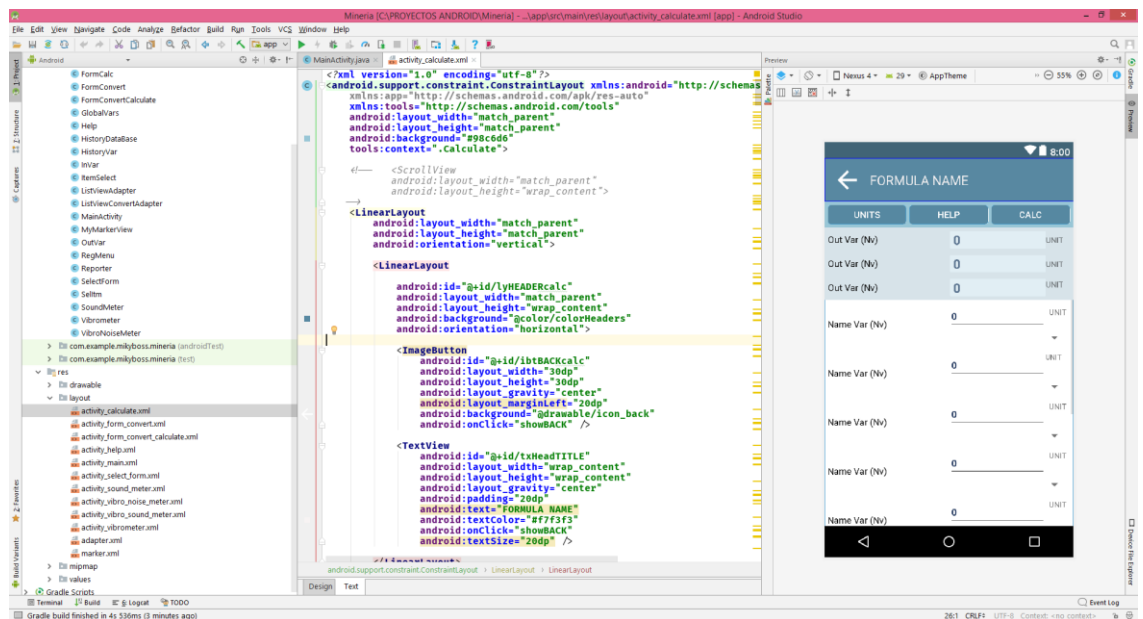


Figura 14

Capturar de código de la aplicación 2

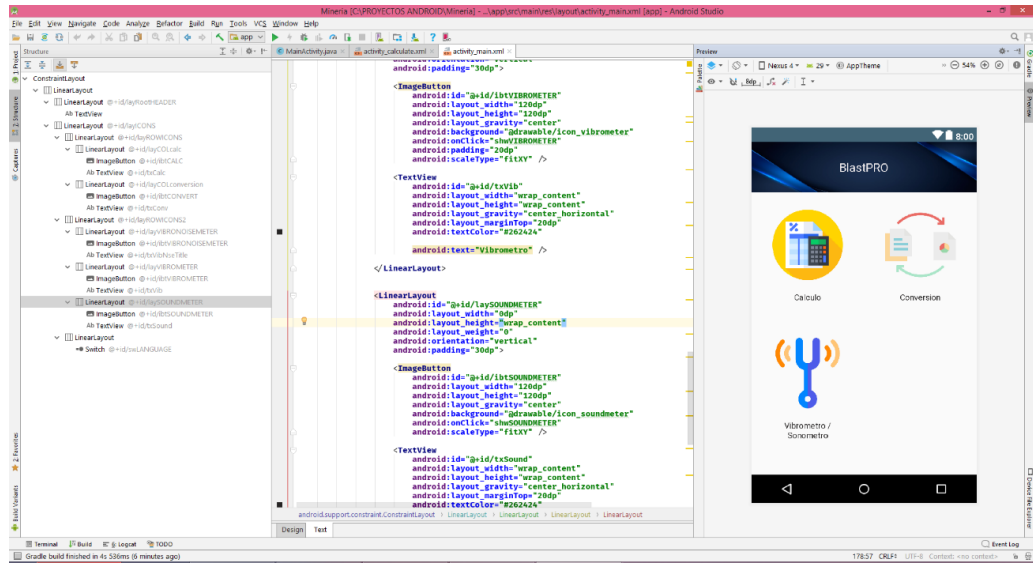
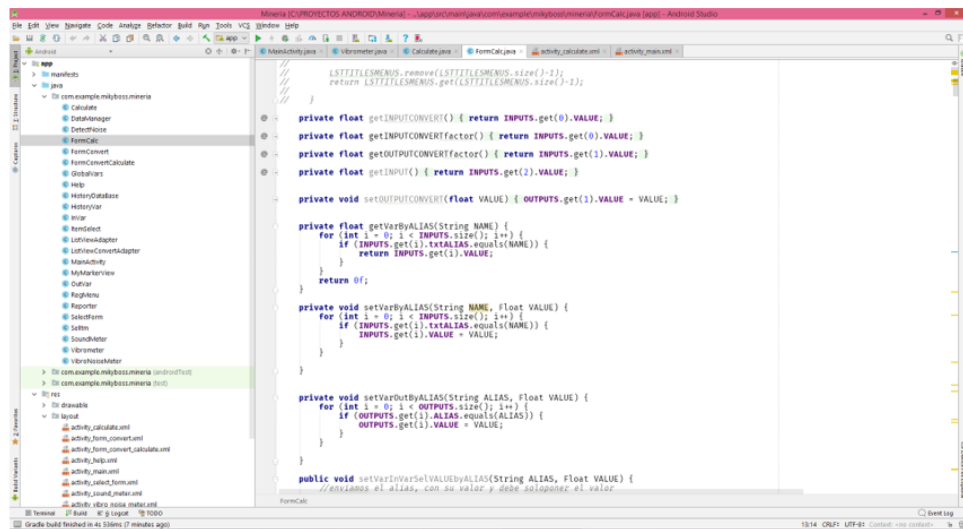


Figura 15

Código fuente de la clase de calculo



**Figura 16**

*Algoritmo de una fórmula de calculo*

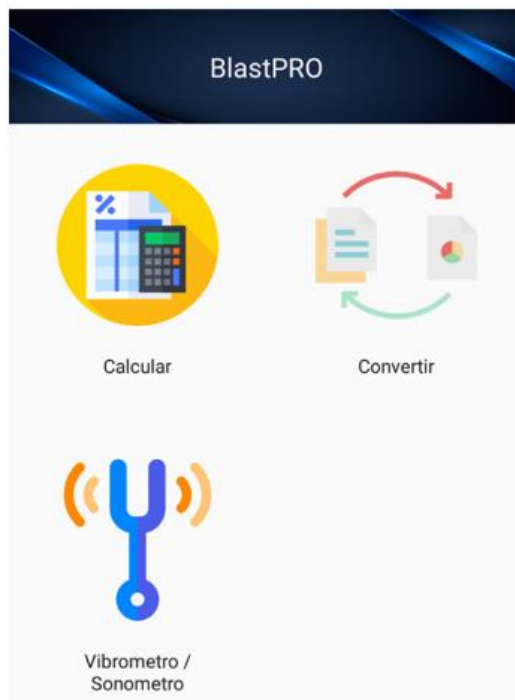
```
public void calc509() {  
    float B = getVarByALIAS( NAME: "B");  
    float S = 0f;  
    switch (UNIT) {  
        case US: {  
            S = 1.155f * B;  
        }  
        break;  
        case METRIC: {  
            S = 1.155f * B;  
        }  
        break;  
    }  
    setVarOutByALIAS( ALIAS: "S", S);  
}  
  
public void calc508() {  
    float B = getVarByALIAS( NAME: "B");  
    float Smin = 0f;  
    float Smax = 0f;  
    switch (UNIT) {  
        case US: {  
            Smin = B;  
            Smax = 1.8f * B;  
        }  
        break;  
        case METRIC: {  
            Smin = B;  
            Smax = 1.8f * B;  
        }  
        break;  
    }  
    setVarOutByALIAS( ALIAS: "Smin", Smin);  
    setVarOutByALIAS( ALIAS: "Smax", Smax);  
}
```

#### **4.2.9. Funcionamiento**

Al ejecutar la aplicación, se abre una ventana donde se elige que modulo se necesita: Calculo, conversión, medición de sonido y vibración.

**Figura 17**

*Ventana principal*



**Figura 18**

*Lista de Formulas*

← FORMULAS	
Diseño de malla de perforación	>
Tiempo de retardos	>
Volumen, peso y factor de carga	>
Perforaciones inclinadas	>
Diseño de pre-corte	>
Cargas Desacopladas	>
Fórmulas para taladros con agua	>
Niveles de Abney y Clinómetros	>
Distancia escalada y vibración de voladura	>
Proyección de rocas	>
Detonación y presión de taladros	>
Cálculos de granulometría	>
Peso y Esfuerzo de carga explosiva	>

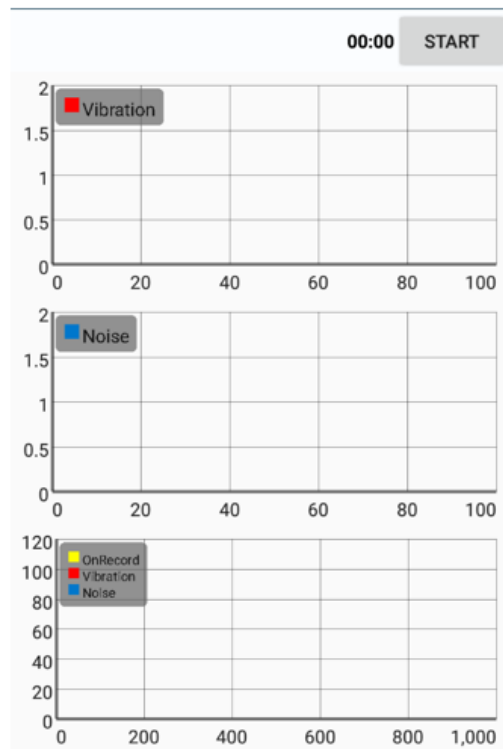
**Figura 19**

*Ventana Conversión*



**Figura 20**

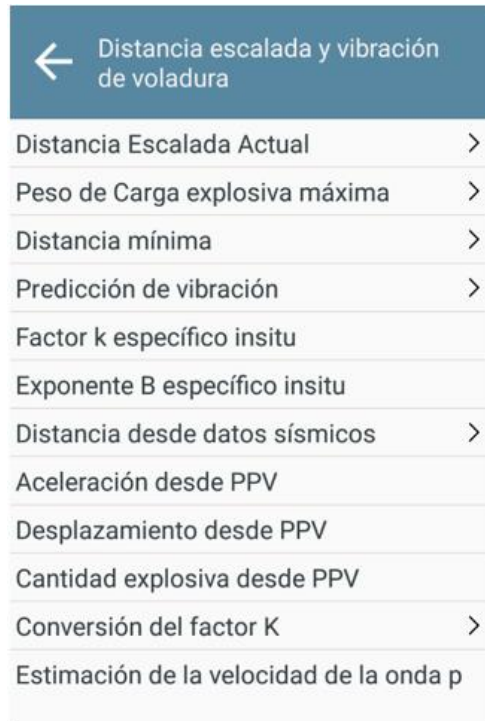
*Ventana vibrometro*



## a) Módulo de Calculo

Figura 21

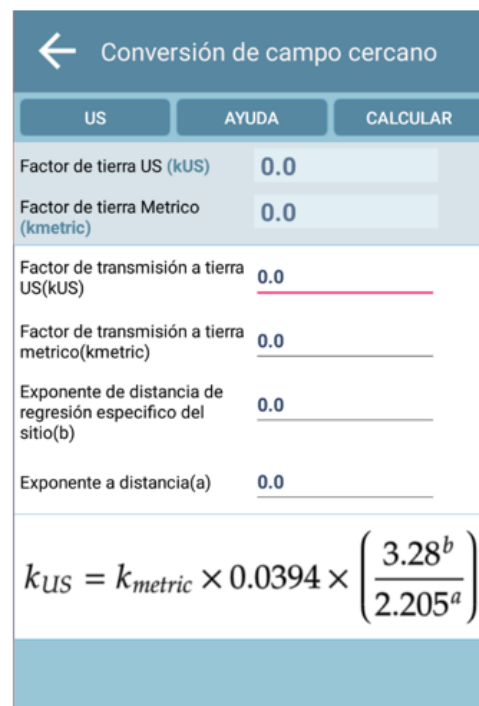
*Lista de Tipos de conversión*



← Distancia escalada y vibración de voladura	
Distancia Escalada Actual	>
Peso de Carga explosiva máxima	>
Distancia mínima	>
Predicción de vibración	>
Factor k específico insitu	
Exponente B específico insitu	
Distancia desde datos sísmicos	>
Aceleración desde PPV	
Desplazamiento desde PPV	
Cantidad explosiva desde PPV	
Conversión del factor K	>
Estimación de la velocidad de la onda p	

Figura 22

*Ventana de cálculo de una formula*



← Conversión de campo cercano		
US	AYUDA	CALCULAR
Factor de tierra US (k <sub>US</sub> )	0.0	
Factor de tierra Metrico (k <sub>metric</sub> )	0.0	
Factor de transmisión a tierra US(k <sub>US</sub> )	0.0	
Factor de transmisión a tierra metrico(k <sub>metric</sub> )	0.0	
Exponente de distancia de regresión específico del sitio(b)	0.0	
Exponente a distancia(a)	0.0	

$$k_{US} = k_{metric} \times 0.0394 \times \left( \frac{3.28^b}{2.205^a} \right)$$

**Figura 23**

*Ventana ayuda de formula*

← AYUDA

Conversion de campo cercano

Formula para Unidades US

$$k_{US} = k_{metric} \times 0.0394 \times \left( \frac{3.28^b}{2.205^a} \right)$$

Formula para Unidades Metricas

$$k_{metric} = k_{US} \times 25.4 \times \left( \frac{2.205^a}{3.28^b} \right)$$

Documentación

**Conversion de campo cercano**

Referencia: Ecuación de vibración de distancia escalada

Términos:  $k_{metric}$  = k valor de la ecuación de distancia escalada derivada de

**b) Módulo de Medición:**

**Figura 24**

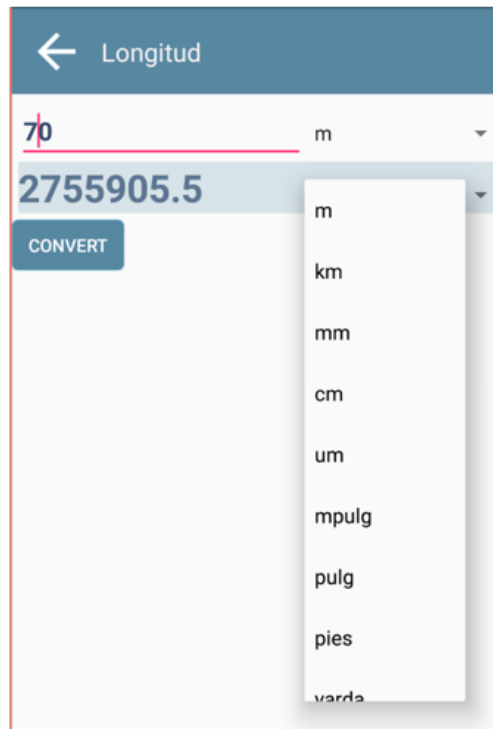
*Lista de Tipos de conversión*

← CONVERSION

- Longitud
- Peso
- Velocidad
- Area
- Presion / Sonido
- Volumen
- Tiempo
- Densidad
- Factor P. (Tipo1)
- Factor P. (Tipo2)
- Carga Peso Lineal
- Densidad de Energia
- Energia Especifica

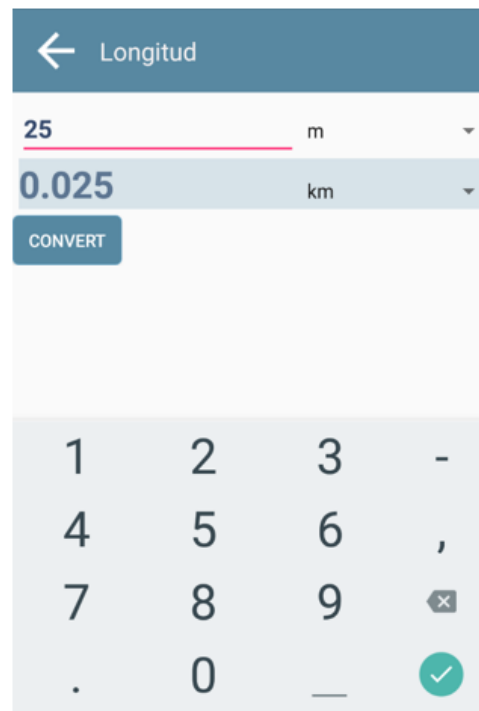
**Figura 25**

*Ventana de conversión*



**Figura 26**

*Ventana de conversión*





c) Módulo de Medición:

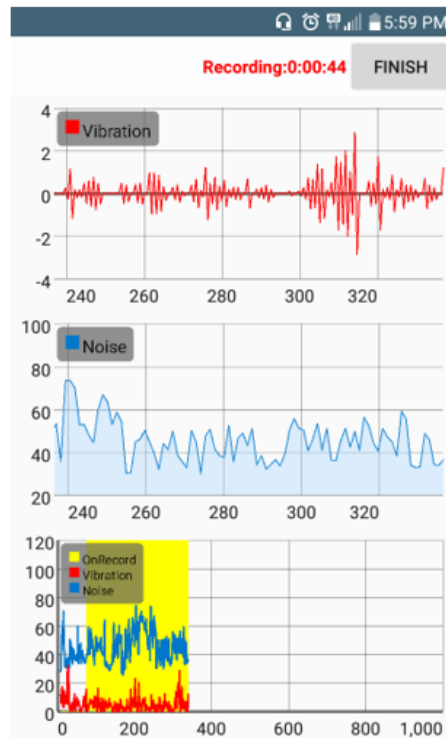
Figura 27

Ventana de inicio



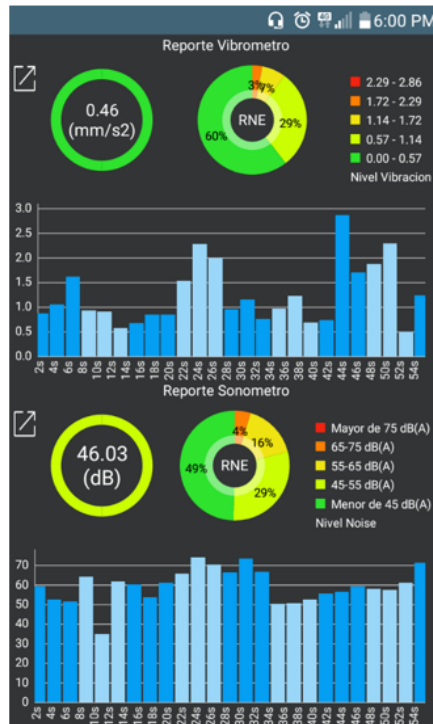
Figura 28

Medición en ejecución



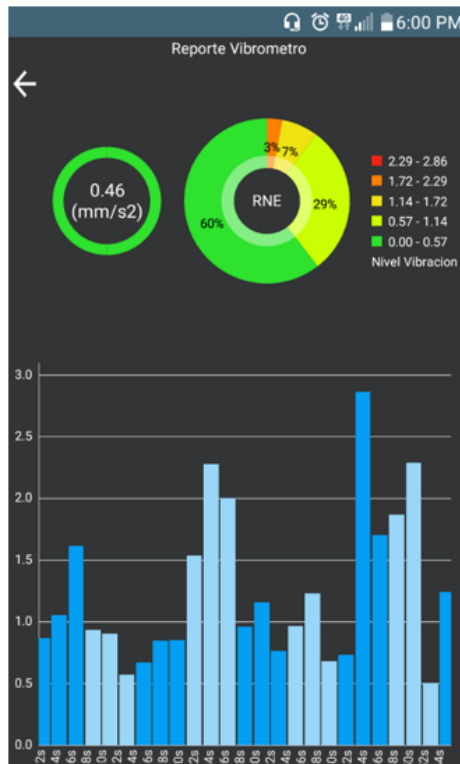
**Figura 29**

*Reporte de la medición*



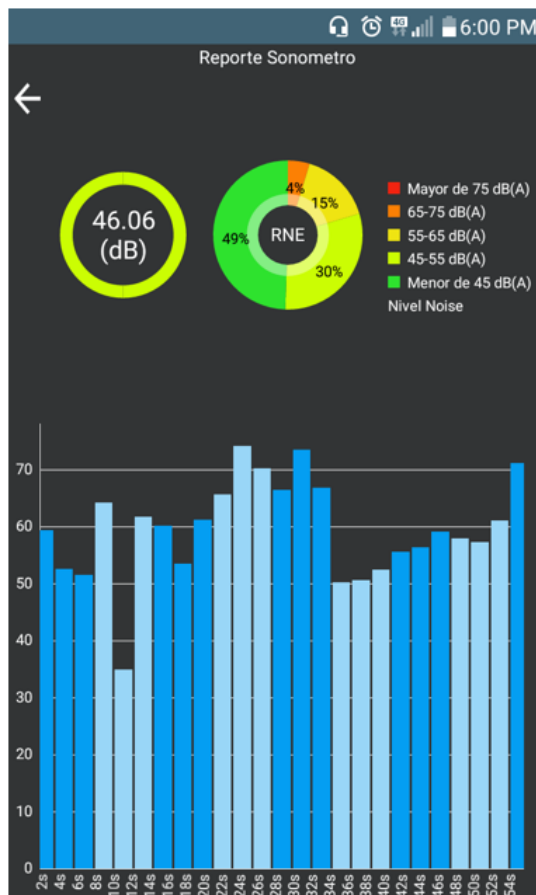
**Figura 30**

*Reporte de vibrometro*



**Figura 31**

*Reporte del Sonómetro*



### 4.3. Prueba de Hipótesis.

#### 4.3.1. Componentes de aplicativo BLASTPRO

##### Hardware

Contaremos con los siguientes componentes:

Una computadora de mesa

Un móvil con velocidad de procesamiento mínimo de 1.5 GHz

Cámara fotográfica

##### Software

Para los cálculos necesitaremos los siguientes componentes:

Software BLASTPRO

Sistema operativo Microsoft

Microsoft Excel

#### 4.3.2. **Parámetros de la perforación y voladura con el BLASTPRO**

Antes de poder aplicar las formulas se debe Verificar que las fórmulas estén bien tanto en las unidades US como las métricas.

La aplicación blastpro cuenta con 4 plataformas, siendo las siguientes:

1. Calcular
2. Convertir
3. Vibro metro
4. Medidor de Ruido

#### **Parámetros de malla de perforación**

##### **Altura de banco**

Destinado para hallar la altura de banco a perforar.

##### **Fórmula para Unidades US**

$$H_{min} = 5 \times D_h$$

$$H_{max} = 10 \times D_h$$

##### **Fórmula para Unidades Métricas**

$$H_{min} = 0.06 \times D_h$$

$$H_{max} = 0.12 \times D_h$$

#### **Términos:**

Dh = diámetro del taladro (mm, in).

Hmin = altura mínima del banco (m, ft).

Hmax = altura máxima del banco (m, ft).

#### **Explicación:**

Estas ecuaciones proporcionan una estimación de las limitaciones normales en la altura del banco para varios diámetros de taladros. Es probable que las alturas de los bancos superiores a  $H_{max}$  produzcan una desviación excesiva del taladro, lo que puede ser provocada por la formación de rocas y el chorro de aire al perforar. Los sistemas de perforación precisos (s rotativos, de martillo en el fondo del taladro, barras de tubo, brocas de guía, presión de extracción reducida) pueden extender la altura máxima del banco. Es probable

que las alturas de banco inferiores a  $H_{max}$  requiere una longitud de columna que sea demasiado larga para producir una fragmentación uniforme y fina. “Cuando la fragmentación no es una preocupación crítica”, las alturas de los bancos pueden ser inferiores a  $H_{min}$ .

### Diámetro de Taladro:

Se deriva a partir de la altura de banco.

#### Fórmula para Unidades US

$$D_{h\ min} = 0.1 \times H$$

$$D_{h\ max} = 0.2 \times H$$

#### Fórmula para Unidades Métricas

$$D_{h\ min} = 8 \times H$$

$$D_{h\ max} = 16 \times H$$

### Términos:

H = altura del banco (m, ft).

$D_{h\ min}$  = diámetro mínimo práctico del taladro (mm, in).

$D_{h\ max}$  = diámetro máximo práctico del taladro (mm, in).

### Explicación:

Estas ecuaciones permiten la selección del diámetro de taladro, del que mejor se adapte a una altura de banco especificada. Las ecuaciones se basan en las prácticas y equipos normales de perforación de martillo en cabeza. Se pueden usar diámetros más pequeños con sistemas de perforación más precisos (martillos de fondo o rotativos, varillas tubulares, brocas de guía, presión de extracción reducida). Los diámetros de taladros mayores que  $D_{h\ max}$  deben usarse con precaución, ya que las longitudes de los tacos pueden ser tan largas como para evitar la fragmentación uniforme y fina de las rocas.

**Burden:**

Distancia mínima entre la cara libre y el taladro a detonar. Lo cual está determinado por los siguientes autores

Konya y Walter

**Fórmula para Unidades US**

$$B = \left[ \left( 1.685 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 1.5 \right] \times D_h$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$B = \left[ \left( 0.024 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 0.018 \right] \times D_h$$

**Estimación de carga – Konya & Walter**

Fórmula utilizada en la escuela de Austin Blasters.

**Términos:**

$D_h$  = diámetro del taladro (mm, in).

$d_e$  = densidad de explosivo (g /cm<sup>3</sup>).

$d_r$  = densidad de roca (g/cm<sup>3</sup>, ton/yard<sup>3</sup>).

B = carga (m, ft).

**Base:** Manual de voladura de Konya & Walter.

**Explicación:**

Esta ecuación se propone para su uso donde las condiciones geológicas son desconocidas, donde los residentes están cerca y donde se considera esencial que el primer disparo no sea un desastre. Konya considera que las cargas reales serán razonables si están dentro de más o menos 10% de la carga predicha con estas ecuaciones. Konya también recomienda que la carga calculada con las ecuaciones anteriores se aplique a las explosiones que contienen una o dos filas de taladros. Konya aconseja que la carga en la tercera fila (y todas las filas sucesivas) se reduzca en un 10% en relación con el valor calculado por estas ecuaciones.

## ASH

### Fórmula para Unidades US

$$B = 2.83 \times D_h \times \sqrt[3]{\frac{d_e}{d_r}}$$

### Fórmula para Unidades Métricas

$$B = 0.036 \times D_h \times \sqrt[3]{\frac{d_e}{d_r}}$$

## Estimación de carga – Ceniza

### Términos:

$D_h$  = diámetro del taladro (mm, in).

$d_e$  = densidad de explosivo (g/cm<sup>3</sup>).

$d_r$  = densidad de roca (g/cm<sup>3</sup>, ton/yard<sup>3</sup>).

B = carga (m, ft).

**Base:** Modelo matemático del Doctor Ash.

### Explicación:

La carga aumentará a medida que aumenta la densidad explosiva porque se supone que la fuerza aparente (que indica la energía total disponible) aumenta con la densidad explosiva. Del mismo modo, la carga aumentará a medida que disminuya la densidad de las rocas debido al peso y la resistencia de residuos de las rocas de menor densidad. La carga aumenta con el aumento del diámetro del taladro (para explosivos completamente acoplados) debido al aumento de peso y energía que puede cargarse en taladros más grandes.

## KONYA

### Fórmula para Unidades US

$$B = 0.63 \times K_d \times K_s \times D_h \times \sqrt[3]{\frac{RBS}{d_r}}$$

### Fórmula para Unidades Métricas

$$B = 0.08 \times K_d \times K_s \times D_h \times \sqrt[3]{\frac{RBS}{d_r}}$$

## Estimación de carga – Konya

### Términos:

RBS = fuerza relativa del explosivo (%).

$d_r$  = densidad de roca (g/cm<sup>3</sup>, ton/yard<sup>3</sup>).

$D_h$  = diámetro del taladro (mm, in).

$K_d$  y  $K_s$  son términos de corrección para explicar la geología variable, con valores resumidos en la tabla a continuación (después de Konya).

**Base:** Manual de perforación y voladura de Konya.

**Explicación:**

Konya informa que estas ecuaciones se derivan utilizando datos de fuerza explosiva obtenidos de pruebas de burbujas bajo el agua, y que el uso de energía de burbujas calculadas puede ser algo engañoso. Las ecuaciones son similares a las propuestas por Ash, pero suponga que el factor que controla la influencia del explosivo es la Fuerza de Bulto en lugar de simplemente la densidad del explosivo. Esta ecuación incluye ajustes que probablemente sean necesarios para diferentes condiciones geológicas. El autor considera que las condiciones de voladura más difíciles son aquellas con los valores más bajos de los factores de ajuste  $K_d$  y  $K_s$ , ya que estas condiciones requieren la carga más pequeña o el factor de polvo más alto (es decir, lb/yard<sup>3</sup> o kg/m<sup>3</sup>).

**Langefors y Kihlstrom**

**Fórmula para Unidades US**

$$B = \left[ \left( 1.685 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 1.5 \right] \times D_h$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$B = \left[ \left( 0.024 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 0.018 \right] \times D_h$$

**Estimación de la longitud de carga base – Langefors y Kihlstrom**

**Términos:**

$E_b$  = longitud de la carga base (m, ft).

$B$  = carga (m, ft).

$S$  = espaciado (m, ft).

$RFS$  = constante de roca sueca (típicamente en el rango de

0.3 a 0.6, con los valores más altos para condiciones de roca más difíciles).



$d_e$  = densidad de explosivos (g/cm<sup>3</sup>).

$D_h$  = diámetro del taladro (mm, in).

$RWS$  = resistencia relativa del peso del explosivo (% ANFO = 100%).

**Base:** Métodos de diseño de voladura Método Langefors.

**Explicación:**

La carga base puede ser hasta 1.3 veces la carga, y no debe exceder esta longitud según los autores. La longitud de la carga base es menor para explosivos con una fuerza de peso relativa más alta, y aumenta en rocas que son más difíciles de explotar, y también aumenta con el aumento de carga. Esta relación muestra cómo debería cambiar la longitud de carga base a medida que cambia la carga, a medida que cambia la fuerza explosiva y a medida que cambian las condiciones de la roca. El factor de roca sueco, RFS, generalmente varía de alrededor de 0.3 para rocas fáciles de explotar a alrededor de 0.6 para rocas difíciles de explotar.

**Rustan**

**Fórmula para Unidades US**

$$B_{min} = 3.08 \times D_h^{0.689}$$

$$B_{max} = 7.1 \times D_h^{0.689}$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$B_{min} = 0.100 \times D_h^{0.689}$$

$$B_{max} = 0.231 \times D_h^{0.689}$$

**Estimación de la carga - Rustan**

**Términos:**

$D_h$  = diámetro del taladro (mm, in).

$B_{min}$  = carga mínima (m, ft).

$B_{max}$  = carga máxima (m, ft).

**Base:** Regresión estadística

### Explicación:

Estas ecuaciones se pueden usar para estimar cargas promedio, mínimas y máximas para varios diámetros de barrenos, y fueron derivadas por Rustan, en base a un análisis estadístico de los datos estadísticos de los datos publicados literatura que describe voladuras en mina a cielo abierto, cubriendo el rango de diámetros de taladros de 89 mm (3.5 pulgadas) a 381 mm (15 pulgadas). Rustan cita un coeficiente de correlación de 0.78, lo que indica una dispersión significativa en los datos. Esta ecuación está ligeramente modificada de la que se muestra en el documento de Rustan: Rustan expresó el diámetro del taladro en metros en lugar de mm como se usa aquí.

### Morhard

#### Fórmula para Unidades US

$$B_{min} = 2.08 \times D_e$$

$$B_{max} = 2.91 \times D_e$$

#### Fórmula para Unidades Métricas

$$B_{min} = 0.025 \times D_e$$

$$B_{max} = 0.035 \times D_e$$

### Estimación de la carga – Morhard

#### Términos:

$D_e$  = diámetro del explosivo (mm, in).

$B_{min}$  = carga práctica mínima (m, ft).

$B_{max}$  = carga práctica máxima (m, ft).

**Base:** “Explosives and rock blasting”

#### Explicación:

Ecuaciones simples de ‘regla general’ que indican el rango ‘normal’ sobre el cual se puede esperar que varíe la carga. Las ecuaciones no parecen acomodar influencias de diferente densidad explosiva o fuerza de peso, o condiciones extremas de roca.

**Espaciamiento:**

Distancia mínima entre los s, por los siguientes métodos.

**Konya y Walter (H >= 4xB)****Fórmula para Unidades US**

$$S = 1.4 \times B$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$S = 1.4 \times B$$

**Términos:**

H = altura del banco (m, ft).

S = espaciado (m, ft).

**Base:** Experiencia del autor.

**Explicación:**

Ecuaciones de “regla general” que sugieren que el rendimiento óptimo de la voladura se logra con un patrón espaciado más amplio (relación de carga a espaciado de 1.4) que el que resultaría del uso de un patrón equilátero (que tiene una relación de carga a espaciado de 1.15). La experiencia de los autores sugiere que para bancos bajos (es decir, cuando la altura del banco es inferior a 4 veces la carga), el espaciado del pozo debe acercarse al mismo valor que la carga del pozo (que ocurre cuando la altura del banco es igual a la carga).

**Konya y Walter (H < 4xB)****Fórmula para Unidades US**

$$S = \frac{H + (7 \times B)}{8}$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$S = \frac{H + (7 \times B)}{8}$$

**Términos:**

H = altura del banco (m, ft).

S = espaciado (m, ft).

**Explicación:**

Ecuaciones de “Regla general” que sugieren que el rendimiento óptimo de la explosión se logra con un patrón espaciado más amplio (relación de carga a

espaciado de 1.4) que el que resultaría del uso de un patrón equilátero (que tiene una relación de carga a espaciado de 1.15). La experiencia de los autores sugiere que para bancos bajos (es decir, cuando la altura del banco es inferior a 4 veces la carga), el espaciado del pozo debe acercarse al mismo valor que la carga del pozo (que ocurre cuando la altura del banco es igual a la carga).

### Espaciamiento Morhard.

#### Fórmula para Unidades US

$$S_{min} = B$$

$$S_{max} = 1.8 \times B$$

#### Fórmula para Unidades Métricas

$$S_{min} = B$$

$$S_{max} = 1.8 \times B$$

### Términos:

$S_{min}$  = espacio mínimo práctico (m, ft).

$S_{max}$  = espaciado máximo práctico (m, ft).

### Explicación:

“Regla General” que muestran un rango normal de relaciones entre espacio y burden (entre 1.0 y 1.8). los autores no dan consejos sobre las proporciones óptimas para voladuras específicas o condiciones de roca.

\*Los autores están ofreciendo una versión simplificada del doctor Ash, considerando rangos de operación comunes /práctico.

### Patrón Equilátero

#### Fórmula para Unidades US

$$S = 1.155 \times B$$

#### Fórmula para Unidades Métricas

$$S = 1.155 \times B$$

### Términos:

B = Burden (m, ft).

S = espaciado (m, ft).

**Base:** Geometría.

### Explicación:

Se supone que los taladros están en los vértices de un triángulo equilátero (triángulo cuyos lados son todos de la misma longitud). Usando geometría simple, la longitud de cualquier lado de un triángulo equilátero es igual a aproximadamente 1.15 veces la distancia entre un taladro y una línea que une los otros dos taladros (es decir, el Burden).

### Espaciado de Fila Frontal.

#### Fórmula para Unidades US

$$S_{fr} = \frac{BX S}{B_{fr-max}}$$

#### Fórmula para Unidades Métricas

$$S_{fr} = \frac{BX S}{B_{fr-max}}$$

### Términos:

B = carga nominal (m, ft).

S = espaciado nominal (m, ft).

$B_{fr-max}$  = carga máxima de la fila delantera (m, ft).

$S_{fr}$  = espacio de la fila delantera (m, ft).

**Base:** Geometría.

### Explicación:

Esta ecuación es para usar cuando se usa una sola fila de taladros para “limpiar”, o enderezar, una cara de banco. En esta situación, la carga y el espacio para cada orificio variaran, manteniendo un factor de polvo constante y logrando una fragmentación razonable. El espacio entre los taladros varía según la carga en cada taladro. La carga nominal B y el espacio S que normalmente se usaría en el tipo de roca que se está volando se utilizan para garantizar que cada taladro de la fila delantera rompa el volumen normal de roca.

## Profundidad de la sobre-perforación:

Método para hallar la sobre perforación.

### Fórmula para Unidades US

$$J_{min} = 0.2 \times B$$

$$J_{max} = 0.5 \times B$$

### Fórmula para Unidades Métricas

$$J_{min} = 0.2 \times B$$

$$J_{max} = 0.5 \times B$$

## Estimación de la profundidad del sub

### Términos:

$J_{min}$  = mínimo práctico (m, ft).

$J_{max}$  = sub práctico máximo (m, ft).

**Base:** Experiencia del autor.

### Explicación:

“Regla de oro” que indica el rango “normal” de sobre perforación para rocas de diferente facilidad de voladura. Es probable que las rocas de mayor resistencia requieran un mayor sobre perforación. Cuando la masa de roca ha pronunciado camas o juntas horizontales, se puede eliminar por completo la sobre perforación siempre que se cuenten los taladros con precisión a la profundidad correcta. Se requiere un taladro secundario para lograr un piso de banco liso. La sobre perforación excesiva causa una rotura debajo del banco, lo que produce el atascamiento del barreno y aumenta la probabilidad de bloqueo del taladro después de la perforación. También se dice que la sobre perforación excesiva contribuye a aumentar los niveles de vibración.

*\*Este cálculo supone que la carga en la zona del sobre perforación es necesaria para crear un cráter con un ángulo incluido de entre 120° y 160° (medido desde el centro del taladro hasta la intersección de la punta del banco y el piso).\**

### Taco superior:

De acuerdo a los datos anteriores, se halla la longitud de taco que se obtendrá con la siguiente formula.

#### Fórmula para Unidades US

$$St_{min} = 0.7 \times B$$

$$St_{max} = 1.3 \times B$$

#### Fórmula para Unidades Métricas

$$St_{min} = 0.7 \times B$$

$$St_{max} = 1.3 \times B$$

### Longitud de taco & potencial de collarín de roca

#### Términos:

$St_{min}$  = Taco superior mínimo (m, ft).

$St_{max}$  = Taco superior máximo (m/ft).

B = Burden.

#### Explicación:

El taco superior tiene como misión asegurar el confinamiento del explosivo. Durante la realización del taco superior deben observarse, al menos, las siguientes normas de seguridad:

- La longitud del retacado no será nunca inferior al burden.
- Como material de taco se empelará detritus de perforación, arcilla, sal, etc., siempre que posea la granulometría adecuada, asegurando que no hay tamaños gruesos que actúen como posibles proyecciones.
- Está demostrado que para el taco de barrenos es más efectivo el uso de gravilla de tamaño granulométrico de 6-20 mm, ó 12-20 mm.
- Los atacadores serán de madera o cualquier otro material antiestático, sin aristas vivas, que pudieran dañar la conexión con el detonador (cable eléctrico o tubo de transmisión)

### Taco de Cubierta o taco intermedio.

#### Fórmula para Unidades US

$$St_d = 0.5 \times D_h$$

$$St_w = D_h$$

#### Fórmula para Unidades Métricas

$$St_d = 0.006 \times D_h$$

$$St_d = 0.012 \times D_h$$

### Estimación de la longitud del taco entre plataformas

#### Términos:

$D_h$  = diámetro del taladro (mm, in).

$S_{td}$  = Longitud de la plataforma de contención entre cargas explosivas (m. ft).

$S_{tnormal}$  = La longitud del taco se considera normal para la voladura de producción.

**Base:** Experiencia del autor.

#### Explicación

Se requieren plataformas de separación que separen las cargas explosivas para dividir la detonación de la columna explosiva en varios eventos más pequeños, que ocurren en diferentes tiempos de retraso, liberando así la energía total en el taladro durante más tiempo y reduciendo el impacto de la vibración. Estas ecuaciones reconocen que la longitud de la plataforma de derivación, requerida para terminar la detonación en una carga explosiva, debe ser significativamente mayor cuando el taladro contiene agua que cuando está seco. Además, las ecuaciones muestran que la longitud de la plataforma debe aumentar en proporción directa al diámetro del taladro. Si el mazo es demasiado corto, es probable que el mazo adyacente detone con simpatía, evitando el retraso.



### Longitud de carga operante:

De acuerdo a los datos anteriores, se halla la longitud de carga de explosivo.

#### Fórmula para Unidades US

$$E_{bmin} = (0.3 \times B) + J$$

$$E_{bmax} = (0.5 \times B) + J$$

#### Fórmula para Unidades Métricas

$$E_{bmin} = (0.3 \times B) + J$$

$$E_{bmax} = (0.5 \times B) + J$$

### Estimación de la longitud de carga base - Morhard

#### Términos:

$E_{bmin}$  = longitud mínima de carga base (m, ft).

$E_{bmax}$  = longitud máxima de carga base (m, ft).

B = carga (m, ft).

J = subtaladro (m, ft).

**Base:** Experiencia del autor.

#### Explicación:

Se requiere una mayor energía en la base de los taladros de voladura donde se requiere que el explosivo corte la carga para producir un piso liso y plano. La energía en la base del taladro se incrementa mediante el uso de una carga base pequeña de una energía más alta, mayor densidad o mayor peso explosivo. El material de roca en la parte superior del banco suele ser más fácil de romper por lo que una carga de menor resistencia (la carga de la columna) a menudo se carga en la parte superior de la carga base. El tamaño de la carga base depende de la carga entre los taladros, la fuerza de la roca y la fuerza del explosivo utilizado en la carga base. Esta ecuación recomienda que la carga base siempre exceda el sub de una cantidad entre un tercio y la mitad de la carga de la barrena; por lo tanto, varía entre la carga los taladros, pero la relación no indica cómo se debe variar la carga base de acuerdo con las condiciones de la roca.

**Tiempo de retardos:**

**Retardos de taladro a taladro.**

**Tiempo de retardo según Konya y Walter.**

**Fórmula para Unidades US**

$$t_{HTH\ min} = 0$$
$$t_{HTH\ mix} = 4.6 \times S$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$t_{HTH\ min} = 0$$
$$t_{HTH\ mix} = 15 \times S$$

**Estimación del tiempo de retardo entre taladros**

**Términos:**

$t_{HTH\ max}$  = retraso máximo recomendado entre taladros (ms).

$t_{HTH\ min}$  = retraso mínimo recomendado entre taladros (ms).

S = espaciado (m, ft).

**Base:** Experiencia del autor.

**Explicación:**

Estas ecuaciones indican el rango de demoras de taladro a taladro (es decir, taladros en una fila) utilizados en toda la industria. Los autores no dan consejos para diseño de explosión específicos o tipos de rocas.

**Retraso de fragmentación máxima.**

**Fórmula para Unidades US**

$$t_{HTH} = K \times S$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$t_{HTH} = K \times S$$

**Estimación del tiempo de retraso de fragmentación máximo**

**Términos:**

$t_{HTH}$  = demora entre taladros recomendada (ms) para lograr la fragmentación máxima en los tipos de roca enumerados (ver explicación).

S = espaciado (m, ft).

$K_m$  = unidades métricas factor dependiente de la roca (ver explicación).

$KUS$  = unidades de EE.UU. Factores dependientes de la roca( ver explicación).

**Base:** Experiencia del autor.

**Explicación:**

Estas ecuaciones recomiendan que aumenten los tiempos de demora para materiales blandos, fácilmente deformables y débiles, y que los materiales más duros y frágiles requieren demoras más cortas para lograr la máxima fragmentación.

**Tabla 5**

*Tiempo de retraso de fragmentación máximo*

Tipo de roca	Km	KUS
Arenas, margas y carbón	6.5	2.0
Algunas calizas, lutitas y amp; algunas lutitas.	5.5	1.7
Calizas compactas, mármoles, algunos granitos y amp; basaltos, cuarcitas, algunos gneises y gabros.	4.5	1.4
Diabases, diafir porfiritas, gneis compactos, esquistos de mica y magnetitas.	3.5	1.0

**Retardos de fila a fila.**

**Tiempos de retraso de fila a fila.**

**Fórmula para Unidades US**

$$t_{RTRmin} = 2 \times B$$

$$t_{RTRmax} = 15 \times B$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$t_{RTRmin} = 7 \times B$$

$$t_{RTRmax} = 50 \times B$$

**Estimación del tiempo de retraso entre filas**

**Términos:**

$t_{RTRmin}$  = tiempo mínimo recomendado de retraso de fila a fila(ms).

$t_{RTRmax}$  = tiempo máximo recomendado de retraso de fila a fila(ms).

$B$  = carga (m, ft).

**Base:** Experiencia del autor.

### Explicación:

Estas ecuaciones indican el rango de demoras de fila a fila comúnmente utilizadas en voladuras. No proporcionan ninguna indicación de voladura o condiciones de roca para las cuales los tiempos de retraso particulares serían más adecuados.

### Volumen, peso y factor de carga:

#### Volumen de roca por taladro.

##### Fórmula para Unidades US

$$V = \frac{B \times S \times H}{27}$$

##### Fórmula para Unidades Métricas

$$V = B \times S \times H$$

#### Volumen de roca por taladro

### Términos:

V = volumen de roca por barreno(m<sup>3</sup>, yd<sup>3</sup>).

B = dimensión de carga (m, ft).

S = dimensión de espaciado (m, ft).

H = altura de banco (m, ft).

### Explicación:

Cálculo teórico del volumen que la roca quebrada por un solo taladro basado en las dimensiones nominales del patrón para la carta, el espaciado y la altura del banco. El peso real puede ser mayor o menor que esta estimación debido a la sobrecarga, la carga variable de la primera fila o la densidad variable de la roca.

#### Peso de roca por taladro.

##### Fórmula para Unidades US

$$Wt_r = \frac{B \times S \times d_r}{27}$$

##### Fórmula para Unidades Métricas

$$Wt_r = B \times S \times d_r$$

#### Peso de roca por taladro

**Términos:**

- $Wt_r$  = peso de la roca rota por barrena (toneladas, toneladas).
- B = dimensión de carga (m, ft).
- S = dimensión de espaciado (m, ft)
- H = altura de banco (m, ft)
- $d_r$  = densidad de roca (g/cm<sup>3</sup>, ton/yd<sup>3</sup>).

**Base:** Experiencia del autor.

**Explicación:**

Cálculo teórico del peso de la roca quebrada por un solo taladro basada en las dimensiones nominales del patrón para la carga, el espaciado y la altura del banco. El peso real puede ser mayor o menor que esta estimación debido a la sobrecarga, la carga variable de la primera fila o la densidad variable de la roca.

**Peso de explosivo por taladro.**

**Fórmula para Unidades US**

$$Wt_e = \frac{D_e^2 \times d_e \times L_e}{2.94}$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$Wt_e = \frac{D_e^2 \times d_e \times L_e}{1273}$$

**Peso de explosión por taladro**

**Términos:**

- $D_e^2$  = diámetro del explosivo (mm, in).
- $d_e$  = densidad del explosivo (g/cm<sup>3</sup>).
- $L_e$  = longitud del explosivo en el taladro (m, ft).
- $Wt_e$  = peso del explosivo por taladro (kg, lb).

**Base:** Experiencia del autor.

**Explicación:**

Estimación teórica del peso de una longitud y diámetro conocidos de explosivos. El peso real puede ser mayor o menor que el peso teórico debido al diámetro variable del taladro (puede ser mayor o menor que el diámetro nominal

de la broca), densidad explosiva variable o errores con respecto a la longitud de la columna explosiva.

**Densidad de carga.**

**Fórmula para Unidades US**

$$d_L = \frac{D_e^2 \times d_e}{2.94}$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$d_L = \frac{D_e^2 \times d_e}{1273}$$

**Estimación de la densidad de carga & concentración de carga lineal**

**Términos:**

$D_e^2$  = diámetro del explosivo (mm, in).

$d_e$  = densidad del explosivo (g/cm<sup>3</sup>).

$d_L$  = densidad de carga o concentración de carga lineal (kg/m, lb/ft).

**Explicación:**

Estimación teórica del peso por pie o metro de un explosivo de diámetro y densidad conocidos. La ecuación supone una longitud de columna continua y una densidad uniforme a lo largo de la columna explosiva. Como resultado, la ecuación solo será una aproximación si se usa para determinar la concentración de la carga lineal para una columna de emulsión gaseosa, o para un tramo de explosivo continuo previamente dividido que se ha engarzado en el cordón detonante.

**Factor de carga.**

**Factor de carga 1.**

**Fórmula para Unidades US**

$$PF = \frac{9.18 \times D_e^2 \times d_e \times L_e}{B \times S \times H}$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$PF = \frac{D_e^2 \times d_e \times L_e}{1273 \times B \times S \times H}$$

**Factor de carga**

**Términos:**

PF = factor de potencia (kg/m<sup>3</sup>, lb/yd<sup>3</sup>)

- $D_e^2$  = diámetro del explosivo (mm, in).
- $d_e$  = densidad del explosivo (g/cm<sup>3</sup>).
- $L_e$  = longitud del explosivo en el taladro (m, ft).
- B = dimensión de carga (m, ft).
- S = dimensión de espaciado (m, ft).
- H = altura de banco (m, ft)

**Explicación:**

Estimación teórica del factor de carga basado en el volumen (insitu) teórico del explosivo por taladro, dimensiones del patrón nominal y diámetro nominal del taladro. Se producirán variaciones debido al diámetro variable de la perforación, la densidad explosiva variable y las fluctuaciones en las dimensiones del patrón.

**Factor de potencia 2.**

Fórmula para Unidades US	Fórmula para Unidades Métricas
$PF = \frac{B \times S \times H \times d_r}{9.194 \times D_e^2 \times d_e \times L_e}$	$PF = \frac{D_e^2 \times d_e \times L_e}{1.273 \times B \times S \times H \times d_r}$

**Factor de potencia**

**Términos:**

- PF = factor de potencia (g/t, ton/lb)
- $D_e^2$  = diámetro del explosivo (mm, in).
- $d_e$  = densidad del explosivo (g/cm<sup>3</sup>).
- $L_e$  = longitud del explosivo en el taladro (m, ft).
- $d_r$  = densidad de roca (g/cm<sup>3</sup>, ton/yd<sup>3</sup>).
- B = dimensión de carga (m, ft).
- S = dimensión de espaciado (m, ft).
- H = altura de banco (m, ft)

### Explicación:

Estimación teórica del factor de potencia basado en el peso (insitu) teórico del explosivo por taladro, dimensiones del patrón nominal y diámetro nominal del taladro. Se producirán variaciones debido al diámetro variable de la perforación, la densidad explosiva variable y las fluctuaciones en las dimensiones del patrón.

### Proyección de rocas (Fly Rock):

#### Desplazamiento medio de escombros.

Fórmula para Unidades US	Fórmula para Unidades Métricas
$FR = \left(514 \times \left(\frac{D_h}{B_{min}}\right) - 20\right) \times \left(\frac{VOD}{7750}\right)^2$	$FR = \left(0.074 \times \left(\frac{D_h}{B_{min}}\right) - 20\right) \times \left(\frac{VOD}{4273}\right)^2$
$FR_{max} = \frac{FR}{2} \times \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4 \times H}{FR}}\right)$	$FR_{max} = \frac{FR}{2} \times \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4 \times H}{FR}}\right)$
$FR_c = 6 \times FR_{max}$	$FR_c = 6 \times FR_{max}$

#### Estimación del desplazamiento medio de escombros

### Términos:

- $D_h$  = diámetro del taladro (mm, in).  
 $B_{min}$  = carga mínima (m, ft).  
VOD = velocidad de detonación del explosivo (m/s, ft/s).  
H = altura del banco (m, ft).  
FR = desplazamiento promedio de roca arruinada (m,ft).  
 $FR_m$  = desplazamiento máximo de roca desde la cara (m, ft).  
 $FR_c$  = rango de espacio libre para el equipo (m, ft).

**Base:** Teórico.

### Explicación:

Estas ecuaciones permiten estimar la cantidad de desplazamiento de roca normalmente asociada con la voladura de caras de roca. Estas ecuaciones ignoran la proyección de partículas de roca desde los collares de los taladros (ver el rango extremo de roca rocosa para esta estimación). Las ecuaciones explican



los factores primarios del diámetro del taladro, el tipo de explosivo y la carga mínima, pero no tienen factores específicos de la roca y, por lo tanto, pueden no aplicarse igualmente bien a todos los tipos de roca. Las ecuaciones se desarrollaron a partir de la ecuación de Gurney utilizada para estimar el alcance de la artillería militar. El rango de despeje de 6 veces el rango máximo esperado refleja la experiencia del autor con la variabilidad observada en la roca de roca, probablemente causada por la falta de conocimiento de las condiciones geológicas en las caras de los bancos que se están volando. El rango de espacio libre se determina para proporcionar un alto nivel de confianza de que el equipo no debe ser dañado por el flyrock.

### **Detonación y presión de taladros:**

#### **Presión de Detonación.**

##### **Fórmula para Unidades US**

$$P_d = 0.232 \times 10^{-6} \times d_e \times VOD^2$$

##### **Fórmula para Unidades Métricas**

$$P_d = 250 \times 10^{-6} \times d_e \times VOD^2$$

#### **Términos:**

$P_d$  = presión de detonación (Mpa, kbar).

$d_e$  = densidad de explosivo (g/cm<sup>3</sup>).

VOD = velocidad de detonación (m/ s, ft / s).

#### **Explicación:**

Estas ecuaciones permiten estimar la presión en el frente de detonación de explosión, para explosivos comerciales a base de nitrato de amonio (es decir, explosivos no militares). Se considera ampliamente que esta presión es responsable de la mayor parte de la fragmentación primaria que ocurre durante la voladura. La duración de la aplicación de esta presión se limita al tiempo de combustión de la columna explosiva, generalmente no más de unos pocos

milisegundos. La presión de detonación es más alta que la presión de la barrena que actúa detrás del frente de detonación. La presión de detonación se ve más fuertemente afectado por el VOD del explosivo, como es evidente por el hecho de que este término es cuadrado. Si la densidad explosiva aumenta en un 10%, la presión de detonación aumenta en la misma cantidad. Si el VOD aumenta en un 10% la presión de detonación aumenta en aproximadamente un 20%.

### Cálculos de granulometría:

#### Factor de Roca

#### Ecuación de Factor de Roca por Lilly

##### Fórmula para Unidades US

$$RF_L = 0.06 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$$

##### Fórmula para Unidades Métricas

$$RF_L = 0.06 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + H)$$

#### Estimación del factor de roca (Lilly)

##### Términos:

RFL = Lilly Rock Factor para usar en el modelo de fragmentación de Kuz-Ram .

RMD = Descripción de la masa de roca (polvo o friable, bloque o masivo).

JPS = término de espaciado del plano articular.

JPO = término de orientación del plano de unión.

SGI = Término de densidad de roca.

H = término de dureza

**Base:** Experiencia del autor.

##### Explicación:

Esta ecuación permite estimar el factor de roca para usar en el modelo de fragmentación de Kuz-Ram ampliamente utilizado en todo el mundo (incluso en QEP Y QED). Para determinar el valor del factor de roca, los valores para cada término en la ecuación anterior se toman de la tabla a continuación.

**Tabla 6***Factor de roca*

Parámetro	Rango
RMD	10
Polvo / Friable	20
Blocky	30
Totalmente masivo	
JPS	10
Cerrar (< 0.1 m, 4")	20
Intermedio (0.1 a 1 m, 4" a 40")	50
Ancho (>1 m, 40")	
JPO	10
Horizontal	20
Saltar de la cara	30
Golpe perpendicular a la cara	40
Buzamiento en la cara	
SGI	(25 X dr) – 50 (métrico, dr en g/cm3)(30 x dr) – 50 (EE.UU., dr en ton/yd3)
H	1(suave) a 10 (extremadamente duro)

Quando la descripción del macizo rocoso es pulverulenta / friable o masiva, la información del plano articular (JPS y JPO) es irrelevante, por lo que estos términos solo se usan cuando la roca se describe como bloqueada. A partir de esta ecuación, los factores de roca más altos (es decir, la voladura más difícil) ocurren para masas de rocas en bloque, no masivas.

**Tamaños de partículas.****D50% según Kuznetsov.****Fórmula para Unidades US**

$$D_{50\%} = 0.524 \times RF \times PF^{0.8} \times W_{te}^{\frac{1}{6}} \times \left(\frac{115}{RWS}\right)^{0.633}$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$D_{50\%} = 10 \times RF \times PF^{0.8} \times W_{te}^{\frac{1}{6}} \times \left(\frac{115}{RWS}\right)^{0.633}$$

**Estimación del tamaño promedio de la roca arruinada (Kuznetsov)****Términos:**

$D_{50\%}$  = tamaño de partícula promedio (mm, in)

RF = factor de roca (sin unidades, puede ser RFL o RFJK)

PF = factor de polvo (kg/m3, lb/yd3)

$W_{te}$  = peso del explosivo por barreno (kg, lb)

RWS = resistencia relativa del peso del explosivo (% , ANFO = 100%)

**Base:** Experiencia del autor y mediciones en canteras rusas.

**Explicación:**

Esta ecuación permite estimar el tamaño de partícula promedio para usar en el modelo de fragmentación de Kuz-Ram ampliamente utilizado en todo el mundo (incluso en QED y QED Plus). Tenga en cuenta que la mayoría de los factores en la ecuación se relacionan con la masa de roca o las propiedades explosivas. Solo el término  $Wt^{0.167}$  se refiere a la distribución de explosivos. Estos términos establecen que, si todas las demás cosas, como el factor de polvo, el factor de roca y el tipo de explosivo, son iguales, las explosiones con un gran peso explosivo por taladro (es decir, con un diámetro de granallado mayor) producirán una fragmentación más gruesa que las explosiones con un pequeño peso explosivo por taladro (es decir, diámetro de taladro más pequeño). Por lo tanto, este factor refleja el impacto de la distribución de explosivos, aunque su impacto es bastante pequeño como lo demuestre el pequeño exponente de 0.167. El término  $(115/RWS)$  ajusta la ecuación original para la fuerza de peso explosiva, ya que la experiencia del autor fue con respecto a TNT, que tiene una fuerza de peso equivalente a ANFO del 115%. El factor que tiene, con mucho, la mayor influencia en el tamaño de partícula promedio es el factor de polvo, lo que refleja que el mayor beneficio en términos de mejorar la fragmentación vendrá del aumento del factor de polvo. El factor de roca, RF utilizado en la ecuación se puede calcular utilizando las ecuaciones propuestas por Lilly o JKMRC. El factor de roca sueco no se puede utilizar en esta ecuación.

**Predicción de vibración.**

**Pico de vibración desde distancia escalada.**

**Fórmula para Unidades US**

$$PPV = k \times SD^{-b}$$

**Fórmula para Unidades Métricas**

$$PPV = k \times SD^{-b}$$

## Estimación de la vibración máxima a partir de la distancia escalada

### Términos:

PPV = velocidad máxima de partículas (mm/s, in/s).

k = constante de regresión específica del sitio (nivel de vibración a distancia escalada = 1).

b = exponente de regresión específico del sitio (pendiente del gráfico PPV/ Distancia escalada).

SD = distancia escalada (m/kg<sup>1/2</sup>, ft/lb<sup>1/2</sup>).

**Base:** Experiencia.

### Explicación:

Esta ecuación permite a los usuarios hacer una estimación del promedio de velocidad máxima de partículas (es decir, vibración del suelo) a una distancia escalada conocida para rocas cuyas propiedades de atenuación están especificados, Por ejemplo, si un blaster funciona a un límite de distancia escalado de 50 pies /libras, esta ecuación proporcionará una estimación del impacto de la vibración para cualquier parámetro de atenuación especificado k y b. El Du Pont y ISEE Blasters proporcionan condiciones de atenuación "promedio" (k=160, b= -1.6), de modo que podría esperarse un nivel de vibración de aproximadamente 0.3 in / s (7.8 mm / s) para estas condiciones, a esta distancia escalada. En la práctica, los parámetros de atenuación específicos del sitio pueden ser muy diferentes de los valores "promedio" citados en los diversos manuales de Blasters; se insta a los manuales a realizar un monitoreo para obtener estimaciones confiables de los parámetros de atenuación k y b.

#### 4.4. Discusión de resultados

En este acápite se presentará los resultados obtenidos en la experimentación en forma preliminar, Estos resultados mostrarán que tan fiable es la información obtenida por la aplicación "BLASTPRO", los resultados mostrados en la investigación parten de datos obtenidos en voladuras reales.

Para estos fines trabajaremos con las fórmulas de Konya Y Walter, ya que su formulas son las más aplicadas dentro del campo de la voladura.

**Prueba N°1**

**Taladros de producción**

Comenzaremos con los taladros de producción:

**Tabla 7**

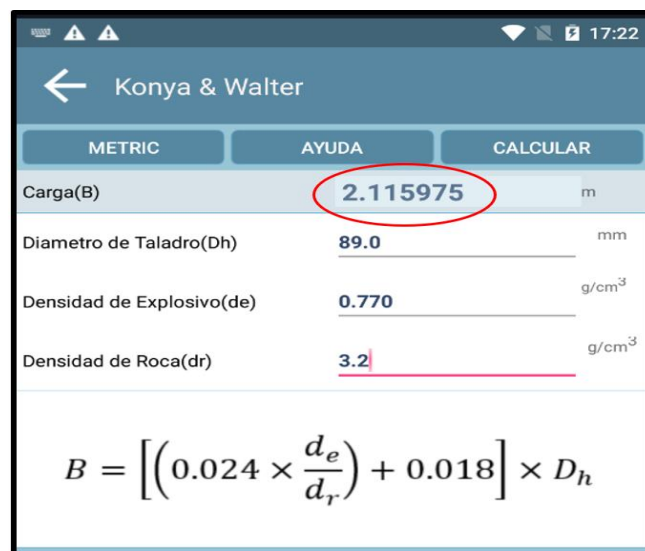
*Información de campo*

INFORMACIÓN DE CAMPO	UNID	CANTIDAD
Diámetro de taladro	Pulg	3.50
Altura de banco	MTS	7.50
Densidad de explosivo	g/m3	770
Densidad de roca	g/cm3	<b>3.2</b>

Al insertar los datos en la aplicación obtendremos el burden.

**Figura 32**

*Obtención del Burden*



A partir del dato obtenido realizamos el cálculo del espaciamento, también la sobre perforación

**Figura 33**

*Obtención del Espaciamento*

Konya & Walter( $H < 4 \times B$ )

METRIC AYUDA CALCULAR

Espaciado(S) 2.73 m

Burden(B) 2.12 m

Altura de Banco(H) 7 m

$$S = \frac{H + (7 \times B)}{8}$$

**Figura 34**

*Obtención de la sobre-perforación*

Profundidad de la sobre-perforación

METRIC AYUDA CALCULAR

Mínimo práctico ( $J_{min}$ ) 0.424 m

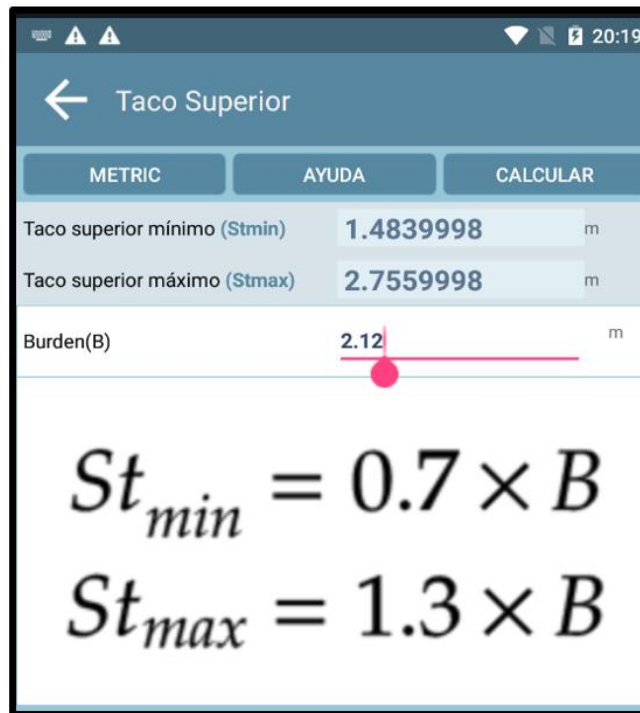
Sub práctico máximo ( $J_{max}$ ) 1.06 m

Burden(B) 2.12 m

$$J_{min} = 0.2 \times B$$
$$J_{max} = 0.5 \times B$$

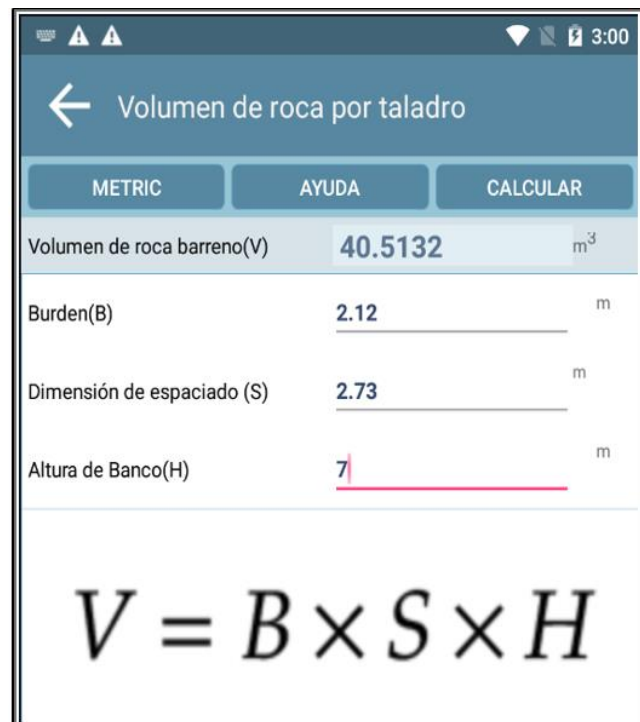
**Figura 35**

*Obtención del Taco superior*



**Figura 36**

*Obtención del Volumen de roca por taladro*

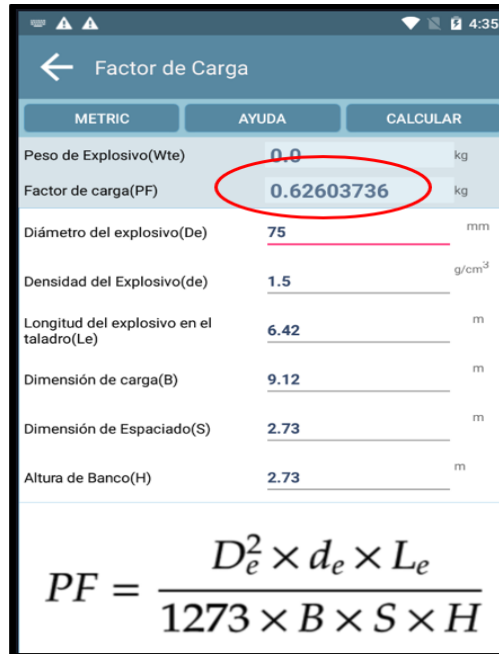




A partir de los datos del añadido a la aplicación se obtienen los siguientes resultados, esto para el diseño de malla.

**Figura 37**

*Obtención de Factor de Carga*



**Resultados para taladros de producción**

**Tabla 8**

*Resultados de taladros de producción*

<b>Diámetro de taladro</b>	Pulg	<b>3.50</b>
<b>Burden</b>	m	<b>2.12</b>
<b>Espaciamiento</b>	m	<b>2.73</b>
<b>Altura de banco</b>	m	<b>7.00</b>
<b>Sobreperforación</b>	m	<b>0.42</b>
<b>Longitud total de taladro promedio</b>	m	7.42
<b>Longitud de carga</b>	m	<b>6.42</b>
<b>Volumen</b>	m <sup>3</sup>	40.51
<b>FACTOR DE CARGA</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0.62

Para finalizar los taladros de pre corte:

**Tabla 9**

*Información de campo taladros de pre-corte*

INFORMACIÓN DE CAMPO	UNID	CANTIDAD
Diámetro de taladro	Pulg	2.50
Altura de banco	MTS	7.00
Densidad de explosivo	g/m3	1110
Densidad de roca	g/cm3	<b>3.2</b>

Al insertar los datos en la aplicación obtendremos el burden.

A partir del dato obtenido realizamos el cálculo del espaciamiento, también la sobre perforación

**Figura 38**

*Burden de taladros de pre-corte*

Konya & Walter

METRIC AYUDA CALCULAR

Carga(B) **1.666875** m

Diámetro de Taladro(Dh) 63.5 mm

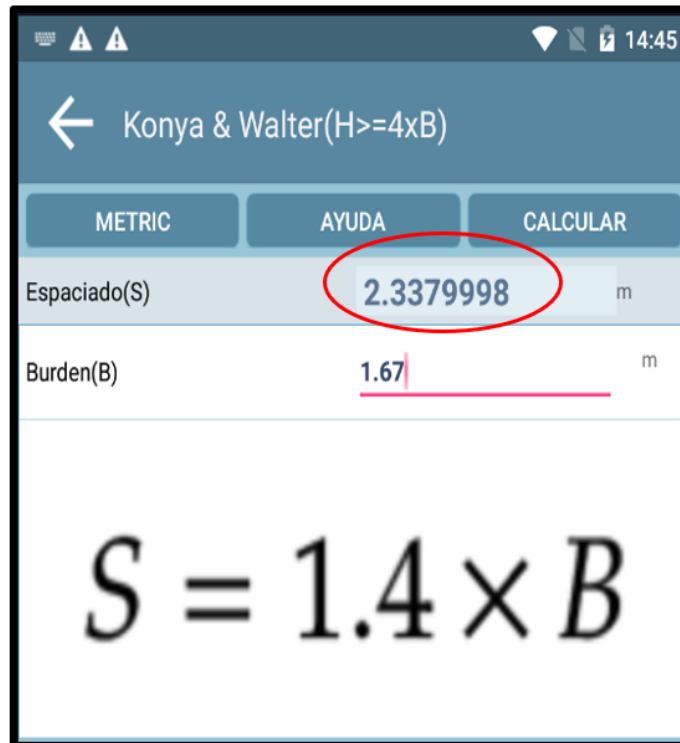
Densidad de Explosivo(de) 1.1 g/cm<sup>3</sup>

Densidad de Roca(dr) 3.2 g/cm<sup>3</sup>

$$B = \left[ \left( 0.024 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 0.018 \right] \times D_h$$

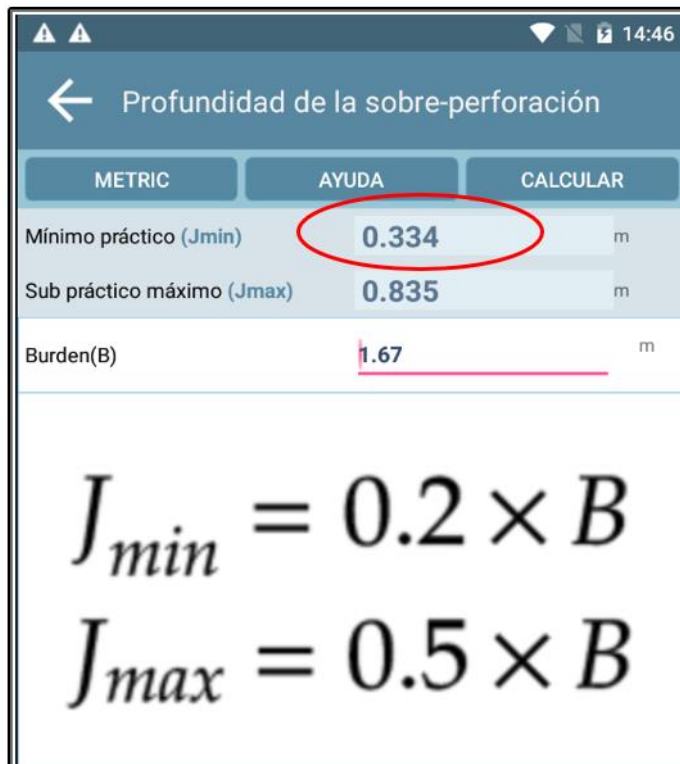
**Figura 39**

*Espaciamiento de taladros de pre-corte*



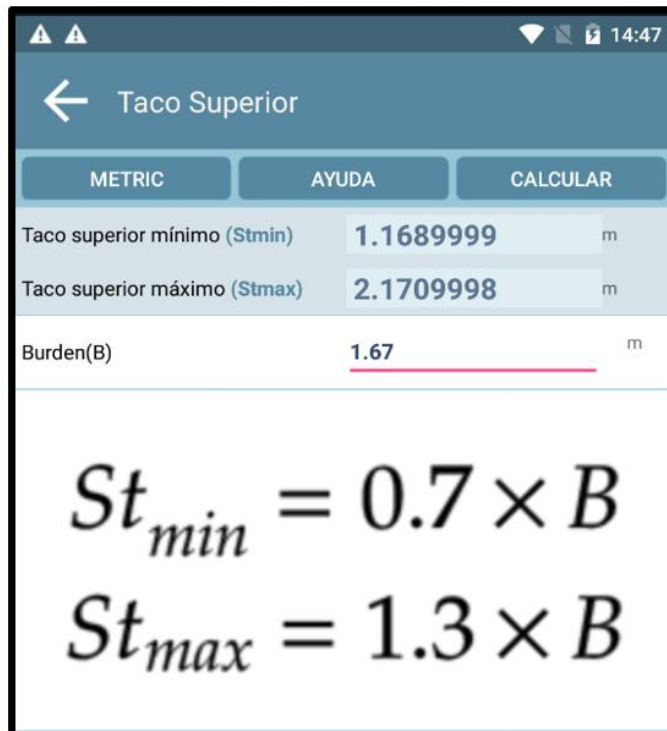
**Figura 40**

*Sobre-perforacion de taladros de pre-corte*



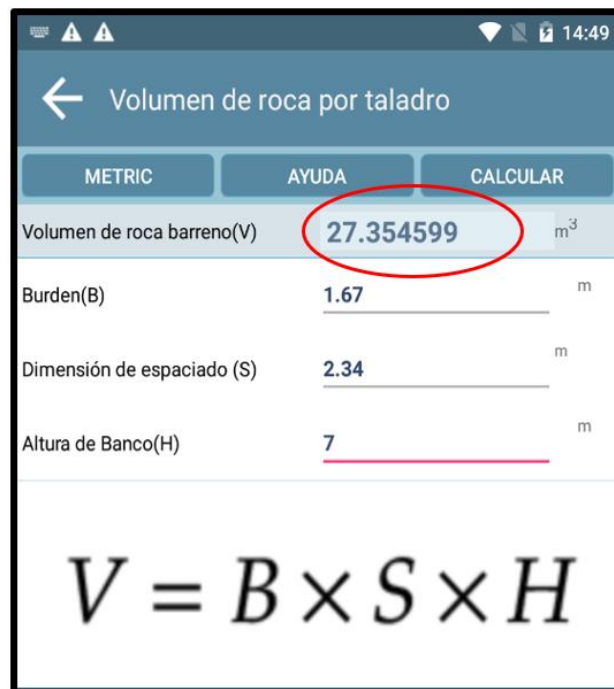
**Figura 41**

*Taco Superior de taladros de pre-corte*



**Figura 42**

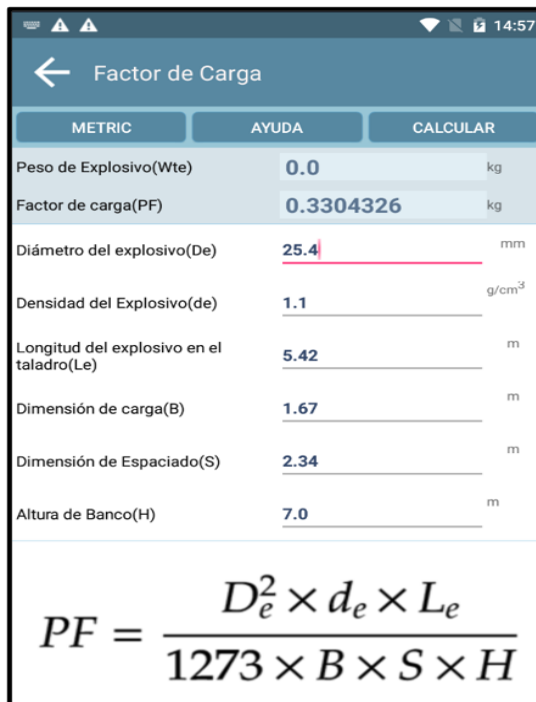
*Volumen de roca de taladros de pre-corte*



A partir de los datos del añadido a la aplicación se obtienen los siguientes resultados, esto para el diseño de malla.

**Figura 43**

*Factor de carga de taladros de pre-corte*



**Resultados para taladros de PRE – CORTE**

**Tabla 10**

*Resultados para taladros de PRE – CORTE*

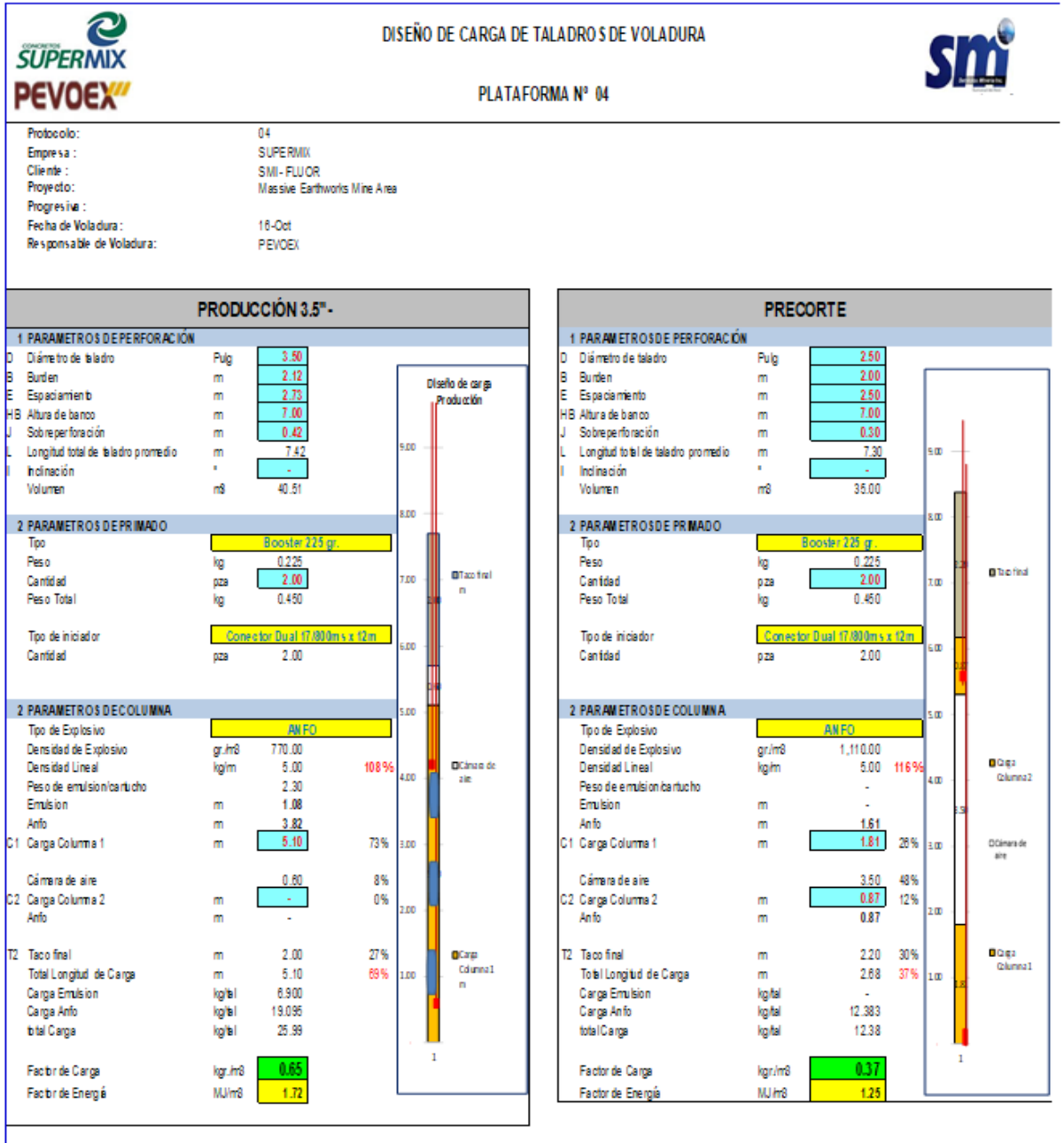
<b>Diámetro de taladro</b>	Pulg	<b>2.50</b>
<b>Burden</b>	m	1.6
<b>Espaciamiento</b>	m	2.34
<b>Altura de banco</b>	m	7.00
<b>Sobreperforación</b>	m	0.33
<b>Longitud total de taladro promedio</b>	m	7.33
<b>Longitud de carga</b>	m	5.42
<b>Volumen</b>	m <sup>3</sup>	27.35
<b>FACTOR DE CARGA</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0.33

Ahora se presenta el protocolo oficial que se realizó

# Protocolo del diseño de la voladura

## Figura 44

Diseño de carga de taladros de voladura



**Tabla 11***Resultados de taladros de producción y de pre-corte*

## RESULTADOS DE TALADROS DE PRODUCCIÓN

CALCULO	UNIDAD	APLICACIÓN	PROTOCOLO	CONCIDENCIA
Diámetro de taladro	Pulg	3.50	3.50	100%
Burden	m	2.12	2.12	100%
Espaciamiento	m	2.73	2.73	100%
Altura de banco	m	7.00	7.00	100%
Sobreperforación	m	0.42	0.42	100%
Longitud total de taladro promedio	m	7.42	7.42	100%
Longitud de carga	m	6.42	5.10	126%
Volumen	m3	40.51	40.51	100%
FACTOR DE CARGA	Kg/m3	0.62	0.65	95%

## RESULTADOS DE TALADROS DE PRE-CORTE

CALCULO	UNIDAD	APLICACIÓN	PROTOCOLO	CONCIDENCIA
Diámetro de taladro	Pulg	2.50	2.50	100%
Burden	m	1.6	2.00	80%
Espaciamiento	m	2.34	2.50	94%
Altura de banco	m	7.00	7.00	100%
Sobreperforación	m	0.33	0.30	110%
Longitud total de taladro promedio	m	7.33	7.30	100%
Longitud de carga	m	5.42	2.68	202%
Volumen	m3	27.35	35.00	78%
FACTOR DE CARGA	Kg/m3	0.33	0.37	89%

Los resultados obtenidos en la primera prueba indican que existe gran acercamiento con los datos obtenidos con la aplicación.

- Los taladros ejecutados en el protocolo, contienen una columna de aire, lo cual disminuye la longitud de carga explosiva en el taladro, esto se ve reflejado en una diferencia del 202 % con la aplicación, la cual no considera esta columna de aire.
- La ejecución del trabajo no necesariamente se rigen a los resultados teóricos, estos son modificados en base a los diversos parámetros que se pueden encontrar en el campo.
- Los resultados de la aplicación en su gran mayoría no tienen una diferencia del 10% de los datos del protocolo, lo cual podría catalogarse como aceptable.

## Prueba N°2

### Taladros de producción, buffer y pre-corte

Para esta prueba se considerarán taladros de producción, buffer y pre corte.

Comenzaremos con los taladros de producción:

**Tabla 12**

*Información de campo Taladros de producción*

INFORMACIÓN DE CAMPO	UNID	CANTIDAD
Diámetro de taladro	Pulg	3.50
Altura de banco	MTS	9.4
Densidad de explosivo	g/m3	770
Densidad de roca	g/cm3	2.89

Al insertar los datos en la aplicación obtendremos el burden

**Figura 45**

*Burden de taladros de producción*

Konya & Walter

METRIC AYUDA CALCULAR

Carga(B) 2.1686678 m

Diametro de Taladro(Dh) 88.9 mm

Densidad de Explosivo(de) .77 g/cm<sup>3</sup>

Densidad de Roca(dr) 2.89 g/cm<sup>3</sup>

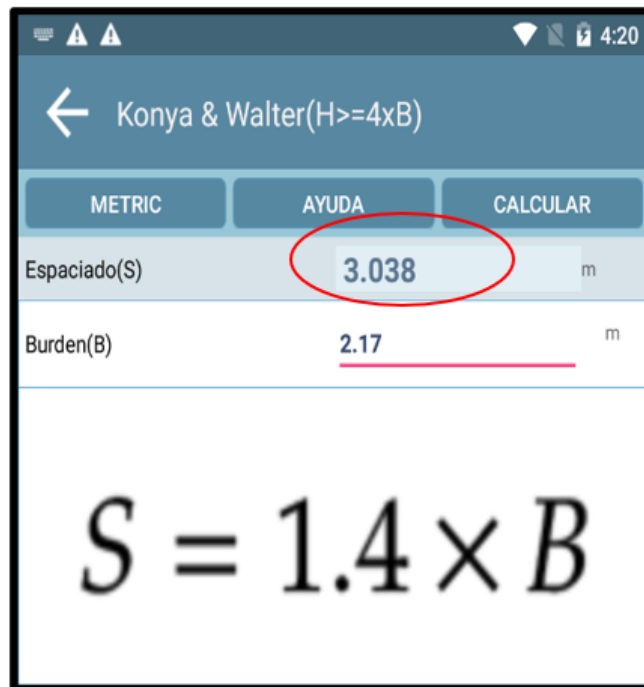
$$B = \left[ \left( 0.024 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 0.018 \right] \times D_h$$



A partir del dato obtenido realizamos el cálculo del espaciamiento, también la sobre perforación

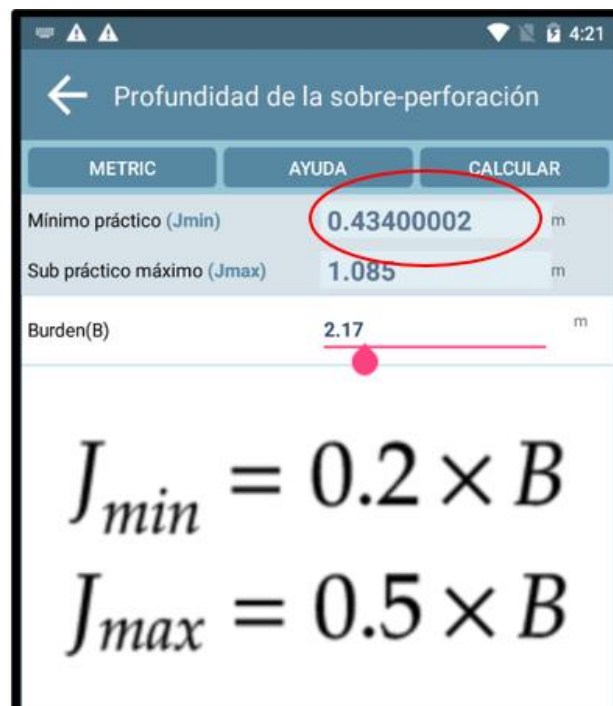
**Figura 46**

*Espaciamiento de taladros de producción*



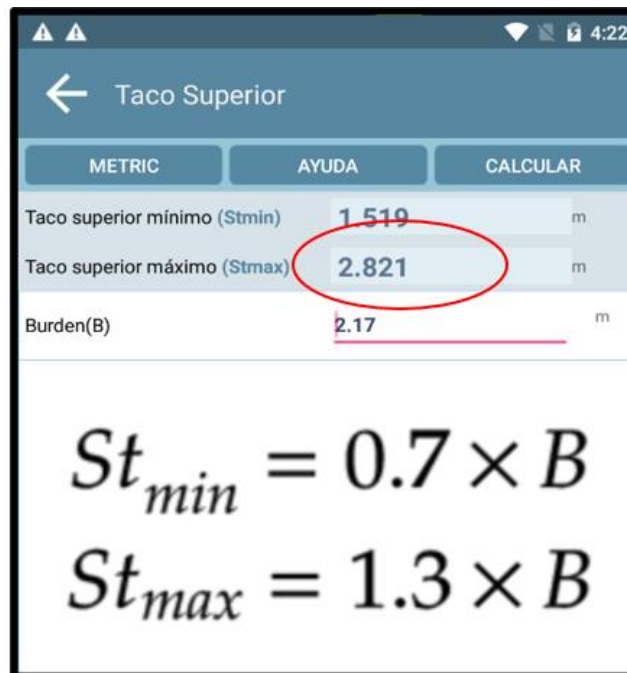
**Figura 47**

*Sobre perforación de taladros de producción*



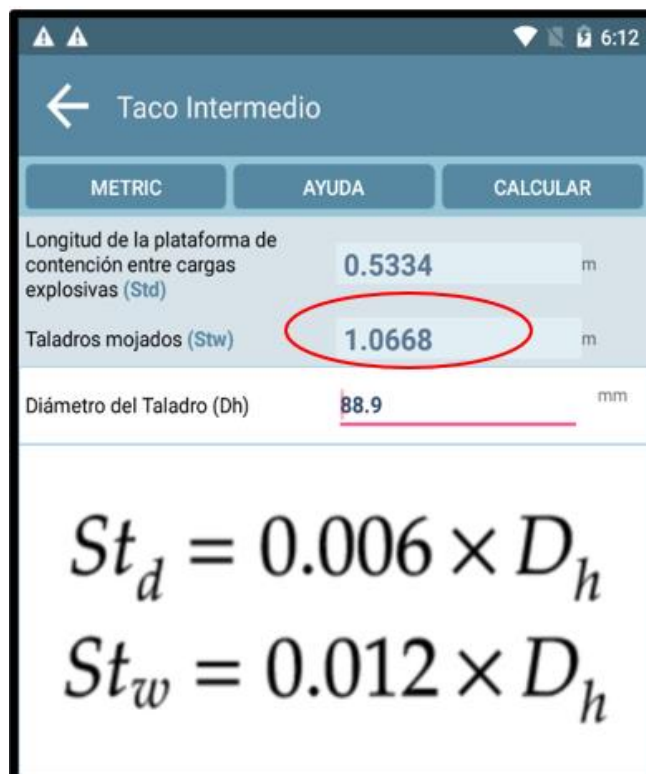
**Figura 48**

*Taco Superior de taladros de producción*



**Figura 49**

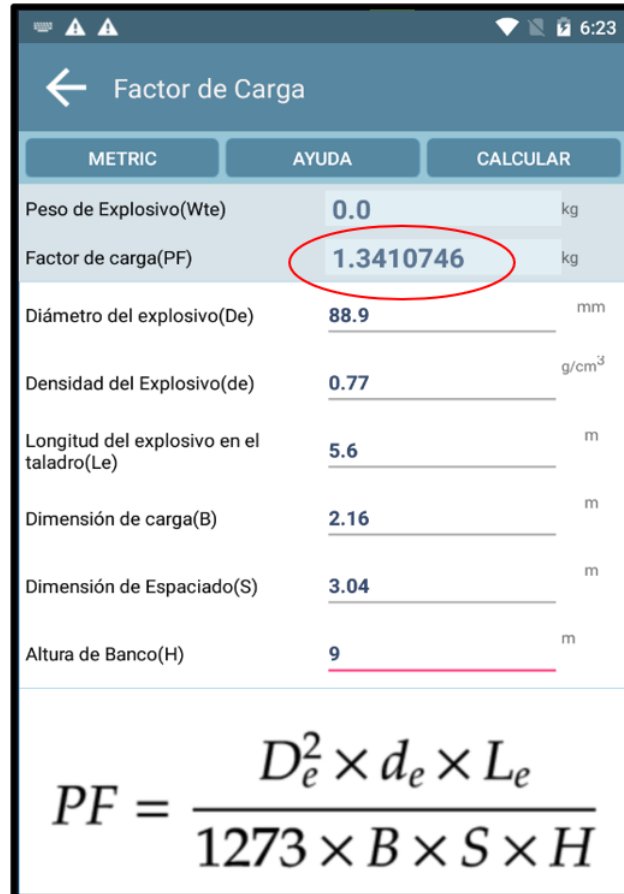
*Taco intermedio de taladros de producción*



A partir de los datos del añadido a la aplicación se obtienen los siguientes resultados, esto para el diseño de malla.

**Figura 50**

*Factor de Carga de taladros de producción*



**Resultados para taladros de producción**

**Tabla 13**

*Resultados para taladros de Producción*

<b>Diámetro de taladro</b>	Pulg	<b>3.50</b>
<b>Burden</b>	m	<b>2.17</b>
<b>Espaciamiento</b>	m	<b>3.04</b>
<b>Altura de banco</b>	m	<b>9.4</b>
<b>Sobreperforación</b>	m	<b>0.43</b>
<b>Longitud total de taladro promedio</b>	m	9.8
<b>Longitud de carga</b>	m	<b>6.00</b>
<b>Volumen</b>	m <sup>3</sup>	62
<b>FACTOR DE CARGA</b>	Kg/m <sup>3</sup>	1.34

## Cálculos para taladros Buffer.

Tabla 14

Información de campo de taladros de Buffer

INFORMACIÓN DE CAMPO	UNID	CANTIDAD
Diámetro de taladro	Pulg	3.5
Altura de banco	MTS	7.95
Densidad de explosivo	g/m3	770
Densidad de roca	g/cm3	2.89

Al insertar los datos en la aplicación obtendremos el burden

Figura 51

Burden de taladros de taladros de Buffer

Konya & Walter

METRIC AYUDA CALCULAR

Carga(B) 2.1686678 m

Diametro de Taladro(Dh) 88.9 mm

Densidad de Explosivo(de) 0.77 g/cm<sup>3</sup>

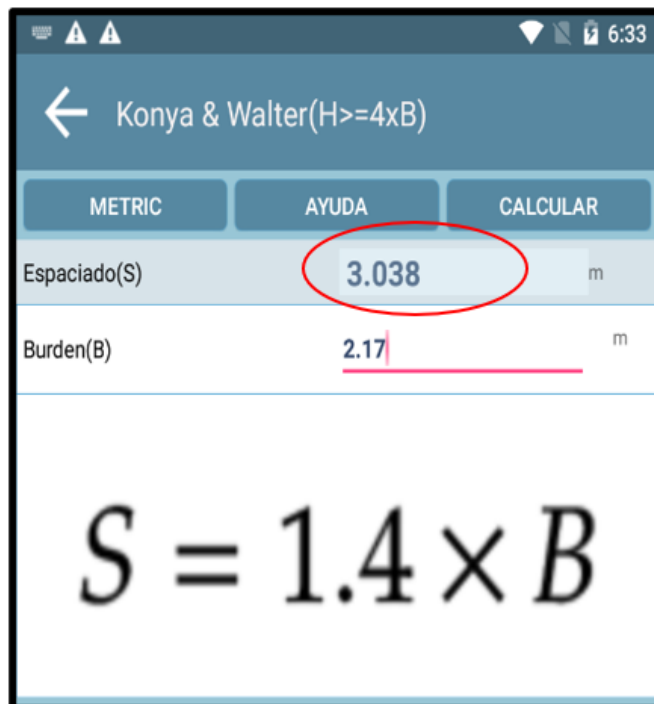
Densidad de Roca(dr) 2.89 g/cm<sup>3</sup>

$$B = \left[ \left( 0.024 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 0.018 \right] \times D_h$$

A partir del dato obtenido realizamos el cálculo del espaciamiento, también la sobre perforación

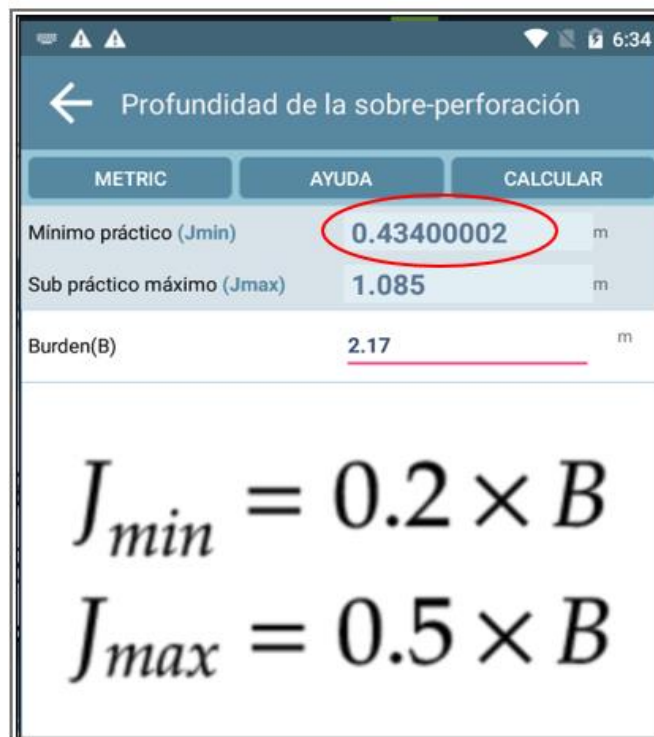
**Figura 52**

*Espaciamiento de taladros de taladros de Buffer*



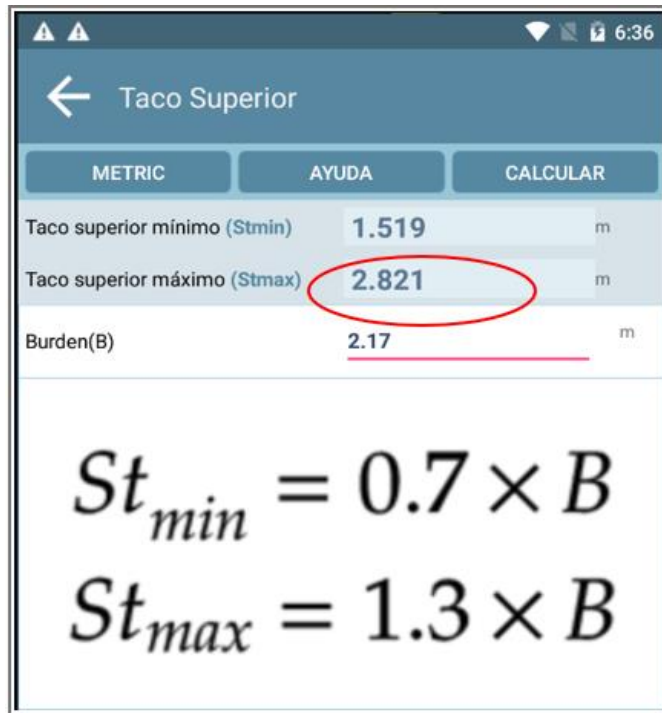
**Figura 53**

*Sobre-perforación de taladros de taladros de Buffer*



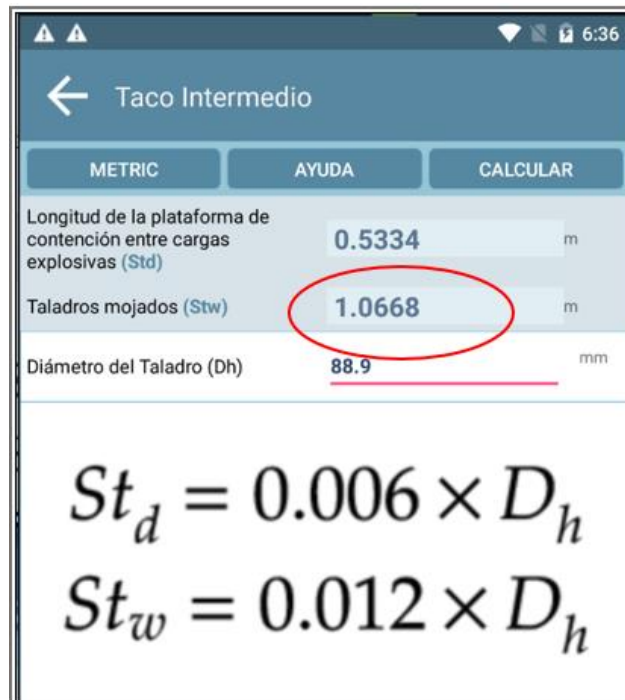
**Figura 54**

*Taco superior de taladros de taladros de Buffer*



**Figura 55**

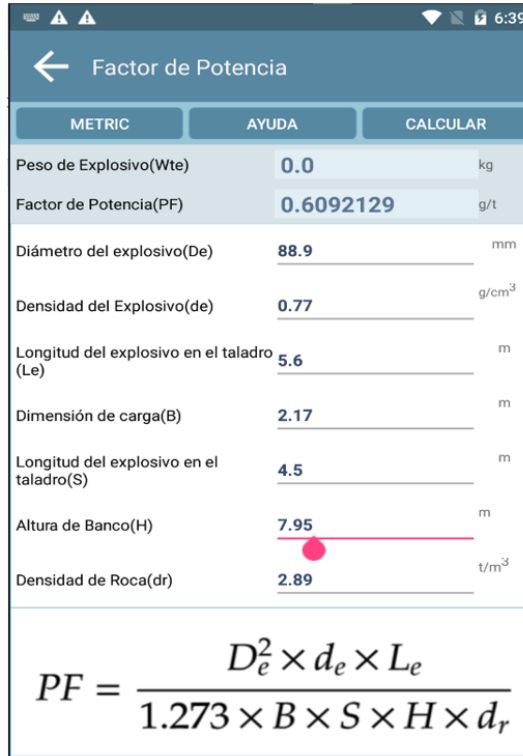
*Taco Intermedio de taladros de taladros de Buffer*



A partir de los datos del añadido a la aplicación se obtienen los siguientes resultados, esto para el diseño de malla.

**Figura 56**

*Factor de Potencia de taladros de taladros de Buffer*



**Resultados para taladros de buffer**

**Tabla 15**

*Resultados para taladros de buffer*

<b>Diámetro de taladro</b>	Pulg	<b>3.50</b>
<b>Burden</b>	m	2.17
<b>Espaciamiento</b>	m	3.04
<b>Altura de banco</b>	m	7.95
<b>Sobreperforación</b>	m	.043
<b>Longitud total de taladro promedio</b>	m	8.38
<b>Longitud de carga</b>	m	4.15
<b>Volumen</b>	m <sup>3</sup>	52.20
<b>FACTOR DE CARGA</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0.61

## Cálculos para taladros de pre- corte

Tabla 16

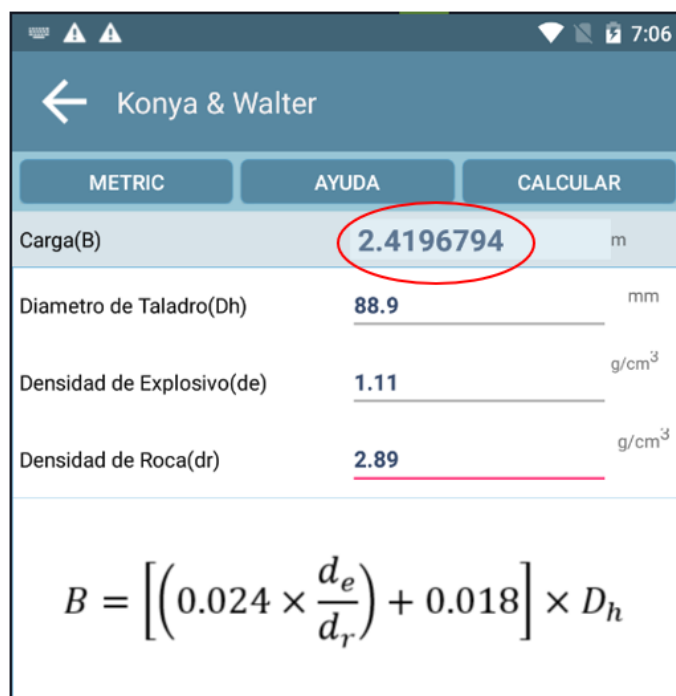
Información de campo taladros de pre-corte

INFORMACIÓN DE CAMPO	UNID	CANTIDAD
Diámetro de taladro	Pulg	3.5
Altura de banco	MTS	8
Densidad de explosivo	g/m3	1.10
Densidad de roca	g/cm3	2.89

Al insertar los datos en la aplicación obtendremos el burden

Figura 57

Burden de taladros de pre-corte



The screenshot shows a mobile application interface with the following elements:

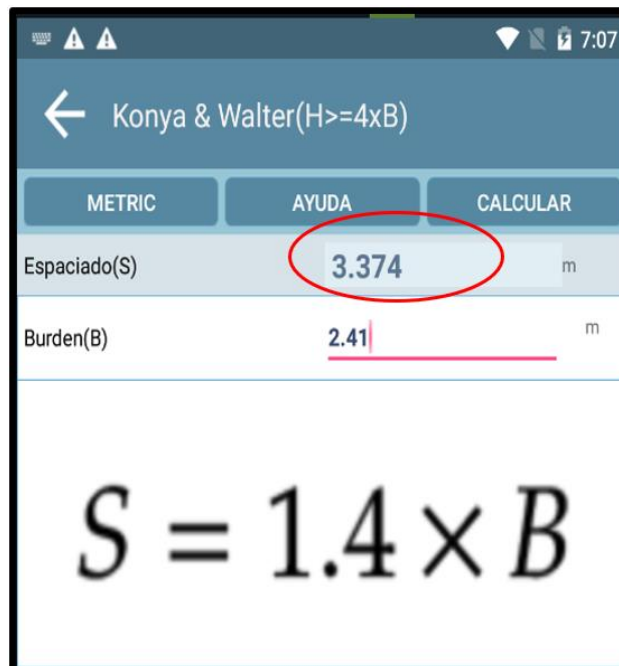
- Top bar: "Konya & Walter" with a back arrow.
- Navigation buttons: "METRIC", "AYUDA", and "CALCULAR".
- Input fields:
  - Carga(B): 2.4196794 m (circled in red)
  - Diámetro de Taladro(Dh): 88.9 mm
  - Densidad de Explosivo(de): 1.11 g/cm<sup>3</sup>
  - Densidad de Roca(dr): 2.89 g/cm<sup>3</sup>
- Formula displayed at the bottom:
$$B = \left[ \left( 0.024 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 0.018 \right] \times D_h$$

A partir del dato obtenido realizamos el cálculo del espaciamiento, también la sobre perforación



**Figura 58**

*Espaciamiento de taladros de pre-corte*



**Figura 59**

*Sobre-perforacion de taladros de pre-corte*

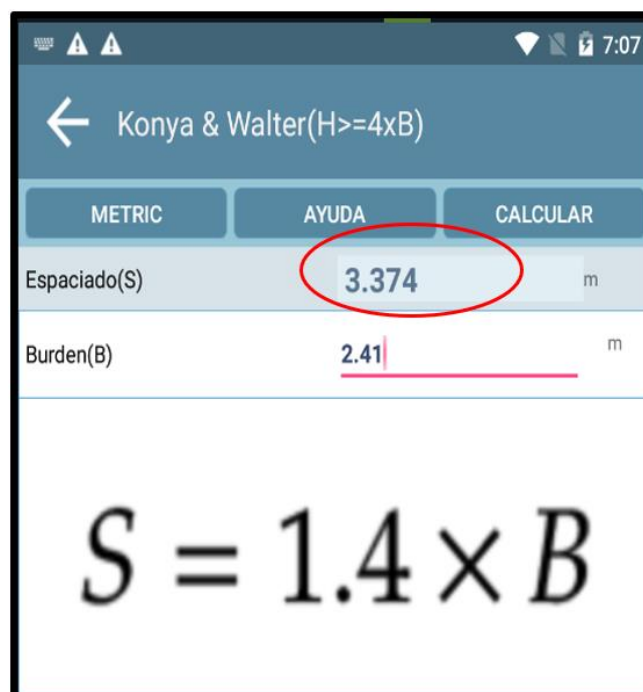


Figura 60

Taco Superior de taladros de pre-corte

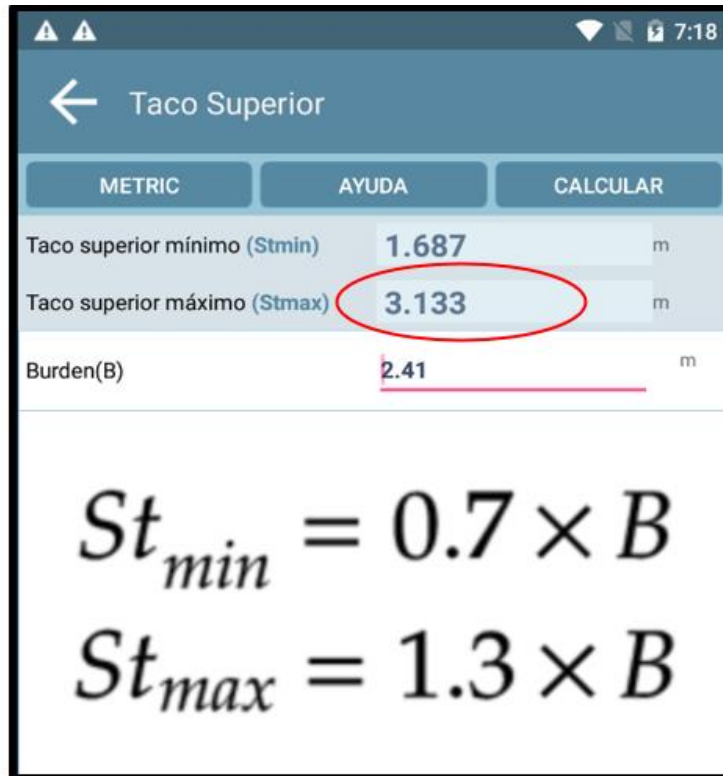
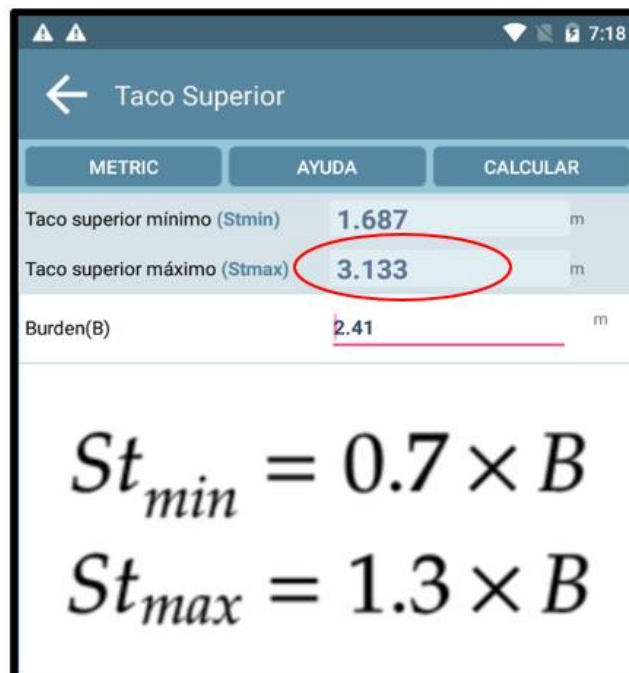


Figura 61

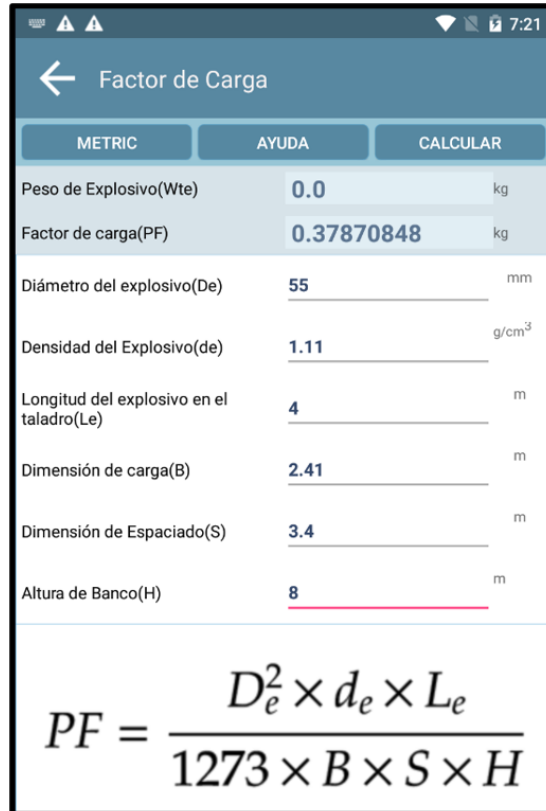
Taco Intermedio de taladros de pre-corte



A partir de los datos del añadido a la aplicación se obtienen los siguientes resultados, esto para el diseño de malla.

**Figura 62**

*Factor de Carga de taladros de pre-corte*



Resultados para taladros de Pre-corte

**Tabla 17**

*Resultados para taladros de Pre-corte*

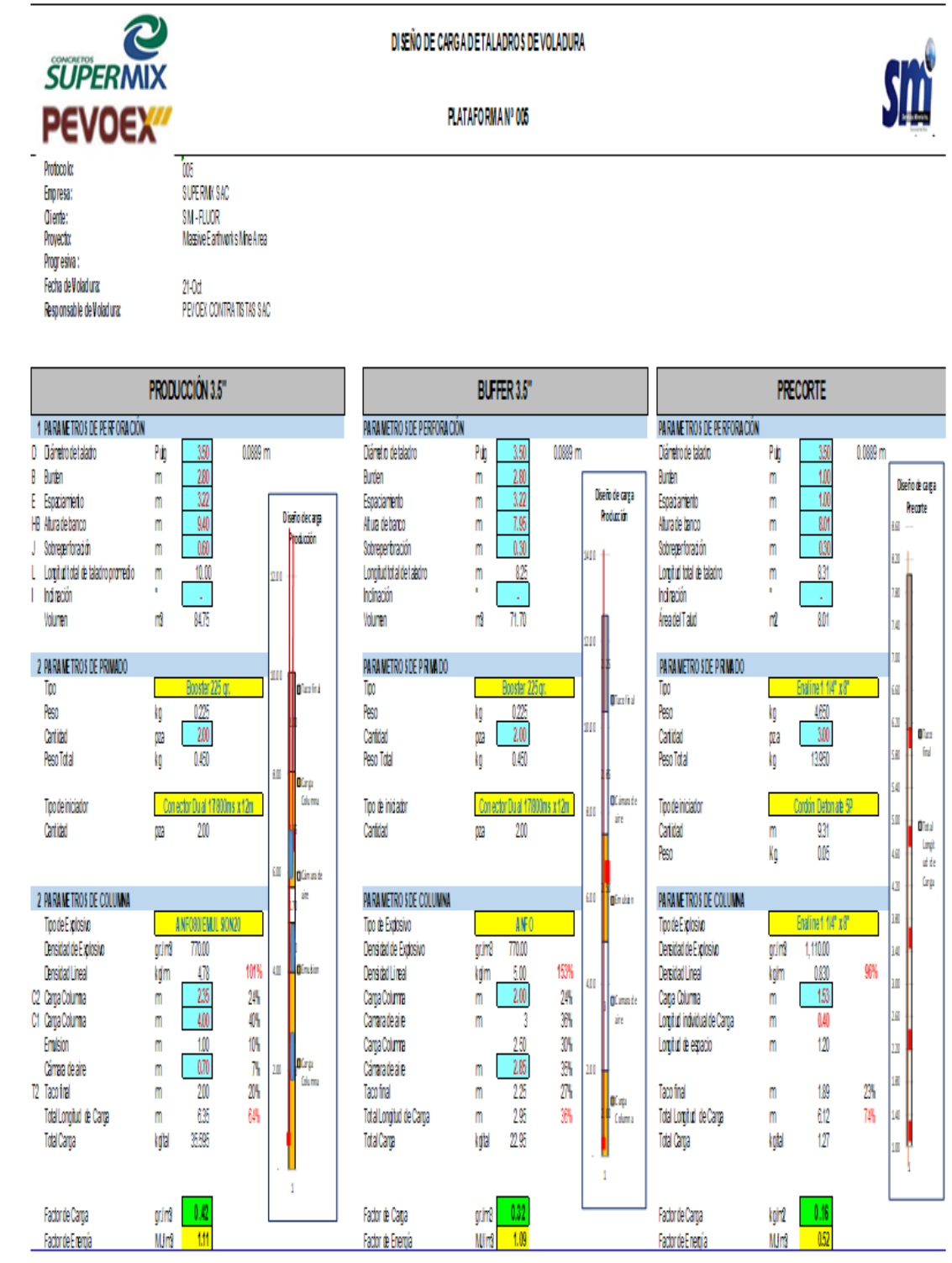
<b>Diámetro de taladro</b>	Pulg	<b>2.50</b>
<b>Burden</b>	m	2.42
<b>Espaciamiento</b>	m	3.40
<b>Altura de banco</b>	m	8.00
<b>Sobreperforación</b>	m	0.48
<b>Longitud total de taladro promedio</b>	m	8.48
<b>Longitud de carga</b>	m	4.28
<b>Volumen</b>	m <sup>3</sup>	65.824
<b>FACTOR DE CARGA</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0.37

Ahora se presenta el protocolo oficial que se realizó:

## Protocolo del diseño de la voladura

### Figura 63

#### Diseño de carga de taladros de voladura



## Resultados de taladros de producción

**Tabla 18**

*Resultados de taladros de producción*

CALCULO	UNIDAD	APLICACIÓN	PROTOCOLO	CONCIDENCIA
Diámetro de taladro	Pulg	3.50	3.50	100%
Burden	m	2.17	2.80	78%
Espaciamiento	m	3.04	3.22	94%
Altura de banco	m	9.40	9.40	100%
Sobreperforación	m	0.43	0.6	72%
Longitud total de taladro promedio	m	9.8	10.00	98%
Longitud de carga	m	6.00	6.35	94%
Volumen	m3	62	84.75	73%
FACTOR DE CARGA	Kg/m3	1.34	0.42	319%

## Resultados de taladros de buffer

**Tabla 19**

*Resultados de taladros de Buffer*

CALCULO	UNIDAD	APLICACIÓN	PROTOCOLO	CONCIDENCIA
Diámetro de taladro	Pulg	3.50	2.50	140%
Burden	m	2.17	2.80	78%
Espaciamiento	m	3.04	3.22	94%
Altura de banco	m	7.95	7.95	100%
Sobreperforación	m	0.43	0.30	143%
Longitud total de taladro promedio	m	8.38	8.25	102%
Longitud de carga	m	4.15	2.95	141%
Volumen	m3	52.20	71.70	73%
FACTOR DE CARGA	Kg/m3	0.61	0.32	191%

## Resultados de taladros de pre-corte

Tabla 20

*Resultados de taladros de Pre-corte*

CALCULO	UNIDAD	APLICACIÓN	PROTOCOLO	CONCIDENCIA
Diámetro de taladro	Pulg	3.5	3.5	100%
Burden	m	2.42	1.00	242%
Espaciamiento	m	3.40	1.00	340%
Altura de banco	m	8.00	8.01	100%
Sobreperforación	m	0.48	0.30	160%
Longitud total de taladro promedio	m	8.48	8.31	102%
Longitud de carga	m	4.28	6.12	70%
Volumen	m <sup>3</sup>	65.824	8.01	822%
FACTOR DE CARGA	Kg/m <sup>3</sup>	0.37	0.16	231%

Los resultados obtenidos en la primera prueba indican que existe cierta diferencia en los datos obtenidos con la aplicación.

- El factor de carga en los taladros de producción y buffer tienen una notoria diferencia a pesar de que los factores de Burden y Espaciamiento no son tan diferentes, esto se debe a un error en la programación de aplicación, la fórmula no se está ejecutando de manera correcta.
- En los taladros de pre corte, tienen una gran diferencia en el Burden y espaciamiento, esto conlleva a la diferencia notoria en el factor de carga.

### Prueba N°3

#### Taladros de producción y buffer

Para esta prueba se considerarán taladros de producción y buffer.

Comenzaremos con los taladros de producción:

**Tabla 21**

*Información de campo taladros de producción*

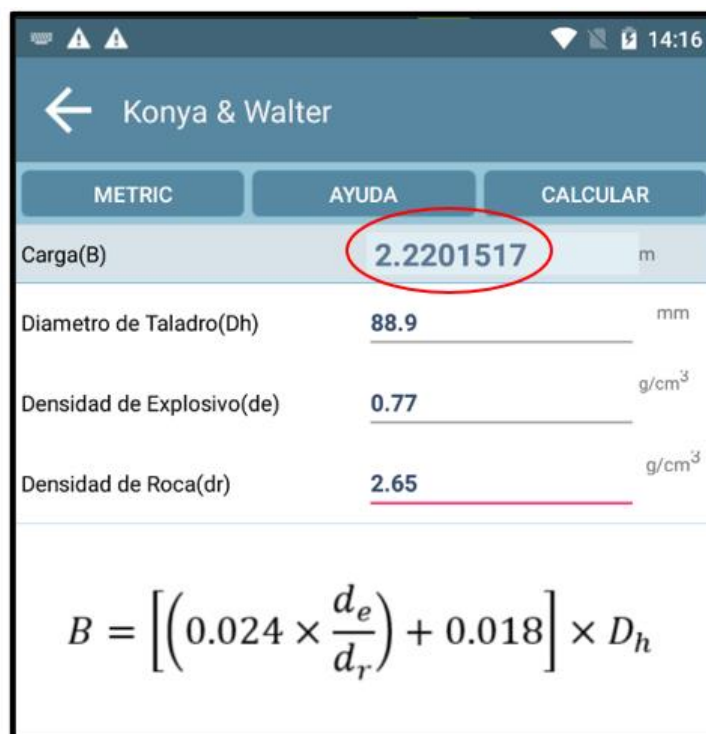
INFORMACIÓN DE CAMPO	UNID	CANTIDAD
Diámetro de taladro	Pulg	3.50
Altura de banco	MTS	5.47
Densidad de explosivo	g/m3	770
Densidad de roca	g/cm3	2.65

Al insertar los datos en la aplicación obtendremos el burden.

A partir del dato obtenido realizamos el cálculo del espaciamiento, también la sobre perforación

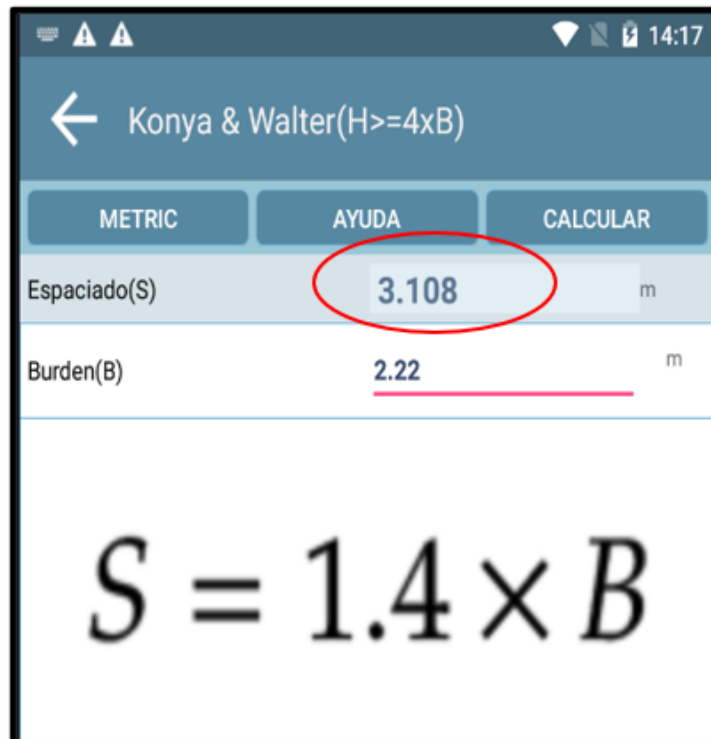
**Figura 64**

*Burden taladros de producción*



**Figura 65**

*Espaciamiento taladros de producción*



**Figura 66**

*Sobre-perforación taladros de producción*

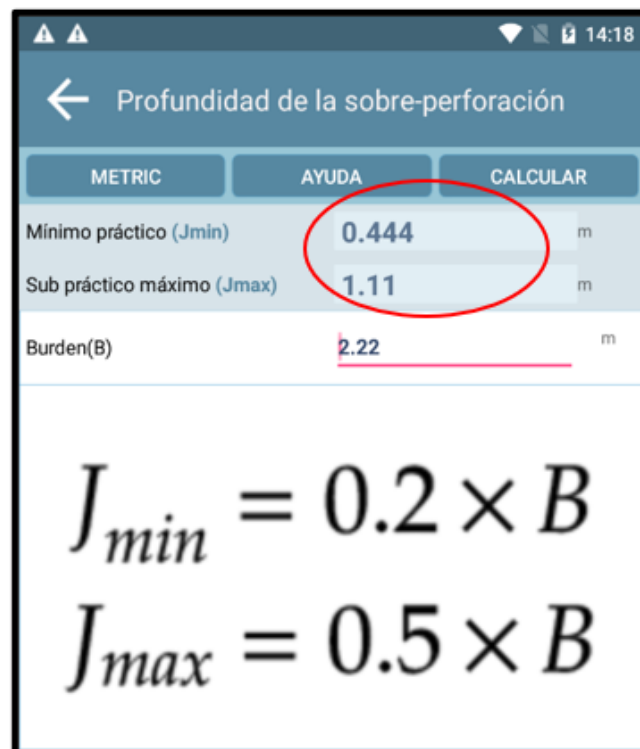




Figura 67

Taco Superior taladros de producción

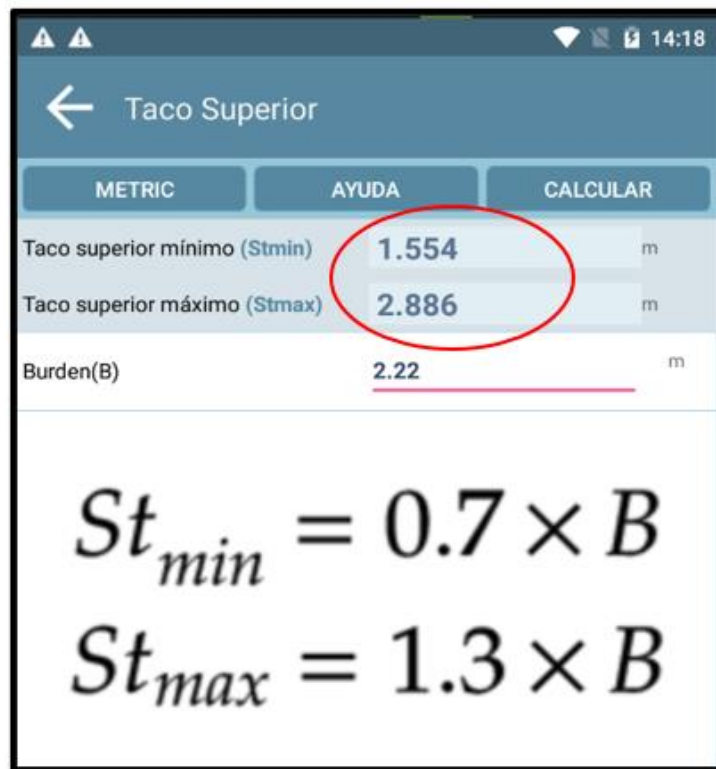
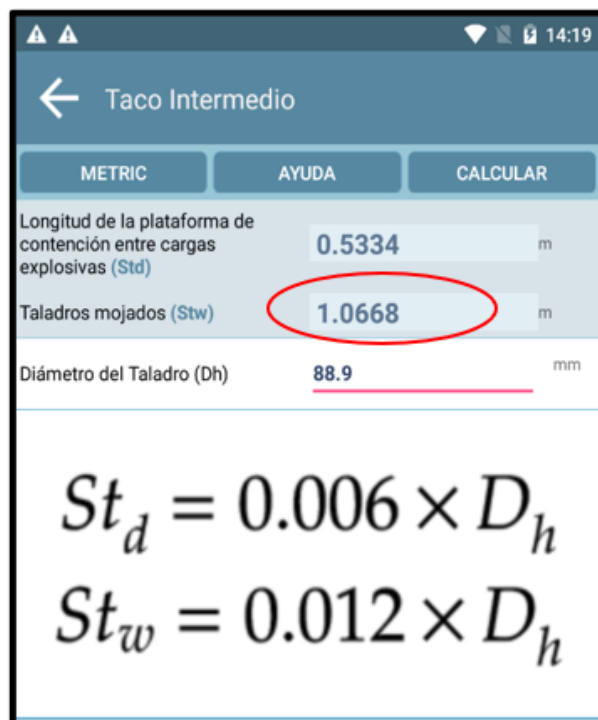


Figura 68

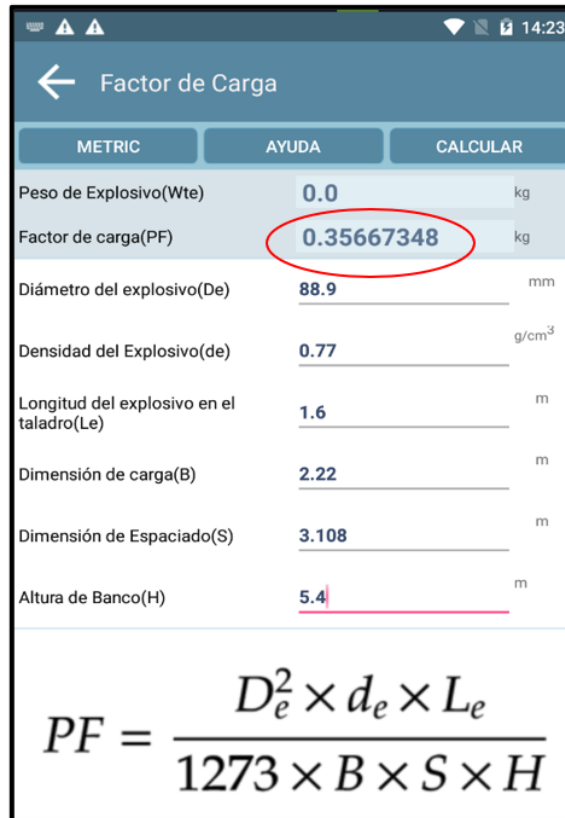
Taco intermedio taladros de producción



A partir de los datos del añadido a la aplicación se obtienen los siguientes resultados, esto para el diseño de malla.

**Figura 69**

*Factor de Carga taladros de producción*



**Resultados para taladros de producción**

**Tabla 21**

*Resultados para taladros de producción*

<b>Diámetro de taladro</b>	Pulg	<b>3.50</b>
<b>Burden</b>	m	<b>2.22</b>
<b>Espaciamiento</b>	m	<b>3.11</b>
<b>Altura de banco</b>	m	<b>5.4</b>
<b>Sobreperforación</b>	m	<b>0.4</b>
<b>Longitud total de taladro promedio</b>	m	5.8
<b>Longitud de carga</b>	m	<b>1.60</b>
<b>Volumen</b>	m <sup>3</sup>	37.28
<b>FACTOR DE CARGA</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0.37

## Cálculos para taladros Buffer.

Tabla 22

Información de campo taladros Buffer

INFORMACIÓN DE CAMPO	UNID	CANTIDAD
Diámetro de taladro	Pulg	3.5
Altura de banco	MTS	3.73
Densidad de explosivo	g/m3	770
Densidad de roca	g/cm3	2.89

Al insertar los datos en la aplicación obtendremos el burden.

A partir del dato obtenido realizamos el cálculo del espaciamiento, también la sobre perforación

Figura 70

Burden taladros de Buffer

Konya & Walter

METRIC AYUDA CALCULAR

Carga (B) 2.2201517 m

Diámetro de Taladro(Dh) 88.9 mm

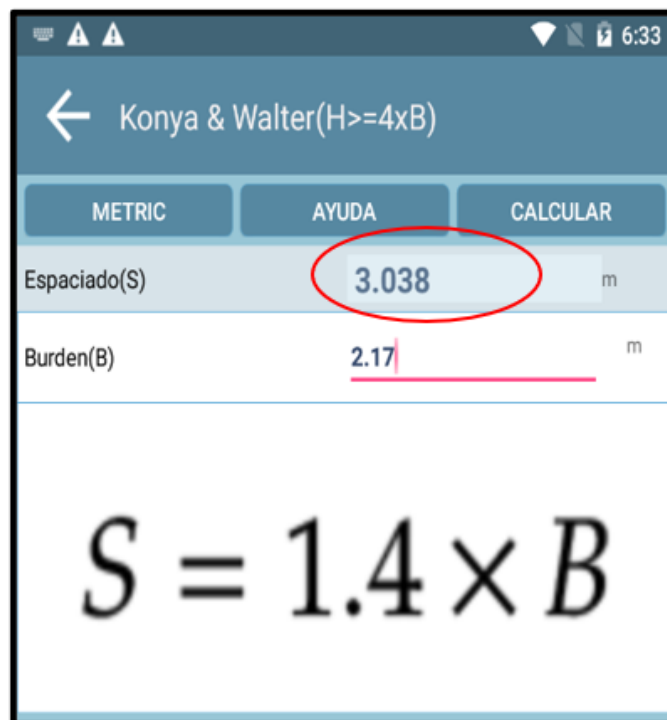
Densidad de Explosivo(de) 0.77 g/cm<sup>3</sup>

Densidad de Roca(dr) 2.65 g/cm<sup>3</sup>

$$B = \left[ \left( 0.024 \times \frac{d_e}{d_r} \right) + 0.018 \right] \times D_h$$

**Figura 71**

*Espaciamiento taladros de Buffer*



**Figura 72**

*Sobre-perforacion taladros de Buffer*

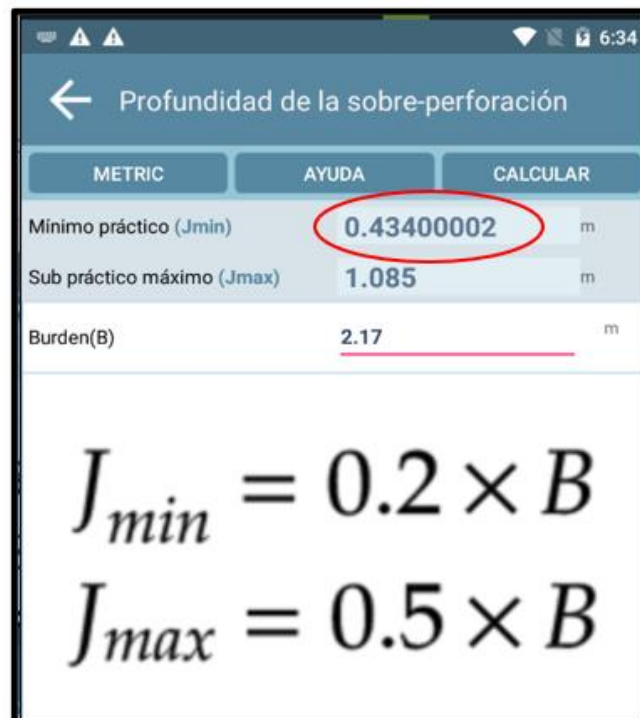


Figura 73

Taco Superior taladros de Buffer

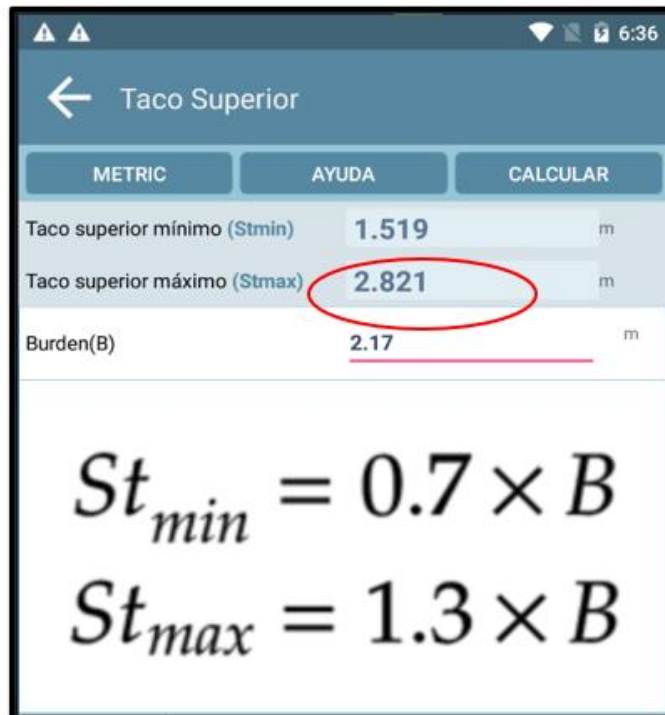
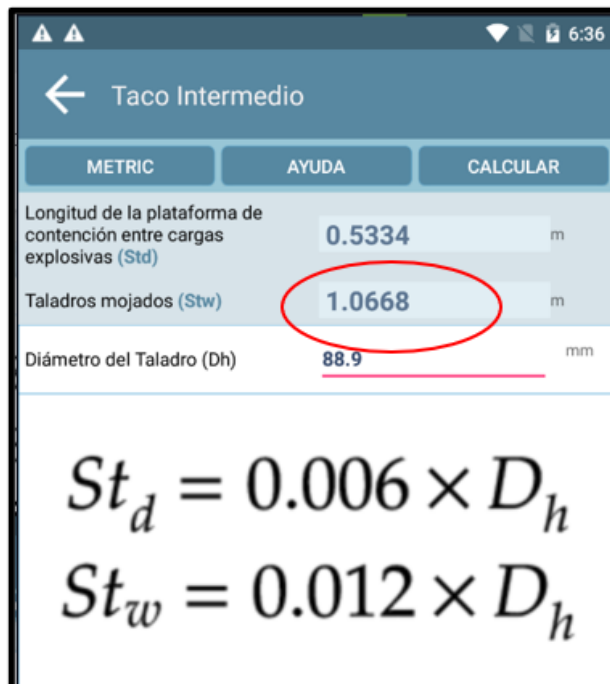


Figura 74

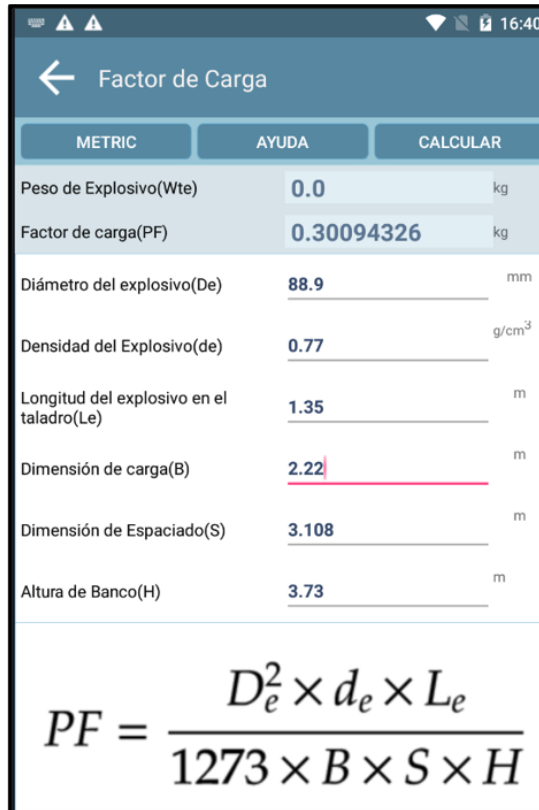
Taco Intermedio taladros de Buffer



A partir de los datos del añadido a la aplicación se obtienen los siguientes resultados, esto para el diseño de malla.

**Figura 75**

*Factor de carga taladros de Buffer*



Resultados para taladros de buffer

**Tabla 23**

*Resultados para taladros de buffer*

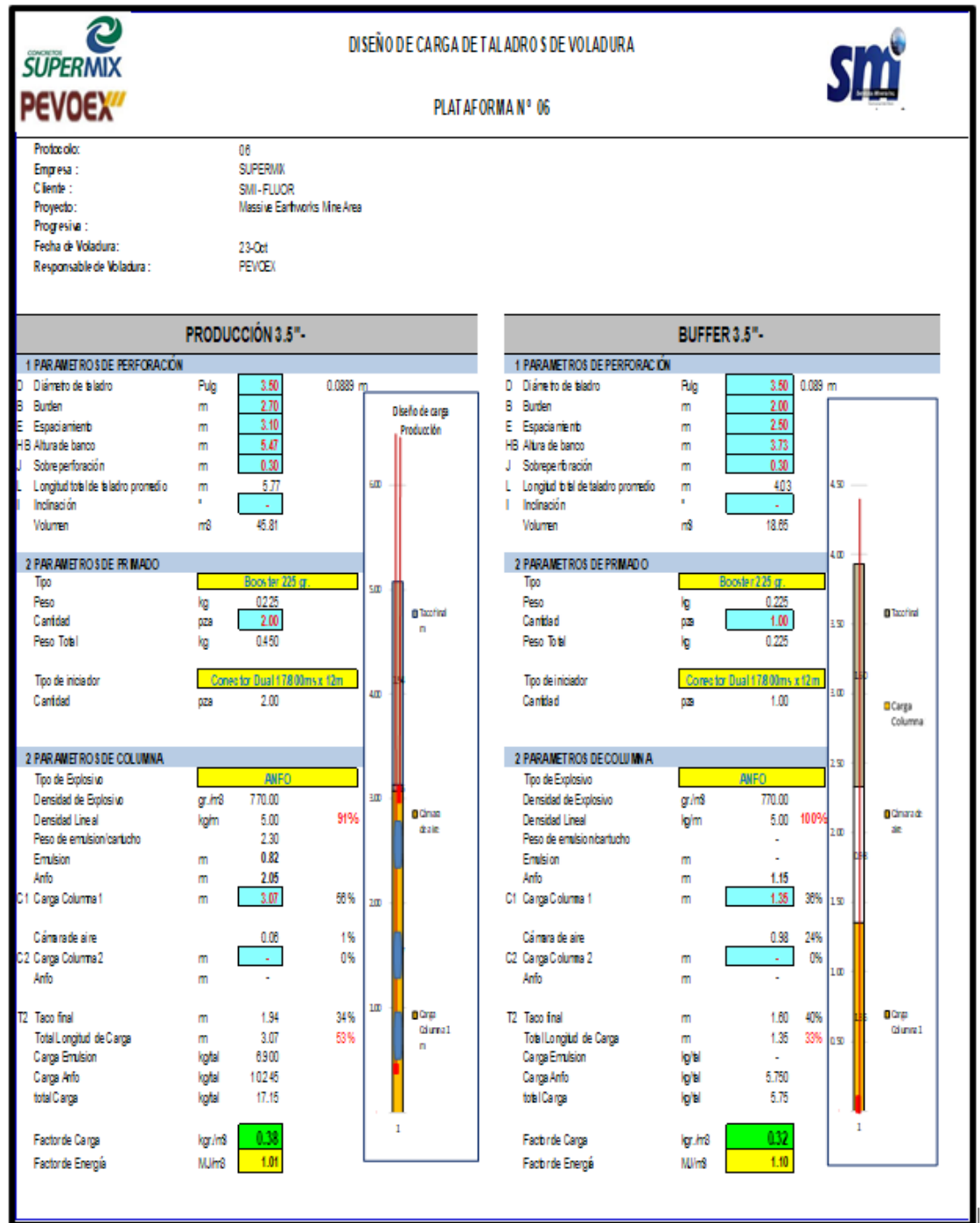
<b>Diámetro de taladro</b>	Pulg	<b>3.50</b>
<b>Burden</b>	m	2.22
<b>Espaciamiento</b>	m	3.04
<b>Altura de banco</b>	m	3.73
<b>Sobreperforación</b>	m	0.43
<b>Longitud total de taladro promedio</b>	m	4.14
<b>Longitud de carga</b>	m	2.22
<b>Volumen</b>	m <sup>3</sup>	25.17
<b>FACTOR DE CARGA</b>	Kg/m <sup>3</sup>	0.30

Ahora se presenta el protocolo oficial que se realizó:

## Protocolo de diseño de la voladura

Figura 76

Diseño de carga de taladros de voladura



## Resultados de taladros de producción

**Tabla 24**

*Resultados de taladros de producción*

CALCULO	UNIDAD	APLICACIÓN	PROTOCOLO	CONCIDENCIA
Diámetro de taladro	Pulg	3.50	3.50	100%
Burden	m	2.22	2.70	82%
Espaciamiento	m	3.11	3.10	100%
Altura de banco	m	5.4	5.4	100%
Sobreperforación	m	0.4	0.3	133%
Longitud total de taladro promedio	m	5.8	5.7	102%
Longitud de carga	m	1.60	3.07	52%
Volumen	m3	37.28	45.81	81%
FACTOR DE CARGA	Kg/m3	0.37	0.38	97%

## Resultados de taladros de buffer

**Tabla 25**

*Resultados de taladros de Buffer*

CALCULO	UNIDAD	APLICACIÓN	PROTOCOLO	CONCIDENCIA
Diámetro de taladro	Pulg	3.50	3.50	100%
Burden	m	2.22	2.00	111%
Espaciamiento	m	3.04	2.50	122%
Altura de banco	m	3.73	3.73	100%
Sobreperforación	m	0.43	0.30	143%
Longitud total de taladro promedio	m	4.14	4.03	103%
Longitud de carga	m	2.22	1.6	139%
Volumen	m3	25.17	18.65	135%
FACTOR DE CARGA	Kg/m3	0.30	0.32	94%

Los resultados obtenidos en la primera prueba indican que existe cierta diferencia en los datos obtenidos con la aplicación.

- Al igual que en la segunda prueba, se presentan diferencias en los cálculos de Burden y espaciamiento de manera significativa.



## CONCLUSIONES

1. La aplicación presenta ciertas diferencias en los cálculos de diseño, esto debido a que no siempre el cálculo que se ejecuta se efectúa de manera eficiente, para lo cual se requiere revisar la programación de la aplicación en los cálculos de factor de carga.
2. Estas pruebas se realizaron antes de realizar los trabajos en campo, por motivos de calidad y con las diferencias mostrados, no se procedió con la ejecución de los parámetros obtenidos por la aplicación.
3. Las condiciones óptimas que se ha de considerar tienen que ser menor al 10%, para tener cierta aceptabilidad, en el diseño.
4. La aplicación no tiene la calidad de resultado de un software profesional, sin embargo, ayuda en la ejecución de trabajos en campo, sin la necesidad de un software, con una actualización corrigiendo los errores, se tendrá una mayor precisión y factibilidad para su uso.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda difundir este aplicativo en todo el personal encargado de la perforación y voladura para su aplicación, ya que este aplicativo ayuda a los profesionales mineros en calcular rápidamente formulas complejas, medir parámetros como la vibración y ruido, además de brindar un informe detallado de las lecturas.
2. Seguir trabajando en la mejora de este aplicativo, ya que se puede mejorar en muchos aspectos, además de implementar más algoritmos y formulas

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

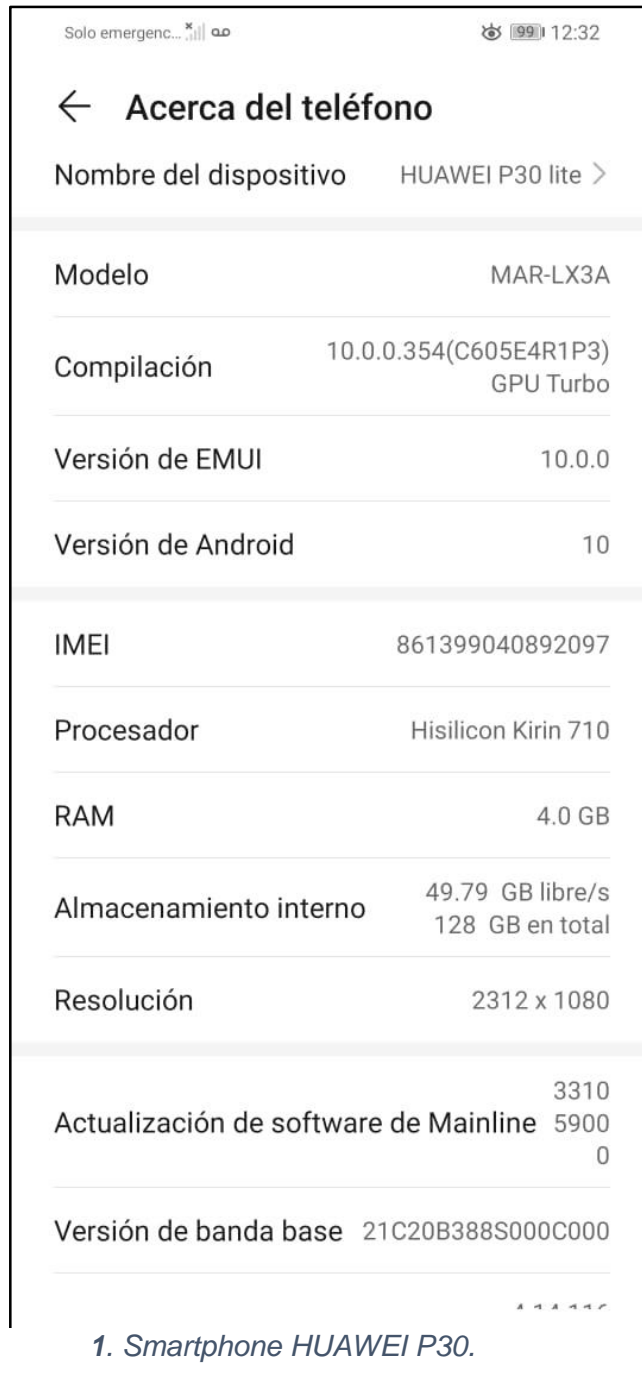
- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera edición ed.). (P. Educación, Ed.)
- CASIANO, P. (2018). *REEMPLAZO DE LA EMULSIÓN MATRIZ MEX 60/40 POR LA EMULSION FORTIS ADVANTAGE GASIFICADA 65/35, PARA MITIGAR LA EMISION DE GASES NITROSOS EN LA UNIDAD DE PRODUCCION LAGUNAS NORTE*. [tesis de licenciamiento, U.N. de Trujillo]repositorio institucional U.N. d Trujillo.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia tecnica.
- EXSA. (s.f.). *Manual practico de voladura, 4ta edicion.* exsa.
- GOBIERNO DE NAVARRA. (2016). *Acercate a las TIC - Uso de dispositivos movihrs ( telefonos moviles, smartphones, ebooks, GPS y tablest.* (D. G. Empresarial, Ed.)
- HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)
- INFANTAS, D. (2021). *Gestión para la optimización del proceso de perforación y voladura para incrementar el avance por disparo en las labores de la unidad minera Carahuacra - Volcan Compañía Minera S.A.A, a través de la aplicación del método de mejora continua PDCA*. [tesis de licenciamiento, UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS] Repositorio institucional Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas*. Instituto Geologico y Minero de España.
- MAMANI, E. (2018). *APLICACIÓN DE EMULSIÓN GASIFICADA (SAN-G) Y SU FACTIBILIDAD EN EL RENDIMIENTO DE COLUMNA EXPLOSIVA DE LA COMPAÑÍA MINERA “LA ZANJA” CAJAMARCA 2014*. [tesis de licenciamiento, U.N. Jorge Basadre Grohmann - Tacna] repositorio institucional.
- MAXAM. (2019). *Aplicacion movil ayuda a mejorar la productividad y la seguridad en operaciones de voladura X- BLASTERGUIDE. SEGURIDAD MINERA, 75.*

- MORILLO, J. (2015). *Introducción a los dispositivos móviles*. (U. O. Catalunya, Ed.)
- RIVERA, D. (2021). *ELABORACIÓN DE SOFTWARE APLICATIVO EN DISPOSITIVO MÓVIL PARA EL DISEÑO Y REDISEÑO DE PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS EN OPERACIÓN DE MINERÍA SUPERFICIAL, MINA LAS BAMBAS*. [tesis de licenciamiento, U.N. de SAN AGUSTIN DE AREQUIPA] Repositorio institucional U.N. San Agustin de Arequipa.
- ROMERO, M. (2016). *“TABLAS DINÁMICAS PARA OPTIMIZAR TOMA DE DECISIONES EN PERFORACIÓN Y VOLADURA EN CONSORCIO MINERO HORIZONTE S.A.”*. [tesis de licenciamiento, U.N. del centro del Peru] repositorio institucional U.N. del centro del Peru.
- TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigacion científica* (cuarta edicion ed.). (L. N. Editores, Ed.)
- VALDEZ, L. (2014). *Los dispositivos móviles: el futuro de la tecnología y su dependencia a ella*. [tesiss de licenciamiento, Universidad Nacinal Autonoma de Mexico] repositorio institucional U.N. Autonoma de Mexico.

## ANEXOS

### Instrumentos de recolección de datos.

La aplicación móvil se probaron en los siguientes teléfonos.





2. Smartphone Galaxy S21 FE 5G